

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**ФАКУЛЬТЕТ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ
НДІ ТЕХНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАТИЗАЦІЇ АПК**



ЗБІРНИК

ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

XI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

«ОБУХІВСЬКІ ЧИТАННЯ»

***з нагоди 90-ї річниці від дня народження
доктора технічних наук, професора,
академіка Вищої школи України,
Обухової Віолетти Сергіївни
(1926-2016 рр.)***

1 березня 2016 року



Київ – 2016

ББК40.7

УДК 631.17+62-52-631.3

Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції «Обухівські читання» (1-го березня 2016 року) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. – К., 2016. – 92 с.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів і докторантів учасників XI Міжнародної науково-практичної конференції «Обухівські читання», в яких розглядаються нинішній стан та шляхи розвитку прикладної геометрії та інженерної графіки, дизайну, викладання графічних дисциплін.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:

Ружило З. В. – декан факультету конструювання та дизайну, – голова організаційного комітету;

Войтюк В. Д. – директор НДІ техніки, енергетики та інформатизації АПК, – співголова організаційного комітету;

Пилипака С. Ф. – завідувач кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну, – співголова організаційного комітету;

Броварець О. О. – доцент кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки ім. акад. П. М. Василенка;

Ванін В. В. – декан фізико-математичного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» (за згодою);

Ковальов С. М. – завідувач кафедри архітектурних конструкцій Київського національного університету будівництва і архітектури (за згодою);

Куценко Л. М. – професор кафедри інженерної та аварійно-рятувальної техніки Національного університету цивільного захисту України (за згодою);

Найдиш В. М. – завідувач кафедри прикладної математики та інформаційних технологій Мелітопольського державного педагогічного університету (за згодою);

Несвідомін В. М. – професор кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну НУБіП України;

Підгорний О. Л. – професор кафедри архітектурних конструкцій Київського національного університету будівництва і архітектури (за згодою);

Роговський І. Л. – секретар науково-технічної ради НДІ техніки, енергетики та інформатизації АПК.



**Обухова Віолетта Сергіївна
(1926-2005)**

**доктор технічних наук, професор,
член-кореспондент ВАСГНІЛ, віце-президент УАСГН**

Народилася в 23 лютого 1926 р. в м. Томську (Росія). В 1949 році закінчила Уральський політехнічний інститут (УПІ) за спеціальністю „Електроустаткування промислових підприємств”. До 1952 року працювала асистентом кафедри нарисної геометрії УПІ. В 1955 році закінчила аспірантуру при Київському інженерно-будівельному інституті. З 1955 до 2005 року працювала на кафедрі нарисної геометрії та машинобудівного креслення НАУУ. В 1955 році захистила кандидатську дисертацію, в 1991 році – докторську.

Була членом редколегії республіканської науково-технічної збірки “Прикладна геометрія та інженерна графіка”, предметної науково-методичної комісії при Міносвіти України, спеціалізованої докторської Ради із спеціальності 05.01.01 “Прикладна геометрія, інженерна графіка”, Всесвітньої організації геометрів і графіків (ISGG), семінару загальнотехнічного відділення АН ВШУ, Президії Української асоціації з прикладної геометрії. Підготувала 9 кандидатів та 2 докторів технічних наук. Автор понад 150 наукових праць, серед яких 2 монографії та навчальний посібник (в співавторстві) і 13 авторських свідоцтв на винаходи. Нагороджена медалями “Ветеран праці”, “В пам’ять 1500-річчя Києва”, нагрудним знаком МВО СРСР “За відмінні успіхи в роботі”, почесною грамотою Міносвіти України.

Померла 26 лютого 2005 року.

УДК 632.938.1

ОБУХОВА ВІОЛЕТТА СЕРГІЙВНА – БІОГРАФІЧНА ДОВІДКА

О. Л. Підгорний

Київський національний університет будівництва та архітектури

Народилася Віолетта Сергіївна Обухова 23.02.1926 року в м.Томську в сім'ї лікарів. В 1944 році в м.Свердловську закінчила середню школу з відмінними результатами, в 1949 році Уральський політехнічний інститут, одержавши кваліфікацію інженера-електрика за спеціальністю «Електроустаткування промислових підприємств». Після закінчення, враховуючи її схильність до дослідницької роботи і громадську активність, В. С. Обухова була залишена в УПІ викладачем кафедри нарисної геометрії.

З навчанням в УПІ, де був в пошані культ спорту, пов'язаний і початок спортивної біографії В. С. Обухової. В 1944 році у вісімнадцятирічному (!) віці вона захопилась спортивною гімнастикою. Право на улюблене тренування кожного разу надавала собі тільки після успішного виконання навчальних завдань, Під час педагогічної роботи навіть при 42-годинному тижневому навантаженні тричі на тиждень поспішала на гімнастичні тренування, Цілеспрямованість і воля.

В результаті на першості вузів міста по товариству „Наука” у виступах по I розряду В. С. Обухова займає призові місця, на першості вузів країни — 4 і 6 місця. Суддя 2-ї категорії зі спортивної гімнастики.

Влітку 1952 року під час першості вузів країни в м.Києві вона подає документи, а згодом і поступає в аспірантуру Київського інженерно-будівельного інституту на кафедру нарисної геометрії і креслення до професора Степана Митрофановича Колотова. Це була відповідь на запрошення професора, яке він зробив, розгледівши її талант лід час проведення на кафедрі УПІ семінара по своїх наукових працях.

Спортивний період В. С. Обухової вже як української спортсменки-гімнастки продовжився і в м. Києві. Це був час Латиніної, Шахліна і других видатних гімнастів. Успіхи були такі. У виступах по I розряду на всесоюзних змаганнях товариства „Наука” - 10 місце, чемпіон м. Києва, першість Київської обласної ради ДСО „Наука” - 2 місце, республіканська першість ДСО „Наука” - 1 місце, участь у Всесоюзному параді фізкультурників 1954 року і, нарешті, спроба виступу за програмою майстрів на змаганнях у м.Львові.

За усім цим була колосальна спортивна праця.

З неменшою енергією взялась В. С. Обухова за наукові справи. Її кандидатська дисертація „Опыт проектирования пучками плоскостей” поклала по суті початок нового напрямку в теорії зображень -узагальнення проекційного апарату на основі застосування конгруенцій прямих. Це було відзначено і главою Московської школи проф. Четверухіним М. Ф.

Успішний захист кандидатської дисертації В. С. Обухової відбувся в строк – 11 листопада 1955 року. На засіданні вченої ради говорили не тільки про достоїнства роботи, але згадали і блискучий спортивний виступ по телебаченню незадовго до захисту. І тоді ж почався новий етап життя разом з науковим однодумцем аспірантом О. Л. Підгорним і віддана Україні півстолітня педагогічна праця в стінах УСГА, нині Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Прихід на кафедру нарисної геометрії і креслення, яку очолював проф. Розов С. В. сприяв їй не тільки науковому, а й педагогічному росту. Проф. Розов С. В. педагог та методист високого рівня, умілий керівник колективу, створив сприятливі умови для ініціативної роботи Віолетті Сергіївни. Все це дозволило їй постійно вести педагогічний пошук, втілювати активні методи навчання, вдосконалювати підготовку інженерних кадрів. І в 1961 році вона заслужено стала доцентом кафедри.

За активної участі та керівництва В. С. Обухової на кафедрі було створено навчально-методичний комплекс, що став основою саморегульованої навчальної системи, впровадженої на кафедрі. Особливою її турботою було втілення в життя комп'ютерної технології навчання через відповідну підготовку молодих кадрів. Ними стали д.т.н. Пилипака С. Ф. та д.т.н. Несвідомін В. М.

В співавторстві з завідувачем кафедри ТДАТА д.т.н., проф. Найдишем В. М. були створені навчальні програми дисциплін «Нарисна геометрія», «Інженерна та комп'ютерна графіка».

В будь-якій справі залишала Віолетта Сергіївна свій помітний слід.

Давно вже звичний урочистий ритуал вшанування біля вічного вогню героїв захисту Києва, серед яких були і студенти сільськогосподарської академії, мав свій початок. Це саме В. С. Обухова разом з М. Ф. Сагачом очолювала роботу по створенню пам'ятної стели, що стала потім першою чергою меморіалу. Вона організувала творчу співдружність студентів УСГА і архітектурного факультету Київського інженерно-будівельного інституту. Було проведено конкурс студентських проєктів, робота переможців стала реальністю за активної праці студентів УСГА.

Будучи членом профкому УСГА, відповідальною за забезпечення житлом і путівками на оздоровлення, вона немало доклала зусиль, щоб люди вийшли з бараків в нормальне житло, налагодила зв'язок з МІМСГ (нині ТДАТА) для оздоровлення співробітників УСГА на березі Азовського моря.

50 наборів студентів отримували від Віолетти Сергіївни початкову інженерну освіту, а саме головне – материнську настанову як жити, як учитись, як не розгубитись в нових умовах, які життєві чесноти треба цінувати і берегти. Вона, городянка, дуже любила сільських хлопців і дівчат за їх безпосередність, довірливість, душевну чистоту, любила як джерело народного характеру українців, що припав їй до серця.

- Ні на кого їх не поміняю, – говорила вона.

Робота В.С.Обухової з новачками починалась до занять, ще на перших загальних зборах та посвяті в студенти. Після цього вона охоче виїжджала з ними в науково-дослідне господарство в Снитинці. В перервах сільгоспробіт із-за негоди та вечорами вела заняття, була наставником не за обов'язком, а за покликом душі. Та і в навчальному році не жалкувала ні часу, ні зусиль, щоб передати знання в непростій науці. Недарма потім звертались до неї за порадами при появі проблем молодому житті, ділились своїми радіщами після їх подолання. А потім випускники, пам'ятаючи свої перші кроки, запрошували Віолетту Сергіївну на свої зібрання і випускні і через багато років.

Протягом двадцяти п'яти років Віолетта Сергіївна вела плідну роботу в предметній науково-методичній комісії Міносвіти, як керівник секції методики викладання нарисної геометрії. В результаті організованих нею в різних вузівських центрах семінарів, доповідей з проблем вищої школи і методики викладання було досягнуто помітних результатів в підвищенні рівня учбової роботи з графічних дисциплін в вузах України. Спираючись на багаторічний досвід проведення студентських олімпіад на кафедрі, В. С. Обухова неодноразово, організовувала від імені предметної комісії та проводила республіканські олімпіади в ряді міст України.

Після захисту кандидатської дисертації В. С. Обухова методично продовжувала вести науково-дослідну роботу, публікувати її результати, брала участь в усіх всесоюзних та республіканських конференціях, починаючи з Рижської конференції, де вона виступала в дружній команді проф. Колотова С. М. – за місяць до народження сина, бо йшло відстоювання позицій Київської наукової школи. Далі: Ленінград, Тбілісі, Київ, Телаві, Ташкент, Тарту, Львів, Харків, Казань, Москва, Орел, Севастополь, Одеса, Свердловськ, Мелітополь - ось географія цієї діяльності.

Цікавий період наукової творчості В. С. Обухової був пов'язаний зі співробітництвом зі спеціалістами Українського філіалу НІАТ А. О. Смоляром і Б. К. Гончаровим, який завершився отриманням 5 авторських свідоцтв на спосіб обробки металу фрезами зміїної геометрії з лінійним контактом та конструкції таких фрез як втілення її наукових розробок з геометрії косих лінійчатих поверхонь. Науково-практичні зв'язки здійснювались В. С. Обуховою, співробітниками кафедри та аспірантами на основі госпдоговорів та творчої співдружності з ВО «Одесагрунтотмаш» по створенню відвалі швидкісних плугів з розгортними поверхнями, ВО Завод ім. Малишева" по створенню каналових поверхонь двигунів внутрішнього згорання, з Білоцерківським заводом с.-г. машинобудування, НДІБК Держбуду СРСР в результаті авторство ще в 8 авторських свідоцтвах на винаходи з реалізацією геометричних розробок.

Дисертація В. С. Обухової «Конструктивно-прикладна теорія нелінійних осьових відображень і асоційованих з ними алгебраїчних поверхонь» за змістом, результатами і їх рівнем вийшла далеко за межі однієї докторської роботи і в цьому плані залишається до сих пір неперевершеною.

Після захисту докторської дисертації проф. Обухова В. С. продовжувала дослідження конгруенцій еліптичного типу, торсів 4 класу 5-8 порядків, косих поверхонь 4-го порядку та інше.

Наукова діяльність проф. Обухової В. С., отримала визнання і за кордоном. Вона підтримувала наукові зв'язки з Лодзинською політехнікою, надавала консультативну допомогу! проводила семінари в Щецинській політехніці, виступала на 7-й і 10-й міжнародних конференціях, що проводились під егідою Міжнародного товариства геометрів і графіків, членом якого вона була, виступала на міжнародній конференції «Оболонки- 2001» в Російському університеті дружби народів.

Роботи проф. Обухової В. С. і її учнів по торсових поверхнях анотувались в довідниках, виданих в РУДН відомим спеціалістом будівельної механіки з методів розрахунку оболонок складної форми д.т.н., проф. Кривошاپко С. М.

Останнім був виступ проф. Обухової В. С. у вересні 2004 року на Першій міжнародній конференції „Геометричне і комп'ютерне моделювання: енергозбереження, екологія, дизайн” (Сімферополь – Новий світ).

Велике значення надавала Віолетта Сергіївна підготовці наукових кадрів через аспірантуру і докторантуру. Особливу роль в цій роботі грали і особисті консультації і організовані нею, діючі десятиліттями, аспірантський семінар.

Проф. Обухова В. С. підготувала 9 кандидатів наук (А. Д. Малий, А. О. Смоляр, В. І. Ахонін, В. Я. Булгаков, А. О. Мартиросов, С. Ф. Пилипака, В. М. Несвідомін, О. В. Василевський, Р. І. Воробкевич) і одного доктора наук Пилипаку С.Ф., якому вона передала естафету завідування кафедрою, успішно вела роботу з докторантом Несвідоміним В. М.

Справі підготовки наукових кадрів і розвитку досліджень сприяла також активна робота проф. Обухової В. С., в складі вченої ради і редколегії збірника „Прикладна геометрія та інженерна графіка”, де вона прийняла в свій час естафету від проф. Розова С. В., участь в роботі загально-технічного відділення АН ВШ та його семінару з прикладної геометрії.

Створена проф. Обуховою В. С. та учнями наукова школа НУБіП України з прикладної геометрії має заслужене визнання і продовжує розвиватись.

Творчий доробок проф. Обухової В. С. має 203 найменувань. Це дисертації, 2 монографії в співавторстві, наукові статті, опубліковані тези доповідей, 6 наукових звітів, 13 авторських свідоцтв на винаходи та 21 робота навчально-методичного характеру. Це цінний спадок, що буде продовжувати працювати від її імені в справі розвитку української науки.

Самовіддана праця проф. Обухової В. С. була відзначена трьома медалями, нагрудним знаком „За отличные успехи в работе“ МВ і ССО СРСР, почесною грамотою Міносвіти і науки України, Почесною Відзнакою НАК Укراгролізінг, почесною грамотою, годинником та знаком Києва від міського голови. Двічі як видатному вченому проф. Обуховій В. С. призначалась на два роки стипендія Президента України.

УДК 515.2

РЕЗУЛЬТАТИ НАУКОВОЇ РОБОТИ КАФЕДРИ НГКГД

С. Ф. Пилипака

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Виповнилося 90 років від дня народження професора Обухової Віолетти Сергіївни і 11 років, як її не стало. Прийшовши на кафедру в 1955 році молодим кандидатом наук, вона відразу ж започаткувала і розгорнула наукову роботу. Завідувачем кафедри на той час був С. В. Розов, який активно займався методичною діяльністю. Його підручники і посібники були відомі на весь Радянський Союз і за його межами. Таке вдале поєднання двох науковців дало хороші результати: на кафедрі розвивалася і методична, і наукова робота. Згодом було відкрито аспірантуру із наукової спеціальності «Прикладна геометрія, інженерна графіка», з'явилися аспіранти. Кафедра неодноразово відзначалася керівництвом вишу, займала призові місця у змаганнях кафедр, була представлена на виставках.

Віолеттою Сергіївною був сформований колектив, у якому працювали викладачами її колишні аспіранти. У 2000 році захищає докторську дисертацію під науковим консультуванням Обухової В. С. її колишній аспірант Пилипака С. Ф., а в 2008 році (уже після смерті Віолетти Сергіївни) теж її колишній аспірант Несвідомін В. М. На кафедрі вперше за весь період її існування з'явилося два доктори наук із профільної спеціальності. Це стало новим поштовхом для наукової роботи. За 11 останніх років на кафедрі захищено 11 кандидатських дисертацій, для двох призначено дату захисту і ще одна робота знаходиться на завершальному етапі. На кафедрі відкрито ще одну наукову спеціальність – «Технічна естетика». Одна із двох підготовлених робіт буде захищатися по цій спеціальності. В минулому році вступив до докторантури колишній аспірант кафедри, а згодом доцент Ніжинського агротехнічного інституту НУБіП України Муквич М. М. Окрім нього на кафедрі навчається ще три аспіранти.

Тематика кандидатських дисертацій охоплює досить широке коло задач. Це задачі згинання листового матеріалу і побудова викрійок, згинання матеріалу із врахуванням пружинення. Окремий напрям – застосування супровідного тригранника Френе в задачах конструювання поверхонь та кінематики і динаміки матеріальної точки. В цьому плані розглянуто конструювання поверхонь середньої сталої кривини, обвідних поверхонь однопараметричної множини площин, лінійчатих поверхонь полицевого типу для проектування ґрунтообробних знарядь тощо. В полі зору науковців кафедри наступні напрямки досліджень: апроксимація нерозгортних поверхонь відсіками розгортних, застосування ізометричних координат, геодезичні лінії поверхонь, комп'ютерні моделі синтетичної геометрії.

УДК 514.18

КОНСТРУЮВАННЯ МІНІМАЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ІЗОТРОПНИХ КРИВИХ, ЯКІ ЛЕЖАТЬ НА ПОВЕРХНЯХ ОБЕРТАННЯ**С. Ф. Пилипака, М. М. Муквич***Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Вступ. Розширення геометричних способів конструювання мінімальних поверхонь, які застосовуються при проектуванні поверхонь технічних форм та архітектурних конструкцій, є важливою проблемою моделювання неперервного каркасу цих поверхонь. Вивчення мінімальних поверхонь зумовлене дослідженням геометричної задачі знаходження поверхні, яка проходить через замкнену криву (контур) і має найменшу площу [6]. Аналітичний опис мінімальних поверхонь пов'язаний із знаходженням параметричних рівнянь уявних ізотропних кривих нульової довжини. У працях [3, 4] розроблено способи знаходження аналітичного опису ізотропних кривих за формулами Шварца та Вейерштрасса, але вони тільки в окремих випадках дозволяють знайти параметричні рівняння цих уявних кривих. У роботі [1] розглянуто моделювання мінімальних поверхонь на основі ізотропних кривих Без'є третього порядку.

Результати досліджень. Метою досліджень є розробка способу конструювання мінімальних поверхонь за допомогою ізотропних кривих, які лежать на поверхнях обертання, віднесених до ізометричних координат.

Розглянемо поверхню обертання, параметричні рівняння якої мають вигляд:

$$X(\tau; \nu) = \varphi(\tau) \cdot \cos \nu; \quad Y(\tau; \nu) = \varphi(\tau) \cdot \sin \nu; \quad Z(\tau; \nu) = \psi(\tau), \quad (1)$$

де $\varphi = \varphi(\tau)$; $\psi = \psi(\tau)$ – параметричні рівняння меридіана поверхні обертання, $\tau \in R$; $\nu \in [0; 2\pi)$.

У роботі [2] наведено алгоритм відшукування параметричних рівнянь меридіана поверхні обертання, при якому поверхня буде віднесена до ізометричних координат. Перехід від ортогональної до ізометричної сітки координат здійснюється за допомогою введення нової змінної t яка пов'язана із змінною τ наступним чином [2]:

$$t = \int \frac{\sqrt{(\varphi'_\tau)^2 + (\psi'_\tau)^2}}{\varphi} d\tau. \quad (2)$$

Складність переходу від ортогональної до ізометричної сітки координат полягає в тому, що для деяких поверхонь, наприклад еліпсоїда, невизначений інтеграл (2) не можна виразити за допомогою елементарних функцій. Але після знаходження інтеграла (2) необхідно виразити $\tau = \tau(t)$ і підставити у параметричні рівняння (1), що неможливо здійснити, наприклад, для

параболоїда. У роботах [2, 5] показано алгоритми знаходження параметричних рівнянь поверхонь обертання, віднесених до ізометричних координат.

Нехай маємо параметричні рівняння поверхні обертання, віднесеної до ізометричних координат:

$$X(t;v) = \varphi(t) \cdot \cos v; \quad Y(t;v) = \varphi(t) \cdot \sin v; \quad Z(t;v) = \psi(t), \quad (3)$$

де $\varphi = \varphi(t)$; $\psi = \psi(t)$ – параметричні рівняння меридіана поверхні обертання, $t \in R$; $v \in [0; 2\pi)$.

Тоді лінійний елемент поверхні обертання (3), віднесеної до ізометричних координат, має вигляд:

$$ds^2 = \alpha(t) \cdot (dv^2 + dt^2), \quad (4)$$

де $E = G = \alpha(t)$ – деякий вираз крайніх коефіцієнтів першої квадратичної форми поверхні (3).

Розклавши на множники вираз (4) отримаємо:

$$ds^2 = \alpha(t) \cdot (dv - i \cdot dt)(dv + i \cdot dt),$$

де i – уявна одиниця.

Прирівнюючи до нуля праву частину останньої рівності, після інтегрування отримаємо:

$$v = i \cdot t + C \quad \text{або} \quad v = -i \cdot t + C, \quad (5)$$

де C – довільна стала інтегрування.

Вирази (5) називають координатами Дарбу (Darboux) [6].

Лінійний елемент (4) поверхні обертання (3) визначає довжину будь-якої кривої, яка лежить на його поверхні. Тому при підстановці одного із виразів (5) у параметричні рівняння поверхні обертання (3) отримаємо параметричні рівняння двох сімей уявних ізотропних кривих нульової довжини. Зокрема, при підстановці виразу $v = i \cdot t + C$ у рівняння (3) для кожного значення C отримаємо параметричні рівняння уявної ізотропної кривої, яка лежить на поверхні:

$$x(t) = \varphi(t) \cdot \cos(i \cdot t + C); \quad y(t) = \varphi(t) \cdot \sin(i \cdot t + C); \quad Z(t) = \psi(t), \quad (6)$$

Із метою знаходження рівнянь мінімальної та приєднаної до неї мінімальної поверхні для функцій комплексної змінної (6) уведемо заміну: $t = u + i \cdot v$.

Тоді отримаємо параметричні рівняння мінімальної поверхні [6] $X(u, v), Y(u, v), Z(u, v)$:

$$X(u, v) = \operatorname{Re}\{x(u + i \cdot v)\}; \quad Y(u, v) = \operatorname{Re}\{y(u + i \cdot v)\}; \quad Z(u, v) = \operatorname{Re}\{z(u + i \cdot v)\}; \quad (7)$$

та приєднаної мінімальної поверхні $X^*(u, v), Y^*(u, v), Z^*(u, v)$:

$$X^*(u, v) = \operatorname{Im}\{x(u + i \cdot v)\}; \quad Y^*(u, v) = \operatorname{Im}\{y(u + i \cdot v)\}; \quad Z^*(u, v) = \operatorname{Im}\{z(u + i \cdot v)\}. \quad (8)$$

Вираз (4) лінійного елемента поверхні обертання можна розкласти на множники у вигляді:

$$ds^2 = \alpha(t) \cdot (dt - i \cdot dv)(dt + i \cdot dv).$$

Прирівнюючи до нуля праву частину останньої рівності, після інтегрування отримаємо:

$$t = i \cdot v + C \text{ або } t = -i \cdot v + C, \quad (9)$$

де C – довільна стала інтегрування.

Підставивши вирази (9) у рівняння (3), для кожного значення C отримаємо параметричні рівняння двох уявних ізотропних кривих, які лежать на поверхні обертання. Тобто для кожної поверхні обертання (3), віднесеної до ізометричних координат, можна утворити чотири сім'ї ізотропних кривих. Замінюючи значення аргументу у рівняннях ізотропної кривої виразом $u + i \cdot v$, за умови відокремлення змінних, для кожної вказаної кривої можна знайти аналітичний опис відповідної мінімальної поверхні та приєднаної мінімальної поверхні. Слід зазначити, що утворені чотири мінімальні поверхні (та приєднані мінімальні поверхні) мають рівні коефіцієнти першої та другої квадратичних форм, тобто вони характеризуються однаковими метричними властивостями та однаковими властивостями кривини поверхні.

Розглянемо поверхню тора, який задано параметричними рівняннями:

$$X(\tau; v) = (R + r \cos \tau) \cdot \cos v; \quad Y(\tau; v) = (R + r \cos \tau) \cdot \sin v; \quad Z(\tau; v) = r \sin \tau, \quad (10)$$

де r – радіус твірного кола (меридіана поверхні); R – радіус напрямного кола, по якому рухається центр твірного кола; $r < R$; $\tau \in [0; 2\pi)$; $v \in [0; 2\pi)$.

Якщо $r < R$, тоді умова (2) переходу до ізометричної сітки координат після інтегрування має вигляд:

$$t(\tau) = \frac{2r}{\sqrt{R^2 - r^2}} \cdot \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{R-r}{R+r}} \cdot \operatorname{tg} \frac{\tau}{2} \right). \quad (11)$$

Виразимо із (11) $\tau(t) = 2 \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{R+r}{R-r}} \cdot \operatorname{tg} \frac{\sqrt{R^2 - r^2}}{2r} t \right)$ і підставимо у рівняння

(3). Після перетворень отримаємо параметричні рівняння тора ($r < R$), віднесеного до ізометричних координат:

$$\begin{aligned} X(t; v) &= \frac{R^2 - r^2}{R - r \cos(\beta \cdot t)} \cdot \cos v; \\ Y(t; v) &= \frac{R^2 - r^2}{R - r \cos(\beta \cdot t)} \cdot \sin v; \\ Z(t; v) &= -\frac{r \cdot \sqrt{R^2 - r^2} \cdot \sin(\beta \cdot t)}{R - r \cos(\beta \cdot t)}, \end{aligned} \quad (12)$$

де $\beta = \frac{\sqrt{R^2 - r^2}}{r}$.

Лінійний елемент тора (12), віднесеного до ізометричної сітки, має вигляд:

$$ds^2 = \left(\frac{R^2 - r^2}{R - r \cos(\beta \cdot t)} \right)^2 \cdot (dv^2 + dt^2). \quad (13)$$

При підстановці виразу $v = i \cdot t + C$ у рівняння (12) для кожного значення C отримаємо параметричні рівняння уявної ізотропної кривої (6), яка лежить на поверхні тора ($r < R$):

$$\begin{aligned}
x(t) &= \frac{R^2 - r^2}{R - r \cos(\beta \cdot t)} \cdot \cos(i \cdot t + C); \\
y(t) &= \frac{R^2 - r^2}{R - r \cos(\beta \cdot t)} \cdot \sin(i \cdot t + C); \\
Z(t; v) &= -\frac{r \cdot \sqrt{R^2 - r^2} \cdot \sin(\beta \cdot t)}{R - r \cos(\beta \cdot t)},
\end{aligned} \tag{14}$$

$$\text{де } \beta = \frac{\sqrt{R^2 - r^2}}{r}.$$

Для знаходження рівнянь мінімальної та приєднаної до неї мінімальної поверхні для функцій комплексної змінної (14) уведемо заміну: $t = u + i \cdot v$. Відокремивши дійсну та уявну частину для кожної з функцій (14), маємо, згідно (7), рівняння мінімальної поверхні (C – довільна стала):

$$\begin{aligned}
X(u, v) &= \frac{\cos(C - v) \operatorname{ch}(u) [R - r \cos(\beta u) \operatorname{ch}(\beta v)] - r \sin(\beta u) \sin(C - v) \cdot \operatorname{sh} u \cdot \operatorname{sh}(\beta v)}{[(R - r \cos(\beta u) \operatorname{ch}(\beta v))^2 + r^2 \sin^2(\beta u) \operatorname{sh}^2(\beta v)] \cdot (R^2 - r^2)^{-1}}; \\
Y(u, v) &= \frac{\sin(C - v) \operatorname{ch}(u) [R - r \cos(\beta u) \operatorname{ch}(\beta v)] + r \sin(\beta u) \cos(C - v) \cdot \operatorname{sh} u \cdot \operatorname{sh}(\beta v)}{[(R - r \cos(\beta u) \operatorname{ch}(\beta v))^2 + r^2 \sin^2(\beta u) \operatorname{sh}^2(\beta v)] \cdot (r^2 - R^2)^{-1}}; \\
Z(u, v) &= \frac{2r \sqrt{R^2 - r^2} \cdot [r \cos(\beta u) - R \operatorname{ch}(\beta v)] \cdot \sin(\beta u)}{2R^2 + r^2 \cos(2\beta u) - 4r \cdot R \cdot \cos(\beta u) \cdot \operatorname{ch}(\beta v) + r^2 \operatorname{ch}(2\beta v)};
\end{aligned} \tag{15}$$

$$\text{де } \beta = \frac{\sqrt{R^2 - r^2}}{r}.$$

та, згідно (8), рівняння приєднаної мінімальної поверхні:

$$\begin{aligned}
X^*(u, v) &= \frac{\sin(C - v) \operatorname{sh}(u) [R - r \cos(\beta u) \operatorname{ch}(\beta v)] - r \sin(\beta u) \cos(C - v) \cdot \operatorname{ch} u \cdot \operatorname{sh}(\beta v)}{[(R - r \cos(\beta u) \operatorname{ch}(\beta v))^2 + r^2 \sin^2(\beta u) \operatorname{sh}^2(\beta v)] \cdot (r^2 - R^2)^{-1}}; \\
Y^*(u, v) &= \frac{\cos(C - v) \operatorname{sh}(u) [-R + r \cos(\beta u) \operatorname{ch}(\beta v)] + r \sin(\beta u) \sin(C - v) \cdot \operatorname{ch} u \cdot \operatorname{sh}(\beta v)}{[(R - r \cos(\beta u) \operatorname{ch}(\beta v))^2 + r^2 \sin^2(\beta u) \operatorname{sh}^2(\beta v)] \cdot (R^2 - r^2)^{-1}}; \\
Z^*(u, v) &= \frac{2r \sqrt{R^2 - r^2} \cdot [-R \cos(\beta u) + r \operatorname{ch}(\beta v)] \cdot \operatorname{sh}(\beta v)}{2R^2 + r^2 \cos(2\beta u) - 4r \cdot R \cdot \cos(\beta u) \cdot \operatorname{ch}(\beta v) + r^2 \operatorname{ch}(2\beta v)};
\end{aligned} \tag{16}$$

$$\text{де } \beta = \frac{\sqrt{R^2 - r^2}}{r}.$$

На рис.1 зображено відсіки мінімальної та приєднаної поверхонь, побудованих за рівняннями (15) і (16) відповідно при $C = 0; r = 3; R = 5; u \in [-2; \dots; 2]; v \in [-0,4; \dots; 0,4]$.

Коефіцієнти першої та другої квадратичних форм побудованих поверхонь (15) та (16), перетворюють вираз середньої кривини $H = \frac{E \cdot N - 2 \cdot F \cdot M + G \cdot L}{2(E \cdot G - F^2)}$,

для кожної із указаних поверхонь, до нуля.

Висновки. За умови знаходження невизначеного інтегралу (2) на поверхні обертання, віднесеної до ізометричних координат, можна побудувати чотири сім'ї ізотропних кривих. Для кожної ізотропної кривої за умови відокремлення дійсної та уявної частини у її параметричних рівняннях, що є функціями

комплексної змінної, можна знайти аналітичний опис відповідної мінімальної поверхні та приєднаної мінімальної поверхні.

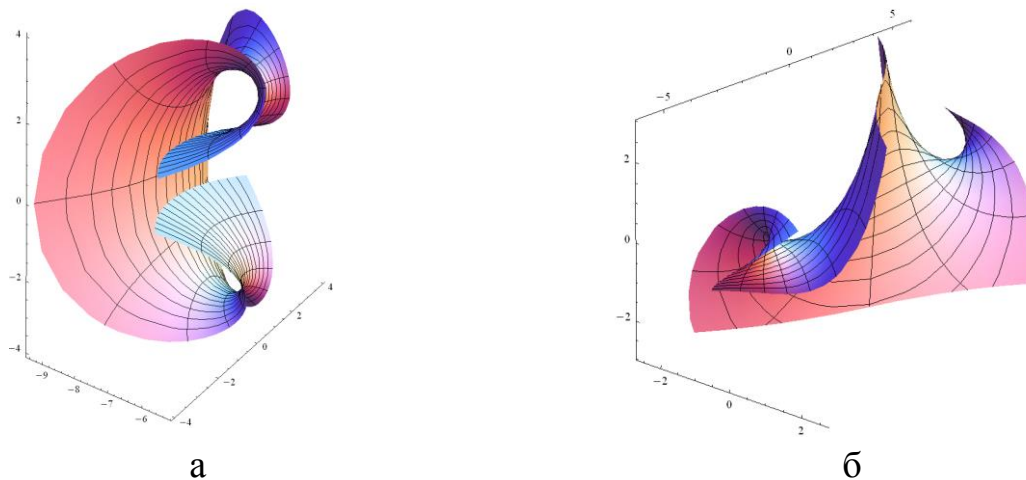


Рис. 1. Відсіки мінімальних поверхонь, побудованих за допомогою ізотропних кривих, які лежать на поверхні тора, заданого рівняннями (12):
а) відсік мінімальної поверхні, побудованої за рівняннями (15);
б) відсік приєднаної мінімальної поверхні, побудованої за рівняннями (16).

Список літератури

1. Аушева Н. М. Моделювання поверхонь Без'є / Н. М. Аушева // Прикладна геометрія та інженерна графіка. Праці / Таврійський державний агротехнологічний університет. – Вип.4, т. 50. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – С. 105–109.
2. Несвідомін В. М. Конструювання поверхонь обертання, віднесених до ізометричних сіток координатних ліній / В. М. Несвідомін, Т. С. Кременець // Прикл. геометрія та інж. графіка. – К.: КНУБА, 2012. – № 89. – С. 271–276.
3. Пилипака С. Ф. Мінімальні поверхні, отримані з ізотропних кривих / С. Ф. Пилипака, Е. О. Чернишова // Збірник наукових праць КНУДТ (спецвипуск): Доповіді третьої кримської науково-практичної конференції "Геометричне та комп'ютерне моделювання: енергозбереження, екологія, дизайн". – К.: ДОП КНУТД, 2006. – С. 40–45.
4. Пилипака С. Ф. Конструювання мінімальної поверхні гвинтовим рухом просторової кривої / С. Ф. Пилипака, І. О. Коровіна // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Вип. 4. Прикл. геометрія та інж. графіка. – Т. 39. – Мелітополь: ТДАТУ, 2008. – С. 30–36.
5. Пилипака Т. С. Аналітичний пошук поверхонь обертання, віднесених до ізометричних координат / Т. С. Пилипака, І. Ю. Грищенко, Т. С. Кременець // Прикл. геометрія та інж. графіка. – К.: КНУБА, 2012. – № 90. – С. 229–236.
6. Фиников С. П. Теория поверхностей / Фиников С. П. – М.–Л.: ГТТИ, 1934. – 206 с.

УДК 514.18

РУХ ЧАСТИНКИ ПО ГОРИЗОНТАЛЬНІЙ ПЛОЩИНІ, ЯКА ЗДІЙСНЮЄ КОЛИВАЛЬНІ ПЕРЕМІЩЕННЯ ПО КОЛУ

А. В. Несвідомін

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Існує необмежена кількість поступальних переміщень горизонтальної площини в просторі $Oxyz$, закони яких можуть бути представлені вектор-функцією $\mathbf{M}[x(t), y(t), z(t)]$. Найпростішими із них є:

- прямолінійне вздовж осі Ox - $\mathbf{M}[vt, 0, 0]$;
- коливальне вздовж осі Ox - $\mathbf{M}\left[l \cos(vt) + \sqrt{L^2 - \sin^2(vt)}, 0, 0\right]$;
- коливальне по колу в площині Oxy - $\mathbf{M}[l \cos(vt), l \sin(vt), 0]$ та інші.

Нехай площина здійснює поступальний рух по колу, наприклад:

$$\mathbf{M} = \mathbf{M}[l \sin(vt), l \cos(vt), 0], \quad (1)$$

де: v, c^{-1} - кутова швидкість;

l, m - амплітуда коливань.

Підставимо вирази $u = u(t)$, $v = v(t)$ шуканої траєкторії частинки у внутрішніх u, v - координатах до рівняння рухомої горизонтальної площини $\mathbf{R}[u, v, 0]$ - одержимо абсолютну $\mathbf{r}(t)$ та відносну $\boldsymbol{\rho}(t)$ траєкторії частинки у системі декартових координат $Oxyz$ відповідно:

$$\mathbf{r}(t) = \mathbf{R}[u(t), v(t), 0] + \mathbf{M}[l \sin(vt), l \cos(vt), 0] = \mathbf{r}[u(t) + l \sin(vt), v(t) + l \cos(vt), 0], \quad (2)$$

$$\boldsymbol{\rho}(t) = \boldsymbol{\rho}[u(t), v(t), 0]. \quad (3)$$

За рівнянням абсолютної траєкторії $\mathbf{r}(t)$ знайдемо залежності:

- вектор $\mathbf{w}(t)$ прискорення та його величину:

$$\mathbf{w}(t) = \frac{d^2}{dt^2} \mathbf{r}(t) = \mathbf{w} \left[\frac{d^2}{dt^2} u(t) - v^2 l \sin(vt), \frac{d^2}{dt^2} v(t) - v^2 l \cos(vt), 0 \right], \quad (4)$$

$$W(t) = \left| \frac{d^2}{dt^2} \mathbf{r}(t) \right| = \sqrt{\left(\frac{d}{dt} u(t) + v l \cos(vt) \right)^2 + \left(\frac{d}{dt} v(t) - v l \sin(vt) \right)^2}, \quad (5)$$

- косинуси кутів між вектором \mathbf{w} і векторами $\mathbf{R}'_u \equiv \mathbf{u}$ і $\mathbf{R}'_v \equiv \mathbf{v}$ дотичних u, v -координатних ліній площини $\mathbf{R}(u, v)$:

$$\cos(\widehat{\mathbf{w}, \mathbf{R}'_u}) = \frac{\frac{d^2}{dt^2} u(t) - v^2 l \sin(vt)}{\sqrt{v^2 l \left(v^2 l - 2 \left(\frac{d^2}{dt^2} v(t) \cos(vt) + \frac{d^2}{dt^2} u(t) \sin(vt) \right) \right) + \left(\frac{d^2}{dt^2} u(t) \right)^2 + \left(\frac{d^2}{dt^2} v(t) \right)^2}}, \quad (6)$$

$$\cos(\widehat{\mathbf{w}, \mathbf{R}'_v}) = \frac{\frac{d^2}{dt^2} v(t) - v^2 l \cos(vt)}{\sqrt{v^2 l \left(v^2 l - 2 \left(\frac{d^2}{dt^2} v(t) \cos(vt) + \frac{d^2}{dt^2} u(t) \sin(vt) \right) \right) + \left(\frac{d^2}{dt^2} u(t) \right)^2 + \left(\frac{d^2}{dt^2} v(t) \right)^2}}. \quad (7)$$

Одержимо систему диференціальних рівнянь законів руху частинки в проекціях на орти відповідно:

- \mathbf{u} і \mathbf{v} тригранника \mathbf{OuvN} :

$$\begin{cases} Ou := m(-l \sin(vt) v^2 + \frac{d^2}{dt^2} u(t)) = - \frac{f mg \frac{d}{dt} u(t)}{\sqrt{\left(\frac{d}{dt} u(t)\right)^2 + \left(\frac{d}{dt} v(t)\right)^2}} \\ Ov := m(-l \cos(vt) v^2 + \frac{d^2}{dt^2} v(t)) = - \frac{f mg \frac{d}{dt} v(t)}{\sqrt{\left(\frac{d}{dt} u(t)\right)^2 + \left(\frac{d}{dt} v(t)\right)^2}} \end{cases}, \quad (8)$$

•**T** і **P** тригранника **OTPN**:

$$\begin{cases} OT := \frac{m\left(\frac{d}{dt} u(t) \left(\frac{d^2}{dt^2} u(t) - v^2 l \sin(vt)\right) + \frac{d}{dt} v(t) \left(\frac{d^2}{dt^2} v(t) - v^2 l \cos(vt)\right)\right)}{\sqrt{\left(\frac{d}{dt} u(t)\right)^2 + \left(\frac{d}{dt} v(t)\right)^2}} = -fmg \\ OP := \frac{d}{dt} u(t) \left(\frac{d^2}{dt^2} v(t) - v^2 l \cos(vt)\right) - \frac{d}{dt} v(t) \left(\frac{d^2}{dt^2} u(t) - v^2 l \sin(vt)\right) = 0 \end{cases}. \quad (9)$$

На рис. 1 побудовано абсолютну $r(t)$, відносну $\rho(t)$ траєкторії частинки, графіки її абсолютної швидкості $V(t)$ траєкторії в залежності кута кидання частинки $\alpha_o = -90^\circ, -45^\circ, 0^\circ, 45^\circ$ за вихідних умов: коефіцієнт тертя $f = 0.3$, початкова швидкість $V_o = 4\text{м/с}$, амплітуда $l = 2\text{м}$ і кутова швидкість обертання $v = 0\text{с}^{-1}$ - площина нерухома. Зрозуміло, що за цих вихідних умов абсолютні та відносні траєкторії і швидкості частинки збігаються.

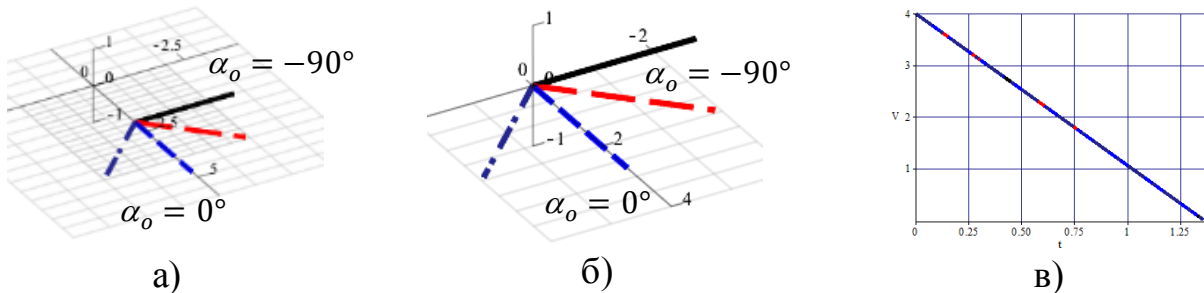


Рис. 1. Абсолютні $r(t)$, відносні $\rho(t)$ траєкторії та швидкості $V(t)$ частинки

Візьмемо кутову швидкість обертання рівною $v = 2$ (рис. 2).

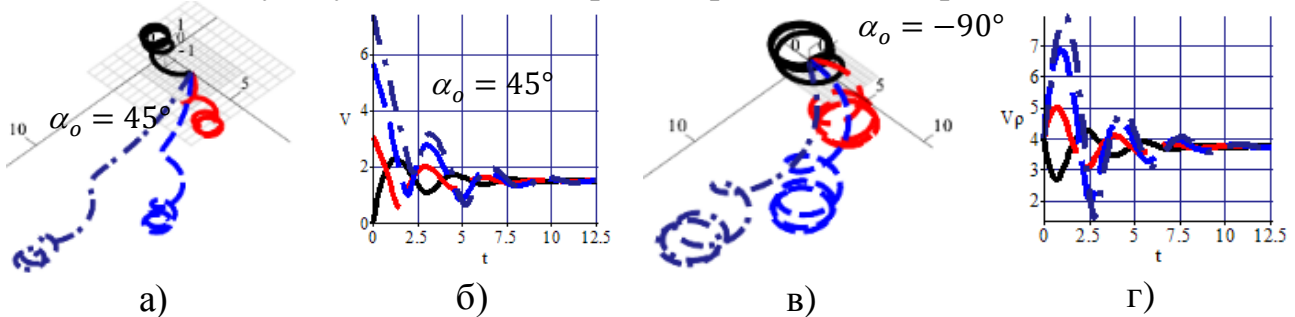


Рис. 2. Траєкторії $r(t)$, $\rho(t)$ та графіки швидкостей $V(t)$, $V_\rho(t)$ частинки в залежності кута α_o кидання

Можна бачити, що абсолютні $r(t)$ та відносні $\rho(t)$ траєкторії через проміжок часу $t \approx 12$ переходять у кола, а абсолютні $V(t)$ та відносні $V_\rho(t)$ швидкості частинок становляться постійними величинами. Після стабілізації радіуси кіл абсолютних траєкторії $r(t)$ дорівнюють $R_r = \frac{fg}{v^2} = 0.74$, а швидкість

частинки $V_r = \frac{fg}{v} = 1.47$. Для відносних траєкторій $\rho(t)$ та швидкості $V_\rho(t)$ ці значення є більшими - $R_\rho = l\sqrt{1 - \left(\frac{fg}{lv^2}\right)^2} = 1.84$ і $V_\rho = R_\rho v = 3.72$.

Якщо кинути частинки в одному напрямку $\alpha_o = -45^\circ$, але з різним коефіцієнтом тертя $f = 0.01, 0.15, 0.3, 0.45$, то частинки з більшим коефіцієнтом тертя швидше виходять на траєкторію по колу (рис.3).

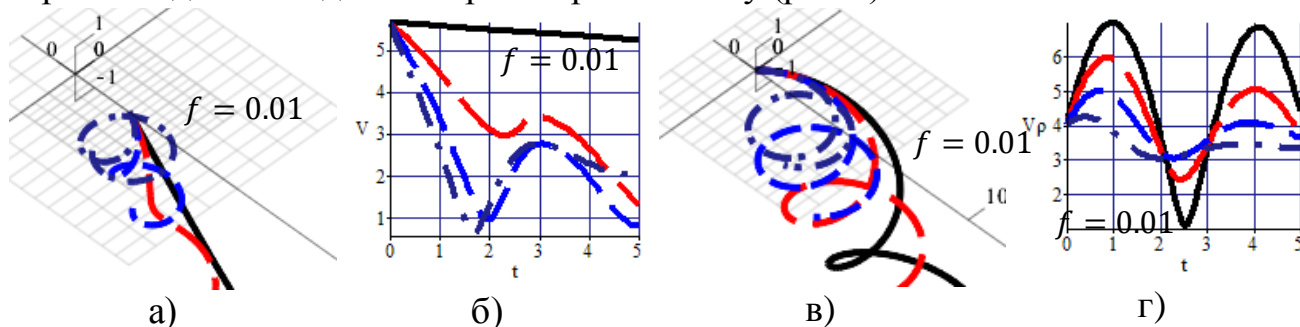


Рис. 3. Траєкторії $r(t)$, $\rho(t)$ та графіки швидкостей $V(t)$, $V_\rho(t)$ частинки в залежності коефіцієнта тертя f

Частинки кинуті з різною початковою швидкістю $V_o = 1, 2, 4, 8$ в одному напрямку $\alpha_o = -45^\circ$ з однаковим коефіцієнтом тертя $f = 0.3$ майже одночасно стабілізують власні траєкторії, але їх положення від місця кидання пропорційне початковій швидкості V_o (рис. 4).

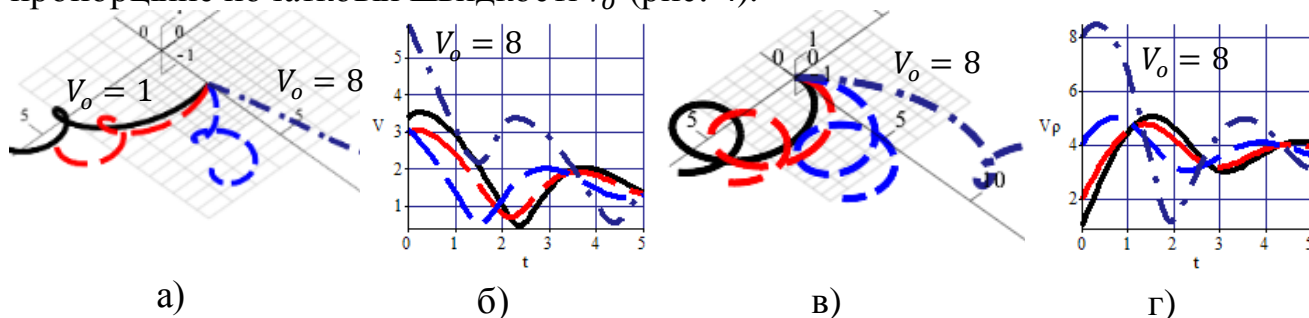


Рис. 4. Траєкторії $r(t)$, $\rho(t)$ та графіки швидкостей $V(t)$, $V_\rho(t)$ частинки в залежності початкової швидкості V_o

Зменшимо кутову швидкість обертання $v = 1$ площини (рис. 5).

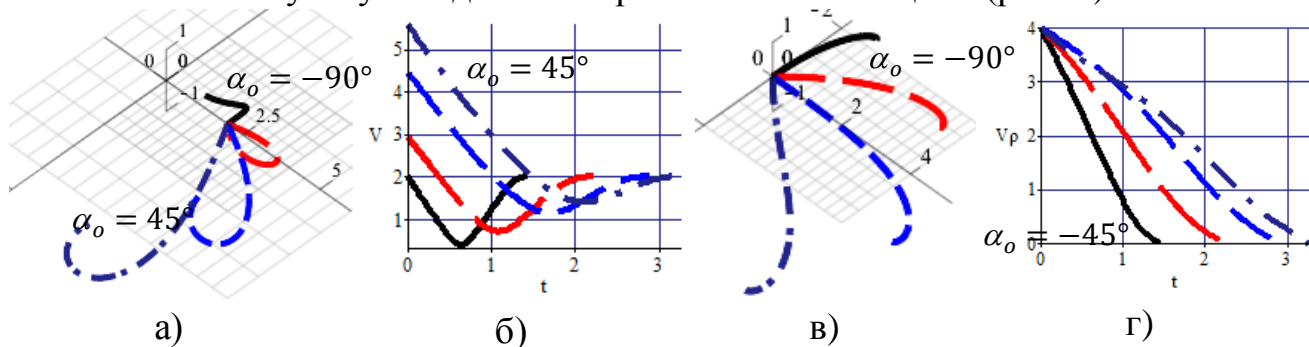


Рис. 5. Траєкторії $r(t)$, $\rho(t)$ та графіки швидкостей $V(t)$, $V_\rho(t)$ частинки в залежності кута кидання α_o

Прямування графіків відносних швидкостей $V_p(t)$ до нуля (рис.5,г) говорить про те, що частинки зупиняються в площині - перестають ковзати в ній $lv^2 < fg$.

Цікавим є рух частинки із характерним співвідношенням амплітуди l , кутової швидкості v обертання площини і коефіцієнта тертя f , зокрема щоб виконувалася тотожність $lv^2 = fg$. Це можна виконати одним із трьох способів - визначити третій за двома вихідними параметрами: 1) амплітуду $l = \frac{fg}{v^2}$; 2) швидкість обертання $v = \sqrt{\frac{fg}{l}}$; 3) коефіцієнт тертя $f = \frac{lv^2}{g}$. На рис.6 побудовано траєкторії і графіки їх швидкостей за першим способом: $f = 0.3, v = 2$, тоді $l = 0.736$. Стабілізація руху відбулась вже через проміжок часу $t \approx 2$.

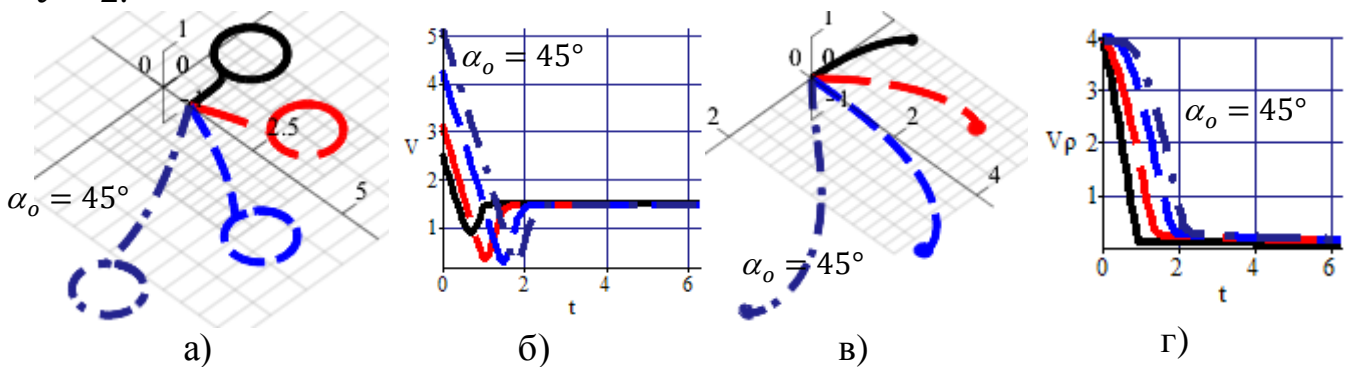


Рис. 6. Траєкторії $r(t)$, $\rho(t)$ та графіки швидкостей $V(t)$, $V_p(t)$ частинки в граничному режимі вихідних параметрів

Якщо у моделі (1) встановити переносний рух горизонтальної площини так, щоб амплітуда вздовж осі Oy була у два рази більша амплітуди вздовж осі Ox :

$$M = M[l \sin(vt), 2l \cos(vt), 0], \quad (10)$$

то після стабілізації руху частинок їх траєкторіями будуть криві еліптичної форми, положення яких залежить від кута α_0 їх кидання (рис.7). Графіки абсолютних $V(t)$ та відносних $V_p(t)$ швидкостей частинок є зигзагоподібними.

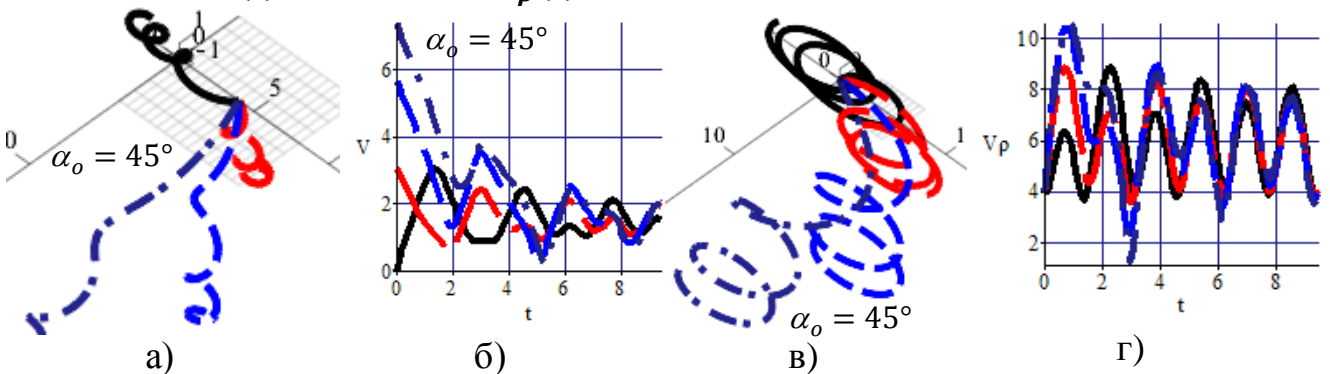


Рис. 7. Траєкторії $r(t)$, $\rho(t)$ та графіки швидкостей $V(t)$, $V_p(t)$ частинки за різної амплітуди коливання площини

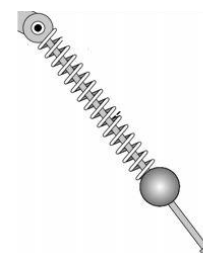
УДК 515.2

ВИЗНАЧЕННЯ РЕГУЛЯРНИХ ТРАЄКТОРІЙ, ПОВ'ЯЗАНИХ З КОЛИВАННЯМИ ПРУЖИННОГО МАЯТНИКА

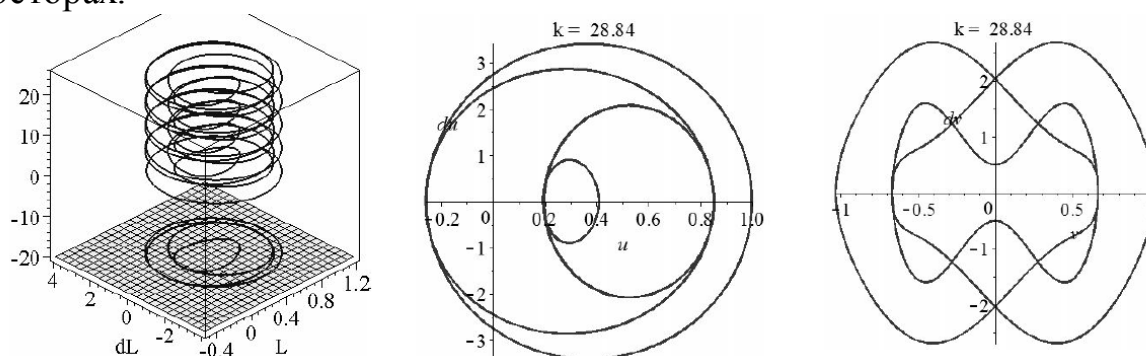
О. М. Семків

Національний університет цивільного захисту України

Пружинним маятником називають коливальну систему з механічною пружиною (або заміником її функцій – деяким еластичним матеріалом), що закріплена одним кінцем стаціонарно, а на іншому кінці знаходиться вантаж певної маси (рисунок). При цьому прийнято вважати, що вантаж коливається виключно завдяки зусиллям пружини як у бік її стиснення, так і у бік її розтягнення, що конструктивно забезпечується поперечне «не згинання» пружини. Звичайно пружину розглядають за умови нерухомості її осі. Тобто зазначене «одновимірне» коливання пружини здійснюються переважно завдяки еластичним властивостям матеріалу, з якого вона виготовлена.



Необхідно розробити метод визначення засобами диференціального числення та комп'ютерної графіки геометричної форми особливої траєкторії переміщення по площині вантажу 2d-пружинного маятника залежно від його параметрів, де керуючим параметром буде значення коефіцієнта жорсткості k пружини. На характер коливань 2d-пружинного маятника впливатимуть такі параметри: маса вантажу, початкова довжина пружини у не навантаженому стані, коефіцієнт жорсткості пружини і початкові умови ініціювання коливань – такі як початковий кут відхилення осі пружини, початкова швидкість кута відхилення 2d-пружинного маятника, та швидкість початкового подовження тіла пружини. Для практичних впроваджень необхідно розробити метод визначення набору значень цих параметрів, які б забезпечили особливі траєкторії переміщення вантажу. Було виведено систему диференціальних рівнянь опису коливання пружинного маятника. На рисунку нижче наведено окремі інтегральні криві та їх фазові траєкторії у відповідних фазових просторах.



За одержаними зображеннями приймаються рішення з визначення множини критичних значень керуючого параметра, які відповідатимуть особливим траєкторіям коливання вантажу пружинного маятника.

УДК 514.18:004.925.8

ВАРІАНТНЕ ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ МЕТОДОМ ПОЛІПАРАМЕТРИЗАЦІЇ

Г. І. Вірченко

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»*

У наш час комп'ютерні інформаційні технології становлять один із перспективних напрямків для успішного створення різноманітної промислової продукції. Ці засоби реалізовано у вигляді систем автоматизованого проектування (САПР), які в закордонній практиці прийнято позначати аббревіатурою CAD/CAM/CAE (Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing/ Computer-Aided Engineering). Невід'ємним компонентом САПР є комп'ютерне геометричне моделювання, що забезпечує не тільки продуктивну візуалізацію технічних об'єктів, які розробляються, а й дає змогу проведення їх комплексної оптимізації. Зазначена властивість базується на тому, що геометричні моделі під час проектування являють собою узгоджену основу для взаємодії фахівців багатьох спеціальностей.

Зараз у CAD/CAM/CAE системах достатньо популярне параметричне формоутворення, яке дозволяє гнучко та продуктивно змінювати опрацьовувані вироби з метою їх адаптації до наявних вимог. Подальшим удосконаленням зазначеного підходу є методології структурно-параметричного та комбінаторно-варіаційного геометричного моделювання, що запропоновані науковою школою прикладної геометрії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». На теперішньому етапі в рамках даної теорії актуальні задачі напрацювання нових ефективних способів, прийомів та алгоритмів варіантного динамічного формоутворення технічних об'єктів для використання в САПР.

Згідно з окресленими умовами було розроблено теоретичні засади методу, який отримав назву поліпараметризації. Основна його ідея полягає в застосуванні до областей параметричного визначення ліній, поверхонь і тіл структурно-параметричного та комбінаторно-варіаційного підходів. Окреслена методика дозволила створити відповідні універсальні способи, прийоми та алгоритми, які продуктивно реалізуються засобами обчислювальної техніки та

забезпечують варіантне динамічне комп'ютерне формоутворення наведених фігур у середовищі CAD/CAM/CAE систем.

Отримані нові наукові результати досліджено на тестових прикладах, розроблено відповідне програмне забезпечення, побудовано належні моделі, здійснено дослідне впровадження у виробництво та в навчальний процес Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”.

УДК 514.18

ДИСКРЕТНОЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ УГЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ

Е. А. Гавриленко

Таврический государственный агротехнологический университет

Задача метода пространственных угловых параметров – формирование плоских и пространственных одномерных обводов с обеспечением заданных геометрических свойств и особых условий. Основная сфера использования метода – моделирование поверхностей с повышенными динамическими качествами, ограничивающих изделия, функциональное назначение которых – взаимодействие со средой.

Метод обеспечивает формирование гладких обводов с закономерным изменением кривизны, кручения, радиусов соприкасающихся сфер. Обвод формируются на основе любого точного ряда по участкам, на которых возможно обеспечить монотонное изменение значений дифференциально-геометрических характеристик. Основу метода составляют алгоритмы моделирования монотонных кривых. Необходимым этапом формирования обвода является анализ исходного точечного ряда, в результате которого определяется область возможного расположения кривой и диапазоны возможных значений ее характеристик. Границы диапазонов рассчитываются исходя из динамики изменения характеристик вдоль кривой, которая определяется на основании параметров исходного точечного ряда. Назначенные характеристики уточняют область расположения кривой. Значения характеристик обеспечиваются в процессе сгущения точечного ряда.

В процессе моделирования дифференциально-геометрические характеристики кривой оцениваются с помощью их дискретных аналогов. Дискретная геометрическая модель кривой состоит из точечного ряда, дискретных аналогов и алгоритма сгущения. Параметрами формообразования моделируемого обвода являются фиксированные характеристики, назначаемые в исходных точках и

точках ступення, и принятая динамика их изменения. При этом существует возможность пошагового контроля и коррекции решения.

Определение области возможного расположения кривой позволяет оценить абсолютную погрешность, с которой формируемый обвод представляет кривую, отвечающую условиям задачи. Формирование обвода по участкам с монотонным изменением дифференциально-геометрических характеристик обеспечивает устойчивость метода к изменению исходных условий. Последовательная локализация области расположения обвода и диапазонов значений его характеристик гарантирует сходимость процесса моделирования к единственному решению – непрерывному однопараметрическому множеству точек с заданными дифференциально-геометрическими свойствами.

УДК 514.18

ФОРМОУТВОРЕННЯ СПЛАЙНОВИХ КРИВИХ НА ОСНОВІ МЕТОДУ БАЗИСНИХ ТРИКУТНИКІВ

О. В. Дубініна, Ю. В. Холодняк

*Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б. Хмельницького
Мелітопольська школа прикладної геометрії*

Формування на основі масиву точок складних функціональних поверхонь з динамічними якостями є актуальним завданням геометричного моделювання. Для побудови моделі динамічної поверхні необхідні криві лінії, уздовж яких закономірно змінюється кривина.

На даний момент в сучасних пакетах геометричного моделювання формування моделей поверхонь здійснюється з використанням кубічного В-сплайну. Недоліком використання В-сплайну є складність або неможливість забезпечення монотонної зміни кривини вздовж кривої лінії.

Задача інтерполяції точкового ряду кубічним В-сплайном із можливістю контролю закономірностей зміни дифференціально-геометричних характеристик уздовж обводу можливо вирішити на принципах варіативного дискретного геометричного моделювання, яке передбачає контроль якостей кривої що формується.

На даному етапі досліджується можливість формування за заданими умовами однієї ділянки плоского кубічного В-сплайну, яка визначається чотирма контрольними точками.

Керування характеристиками В-сплайну, а саме динамікою зміни кривини, здійснюється через параметри багатокутника вершинами якого є контрольні точки.

Завданням майбутніх досліджень є забезпечення контролю диференціально-геометричних характеристик уздовж плоских та просторових кубічних B-сплайнів, які складаються з довільного числа ділянок.

Розробка способу формування функціональних поверхонь кубічним B-сплайном з можливістю контролю та керування динамікою зміни диференціально-геометричних характеристик надасть ефективний інструмент для побудови моделей складних функціональних поверхонь з підвищеними динамічними якостями.

УДК 514.18

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОРНІТОЛОГІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ ПВДНЯ УКРАЇНИ

Ю. О. Ковалевська, Є. А. Гавриленко

*Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б. Хмельницького
Мелітопольська школа прикладної геометрії*

Моделювання широко застосовується для вирішення багатьох актуальних задач екології, таких як, довгострокові екологічні прогнози, дослідження антропогенного впливу на навколишнє середовище, дослідження біологічних популяцій. Нинішній стан екологічних проблем вимагає не тільки удосконалення існуючих природничих алгоритмів, але й розробки нових моделей для дослідження природних явищ.

На сьогодні геометричне моделювання є одним з найефективніших засобів дослідження процесів, об'єктів і явищ. Його інструменти дають змогу будувати наочну модель у вигляді кривих та поверхонь, які якісно відображають процес чи явище дослідження. Аналіз останніх досліджень показав перспективність використання геометричних моделей, що знаходять практичне застосування у сучасній науково-дослідній роботі.

Метою нашого дослідження є геометричне моделювання біологічних популяцій. Воно застосовується для вирішення таких завдань, як прогнозування чисельності популяцій і розробки оптимальних стратегій промислу, вивчення впливу антропогенних факторів на чисельність біологічних видів та ін.

Розпочато дослідження життєдіяльності біологічних популяції шляхом побудови геометричних моделей і графіків процесів, побудованих як багатопараметричні криві лінії.

Аналіз графіків проводиться через оцінку диференційно-геометричних характеристик: положення дотичних та значення радіусів кривини, динаміка їх зміни вздовж кривої, наявність особливих точок.

На даному етапі вивчається механізм впливу диференційно-геометричних характеристик кривих, які характеризують окремі параметри на багатопараметричну криву в цілому.

Дослідження особливостей взаємозв'язку і взаємовпливу результуючої кривої і окремих параметричних кривих дасть можливість вивчення різних аспектів розвитку біологічних популяцій і комплексного розгляду екологічних процесів.

УДК 514.18

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТОЧКИ ВИХОДУ ІЗ ПРОСТОРУ НА БАЗІ ТОЧКОВОГО БН-ЧИСЛЕННЯ

В. В. Кучеренко, А. В. Найдих

*Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б. Хмельницького
Мелітопольська школа прикладної геометрії*

Визначення точки виходу з простору дасть змогу визначати точки, що знаходяться в надпросторі над точкою нашого простору на заданій віддалі від нього. Мати точку виходу з простору дуже важливо так як відкриває можливість побудов геометричних об'єктів заданої форми в уявному, для нас, надпросторі.

Піраміду $DABC$ із 4-простору на простори координат глобальної системи координат на чотири простори проєкцій:

Точка $V_{DABC}(v^{yzt}, v^{ztx}, v^{txy}, v^{xyz})$ координати якої в числовому виразі дорівнюють відповідним об'ємам проєкцій піраміди $DABC$ на координатні простори називається точкою виходу із простору визначеного цією пірамідою як симплексом.

Звернемо увагу, що координати вимірюються не кубічними, як об'єми, а лінійними одиницями. Як для точки виходу із простору будемо мати властивості:

– довжина направленої відрізка OV_{DABC} дорівнює орієнтованому об'єму простору $DABC$.

– пряма OV_{DABC} перпендикулярна простору $DABC$.

З першої властивості, враховуючи визначення довжини відрізка одержимо формулу визначення об'єму піраміди $DABC$:

$$v = \sqrt{(v^{yzt})^2 + (v^{ztx})^2 + (v^{txy})^2 + (v^{xyz})^2}.$$

Для точок V_h і D_h , для яких $|OV_h| = |DD_h| = h$, маємо: $V_h = V_{DABC} \frac{h}{v}$, $D_h = D + V_h$.

Точка M_h , що знаходиться над точкою $M(p, q, r)$ простору $DABC$ на відстані h від нього в надпросторі, визначається точковою формулою:

$$M_h = (A - D)p + (B - D)q + (C - D)r + D + V_{DABC} \frac{h}{v}.$$

Одержані формули відкривають можливості конструювання 4-параметричних процесів. Точкова форма подачі дозволяє узагальнення від підпросторів до надпростору, що дає можливість використовувати існуючі результати досліджень простору, площини і прямої. Майже автоматичний перехід до координатної форми одержаних результатів, відкриває можливості використання комп'ютерних технологій при конструюванні процесів.

УДК 514.18

ВИКОРИСТАННЯ СКРУЧЕНИХ КРИВИХ ЕДВАРДСА У КРИПТОГРАФІЇ

О. С. Лебідько, В. О. Лебедєв

Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б. Хмельницького

Значного розвитку набуває використання геометричного підходу при розв'язку різноманітних прикладних задач, зокрема задач захисту передачі інформації у комп'ютерних системах. Перспективним напрямком у розвитку нових систем криптозахисту є використання еліптичних кривих. Еліптичні криві використовуються в криптографії внаслідок того, що безліч точок цих кривих утворює адитивну групу. Закон додавання в цій групі влаштований досить нетривіальним чином. Заміна координат призводить до зміни не тільки задає криву рівняння, а й формул, що визначають групову операцію, що в свою чергу впливає на швидкість обчислень. Цей шлях відкриває великі можливості щодо вибору кривих, що допускають можливість побудови ефективних реалізацій.

Серед багатьох еліптичних кривих, що використовуються в асиметричній криптографії, особливе місце займають криві Едвардса. Для кривих Вейерштраса складання двох різних та двох однакових точок (подвоєння) використовуються різні формули. Закон складання для точок кривої Едвардса має властивості універсальності та повноти, скалярний добуток для точок кривої вираховується мінімальним числом операцій у полі, у порівнянні з еліптичними кривими, що дає перевагу у швидкодії приблизно у 1.5 рази при розрахунку скалярного добутку у проєктивних координатах. Різниця у швидкості проведення високорівневих криптографічних операцій точок кривих

Вейершраса може призвести до зниження їх криптостійкості, а у кривих Едварда така різниця відсутня.

Необхідно зауважити, що відповідно до ГОСТ 34.10-2012 еліптичні криві неможливо представити у формі скручених кривих Едвардса, адже для існування такого представлення необхідно, щоб порядок кривої був парний 4. Важливою умовою для кривих Едвардса є істотна негладкість порядку скрученої кривої, тобто серед дільників має бути дуже велике просте число (порівнянне по порядку з $|E|$). Якщо порядок скрученої кривої розкладається у добуток малих простих чисел, це може бути використано для визначення секретного ключа шляхом підміни точки з використовуваної кривої на точку з скрученої кривої. Наявність у групі точок скрученої кривої циклічних підгруп малого порядку дозволяє використовувати теорему про залишки для визначення секретного ключа. Незважаючи на те, що вказаний метод можна застосовувати лише в тому випадку, якщо абонент не перевіряє належність точки використовуваної кривої, його необхідно брати до уваги. Завдяки різниці у швидкості та простоті програмної реалізації, криві Едвардса представляють вигідну альтернативу канонічним еліптичним кривим в перспективних стандартах асиметричної криптографії.

УДК 514.18

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТОРСОВИХ ПОВЕРХОНЬ АПАРАТОМ ТОЧКОВОГО БН-ЧИСЛЕННЯ

А. І. Літвінов

*Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б. Хмельницького
Мелітопольська школа прикладної геометрії*

Однією з найбільш важливих задач прикладної геометрії, що виникає при проектуванні і підготовці виробів у промисловості, є конструювання кривих ліній, поверхонь і тіл за попередньо заданим вимогам і отримання розгортки об'ємних деталей. Зокрема, актуальною проблемою є пошук і розробка способів моделювання поверхонь складної конфігурації і отримувати їх розгортки, які можуть бути використані для автоматизованого конструювання самих різних виробів в галузях промислового виробництва.

Для вирішення цих задач залучають торсові поверхні, які відрізняються рядом технологічних переваг:

– торсові поверхні, що розгортаються несуть у собі однопараметричну множину прямих ліній, які можуть бути відтворені промисловістю у вигляді прямолінійних елементів;

– мають можливість технологічного рішення покриття листовими матеріалами без складок і розривів;

– торсові поверхні мають плавні та обтічні форми.

Необхідним є формування нового підходу до моделювання торсових поверхонь і до проектування на їх основі геометричних розгортки в рамках апарату точкового БН-числення, розробка їх аналітичного опису і програмного забезпечення з орієнтацією на використання в машинобудуванні і будівельно-архітектурній практиці.

Використання апарату БН-числення має незаперечні переваги для реалізації вищезазначених задач, а саме:

– відповідність геометричних та аналітичних операцій, що надає повний аналітичний опис моделей, що проектуються;

– простота програмної реалізації точкових рівнянь і розрахункових алгоритмів, що зменшить похибки у розрахунках програмного продукту;

– метод рухомого симплекса, який дозволяє конструювати об'єкти будь-якої складності за наперед заданими властивостями.

Практична значимість полягатиме в розробці програмного модуля для автоматизованого проектування виробів промислової індустрії, що дозволяє проектувати різного виду криві і ділянки поверхні складної конфігурації, а також отримувати їх розгортки для проектування деталей виробів, викроювати з листового матеріалу, із заданим ступенем точності, необхідним для отримання якісної конструкції виробів в більш стислі терміни проектування.

УДК 514.18

ФОРМУВАННЯ ПРОСТОРОВОЇ ДПК МЕТОДАМИ ВДГМ

Д. В. Спірінцев, А. В. Найдиш

Мелітопольський державний педагогічний університет імені Б. Хмельницького

Мелітопольська школа прикладної геометрії

Проведені у рамках варіативного дискретного геометричного моделювання (ВДГМ) дослідження, показали ефективність розроблених методів для розв'язання задач дискретної інтерполяції. У більшості робіт присвячених вирішенню даної задачі у процесі згущення була накладена тільки одна умова – це умова відсутності осциляції. Однак, процес конструювання поверхонь з підвищеними динамічними якостями вимагає створення методів формування обводів з контролюємою зміною кривини.

На теперішній час, більш розробленими є методи формування плоских обводів. Однак, для ефективного розв'язання багатьох практичних задач, необхідне використання просторових кривих ліній. Тому актуальним питанням

є розробка геометричної схеми згущення просторової ДПК з контролюємою зміною кривини.

Суть розробленого методу полягає в тому, що на базі вихідного точкового ряду формується просторовий одновимірний обвід з контролюємою зміною кривини. Для оцінки скруту кривої, використовується кут між площинами, обумовленими трьома послідовними точками ряду. Напрямок зміни кута між послідовними площинами визначає напрямок скруту кривої що формується.

Формування кривини у точках кривої пропонується здійснювати за допомогою плоскої ДПК, одержуваної при суміщенні вихідної просторової ДПК із площиною. При цьому значення кривини плоскої ДПК дорівнює відповідній кривині просторової ДПК.

Суміщення просторової ДПК із площиною здійснюється обертанням відповідних площин навколо відповідних хорд супровідної ламаної лінії. Отримана плоска ДПК згущується методом, розробленим у [2]. Метод дозволяє одержувати, на базі вихідного точкового ряду, обводи з контролюємою кривиною.

Після згущення, плоска ДПК розгортається назад, у просторову ДПК. При цьому точки, що відповідають вихідному рядові, займають своє колишнє положення. У результаті одержуємо згущену просторову ДПК, у якої кривина дорівнює відповідній кривині плоскої ДПК.

УДК 514.18

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБВОДОВ С ЗАКОНОМЕРНЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ КРИВИЗНЫ НА ОСНОВЕ БАЗИСНЫХ ТРЕУГОЛЬНИКОВ

Ю. В. Холодняк

Таврический государственный агротехнологический университет

Метод моделирования плоских обводов с закономерным изменением кривизны на основе базисных треугольников (БТ) направлен на решение задач формирования моделей сложных поверхностей, ограничивающих технические изделия. Как правило, такие поверхности формируются на основе дискретного сетчатого каркаса, линейными элементами которого являются плоские кривые. Исходными данными для моделирования кривой является упорядоченный точечный ряд. Этот точечный ряд представляет кривую линию, которую будем называть дискретно представленная кривая или ДПК. В результате предварительного анализа исходного точечного ряда определяются участки, на основе которых можно сформировать монотонную кривую. Каждая монотонная кривая моделируется отдельно по участкам, которые ограничены соседними

узлами. При этом обеспечивается монотонность изменения кривизны на каждом участке и стыковка участков со вторым порядком гладкости.

После назначения положений касательных в исходных узлах получаем цепочку БТ, ограниченных касательными, проходящими через две последовательные точки и хордой, которая эти точки соединяет. После этого определяются диапазоны радиусов кривизны, которые можно получить на основе сформированной цепочки БТ. Внутри полученных диапазонов назначаются радиусы кривизны в исходных узлах. Назначенные характеристики обеспечиваются в результате локального сгущения участка кривой. Внутри БТ назначается положение касательной сгущения и точки сгущения на ней. В результате получим два новых БТ. Положения точки и касательной сгущения назначаются внутри диапазонов, обеспечивающих второй порядок гладкости и монотонное изменение радиусов кривизны вдоль обвода. Минимальное число шагов сгущения, в результате которых можно обеспечить назначенные значения радиусов кривизны, равно двум. При этом получаем участок ДПК представленный цепочкой, состоящей из четырех БТ. Смежные БТ определяют равные значения радиусов кривизны в общей точке, и эти значения изменяются монотонно вдоль ДПК.

Сформированные участки монотонных ДПК стыкуются со вторым порядком гладкости в точках перемены возрастания и убывания радиусов кривизны и точках перегиба. Разработанный алгоритм позволят формировать обводы с закономерным изменением кривизны различных порядков фиксации.

УДК 514.18

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧ СИНТЕТИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ СРЕДСТВАМИ БН-ИСЧИСЛЕНИЯ

В. В. Юрченко

*Мелитопольский педагогический университет им. Б. Хмельницкого
Мелитопольская школа прикладной геометрии*

Наиболее перспективным, из основных свойств развития современных точных наук, является изучение и усовершенствование метода геометрического моделирования. Структура и поведение многопараметрических задач стоит решать не по отдельности каждого процесса, а создать класс модулей, из которых возможно собрать нужную модель изучаемого процесса. Проведение таких исследований возможно только при слиянии проекционных методов синтетической геометрии и точечного БН-исчисления.

Для решения такого класса задач предлагается использовать, точечное БН-исчисление и синтетические методы исследования. При этом применяются

отдельные положения алгебраической, проективной, комбинаторной, вычислительной геометрий и топологии. Также требования к способам решения проблем должны отвечать требованиям: независимость от размерности пространства и размерности его основного элемента; формализованность, алгоритмизируемость; возможность решения обратной задачи, т. е. построения множеств соответствий с заданными характеристиками.

Необходимо исследовать комплекс проблем, возникающих в результате объединения в единую, функционально завершённую теорию, операций проецирования, рассматриваемых в многомерном проективном пространстве в органической связи с теорией изображений и геометрическим моделированием, теории соответствий, изучающей конструктивные связи между пространствами, пространственными объектами и их образами, теории вычислительной геометрии, представляемой как геометрией условий с основным элементом – условием инцидентности. Выявление основных закономерностей строения алгебраических нелинейных соответствий между многомерными проективными пространствами, их систематизация и обобщение есть путь к цели построения общей характеристической теории соответствий

Таким образом задача состоит в создании вычислительно-конструктивной теории построения и исследования множеств алгебраических соответствий многомерных проективных пространств и ассоциированных с ними проекционных систем и, на её основе, разработка общих способов моделирования пространств с различной структурой, которые могут быть применены в геометрическом моделировании сложных многопараметрических объектов и процессов.

УДК 514.18

МОДЕЛЮВАННЯ ПЛОСКИХ ІЗОМЕТРИЧНИХ СІТОК ПОКАЗНИКОВИМИ ФУНКЦІЯМИ КОМПЛЕКСНОЇ ЗМІННОЇ

О. В. Несвідоміна

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Ортогональна сітка координатних ліній на поверхні, яка розбиває її на нескінченно малі квадрати, носить назву ізометричної або ж ще ізотермічної. Такі сітки дозволяють конформно відображати лінії із однієї сітки на іншу. Запишемо параметричне рівняння поверхні:

$$\mathbf{R}(u, v) = \mathbf{R}[x(u, v), y(u, v), z(u, v)] \quad (1)$$

де $u \in [u_1..u_2]$, $v \in [v_1..v_2]$ – внутрішні координати поверхні $\mathbf{R}(u, v)$.

Лінійний елемент, який визначає довжину лінії на поверхні, має вигляд:

$$ds^2 = E du^2 + 2F du dv + G dv^2 \quad (2)$$

де E, F, G – коефіцієнти, які визначаються через частинні похідні поверхні (1):

$$E = \left(\frac{\partial}{\partial u} x(u, v)\right)^2 + \left(\frac{\partial}{\partial u} y(u, v)\right)^2 + \left(\frac{\partial}{\partial u} z(u, v)\right)^2, \quad (3)$$

$$F = \frac{\partial}{\partial u} x(u, v) \frac{\partial}{\partial v} x(u, v) + \frac{\partial}{\partial u} y(u, v) \frac{\partial}{\partial v} y(u, v) + \frac{\partial}{\partial u} z(u, v) \frac{\partial}{\partial v} z(u, v), \quad (4)$$

$$G = \left(\frac{\partial}{\partial v} x(u, v)\right)^2 + \left(\frac{\partial}{\partial v} y(u, v)\right)^2 + \left(\frac{\partial}{\partial v} z(u, v)\right)^2, \quad (5)$$

Лінійний елемент (2) ще називають першою квадратичною формою. Для ізометричних поверхонь коефіцієнти E і G першої квадратичної форми рівні між собою. Для такої поверхні першу квадратичну форму можна ще записати у наступному вигляді:

$$ds^2 = Q (du^2 + dv^2), \quad (6)$$

де Q – вираз, залежний від змінної u або v або ж від них двох.

Існує декілька підходів відшукування ізометричних поверхонь, перша квадратична форма яких задовольняє умові (6). Skorистаємося одним із них для формування плоских ізометричних сіток. Нехай маємо деяку функцію $f = f(z)$, де $z = u + I v$ – комплексна змінна у якій $I = \sqrt{-1}$. Якщо для цієї функції f вдається розділити дійсну і уявну її частини, то запис $\mathbf{R}[Re(f), Im(f), 0]$ визначає параметричне рівняння плоскої ізометричної сітки.

Зупинимось на формуванні плоских ізометричних сіток отриманих за допомогою піднесення комплексної змінної $u + I v$ до k -го степеня у вигляді:

$$f = (u + i v)^k, \quad (7)$$

де k – довільне ціле або ж дробове число (можливо, як додатне так і від'ємне); $u \in [u_1..u_2]$, $v \in [v_1..v_2]$ – незалежні змінні.

Піднесення комплексної змінної до степеня k приводить до виразу:

$$f = e^{\frac{k}{2} \ln(u^2+v^2)} \cos\left(k \arctan\left(\frac{v}{u}\right)\right) + I e^{\frac{k}{2} \ln(u^2+v^2)} \sin\left(k \arctan\left(\frac{v}{u}\right)\right), \quad (8)$$

або ж:

$$f = (u^2 + v^2)^{\frac{k}{2}} \cos\left(k \arctan\left(\frac{v}{u}\right)\right) + I (u^2 + v^2)^{\frac{k}{2}} \sin\left(k \arctan\left(\frac{v}{u}\right)\right). \quad (9)$$

Розділення виразу (9) на дійсну та уявну частини приводить до плоскої ізометричної сітки у наступному параметричному вигляді:

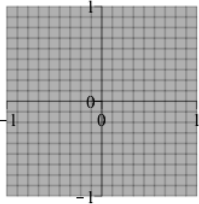
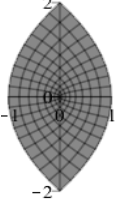
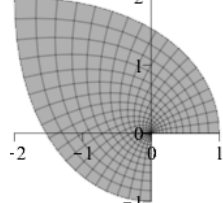
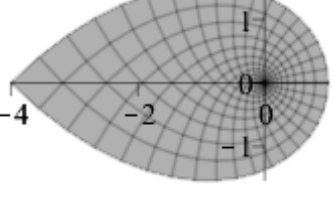
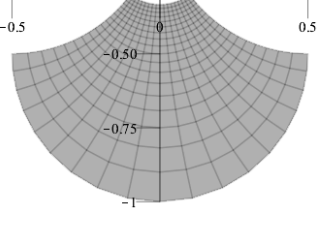
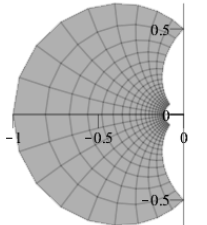
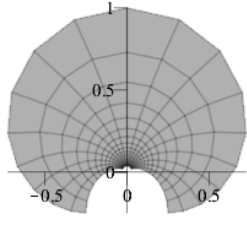
$$\mathbf{R}(u, v) = \mathbf{R}\left[(u^2 + v^2)^{\frac{k}{2}} \cos\left(k \arctan\left(\frac{v}{u}\right)\right), (u^2 + v^2)^{\frac{k}{2}} \sin\left(k \arctan\left(\frac{v}{u}\right)\right), 0\right], \quad (10)$$

і її перша квадратична форма буде:

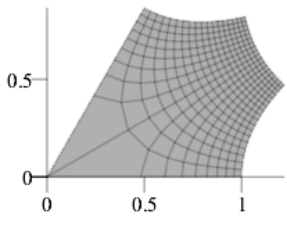
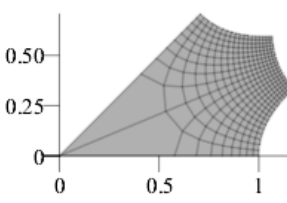
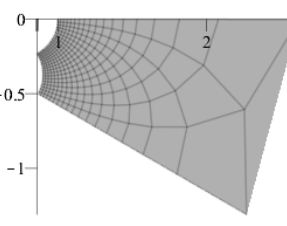
$$ds^2 = du^2 (u^2 + v^2)^{k-1} k^2 + dv^2 (u^2 + v^2)^{k-1} k^2. \quad (11)$$

Для конкретного значення k вирази (7) – (11) будуть мати характерні вигляди. В середовищі символічної алгебри Maple було створено програмне забезпечення, яке для множини значень k автоматично виводить рівняння (7) – (11). Результати проведеного експерименту наведено в табл.1, у якій для конкретного значення степеня k функції $f = (u + i v)^k$ представлено назву плоскої ізометричної сітки, її параметричне рівняння $\mathbf{R}(u, v)$, першу квадратичну форму ds^2 , межі незалежного аргумента $u_0 \leq u \leq u_n$, початкове значення незалежного аргумента v_0 та зображення сітки.

Таблиця 1. Рівняння та зображення плоских ізометричних сіток

| k | Рівняння | Зображення |
|-----|---|---|
| 1 | Прямокутна сітка: $f = u + i v$ $R(u, v) = R[u, v, 0]$ $ds^2 = du^2 + dv^2$ $u_o = -1, u_n = 1, v_o = -1$ |  |
| 2 | Параболічна: $f = (u + i v)^2$ $R(u, v) = R[u^2 - v^2, 2uv, 0]$ $ds^2 = (4u^2 + 4v^2) (du^2 + dv^2)$ $u_o = -1, u_n = 1, v_o = -1$ |  |
| 3 | Кубічна: $f = (u + i v)^3$ $R(u, v) = R[u^3 - 3uv^2, 3u^2v - v^3, 0]$ $ds^2 = (9u^2 + 18u^2v^2 + 9v^2) (du^2 + dv^2)$ $u_o = 0, u_n = 1, v_o = -1$ |  |
| 4 | Четвертого порядку: $f = (u + i v)^4$ $R(u, v) = R[u^4 - 6u^2v^2 + v^4, 3u^3v - 4uv^3, 0]$ $ds^2 = (16u^2 + 48u^4v^2 + 48u^2v^4 + 16v^6) (du^2 + dv^2)$ $u_o = 0, u_n = 1, v_o = 0$ |  |
| -1 | Гіперболічна: $f = \frac{1}{u + i v}$ $R(u, v) = R\left[\frac{u}{u^2 + v^2}, -\frac{v}{u^2 + v^2}, 0\right]$ $ds^2 = \frac{1}{u^2 + v^2} (du^2 + dv^2)$ $u_o = -1, u_n = 1, v_o = 1$ |  |
| -2 | Гіперболічна: $f = \frac{1}{(u + i v)^2}$ $R(u, v) = R\left[\frac{u^2 - v^2}{(u^2 + v^2)^2}, -\frac{2uv}{(u^2 + v^2)^2}, 0\right]$ $ds^2 = \frac{1}{(u^2 + v^2)^3} (du^2 + dv^2)$ $u_o = -1, u_n = 1, v_o = 1$ |  |
| -3 | Гіперболічна: $f = \frac{1}{(u + i v)^3}$ $R(u, v) = R\left[\frac{u(u^2 - 3v^2)}{(u^2 + v^2)^3}, -\frac{v(3u^2 - v^2)}{(u^2 + v^2)^3}, 0\right]$ $ds^2 = \frac{9}{(u^2 + v^2)^4} (du^2 + dv^2)$ $u_o = -1, u_n = 1, v_o = 1$ |  |

Таблиця 1 (продовження)

| k | Рівняння | Зображення |
|----------------|--|---|
| $\frac{1}{3}$ | $f = (u + i v)^{1/3}$ $R(u, v) = R \left[(u^2 + v^2)^{\frac{1}{6}} \cos \left(\frac{\arctan \left(\frac{v}{u} \right)}{3} \right), (u^2 + v^2)^{\frac{1}{6}} \sin \left(\frac{\arctan \left(\frac{v}{u} \right)}{3} \right), 0 \right]$ $ds^2 = \frac{1}{9(u^2 + v^2)^{\frac{2}{3}}} (du^2 + dv^2)$ $u_o = -1, u_n = 1, v_o = 0$ |  |
| $\frac{1}{4}$ | $f = (u + i v)^{1/4}$ $R(u, v) = R \left[(u^2 + v^2)^{\frac{1}{8}} \cos \left(\frac{\arctan \left(\frac{v}{u} \right)}{4} \right), (u^2 + v^2)^{\frac{1}{8}} \sin \left(\frac{\arctan \left(\frac{v}{u} \right)}{4} \right), 0 \right]$ $ds^2 = \frac{1}{16(u^2 + v^2)^{\frac{3}{4}}} (du^2 + dv^2)$ $u_o = -1, u_n = 1, v_o = 0$ |  |
| $-\frac{1}{3}$ | $f = (u + i v)^{-1/3}$ $R(u, v) = R \left[\frac{\cos \left(\frac{\arctan \left(\frac{v}{u} \right)}{3} \right)}{(u^2 + v^2)^{\frac{1}{6}}}, -\frac{\sin \left(\frac{\arctan \left(\frac{v}{u} \right)}{3} \right)}{(u^2 + v^2)^{\frac{1}{6}}}, 0 \right]$ $ds^2 = \frac{1}{9(u^2 + v^2)^{\frac{4}{3}}} (du^2 + dv^2)$ $u_o = 0, u_n = 1, v_o = 0$ |  |

УДК 514.18:004.925.8

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ОСНОВА ДЛЯ ІНТЕГРОВАНОГО АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

С. Г. Вірченко

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»*

Нині практично вся технічна продукція, така як автомобілі, літаки, кораблі, верстати, різноманітні прилади, побутове обладнання і т. д. розробляється з широким використанням систем автоматизованого проектування. Ці комп'ютерні пакети дозволяють не тільки значно підвищувати якість створюваних об'єктів, а й забезпечують при цьому суттєве зменшення використовуваних ресурсів на всіх етапах життєвого циклу продукції, тобто під час її проектування, виробництва та експлуатації.

Невід'ємним компонентом зазначених програм є геометричне моделювання, без якого практично неможливо реалізувати повноцінний процес опрацювання наведених вище технічних об'єктів. Дане твердження базується на тому, що при відсутності певних параметрів форми, розмірів та положення створюваної продукції та її складових елементів, вона, відповідно, теж перестає існувати.

З іншого боку, між дисциплінами, які застосовуються при розробці промислової продукції, існують об'єктивні протиріччя, наприклад, між конструкцією, технологією, міцністю і т. д., що узгоджуються, зокрема, використанням компромісних значень геометричних параметрів.

Отже, під час автоматизованого проектування геометричні моделі здатні забезпечувати не тільки визначення форми та розмірів створюваної техніки, її візуалізацію, а й виконувати інтегруючу роль у процесі проведення комплексної (в аспектах багатьох дисциплін) оптимізації.

Окреслена проблематика вимагає напрацювання нових методів, способів та алгоритмів для ефективної реалізації комп'ютерного формоутворення. Одним із таких наукових напрямів є структурно-параметричне та комбінаторно-варіаційне геометричне моделювання, що запропоноване науковою школою прикладної геометрії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут».

Для нинішньої стадії розвитку даної теорії актуальними питаннями постають задачі варіантного динамічного формоутворення різноманітних технічних об'єктів і процесів їх виготовлення та експлуатації.

Проаналізована вище тематика становить предмет науково-прикладних досліджень автора, виконуваних на кафедрі нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки НТУУ «КПІ».

УДК 514.18:629.7

ДЕЯКІ ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО ФОРМУВАННЯ БАЗОВОЇ ГЕОМЕТРІЇ ЛІТАКА

Г. А. Вірченко, А. Й. Незенко

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»*

Авіаційна галузь займає провідне місце серед інших стосовно розробки та впровадження у практику передових інноваційних ідей. Повною мірою це стосується й комп'ютерних інформаційних технологій.

Надійним підґрунтям для створення сучасного літака є здобутки таких дисциплін як аеродинаміка, конструкція та міцність літальних апаратів, технологія виробництва й експлуатації тощо. В основі побудови комп'ютерних моделей літака лежить його базова геометрія (майстер-геометрія), що до свого складу спочатку включає:

- системи координат усього літака, його агрегатів (крила, фюзеляжу, оперення, шасі) та їх конструктивно-силових елементів (лонжеронів, нервюр, шпангоутів, стрингерів і т. д.);
- базові площини (площину симетрії літака, горизонтальну площину, будівельну площину крила, оперення тощо);
- теоретичні поверхні агрегатів планера, їх поділ на відсіки та секції.

На підставі наведених систем координат і поверхонь надалі розробляються бази перерахованих та інших конструктивно-силових елементів. З геометричної точки зору ці об'єкти являють собою лінії, які лежать на зазначених теоретичних поверхнях і є їх перетином із належними базовими площинами.

Як видно з поданого опису, окреслені складові майстер-геометрії доволі чисельні. Тому їх моделювання в середовищі наявних систем автоматизованого проектування, таких як Autodesk Inventor, SolidWorks, CATIA тощо без застосування спеціалізованих засобів доволі трудомістке.

З використанням певної мови програмування, наприклад, Visual Basic та ін. в середовищі приведених комп'ютерних пакетів на підставі напрацьованих методик виконується моделювання відповідних агрегатів планера літака та їх елементів.

Описаний підхід особливо корисний у процесі ітераційної оптимізації конструкції літального апарата, технології його виготовлення та експлуатації, оскільки в даному разі потрібні модифікації реалізуються лише потрібним змінюванням значень керуючих параметрів геометричних побудов.

Головна задача при цьому полягає в ефективному поєднанні окремих програмних засобів у єдиний цілісний автоматизований комплекс.

УДК 514.18

КОНСТРУЮВАННЯ ЛІНІЙЧАТИХ ПОВЕРХОНЬ ЗА ЗАДАНОЮ ГЕОДЕЗИЧНОЮ ЛІНІЄЮ

В. М. Несвідомін, Я. С. Кремець

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Якщо поставити умову, щоб задана крива була геодезичною лінією лінійчатої поверхні, то через неї можна провести безліч лінійчатих нерозгортних поверхонь і тільки одну розгортну. Через кожен точку кривої потрібно провести прямолінійну твірну, причому у такому напрямі, щоб крива для поверхні була геодезичною. Це зручно зробити за допомогою супровідного тригранника цієї кривої. Із диференціальної геометрії відомо, що напрямний вектор L прямолінійної твірної в триграннику напрямної кривої, яка є геодезичною для поверхні, знаходиться у спрямній площині тригранника (рис. 1). Якщо ми хочемо, щоб поверхня була розгортною, то в названій площині вектор L має бути проведений у строго визначеному напрямі, який обумовлений значенням кривини k і скруту σ кривої в поточній точці (рис. 1,а). Виходячи із рис. 1,а, можна знайти проєкції одиничного вектора L на орти супровідного тригранника Френе:

$$L_\tau = \frac{\sigma}{\sqrt{\sigma^2 + k^2}}; \quad L_n = 0; \quad L_b = \frac{k}{\sqrt{\sigma^2 + k^2}}. \quad (1)$$

Для того, щоб поверхня була нерозгортною, потрібно вектор L відхилити від цього напрямку на кут ψ в одну або іншу сторону таким чином, щоб він залишався в спрямній площині (рис. 1,б). Чим більший кут відхилення ψ , тим більше нерозгортна поверхня відрізнятиметься від розгортної.

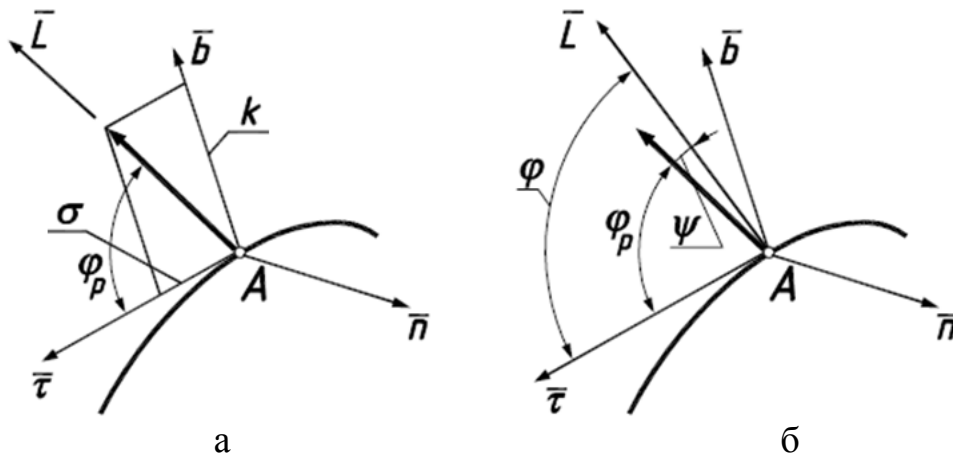


Рис. 1. Супровідний тригранник заданої геодезичної лінії з напрямним вектором прямолінійної твірної поверхні в спрямній площині

Таким чином, розгортна поверхня є частковим випадком нерозгортних поверхонь при $\psi=0$. Запишемо проєкції одиничного вектора L на орти супровідного тригранника Френе для нерозгортної поверхні. Для цього прийнемо $\psi=const$. В цьому випадку вирази (1) набувають вигляду:

$$\begin{aligned} L_\tau &= \cos \varphi = \cos \left(\text{Arc cos} \frac{\sigma}{\sqrt{k^2 + \sigma^2}} + \psi \right); \\ L_n &= 0; \\ L_b &= \sin \varphi = \sin \left(\text{Arc cos} \frac{\sigma}{\sqrt{k^2 + \sigma^2}} + \psi \right). \end{aligned} \quad (2)$$

Щоб описати поверхню аналітично, потрібно перейти від проєкцій одиничного вектора (2) на орти тригранника до проєкцій на осі нерухомої системи координат $Oxyz$. Цей перехід здійснюється з допомогою напрямних косинусів кутів між двома системами. Напрямні косинуси $\cos \alpha_\tau$, $\cos \alpha_b$, $\cos \beta_\tau$, $\cos \beta_b$, $\cos \gamma_\tau$, $\cos \gamma_b$ визначаються за відомими формулами через перші і другі похідні кривої, яка є в нашому випадку геодезичною лінією, що конструюється. Параметричні рівняння поверхні запишуться:

$$\begin{aligned} X &= x + uL_x; \\ Y &= y + uL_y; \\ Z &= z + uL_z, \end{aligned} \quad (3)$$

де $x=x(t)$; $y=y(t)$; $z=z(t)$ – параметричні рівняння напрямної кривої – геодезичної лінії;

L_x ; L_y ; L_z - проєкції одиничного вектора L на осі нерухомої системи координат $Oxyz$;

u – друга незалежна змінна – довжина прямолінійної твірної поверхні, відлік якої починається від геодезичної лінії.

За розробленим алгоритмом було побудовано лінійчаті поверхні. Зокрема, роботу алгоритму було перевірено на тестовому прикладі. За геодезичну лінію було взято гвинтову лінію на циліндрі радіуса R з гвинтовим параметром b :

$$x = R \cos t; \quad y = R \sin t; \quad z = bt. \quad (4)$$

Були складені параметричні рівняння поверхні згідно (3). Лінійчаті поверхні будувалися при різних значеннях кута ψ , а також при його зміні по лінійному закону $\psi=at$. У випадку, коли $a=b=0$ було отримано циліндр, тобто очікуваний результат, оскільки для кола єдиною розгортною поверхнею, для якої це коло буде геодезичною лінією, буде циліндр. Для гвинтової лінії при $\psi=0$ теж має бути циліндр. Ми теж його отримали за складеними рівняннями. На рис. 2,а зображено відсік циліндра із заданою гвинтовою геодезичною лінією, яка показана потовщеною. Для цієї ж лінії було побудовано нерозгортні лінійчаті поверхні при сталому значенні кута ψ : для $\psi=0, 15\pi$ (рис. 2,б) і для $\psi=-0, 15\pi$ (рис. 2,в). На рис. 2,г ці дві поверхні поєднані таким чином, що гвинтова лінія є для них спільною геодезичною лінією.

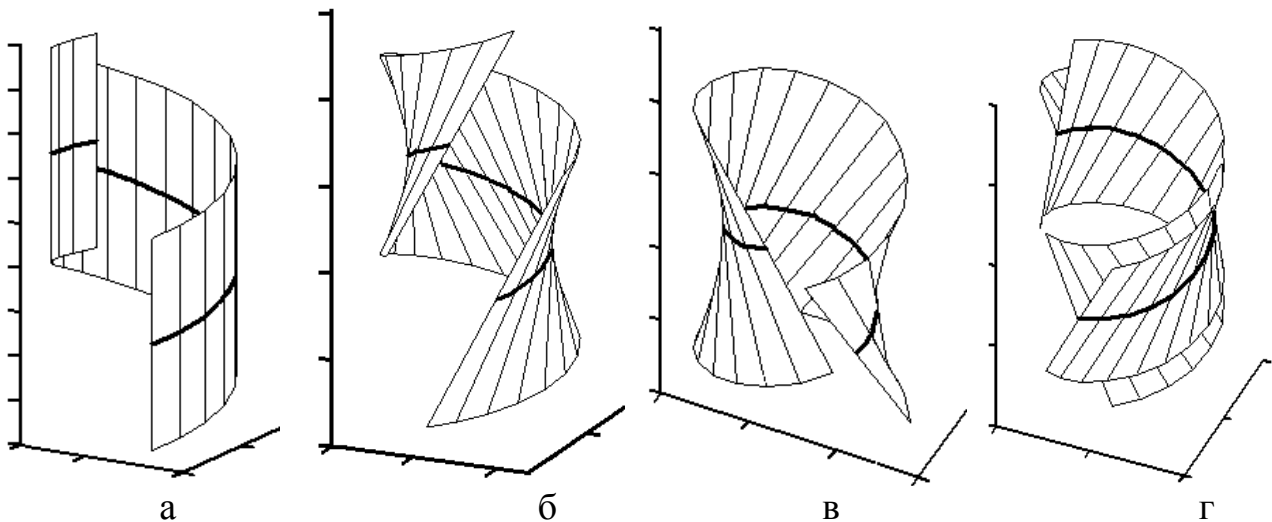


Рис. 2. Лінійчаті поверхні, побудовані за прямою гвинтовою лінією, яка є для них геодезичною лінією:

- а) циліндрична поверхня при $\psi=0$;
- б) нерозгортна лінійчата поверхня при сталому значенні кута $\psi=0,15\pi$;
- в) нерозгортна лінійчата поверхня при сталому значенні кута $\psi=-0,15\pi$;
- г) поєднання двох поверхонь б) і в), для яких гвинтова лінія є спільною геодезичною лінією

На рис. 3 побудовано поверхні із змінним кутом ψ : він змінюється за лінійним законом $\psi=at$ при $a=0,1$. Як видно із рисунків, у всіх випадках крайня твірна поверхні паралельна осі Oz , тобто побудова поверхні починається при $t=0$, звідки і $\psi=0$ в початковій точці прямої кривої. Далі кут ψ зростає і поверхня все більше віддаляється від розгортної.

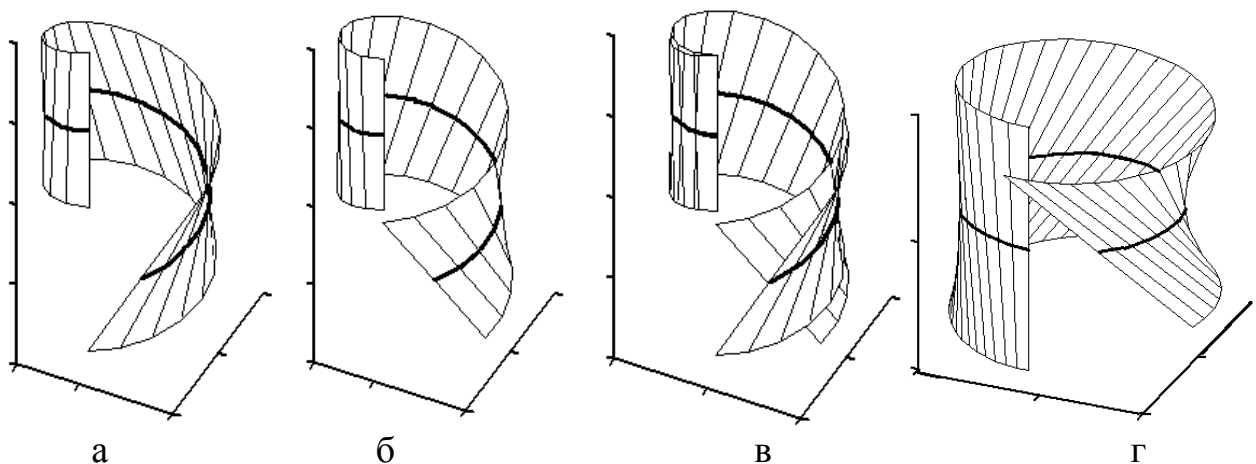


Рис. 3. Лінійчаті нерозгортні поверхні, для яких задана крива є геодезичною для лінійного закону зміни кута $\psi=at$:

- а) $\psi=0,1t$; б) $\psi=-0,1t$; в) поєднання поверхонь а) і б);
- г) варіант, коли $b=0$, тобто геодезична лінія – коло

УДК 631.312:514.18

РУХ ЧАСТИНКИ ВЗДОВЖ ЛОПАТКИ НА ПЛОСКОМУ ШОРСТКОМУ ДИСКУ, ЯКИЙ ОБЕРТАЄТЬСЯ НАВКОЛО ВЕРТИКАЛЬНОЇ ОСІ

А. В. Чепіжний

Сумський національний аграрний університет

С. Ф. Пилипака

Національний університет біоресурсів і природокористування України

При обертанні диска із криволінійною лопаткою частинка здійснює складний рух: переносний за рахунок обертання диска і відносний вздовж лопатки. Для складання диференціальних рівнянь руху частинки необхідно знайти вектор абсолютного прискорення, який включає в себе три складові: прискорення у переносному русі, прискорення у відносному русі і прискорення Коріюліса. В праці [1] показано, що цей вектор зручно шукати в проекціях на орти супровідного тригранника кривої переносного руху, якою для обертального руху диска буде коло. На рис. 1, а більшим колом позначено периферію диска, а меншим – траєкторію переносного руху. Супровідний тригранник жорстко зв'язаний із диском, причому орт $\bar{\tau}$ спрямований по дотичній до траєкторії переносного руху в його напрямі, орт \bar{n} спрямований по головній нормалі в сторону центра кривини, орт \bar{b} – бінормаль – проектується в точку в початку координат.

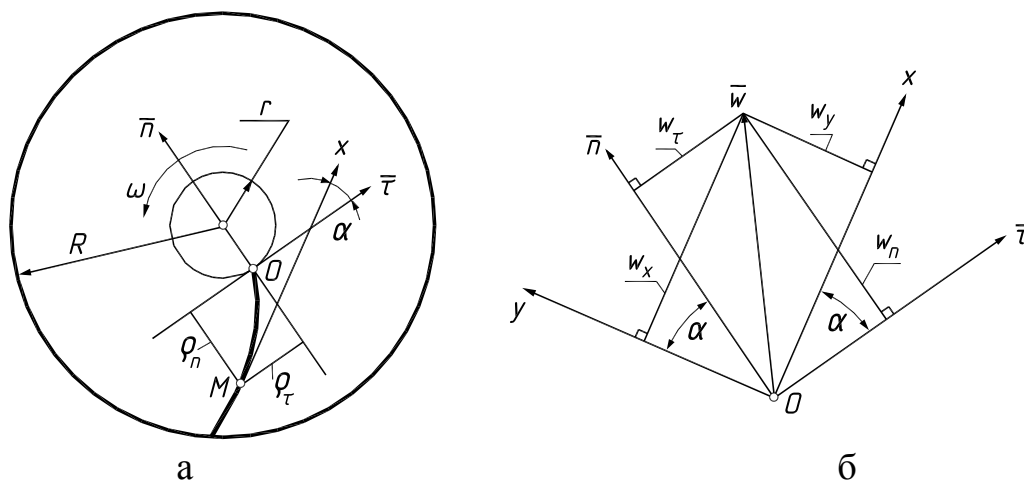


Рис. 1. Графічні ілюстрації для складання диференціальних рівнянь руху частинки вздовж криволінійної лопатки диска розкидаючого органу:
 а) криволінійна лопатка в системі супровідного тригранника траєкторії переносного руху – кола радіуса r ;
 б) вектор абсолютного прискорення \bar{W} в проекціях на осі двох систем, що утворюють між собою кут α

Будемо вважати, що криволінійна форма лопатки задана залежностями $\rho_\tau = \rho_\tau(s)$ і $\rho_n = \rho_n(s)$, де s – довжина дуги траєкторії переносного руху. На рис. 1, а показана частинка в т. M на лопатці і позначено її координати ρ_τ і ρ_n в проекціях на орти тригранника. Дотична Mx до лопатки в цій точці складає із ортом $\bar{\tau}$ кут α . Таким чином траєкторія відносного руху частинки визначається формою криволінійної лопатки. В праці [1] одержано теоретичні результати знаходження абсолютного прискорення точки на орти супровідного тригранника при русі її по відомій траєкторії в системі цього тригранника. Згідно з цими результатами для нашого випадку абсолютне прискорення запишеться:

$$\bar{W} = \bar{\tau}v_e^2(\rho_\tau'' - 2k\rho_n' - k^2\rho_\tau) + \bar{n}v_e^2(\rho_n'' + 2k\rho_\tau' - k^2\rho_n + k), \quad (1)$$

де $k = 1/r$ – кривина траєкторії переносного руху; v_e – швидкість переносного руху початку координат тригранника по колі радіуса r .

Оскільки рух частинки відбувається в напрямі дотичної Mx , то і диференціальне рівняння руху потрібно складати в проекції на цю дотичну. Для цього спроеціюємо вектор абсолютного прискорення на напрям дотичної і на напрям, перпендикулярний до неї. Складові вектора абсолютного прискорення (проекції на орти тригранника) запишемо:

$$W_\tau = v_e^2(\rho_\tau'' - 2k\rho_n' - k^2\rho_\tau); \quad W_n = v_e^2(\rho_n'' + 2k\rho_\tau' - k^2\rho_n + k) \quad (2)$$

На рис. 1, б показано вектор абсолютного прискорення \bar{W} в проекціях на орти супровідного тригранника і на осі Ox і Oy , які є відповідно дотичною і нормаллю до лопатки. Встановимо між цими проекціями взаємозв'язок, виходячи із того, що між координатними осями обох систем існує кут α . Спроеціюємо кожну із складових W_τ і W_n на осі Ox і Oy та отримаємо за відомими формулами повороту осей:

$$\begin{aligned} W_x &= W_\tau \cos \alpha + W_n \sin \alpha; \\ W_y &= -W_\tau \sin \alpha + W_n \cos \alpha. \end{aligned} \quad (3)$$

Оскільки α – кут, який утворює дотична до лопатки з ортом $\bar{\tau}$, то відомо що $\operatorname{tg} \alpha = \frac{\rho_n'}{\rho_\tau'}$, звідки:

$$\cos \alpha = \frac{\rho_\tau'}{\sqrt{\rho_\tau'^2 + \rho_n'^2}}; \quad \sin \alpha = \frac{\rho_n'}{\sqrt{\rho_\tau'^2 + \rho_n'^2}}. \quad (4)$$

Підставивши (2) і (4) в (3), одержимо проекції вектора абсолютного прискорення на осі системи Oxy :

$$\begin{aligned} W_x &= \frac{v_e^2}{\sqrt{\rho_\tau'^2 + \rho_n'^2}} [(\rho_\tau'' - 2k\rho_n' - k^2\rho_\tau)\rho_\tau' + (\rho_n'' + 2k\rho_\tau' - k^2\rho_n + k)\rho_n']; \\ W_y &= \frac{v_e^2}{\sqrt{\rho_\tau'^2 + \rho_n'^2}} [-(\rho_\tau'' - 2k\rho_n' - k^2\rho_\tau)\rho_n' + (\rho_n'' + 2k\rho_\tau' - k^2\rho_n + k)\rho_\tau']. \end{aligned} \quad (5)$$

Частинка в напрямі осі Oy не рухається, тому сила $F = mW_y$ врівноважується силою тиску частинки на лопатку. Вважатимемо, що коефіцієнт тертя f частинки по поверхні диска і по поверхні лопатки однаковий, тому сумарна сила тертя запишеться:

$$F_{\text{тер.}} = fmg + fmW_y = fmg + fm \frac{v_e^2}{\sqrt{\rho_\tau'^2 + \rho_n'^2}} \times \\ \times \left[-(\rho_\tau'' - 2k\rho_n' - k^2\rho_\tau) \rho_n' + (\rho_n'' + 2k\rho_\tau' - k^2\rho_n + k) \rho_\tau' \right] \quad (6)$$

де m - маса частинки; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Єдиною прикладеною силою буде сила тертя, спрямована в сторону, протилежну руху частинки. Таким чином, диференціальне рівняння руху частинки в проекції на дотичну (вісь Ox) запишеться:

$$\frac{mv_e^2}{\sqrt{\rho_\tau'^2 + \rho_n'^2}} \left[(\rho_\tau'' - 2k\rho_n' - k^2\rho_\tau) \rho_n' + (\rho_n'' + 2k\rho_\tau' - k^2\rho_n + k) \rho_\tau' \right] = \\ = -fmg - f \frac{mv_e^2}{\sqrt{\rho_\tau'^2 + \rho_n'^2}} \left[-(\rho_\tau'' - 2k\rho_n' - k^2\rho_\tau) \rho_n' + (\rho_n'' + 2k\rho_\tau' - k^2\rho_n + k) \rho_\tau' \right]. \quad (7)$$

Врахувавши те, що $v_e = \omega r = \omega/k$, де ω - кутова швидкість обертання диска, а також скоротивши на масу m , рівняння (7) можна записати:

$$\frac{\omega^2}{k^2 \sqrt{\rho_\tau'^2 + \rho_n'^2}} \left[(\rho_\tau'' - 2k\rho_n' - k^2\rho_\tau) \rho_n' + (\rho_n'' + 2k\rho_\tau' - k^2\rho_n + k) \rho_\tau' \right] = \\ = -fg - f \frac{\omega^2}{k^2 \sqrt{\rho_\tau'^2 + \rho_n'^2}} \left[-(\rho_\tau'' - 2k\rho_n' - k^2\rho_\tau) \rho_n' + (\rho_n'' + 2k\rho_\tau' - k^2\rho_n + k) \rho_\tau' \right] \quad (8)$$

Диференціальне рівняння (8) не може бути розв'язане без накладання додаткових умов, оскільки до нього входить дві невідомі залежності $\rho_\tau = \rho_\tau(s)$ і $\rho_n = \rho_n(s)$. Такими умовами можуть бути накладені обмеження на форму лопатки або, наприклад, величини тиску частинки на неї. Можна шукати таку форму лопатки, щоб тиск на неї дорівнював нулеві; в такому випадку її профіль збігатиметься із відносною траєкторією руху частинки по диску без лопатки. Щоб описати цей випадок, необхідно вираз в останніх квадратних дужках рівняння (8) прирівняти до нуля. Це і буде додатковою умовою. Одержана система рівнянь після нескладних перетворень може бути приведена до вигляду, одержаному в праці [1] при розв'язуванні задачі на знаходження відносної траєкторії руху частинки по поверхні шорсткого диска без лопаток.

Розглянемо випадок, коли $\rho_n = \rho_n' = \rho_n'' = 0$. Це означає, що рух частинки відбуватиметься вздовж прямолінійної лопатки, розміщеної на відстані r від центра диска (лопатка збігається із ортом τ). В цьому випадку рівняння (8) приймає вигляд:

$$\rho_\tau'' + 2fk\rho_\tau' - k^2\rho_\tau = -\frac{fk}{\omega^2}(\omega^2 + gk). \quad (9)$$

Рівняння (9) є лінійним і може бути проінтегровано:

$$\rho_\tau = f \frac{\omega^2 + gk}{k\omega^2} + c_1 e^{-(\sqrt{1+f^2}+f)ks} + c_2 e^{(\sqrt{1+f^2}-f)ks}, \quad (10)$$

де c_1, c_2 - постійні інтегрування.

При $\rho_\tau = \rho'_\tau = \rho''_\tau = 0$ частинка рухатиметься по прямолінійній лопатці диска, закріпленої в радіальному напрямі. Рівняння (8) приймає вигляд:

$$\rho_n'' + 2fk\rho_n' - k^2\rho_n = -\frac{k}{\omega^2}(\omega^2 + fgk). \quad (11)$$

Розв'язанням рівняння (11) є залежність:

$$\rho_n = \frac{fg}{\omega^2} + r + c_1 e^{(-f-\sqrt{1+f^2})ks} + c_2 e^{(-f+\sqrt{1+f^2})ks}. \quad (12)$$

В рівняннях (10), (12) незалежною змінною є дугова координата s траєкторії переносного руху тригранника. У відомих роботах з руху матеріальної частинки по шорстких поверхнях [2-4] незалежною змінною є час t . Враховуючи постійну кутову швидкість ω обертання диска можна записати:

$$s = r\omega t = \frac{\omega t}{k}. \quad (13)$$

Підстановка (13) в (10) і (12) дає залежності ρ_τ і ρ_n у функції часу:

$$\rho_\tau = f\left(\frac{g}{\omega^2} + r\right) + c_1 e^{-(\sqrt{1+f^2}+f)\omega t} + c_2 e^{(\sqrt{1+f^2}-f)\omega t}. \quad (14)$$

$$\rho_n = \frac{fg}{\omega^2} + r + c_1 e^{(-f-\sqrt{1+f^2})\omega t} + c_2 e^{(-f+\sqrt{1+f^2})\omega t}. \quad (15)$$

Рівняння (14) точно збігається із аналогічним рівнянням в праці [3], хоча одержані вони при зовсім різних підходах. Рівняння (15) відрізняється тільки знаком перед r від аналогічного рівняння в праці [4], однак при підборі відповідних вихідних умов можна показати їх повну відповідність.

Список літератури

1. Лінник М. К. Тригранник і формули Френе в задачах кінематики і динаміки матеріальної частинки у складному русі / Лінник М. К., Войтюк Д. Г., Пилипака С. Ф. // Науковий вісник Національного аграрного університету. – К.: НАУ, 2005. – Вип. 80. – Ч. I. – С. 271–287.
2. Василенко П. М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П. М. Василенко. – К.: УАСХН, 1960. – 283 с.
3. Заика П. М. Избранные задачи земледельческой механики / П. М. Заика. – К.: Изд-во УСХА, 1992. – 507 с.
4. Адамчук В. В. Теоретичне дослідження розгону мінеральних добрив розсіювальним органом / В. В. Адамчук // Механізація і енергетика сільського господарства. IV Міжнародна науково-технічна конференція «Motrol 2003». – Том 6. – К.: НАУ, 2003. – С. 19–31.

УДК 515.2

НЕХАОТИЧНІ ТРАЄКТОРІЇ КОЛИВАНЬ ВАНТАЖУ МАЯТНИКА МАШИНИ АТВУДА

Л. М. Куценко, О. М. Семків

Національний університет цивільного захисту України

Постановка проблеми. Для перевірки законів кінематики і динаміки використовується машина Атвуда, що складається з вертикальної штанги, зверху якої встановлено легкий блок, здатний обертатися з незначним тертям. Через блок перекинута нитка із прикріпленими на кінцях вантажами однакових мас M . Рух цієї системи вантажів викликає додатковий вантаж маси m , який додається до одного з основних вантажів. Якщо вантажі однакові, то потенціальна енергія системи не залежить від їхньої висоти, тому що спад потенціальної енергії одного вантажу призводить до еквівалентного зростання потенціальної енергії іншого. Коли ж вантажі різні, зміна потенціальної енергії системи визначається положенням перевантаження масою m .

Але існує й інша можливість вивести зазначену систему вантажів із рівноваги шляхом зміни її потенціальної енергії. Для цього одному з вантажів слід надати маятникові коливання. На рис. 1 в системі декартових координат $\{x, y\}$ наведено схему машини Атвуда з маятником, де сума відрізків $|OA| + |OB| + |BC|$ (тобто довжина нитки) має бути сталою. Тоді несиметричне збільшення ваги за

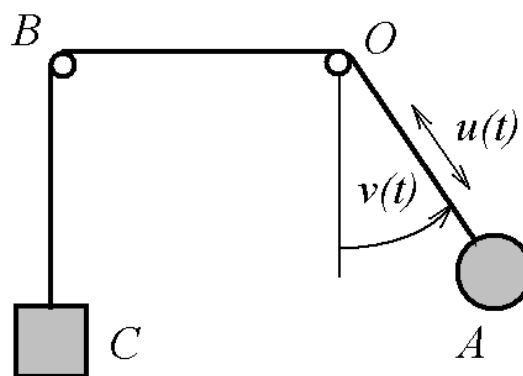


Рис. 1. Схема машини Атвуда з маятником

рахунок прискорення маятника порушить початкову рівновагу системи і, завдяки періодичним рухам маятника, утвориться певна траєкторія переміщення вантажу маятника. Для прикладних задач необхідні дослідження зазначеного різновиду кінематичних кривих.

Огляд відомих результатів. Для опису дії машини Атвуда з маятниковими рухами застосовують [1,2] формули для кінетичної і потенціальної енергії:

$$K = 0,5(1+w) \left(\frac{\partial u}{\partial t} \right)^2 + 0,5u^2 \left(\frac{\partial v}{\partial t} \right)^2 \quad P = (w - \cos(v)) g u \quad (1)$$

У виразах (1) прийняті такі позначення (рис. 1): $u(t)$ – функція опису подовження маятника; $v(t)$ – функція зміни кута відхилення маятника; w – числове значення відношення маси вантажу противаги до маси вантажу маятника; $g = 9,81$.

За допомогою кінетичної і потенціальної енергії складається система диференціальних рівнянь Лагранжа другого роду, наближений розв'язок якої визначає послідовність точок на траєкторії руху вантажу маятника. З'єднавши ці точки можна скласти уяву про траєкторію в цілому. Але при випадковому виборі значень параметрів одержана траєкторія матиме вигляд «не технологічної» хаотичної кривої. У роботах [1, 2] розглянуто методи забезпечення нехаотичних (у тому числі і періодичних) розв'язків шляхом вибору вхідних параметрів, у якості яких (крім w) розглядалися значення функцій $u(t)$ і $v(t)$ у початкових точках обчислень. Але ці методи базуються на аналітичних перетвореннях і є складними для відтворення та не універсальними.

Постановка задачі. Розробити графічний комп'ютерний метод вибору значень параметрів для одержання нехаотичних траєкторій коливань вантажу маятника машини Атвуда.

Основна частина. Із використанням формул для кінетичної і потенціальної енергії (1) одержуємо лагранжіан у вигляді:

$$L := \frac{1}{2} (1 + w) \left(\frac{d}{dt} u(t) \right)^2 + \frac{1}{2} u(t)^2 \left(\frac{d}{dt} v(t) \right)^2 - g u(t) (w - \cos(v(t))) \quad (2)$$

Тут і далі аналітичні вирази будемо представляти за синтаксисом мови Maple. На основі лагранжіана за допомогою складеної програми одержуємо систему диференціальних рівнянь Лагранжа другого роду:

$$\left(\frac{d^2}{dt^2} u(t) \right) + \left(\frac{d^2}{dt^2} u(t) \right) w - u(t) \left(\frac{d}{dt} v(t) \right)^2 + g w - g \cos(v(t)) = 0 \quad ; \quad (3)$$

$$u(t) \left(2 \left(\frac{d}{dt} v(t) \right) \left(\frac{d}{dt} u(t) \right) + u(t) \left(\frac{d^2}{dt^2} v(t) \right) + g \sin(v(t)) \right) = 0$$

Розв'язувати систему рівнянь Лагранжа другого роду з урахуванням значення w будемо чисельним методом Рунге-Кутти з початковими умовами:

- а) початкова довжина нитки частини маятника $u(0) = u_0$;
- б) початкова швидкість зміни довжини нитки $D(u)(0) = Du_0$;
- в) початковий кут відхилення маятника від вертикалі $v(0) = v_0$;
- г) початкова швидкість зміни кута відхилення $D(v)(0) = Dv_0$.

Для визначення значень цих параметрів, які б забезпечили нехаотичну траєкторію руху вантажу маятника, застосуємо метод проєкційного фокусування [3]. Суть його полягає в наступному: чисельним методом із обраними початковими умовами розв'язуємо систему диференціальних рівнянь (3) і будуємо зображення інтегральної кривої у фазовому просторі $\{u, Du, t\}$ залежно від значення «керуючого» параметра w . У загальному випадку у фазовому просторі утвориться «плутана» інтегральна крива (рис. 2а). Спроекуємо її на фазову площину $\{u, Du\}$, де також спостерігаємо відповідну «плутану» фазову траєкторію. У разі зміни «керуючого» параметра w має

змінюватися і характер фазової траєкторії. При певному критичному значенні $w = w_0$ характер фазової траєкторії зміниться на якісному рівні – вона перетвориться у «закономірну» криву. На фазовій площині відбудеться ніби оптичне явище «наведення на різкість – тобто фокусування» плутанини фазових траєкторій (рис. 2б). Цей процес знаходження критичних значень параметрів пропонується називати *проекційним фокусуванням*.

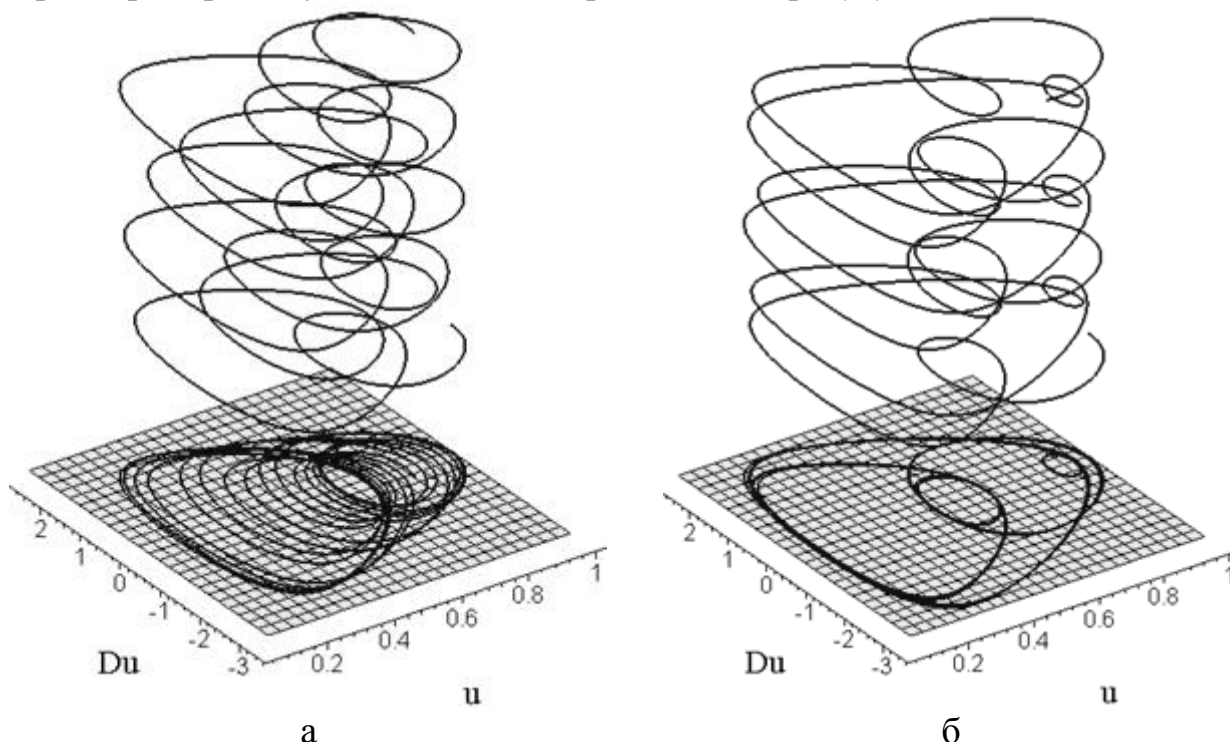


Рис. 2. Фазові траєкторії як проекції інтегральних кривих:
 а) для довільного значення w «керуючого» параметра;
 б) для критичного значення w_0 «керуючого» параметра

Урахування критичного значення параметра w під час розв'язання системи диференціальних рівнянь (3) приведе до координат точок на площині $\{x, y\}$, які мають розташуватися на нехаотичній траєкторії.

Наведемо приклад розв'язання системи рівнянь (3) із умовами: $u_0 = 1$; $v_0 = \pi/2$; $Du_0 = 0$; $Dv_0 = 0$. У разі зміни параметра w , наприклад: у межах $2 \leq w \leq 2,5$ з кроком $h = 0,2$ одержуємо множину інтегральних кривих, одну з яких наведено на рис. 2а. Критичне значення параметра одержуємо в результаті проекційного фокусування при значенні $w_0 = 2,394$, що відповідає рис. 2б.

На рис. 3. наведено приклад геометричного моделювання траєкторії (рис. 3а) та дії машини Атвуда з маятником (рис. 3б). На рис. 3б наведено кадр анімаційної схеми дії машини Атвуда з маятником, для побудови якої було складено спеціальну програму. Зображену траєкторію доцільно порівняти з результатами роботи [2], одержаних за допомогою аналітичних залежностей.

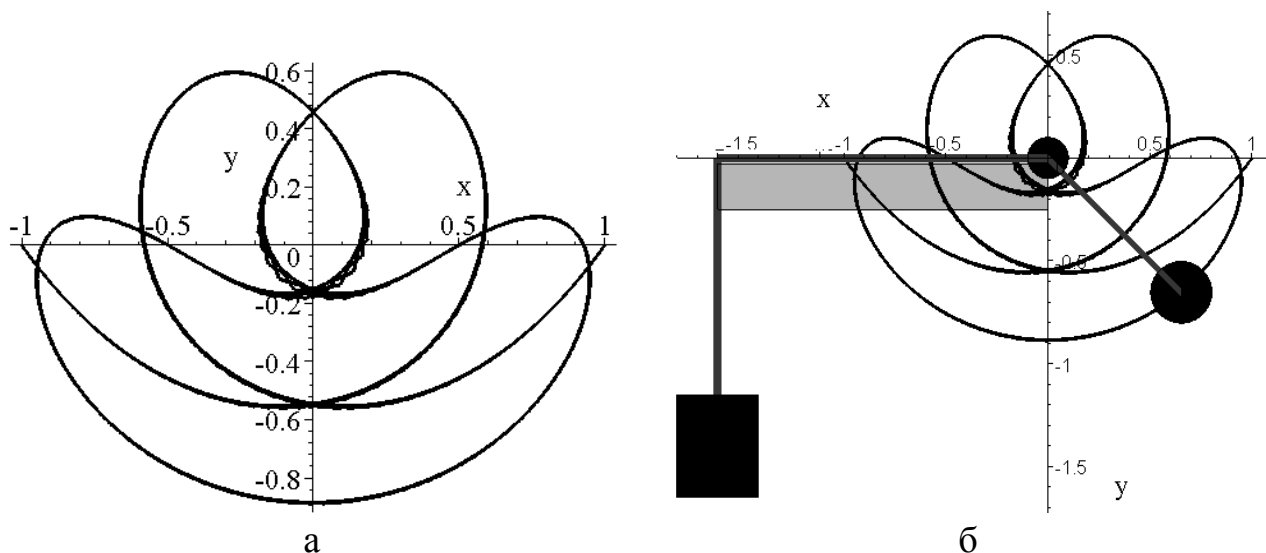


Рис. 3. Приклад моделювання дії машини Атвуда з умовами:
 $u_0 = 1$; $v_0 = \pi/2$; $Du_0 = 0$; $Dv_0 = 0$; $w_0 = 2,394$;
 а) траєкторія вантажу маятника;
 б) кадр анімаційної схеми дії машини Атвуда з маятником

Висновок. Вибір значень параметрів для одержання нехаотичних траєкторій коливань вантажу маятника машини Атвуда можна здійснити на базі графічного комп'ютерного методу проєкційного фокусування.

Список літератури

1. Yehia H. M. On the integrability of the motion of a heavy particle on a tilted cone and the swinging Atwood Machine. – Mechanics Research Communications. – 33 (2006). – P. 711–716.
2. Tuffiaro N. B., Abbott N. A., Griffiths D. J. Swinging Atwoods Mashine. American Journal Physics, 52 (10), October, – 1984. – P. 895–903.
3. Семків О.М. Метод визначання особливих траєкторій коливань вантажу 2-d – пружинного маятника. – Харків: ХНАДУ, Вестник ХНАДУ. – № 71. – 2015. – С. 36–44.
4. Семків О. М., Куценко Л. М. Визначення критичних значень параметрів диференціальних рівнянь коливань за допомогою кривин фазових траєкторій. Мелітополь. – МДПУ ім. Б. Хмельницького. – Сучасні проблеми моделювання. Збірник наукових праць. – 2015. – С. 82–89.
5. Semkiv O. M. Computer graphics of the oscillation trajectories of 2d spring pendulum weight Stuttgart, Germany – ORT Publishing – European Applied Sciences: challenges and solutions. – 2015. – С. 63–70.
6. Семків О. М. Особенности геометрической формы колебаний груза 2d-пружинного маятника. – Международная конференция по научному развитию в Евразии. – Австрия, г. Вена. – VII 2015. – С. 217–214.

УДК 515.2

ЯК ВІНАХІДНИКАМИ СТАТИ СТУДЕНТАМ-ПЕРШОКУРСНИКАМ

В. П. Юрчук, Я. Г. Махорін

НТУУ «Київський політехнічний інститут»

Автор нової моделі організації інноваційного процесу під назвою «Потрійної спіралі: університет – виробничий сектор – інноваційний розвиток держави» – професор Стенфордського університету і центру досліджень у галузі підприємництва бізнес-школи Единбурзького університету Генрі Інковіц називає університет головним центром інноваційної чи підприємницької діяльності. Ректор НТУУ „КПІ” академік М. З. Згуровський, підтримуючи автора нової моделі, наголошує, що це підтверджується тим, що через університети, особливо дослідницькі, проходять тисячі, навіть десятки тисяч студентів з новими ідеями, які необхідно впровадити у виробництво і вивести на ринки. Адже найбільші інноваційні проекти світу створили у свій час молоді винахідники Білл Гейтс і Стів Балмер, Стів Возняк і Стів Джобс, Білл Г'юлет і Дейв Паккард, Майкл Цукерберг та багато інших.

Більшість студентів НТУУ «КПІ» знають розповідь про винахідника, який створив новий винахід і запатентував його, після чого став знаменитим та багатим: купив автомобіль, дачу, яхту і т.д. Для багатьох із них на цій „розповіді” все закінчується, оскільки мрія стати винахідником для студента-політехніка не завжди має своє продовження, так як більшість із них навіть уявити собі не може яке величезне значення в економічному та науково-технічному розвитку кожної країни має таке поняття як «патент». Тому з отриманням самої освіти, студенти-політехніки мають підняти на новий рівень науково-технічну та інноваційну роботу, яка має вирішальне значення як подальшого розвитку суспільства, так і для майбутнього самого студента взагалі. Тому більшість із цих основних принципів, які мають бути системними, безперервними та повинні підняти науково-дослідну роботу у вищих навчальних закладах на новий рівень, є залучення студентів до науково-дослідних та інноваційних робіт уже на першому курсі - на перших етапах навчання, тобто студентів-першокурсників.

Такий підхід дозволяє розбудити наукову та інноваційну діяльність, сприяє становленню молодого інженера та подальшому розвитку його знань з наступним використанням їх майбутнього творчого та наукового потенціалу.

Зрозуміло, що досить складною справою є виявлення серед першокурсників, що є по суті ще „школярами - абітурієнтами” майбутніх винахідників та науковців. Також необхідно врахувати те, що не всі студенти ними прагнуть стати, оскільки кожен студент-першокурсник ставить перед собою абсолютно різні цілі.

Із практики вітчизняних та зарубіжних вищих навчальних закладів відомо, що забезпечення якісної освіти можливе лише за умови органічного поєднання навчальної та наукової діяльності як викладачів, так і студентів. Цю складну справу може вирішити лише певна системність в отриманні ним нових знань, нових ступенів та методів мислення, навичок, умінь та алгоритмів отримання цих категорій пізнання. На превеликий жаль, аналізуючи стан організації наукової роботи студентів в українських вищих навчальних закладах, видно, що чіткої системи забезпечення всебічної творчої підготовки майбутніх фахівців не існує, особливо враховуючи те, що значно скоротились господарські договірні тематики, на яких творчо виростало наше покоління викладачів та науковців.

Хочеться поділитися досвідом як до науково-дослідної роботи долучаються студенти перших курсів фізико-математичного факультету НТУУ «КПІ» та кафедри нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки зокрема. Зрозуміло, що у більшості випадків це ті студенти, які мають науково-технічний напрям підготовки, оскільки для цього напрямку підготовки на факультеті читаються такі дисципліни як „Нарисна геометрія“, „Інженерна та комп'ютерна графіка“ та „Комп'ютерна графіка“ для студентів першого курсу. Відомо, що дані дисципліни є основними та провідними при отриманні знань та навичок науково-технічного напрямку навчання. Вони є головними в самому процесі профорієнтації майбутніх інженерів-технологів, інженерів-конструкторів та інших спеціалістів технічного профілю, оскільки є основними дисциплінами з розвитку теорії та методів зображення та розвитку просторової уяви майбутнього інженера. Надалі їм простіше оволодіти знаннями з таких дисциплін як „Аналітична геометрія“, „Технічна механіка“, „Деталі машин“, „Опір матеріалів“, „Технологія машинобудування“ та багато-багато інших сучасних інженерно-технічних дисциплін.

Це важливо також при різних видах проектування, читанні та виконанні кресленників машин, станків, приладів різного призначення, машинобудівельних конструкцій та апаратів, трубопроводів, залізобетонних конструкцій, електричних схем і т. п. Важливість цього питання обумовлена також тим, що одним з наступних етапів інженерного проектування є переведення результатів геометричного формоутворення у площину складання робочих кресленників, зокрема. Таке завдання та йому подібні, можуть бути реалізовані, наприклад, в універсальній графічній системі AutoCAD.

Маючи багаторічний досвід роботи на кафедрі нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки, нам хочеться поділитись досвідом як студента-першокурсника зробити винахідника, оскільки винаходи, патенти та участь їх у інноваційних проектах дозволяють майбутньому інженеру навчатись у минулого для створення раціонального та передового майбутнього – майбутнього, творцем якого він є сам.

Так, читаючи на потоках механічних спеціальностей перші лекції із вищеназваних дисциплін, ми коротко розповідаємо, що є творчі студенти, які уже на першому курсі стають винахідниками, і показують кілька патентів на

винаходи, співавторами яких є студенти. Оскільки у нашому університеті навчають креативні студенти, які в певній мірі розуміють, що таке винаходи, то у аудиторії зразу ж з'являються студенти, які виявляють бажання більш детально ознайомитись з даними працями. Зрозуміло, що це кращі студенти, які і на практичних заняттях показують високі знання і вміння, які можуть працювати поза аудиторією та знайти час для виконання науково-дослідних робіт. Таких студентів допомагають віднайти і викладачі-колеги, які ведуть заняття в інших групах факультетів: ММІ, ІХФ, ТЕФ, ФЕЛ, ФПМ.

З такими студентами у даний час працює студентське наукове товариство, „Прикладна геометрія, дизайн та інноваційна діяльність», яке існує на фізмат факультеті НГУУ «КП» з вересня 2011 року, та допомагає кращим студентам у науково-дослідній роботі, в оформленні та подачі заявок на винаходи.

Виходячи із досвіду авторів статті (більше 110 авторських свідоцтв та патентів на винаходи, корисні моделі), та враховуючи досвід відомих винахідників Саламатова Ю. П., Альтшуллера Г. С. та інших, хочеться навести свій досвід отримання патентів, який вироблений на кафедрі нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки фізмат факультету НГУУ «КП» за останні роки.

Алгоритм отримання патентів наступний

1. Знаходимо ідею чи об'єкт для дослідження і виявлення чогось нового (студент може це самостійно чи за допомогою викладача, а іноді студенти приносять отримані авторські свідоцтва, які отримали його батьки чи дідусі);

2. Визначаємо та ставимо мету, яка покращує функціональні показники чи взагалі має нові параметри дії нашого об'єкта дослідження.

3. Визначаємо за рахунок чого це можна досягти: зміною форми робочої поверхні, зміною параметрів переміщення чи інших характеристик.

4. Визначаємо розділ, в якому розміщується наш об'єкт: через бібліотеку, системи Internet, чи безпосередньо в Республіканському патентному фонді.

5. Знаходимо бажано декілька подібних патентів та переконуємось, що ми винаходимо щось нове, а не відомий всім „велосипед".

6. Визначаємо аналоги та прототипи, і проробляємо конструкцію нового рішення. Виконуємо кресленники нової конструкції.

7. Пишемо формулу винаходу, яка є основою для подальшого опису та оформлення винаходу.

8. Виконуємо опис винаходу, розкриваючи всі необхідні розділи та пишемо реферат за відомими зразками.

9. Звертаємось до патентних повірених університету та заповнюємо заяву на винахід та всі інші необхідні документи (набір документів існує у відділі патентної власності університету наукового парку „Київська політехніка").

Після подачі заявки на отримання патенту проходить небагато часу, і ви не можете собі уявити обличчя студента-першокурсника, який отримує перший патент, першу свою наукову публікацію! З такими студентами ми не розлучаємось, оскільки патенти вони отримують ще при подальшому навчанні

на старших курсах – при написанні диплома бакалавра та магістра вони уже мають кілька патентів, тобто процес постійної творчості уже завжди поряд з ними і вони знають що таке науково-технічна творчість.

Таких студентів, які отримали патенти уже на першому курсі більше сорока, деякі з них уже стали кандидатами технічних наук, доцентами, (Сокольський О. Л., Лукашова В. М., Деркач В. М, Яблонський П. М. та ін.). Самі вони уже вчать науково-технічній творчості своїх студентів. Тобто становлення студента-першокурсника як винахідника дозволяє у майбутньому зробити з нього перспективного науково-технічного працівника, науковця чи викладача.

Хочеться таким студентам побажати не зупинятись на досягнутому та побажати їм подальших успіхів у науково-технічній та інноваційній творчості!

УДК 515.2+563.3

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КВАЗІГВИНТОВИХ ПОВЕРХОНЬ

Н. Н. Ісмаїлова

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Підвищення ефективності сучасного виробництва у вирішальній мірі залежить від рівня розвитку і вдосконалення досліджень в області фундаментальних і прикладних наук. Розглядається зубчаста передача, у якій забезпечується спряження зубів криволінійного профілю, що виключає інтерференцію .

Розробка способу криволінійних перетворень для формування спряжених квазігвинтових поверхонь, якісних показників що виявляють значні нерівномірності контактування в різних точках області зачеплення.

Впровадження у виробництво найбільш прогресивних способів обробки виробів на верстатах з числовим програмним управлінням, створення автоматичних ліній з багатоканальним зворотним зв'язком, у свою чергу, вимагають розробки і впровадження загального графоаналітичного способу квазігвинтових поверхонь з просторовою лінією контакту. Спосіб формування криволінійних сторін зубів пари спряжених зубчастих коліс здійснюється погодженим обертанням заготівлі й відповідним рухом інструменту. В основі цього процесу лежить теорема професора Подкоритова А.М. яка стверджує, що дві поверхні будуть спряжені, якщо кожна з їх утворена їх відповідним відносним рухом і конгруентних посередників.

Інтерференція зубів буде відсутній, якщо евольвентний профіль зуба одного зубчастого колеса спряжений тільки з евольвентним профілем зуба

іншого колеса. Для цього необхідно, щоб радіус граничної точки був менше радіус нижньої точки активного профілю.

Розглядається криволінійна зубчаста передача, у якій забезпечується спряження зубів евольвентного профілю по довжині здійснюється по ідентичній кривій, розташованій у площині лінії зачеплення й однакою по висоті зуба.

УДК 514.18

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ РОЗКИДАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

Т. М. Захарова

Сумський національний аграрний університет

У нашій країні та у багатьох країнах світу удобрення ґрунту та підживлення сільськогосподарських культур здійснюється за технологією основного удобрення суцільним способом по поверхні ґрунту [1, 2]. При цьому 96 % використовуваних при цьому технічних засобів складають розкидачі мінеральних добрив відцентрового типу різноманітних конструкцій, адже такі машини мають найвищу продуктивність.

Науковцями розроблені різноманітні конструкції робочих органів розкидачів мінеральних добрив відцентрового типу, серед яких наступні:

- диск із закріпленими на ньому лопатками, котрі розташовані симетрично відносно вертикальної осі [3];
- диск з лопатками, вісь яких є криволінійною у вигляді дуги кола, дотичної до радіуса диска у його центрі, причому криволінійна вісь випукла у напрямку, протилежному напрямку обертання диска [4];
- диск із лопатками, які виконані у вигляді з'єднаних між собою днищ та бокових стінок [5] тощо.

Незважаючи на чисельні дослідження з питання удосконалення конструкції робочого органу, рівномірність розсіювання мінеральних добрив, яку вони забезпечують, є недостатньою і складає 60-80 %. До того ж, запропоновані конструкції порівняно з зарубіжними аналогами не забезпечують необхідну ширину захвату. Тому актуальною для галузей сільськогосподарського машинобудування та сільськогосподарського виробництва є проблема підвищення ефективності механізованого внесення мінеральних добрив шляхом поліпшення якості їх внесення і підвищення продуктивності машин.

Запропоновано конструкцію робочого органу для розкидання мінеральних добрив у вигляді сферичного диску (рис. 1). Така конструкція робочого органу

для розкидання мінеральних добрив дозволяє у внутрішній порожнині сферичного диска встановлювати лопатки необхідної форми, покращуючи при цьому характеристики диску з такими ж лопатками.

Кут сходу β дозволяє регулювати ширину захвату агрегату. В залежності від кута β та діаметра диска D можна визначити необхідний радіус сфери:

$$R = \frac{D}{2 \cdot \sin \beta}. \quad (1)$$

Виведена проста для інженерного застосування формула (1) дає можливість обґрунтувати конструкцію відцентрового дискового розсіювача мінеральних добрив, який гарантовано покращує розсіювання.

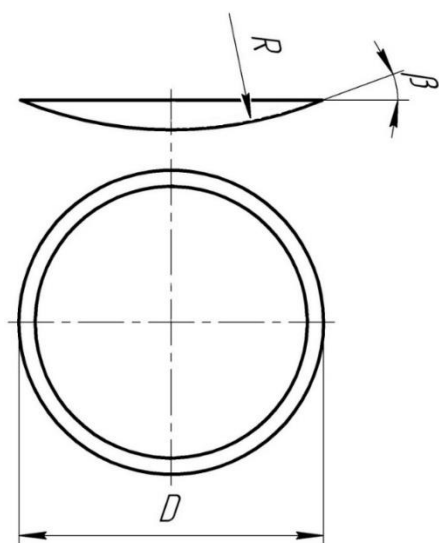


Рис. 1. Конструкція робочого органу для розкидання мінеральних добрив

Пристрій працює наступним чином. Дозуючий апарат подає добрива на сферичний диск, що обертається. Відцентрова сила спрямовує добрива на поверхню поля, забезпечуючи рівномірність розподілення добрив по всій ширині зони їх розсіювання. Таким чином, запропонована конструкція забезпечить зниження витрат добрива і підвищення врожайності сільськогосподарських культур за рахунок підвищення рівномірності розсіювання.

Висновки. Запропонована конструкція робочого органу для розкидання мінеральних добрив зумовить швидкий розгін диску та більшу ширину захвату, зберігаючи при цьому можливість прямої подачі матеріалу. До того ж, така конструкція забезпечить спрощення технічного обслуговування робочого органу та його очищення у випадку забиття сипучим матеріалом.

Список літератури

1. Адамчук В. В. Механіко-технологічні і технічні основи підвищення ефективності внесення твердих мінеральних добрив та хіммеліорантів: Автореф. дис. док. техн. наук: 05.05.11. – Національний аграрний університет, Київ, 2006. – 45 с.

2. Сметнев С. Д. Состояние и перспектива механизации применения минеральных удобрений // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1971, №5. – 189 с.

3. Пат. 34453 України, МПК А 01 С 17/00. Робочий орган для розсіювання мінеральних добрив / Кобець А. С., Ролдугін М. І., Волик Б. А., Кобець О. М., Пугач А. М. (Україна); Дніпропетровський аграрний державний університет (Україна). – № U200803512; Заявл. 19.03.08; Опубл. 11.08.08, Бюл. № 15.

4. Пат. 63642 України, МПК А 01 С 17/00. Робочий орган для розкидання сипучих матеріалів / Кобець А. С., Науменко М. М., Нагієва Н. О. (Україна);

Дніпропетровський аграрний державний університет (Україна). – № U201105374; Заявл. 27.04.11; Опубл. 10.10.11, Бюл. № 19.

5. Пат. 80164 України, МПК А 01 С 17/00. Відцентровий апарат для розсіювання мінеральних добрив / Адамчук В. В. (Україна); Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» української академії аграрних наук (Україна). – № а200505370; Заявл. 06.06.05; Опубл. 27.08.07, Бюл. № 13.

УДК 631.3:360.172.21

КОМП'ЮТЕРНА ГОЛОГРАФІЯ ЯК МЕТОД НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

В. О. Горбаченко

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Комп'ютерна голографія вирішуючи цілу гаму різноманітних проблем неруйнівного контролю дозволяє значно підвищити рівень надійності сільськогосподарської техніки. Засоби цього методу можуть ефективно використовуватись при реалізації:

- конструктивного методу підвищення надійності: при визначенні геометричних характеристик і параметрів об'єкту, його імовірнісних міцнісних властивостей, допустимих меж застосування нових матеріалів, дослідженні як окремих елементів та і деталей, вузлів та агрегатів в цілому;

- технологічного методу: визначенні параметрів технологічних процесів обробки та зміцнення поверхонь; виявлення наявності дефектів, які можуть виникати при порушенні технологій виготовлення деталей та інше;

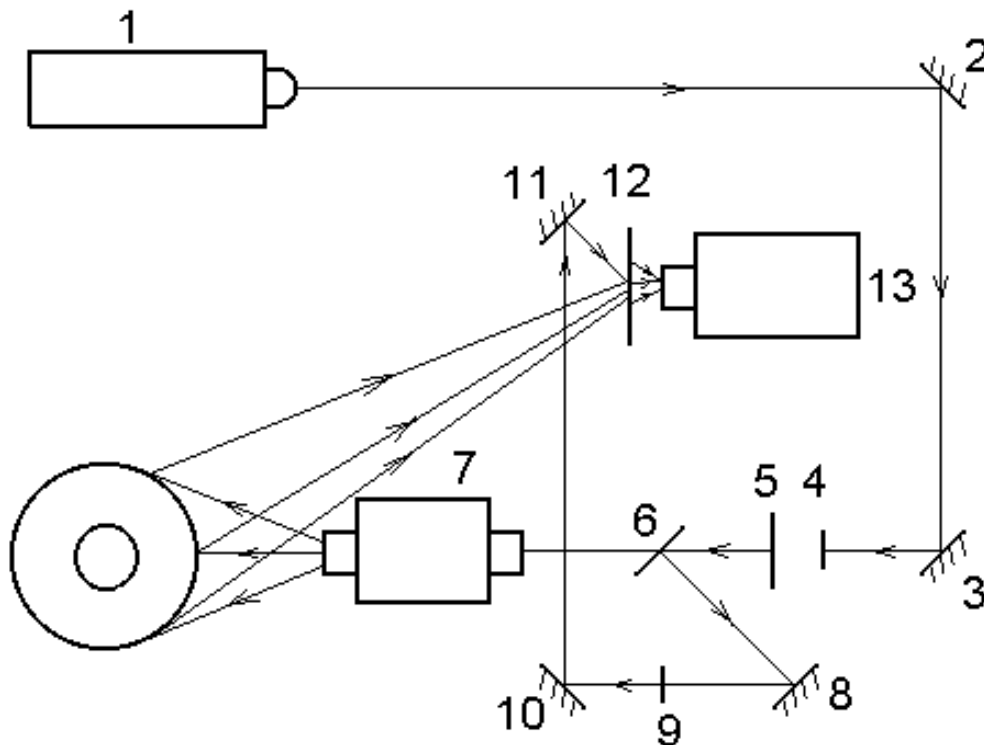
- ремонтного методу: вибору раціонального (оптимального) методу чи способу ремонту, відновлення працездатності деталей, їх робочих поверхонь, ремонтних матеріалів; визначенні основних та залишкових напружень, які виникають в процесі виконання ремонтно-обслуговуючих робіт;

- експлуатаційного методу: правильності вибору режимів навантаження машини, теплового режиму роботи машин, термінів, що прогнозують, та об'ємів проведення технічного обслуговування, необхідних режимів та інше.

В області малих деформацій, які не викликають не обернених пошкоджень поверхневих шарів матеріалу деталі побудовано принцип роботи комп'ютерної голографії за допомогою системи ОРТОКАТ цей метод базується на швидкому створенні; запису та відображення двох станів об'єкта (до та після навантаження чи розвантаження) у вигляді кольорових інтерференційних полів.

Оптична система ОРТОКАТ (рис. 1) працює таким чином: промінь лазера (1) проходить через лінзи (4 і 5), які утворюють коліматор. Для розширення оптичних можливостей системи досліджувати дифузійно відбиваючи світло об'єкти (поверхні деталей сільськогосподарських машин) було проведено заміну лінз 4 ($f_1 = -25$ мм; $d_1 = 55$ мм $\rightarrow f'_1 = -35$ мм; $d'_1 = 60$ мм, 5 ($f_2 = 150$ мм; $d_2 = 70$ мм $\rightarrow f'_2 = 200$ мм; $d'_2 = 90$ мм). Потім він потрапляє на подільвач пучка (6), який ділить його на два : предметний та опорний, останній проходить через дзеркала (8 і 10) поляризатор інтенсивності світла (9), освітлює п'єзокристальне дзеркало (11), відбивається до перетворювача пучка (12). Предметний пучок освітлює об'єкт досліджень (14) за допомогою об'єктива (7), що має можливість збільшувати або зменшувати зображення виробу, відбившись від нього, приходить до перетворювача пучка (12).

Зображення не навантаженого виробу або деталі фіксується в реальному часі за допомогою відеокамери (13) і трансформується цифровим адаптером відеосигналів до пам'яті комп'ютера. Навантажуючи чи розвантажуючи деталь, проходить мікродеформація, змінюється стан його поверхні. Ця зміна реєструється як зміна амплітуди або фази предметного пучка і на поверхні перетворювача (12) виникає інтерференційна картина поля деформації, яка в свою чергу фіксується відеокамерою. З неї відеодані передають через адаптер до пам'яті комп'ютера. Порівнюючи інформацію отриману до і після дій за допомогою програми ОРТІМА РК створює на додатковому моніторі кольоровий образ інтерференційного поля, що відповідає мікродеформації досліджуваної поверхні виробу.



Ри. 1. Оптична схема системи ОРТОКАТ для створення комп'ютерних голограм

Для практичної реалізації система ОРТОКАТ потребує таких умов і обладнання: вібростійкий бетонний стіл, який змонтовано на пневмокамерах, розмірами: 3000 × 4000 × 15; лазер одномодовий постійного випромінювання потужністю не менше 100 мВт; цифровий адаптер ДАС-500; регульовані металічні срібні дзеркала; поділювачі пучка 10/90 %; 20/80 %; фото об'єктив $f = 20 - 80$ мм; дихроматичний перетворювач світла, ССД відео камера (чорно біла); адаптер – Д5СЕ; монітор КХ – 14Р1 кольоровий відео процесор СР200Е; персональний комп'ютер, взірці або реальні деталі. Роботи проводили в затемненому приміщенні.

УДК 631.3:360.172.21

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МАШИН ЗА ДОПОМОГО ГОЛОГРАФІЇ

С. С. Карабиньош, Р. В. Бондаренко

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Можливості застосування оптичної інтерферометрії, пов'язане із розвитком сучасних методів проведення пошукових робіт з визначення роботоздатності машин та їх агрегатів, супроводжується значними ускладненнями, які визначаються складністю процесу розшифрування інформації, що записана на голограмах. В нашому випадку це дані про мікродеформації на поверхні деталі. Складні деформаційні процеси інтерпретують, при вивченні технічного стану сільськогосподарських машин, як сумарну дію цілої гама більш простих рухів таких як:

- зміщення окремих ділянок деталі з дослідження як єдиного цілого фізичного процесу;
- обертання поверхні деталі навколо осей, що є ортогональними до цієї площини;
- мікродеформації окремих ділянок поверхні виробу.

Створення голограми (спеклінтерферограми) дає в результаті комп'ютерний образ з наявними на ньому кольоровими смугами, де кожному кольору чи відтінку відповідає визначена масштабом голограми мікродеформація. Вони є смугами рівних мікродеформацій на всій поверхні тіла з інформацією про розподіл величини мікродеформації на поверхні деталі. Такі мікродеформації створюються в певному стохастичному експлуатаційних навантажень і симулюються на спеціальній установці.

Експериментально встановлено, що підрахунок кількості кольорових інтерференційних смуг безпосередньо із голограми практично неможливий із-за складності ведення відчиту їх кількості. З метою визначення реальних

значень мікродеформації запропоновано схему спеціальної установки відеозапису їх переміщення та підрахунку, приведена на рис. 1. Дійсну величину вектора деформації в напрямку абсциси чи ординати визначали як кількість інтерференційних ліній, що проходить через певну характерну точку об'єкта на голограмі, при обертанні її навколо відповідної осі на заданий наперед кут, який рівний куту експозиції при голографуванні. Встановлено, що для дослідження поверхонь сільськогосподарських машин такий кут складає не більше $30^\circ - 36^\circ$ і при збільшенні його значення втрачається значимість отриманих результатів.

Голограму 2 відновлюють за допомогою точкового джерела світла 1. Обертають голограму 2 і одночасно записують її зображення відеокамерою 3, передаючи сигнали на відеорекордер 4.

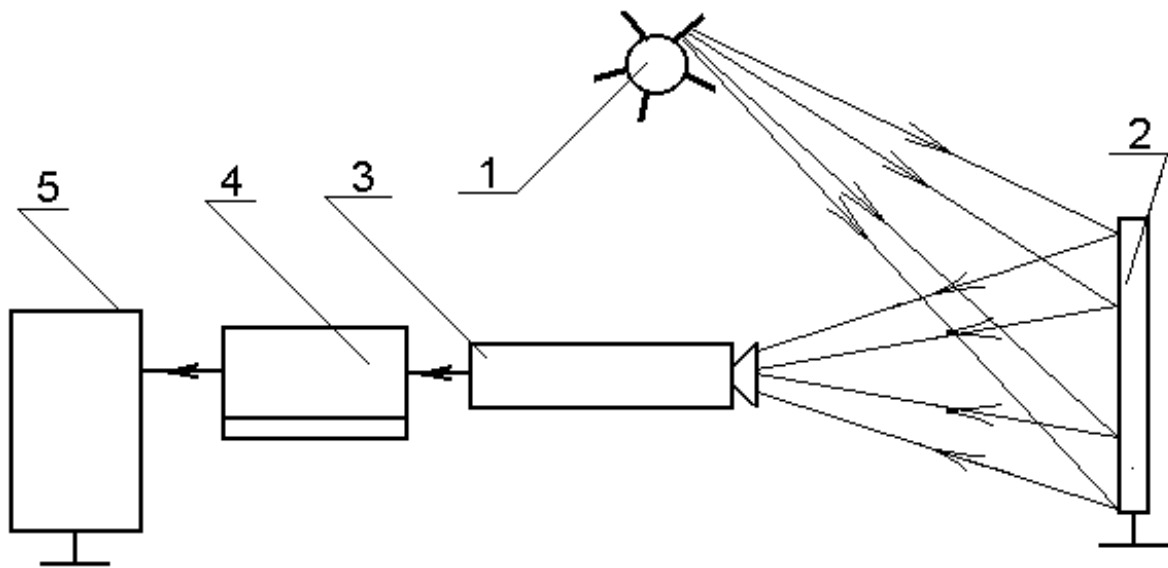


Рис. 1. Схема установки відеозапису: 1 – точкове джерело світла; 2 – голограма; 3 – відеокамера; 4 – відеорекордер; 5 – монітор

При зміні положення голограми відносно джерела когерентного або точкового світла всі точки смуг рівної деформації (інтерференційні смуги) будуть переміщуватись одночасно через характерну точку. Знаючи довжину хвилі лазера, кут на який обертають голограму навколо вибраної осі координат ($30^\circ - 36^\circ$) по обидва боки від осі, відраховують їх кількість, які переміщуються через конкретну точку на поверхні об'єкта. Цим визначають величину складової вектора мікродеформації навантаженого тіл в пошуковому напрямку. Обертаючи голограму навколо осі Y визначають складову вектора мікродеформації в напрямку осі X, і навпаки - обертаючи навколо X отримують складову вектора в напрямку Y. Величину складової вектора мікродеформації в напрямку осі Z визначали підрахунком кількості інтерференційних смуг на проміжку від нульового рівня до заданої точки.

Таким чином, отримавши числове значення трьох складових вектора мікродеформації, їх напрямки в просторі, можливо визначити величину

загального вектора мікродеформації і зв'язаного з ним напруження. Використовуючи значення складових вектора, описують фізичний процес мікродеформування за допомогою трьох математичних моделей. Досліджуючи величину кореляції між експериментальними розрахунковими даними, було встановлено її значення, яке не задовольняло твердження про адекватність отриманих математичних моделей реальному процесу.

Автором було висунуто гіпотезу про поділ дослідної поверхні на менші ділянки, які охоплювали межі поверхні дослідного виробу із врахування властивостей пограничних зон.

УДК 631.3:62-192

ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНОЇ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ «ЛЮДИНА-МАШИНА»

А. В. Новицький

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В реальних умовах експлуатації змінюється технічний стан складної сільськогосподарської техніки, як складної технічної системи «Людина-Машина» (СТС «ЛМ»). При встановленні надійності СТС «ЛМ» розглядається вплив на ймовірність безвідмовної роботи двох складових: «Людина-оператор» («Л») і «Машина» («М»). В процесі експлуатації СТС «ЛМ» виникають параметричні та аварійні відмови, змінюються показники надійності машини та настає її «старіння», які обумовлені процесами зношування, корозії, деформування, руйнування.

Складова СТС «ЛМ» людина-оператор також не залишається без зміни, оскільки змінюються характерні показники її надійності: коефіцієнт готовності людини-оператора; ймовірність безпомилкової роботи оператора; інтенсивність помилок людини-оператора; ймовірність відновлюваності людини-оператора, яка відмовила; загальний показник надійності людини-оператора, ймовірність правильного рішення операторської задачі; своєчасність вирішення задачі людиною-оператором; точність роботи людини-оператора.

Причин переходу складової «Л» СТС «ЛМ» в несправний або ж непрацездатний стан кілька. Перш за все, при надходженні нової машини, дуже часто іноземного виробництва без відповідного супроводу документації, оператор знайомиться з її конструкцією, особливостями експлуатації, технічного обслуговування і ремонту. Саме це є причиною зменшення ймовірності безвідмовної роботи СТС «ЛМ» під впливом «Л» в початковий період експлуатації. Іншою причиною зменшення ймовірності безвідмовної роботи СТС «ЛМ» є також низька кваліфікація людини-оператора, яка не

забезпечує своєчасне і якісне проведення технічних обслуговувань та відновлення працездатності СТС при виникненні несправностей та відмов.

З часом, в процесі «старіння» СТС «ЛМ», особливо її складової «М», ускладнюються відмови, зростає їх трудомісткість і час відновлення справності або ж працездатності. Все це в цілому негативно впливає на коефіцієнт готовності людини-оператора; ймовірність безпомилкової роботи оператора, ймовірність безпомилкової роботи оператора. В таких випадках настає необхідність проведення досліджень впливу на надійність СТС «ЛМ» не лише технічного стану техніки, але й професійно-психофізіологічного рівня працівників.

На основі проведених досліджень було встановлено, що ймовірність безвідмовної роботи СТС «ЛМ» для в період «старіння» машини и при зниження професійно-психологічного рівня оператора, при накопиченні відмов описується нелінійною функцією [1].

Також проведені дослідження, які присв'ячені виявленню закономірностей зміни ймовірності безвідмовної роботи СТС «ЛМ», рівень надійності якої можна підвищити при умові розвитку складової оператора. Було сформовано граф станів і переходів СТС «ЛМ» для «старіючих» машин і операторів, які підвищують свій професійно-психофізіологічний рівень [2]. Враховані були наступні стани: “0” – працездатний стан СТС «ЛМ»; “1” – непрацездатний стан (усунення відмов «Л» та усунення відмов «М»); “0' ” – проміжний (фіктивний стан) «старіння» «М»; “0'' ” – проміжний (фіктивний стан) «старіння» «Л»; “1'' ” – проміжний (фіктивний стан) підвищення свого професійно-психофізіологічного рівня «Л»; $\lambda_0, \lambda'_0, \lambda''_0, \lambda_1, \lambda'_1$ – інтенсивності відмов складових «Л» та «М»; μ – інтенсивність відновлень складових «Л» та «М». Виходячи з побудованого графу станів і переходів були складені диференційні рівняння динамічного балансу для ймовірностей станів СТС «ЛМ».

Для отриманої системи диференційних рівнянь на основі перетворень Лапласа, з використанням методу Гаусса, отримано ряд аналітичних залежностей, включаючи залежності для «старіння» (1) та підвищення професійно-психофізіологічного рівня (2) оператором СТС «ЛМ»:

$$P'_0 = \frac{\lambda'_0(1 - P''_0 - P_1 - P_1'')}{(S + \lambda'_1 - \lambda'_0)} \quad (1)$$

$$P''_1 = - \frac{(-St\lambda''_0)(-Sh\lambda''_0\lambda'_1(1 + \lambda'_1 + 2\lambda''_0))}{(S^2h\lambda''_0 - S^2\lambda''_1 + h\mu\lambda''_0)(S^4 + 2S^3\lambda'_1 + 2S^3\lambda''_0 + 2S^3\lambda_2 - 2S^3t\lambda''_0) + S^2h\lambda''_0(\lambda_2 + \lambda''_1)} \quad (2)$$

Отримані залежності можуть бути використані для дослідження складної сільськогосподарської техніки, як СТС «ЛМ» при її «старінні» та підвищенні кваліфікації персоналу.

Список літератури

1. Новицкий А. В. Исследование вероятности безотказной работы средств для приготовления и раздачи кормов как систем «Человек-Машина» /

А. В. Новицкий // Motrol, motoryzacja i energetyka rolnictwa motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2015. – Vol. 17, № 3. – P. 335–341.

2. Новицкий А. В. Определение надежности сложной системы «человек-машина» при развитии составляющей «человек-оператор» / А. В. Новицкий // European scientific project Scientific and educational journal "Science & Genesis" – Authors, 2014. – С. 71–73.

УДК 631.3:360.172.21

ВИМІРЮВАННЯ МІКРОДЕФОРМАЦІЙ ГОЛОГРАФУВАННЯ ПРИ МЕХАНІЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

С. С. Карабиньош, В. О. Горбаченко

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Все ширше розробляються і впроваджуються сучасні методи та засоби неруйнівного, діагностування технічного стану та прогнозування довговічної роботи технічних систем. Створюються нові види технологічного устаткування, що дозволяють механізувати, а в ряді випадків і автоматизувати трудомісткі операції з неруйнівного контролю та діагностування. Розробляються сучасні форми управління виробництвом, які розраховані на застосування лазерних систем з комп'ютерним забезпеченням (ОПТОКАТ) та подальшим переходом на автоматизовані системи управління. Актуальним є розробка систем навантаження деталей в процесі їх голографування. Величини навантаження для деяких деталей приведені в таблиці. В основному використовується механічне навантаження (стискування, розтяг, згин, скручування) термічне і акустичне навантаження. Величини навантаження для деяких деталей приведені в таблиці. В основному використовується механічне навантаження (стискування, розтяг, згин, зкручування).

Таблиця – Механічне навантаження при дослідженні різних деталей

| Найменування деталі, матеріал | Вид механічного навантаження | | | |
|-------------------------------|------------------------------|---|---------------|--|
| | Розтяг F, Н | Стискування F, Н | Згин, F, Н | Зкручування, M, Нм |
| Блок циліндрів двигуна | — | 400 – 500 (навантаження прикладене до перемички між 2-м і 3-м циліндром) | — | 40 – 60 (навантаження прикладене до передньої стінки 1-го циліндра) |

| Найменування деталі, матеріал | Вид механічного навантаження | | | |
|--|------------------------------|---------------------|---------------|-----------------------|
| | Розтяг F, Н | Стискування F, Н | Згин, F, Н | Зкручування, M, Нм |
| Поршневий палець (ДВЗ) Сталь Х13 | 800 – 900 | – | 750 – 900 | 80 – 100 |
| Поршень із алюмінію | 500 – 620 | 850 – 1100 | – | – |
| Кран молочний- Сталь Х13Н9ТА | – | 780 – 900 | 600 – 680 | 40 – 60 |
| Кришка- поліамід ПА-69 | – | 150 – 200 | 18 – 22 | – |
| Перехідник з'єднувач - вуглепластик | 25 – 27 | 30 – 34 | 18 – 20 | – |
| Втулка перехідна -металополімер | – | 65 – 70 | 45 – 52 | – |

Для різних матеріалів існує свій межовий ефект зміни конфігурації інтерференційного поля.

В процесі проведення експериментальних досліджень за допомогою приведених методів візуально визначали наявність дефекту, його конфігурації, координати розміщення на поверхні деталі. Для реалізації досліджень було важливим виявити принципову можливість знаходження дефекту чи пошкодження при тому, що неможливо це здійснити іншим методом, навіть застосовуючи різні види навантаження. При механічному навантаженні, як показали численні дослідження виявити такі недосконалості деталей стає можливим. Мікродеформації в такому випадку є таким, які більш визначаються, чим при інших видах навантажень. На отриманих голограмах оцінювали характер розподілу інтерференційних смуг – ліній рівних деформацій або переміщень на поверхні досліджуваного виробу (див. рис.).



Рис. Голограма деталі під механічним навантаженням

Застосовуючи певне переналагодження оптичної системи вивчали технічний стан суміжних поверхонь або деталі в цілому. Виявляли характер зміни (якщо наявна) інтерференційного поля на конкретних робочих поверхнях деталей. При цьому змінювали місцезосташування прикладеного навантаження та вивчали зміну деформаційного стану виробу.

Хвилеві поля, які розглядали, було утворено таким чином: джерелом світла рівномірно освітлювали виріб, за рахунок шорсткості поверхонь (ситуація є типовою для механічно оброблених поверхонь деталей) дзеркальне відбиття надзвичайно мале і світло розсіюється рівномірно у всіх напрямках, а кожен компонент структури досліджується конкретно.

УДК 631.3:360.172.21

ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ВІДНОВЛЕННЯ ВТОРИННОГО ВАЛА КОРОБКИ ПЕРЕМІНИ ПЕРЕДАЧ АВТОМОБІЛЯ КАМАЗ

С. С. Карабиньои, В. В. Клименко

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Відновлений вторинний вал повинен відповідати наступним технічним вимогам:

- овальність і конусність;
- співвісність шийки під передній підшипник не більше 0,01 мм, шийки під задній підшипник не більше 0,02 мм;
- нециліндричність отвори під роликовий підшипник не більше 0,01 мм;
- радіальне биття отвору під роликовий підшипник не більше 0,01 мм;
- радіальне биття отвору під роликовий підшипник щодо шийок під передній і задній підшипник не більше 0,03 мм;
- радіальне биття шийки під сальник щодо шийок під передній і задній підшипники не більше R_a 1,25 мкм, отвори під роликовий підшипник не більше R_a 0,63 мкм.

Найбільш інтенсивно зношуються такі сполучення:

- шліцьове сполучення вторинного валу з синхронізатором 4-й і 5-й передач;
- зовнішні об'єми підшипників вторинного валу з картером
- коробки передач;
- посадочне місце під підшипники на вторинному валу.

При передачі змінного крутного моменту коробкою передач в даному шліцьовому спряженні відбуваються зіткнення втулки синхронізатора з шліцями вторинного валу. При цьому спостерігаються і осьові переміщення

коливання синхронізатора щодо вторинного вала, а також радіальні коливання, викликані дисбалансом валів і шестерень. Ці фактори викликають зношування і деформацію шліцьових елементів сполучення.

Перевірка сполучення на зминання показала, що максимальна напруга більш ніж в два рази нижче допустимого. Отже, що зім'яло і пластичної деформації шліцьового сполучення в процесі експлуатації з великою ймовірністю не відбувається.

З цього випливає, що найчастіше зношується посадкове місце під підшипник. Найдоцільніше відновлення посадочних місць під підшипники з перерахованих вище (залізнення, хромування, наплавлення), це - хромування і вібродугове наплавлення.

Електролітичне хромування є ефективним способом підвищення зносостійкості деталей, що труться, захисту їх від корозії, а також способом декоративно-захисної обробки. Значну економію дає хромування при відновленні зношених деталей.

Процес хромування широко застосовується в народному господарстві. Над його вдосконаленням працює ряд науково-дослідних організацій, інститутів, вузів і машинобудівних підприємств. З'являються більш ефективні електроліти та режими хромування, розробляються методи підвищення механічних властивостей хромованих деталей, в результаті чого розширюється сфера застосування хромування.

Знання основ сучасної технології хромування сприяє виконанню вказівок нормативно-технічної документації та творчої участі широких кіл практичних працівників у подальшому розвитку хромування.

Другим найбільш доцільним із способів відновлення вторинного валу коробки передач є вібродугове наплавлення. Такий спосіб наплавки є різновидом дугового наплавлення металевим електродом.

Процес наплавлення здійснюється при вібрації електрода і подачею охолоджувальної рідини на наплавлену поверхню.

Переваги способу:

- невеликий нагрів деталей, що не виявляє вплив на термообробку;
- висока продуктивність процесу;
- можливість отримати наплавлений шар без пір і тріщин;
- мінімальна деформація деталі, яка не перевищує полів допусків посадочних місць;

– можливість отримання наплавленого металу необхідної твердості і зносостійкості. недоліки:

- невисока продуктивність.

Раціональний режим наплавлення:

- напруга – 28–30В;
- сила струму – 70–175 А;
- діаметр дроту – 1,6 мм;

- швидкість подачі дроту – 1,3 м/хв.;
- швидкість наплавлення – 0,5–0,6 м/хв.;
- амплітуда вібрації – 1,82 мм.

У зв'язку з тим що переваг вібродугового наплавлення більше і її частіше використовують на виробництві відновлення шийки під підшипник буде проводитися наплавленням.

УДК 621

АНАЛІЗ КОЛИВАНЬ ВАНТАЖУ ПРИ ЗМІНІ ВІЛЬОТУ ТА ПОВОРОТУ СТІЛОВОГО КРАНА

І. О. Кадикало

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Вантажопідйомні машини набули широкого використання в різних галузях виробництва в залежності від призначення та конструктивних особливостей. Це може бути будівництво, лінії машинобудування, ремонтних майстернях, сільському господарстві тощо.

А так як крани з горизонтальною стрілою можуть виконувати різні операції з вантажем як завантаження та розвантаження транспортних засобів, піднімання та опускання вантажу, підняття та переміщення вантажу на певний кут за допомогою механізму повороту.

Таким чином під час роботи механізмів повороту та зміни вильоту вантажу виникають значні динамічні навантаження, що призводить до руйнування конструкції і як наслідок зниження надійності, продуктивності, а також підвищують аварійні ситуації на підприємствах. У зв'язку з цим особливої уваги заслуговують питання дослідження динамічного навантаження елементів конструкції і знаходження шляхів їх зменшення.

Раціональним шляхом мінімізації динамічних навантажень є оптимізація режимів руху при цьому конструкція крана не змінюється, а змінюється лише характер прикладання рушійного зусилля (моменту). Таким чином, реалізація оптимального керування механізму повороту та вильоту вантажу крана з метою мінімізації динамічних навантажень не вимагає значних капітальних вкладень.

В існуючих теоретичних та експериментальних дослідженнях роботи кранових механізмів досить детально розглянуто динаміку їх руху протягом перехідних режимів. Значна увага приділена проблемі усунення коливань вантажу на гнучкому підвісі. Однак більшість пропонованих способів вирішення цієї задачі не задовольняють вимогам сучасних технологічних процесів транспортування вантажу, а якщо задовольняють, то при цьому робота

кранів супроводжується великими динамічними навантаженнями та небажаним характером їх зміни в часі.

Гасінням коливань підвішеного вантажу займалися багато дослідників та вчених. Відомо багато різних теоретичних рішень вітчизняних і зарубіжних авторів. Проблеми обертальних механізмів висвітлювали О. В. Григоров, Л. І. Кибрік, Д. Смолянінов, Г. В. Вишневецький, Ф. Паліс, Н. А. Петренко, П. Хорн і ін., хоча ця задача і сьогодні вузько представлена в наукових розробках. У роботах виконаних досі оптимізовані перехідні процеси електромеханічної системи (ЕМС) з підвішеним вантажем, проте лише для механізмів поступального руху. Стосовно електромеханічної системи механізмів обертання стрілових кранів, які характеризуються особливо тривалими перехідними процесами, проблема демпфування коливань підвішеного вантажу особлива гостра. Тому розробка методів керування електроприводами, що забезпечують сумісну роботу механізмів повороту та вильоту вантажу та забезпечують достатньо високу швидкодію і одночасно демпфування коливань підвішеного вантажу при його повороті та вильоті, здатна зробити істотний внесок до підвищення продуктивності механізмів обертального та поступального руху при проведенні різноманітних робіт.

Приймаючи до уваги велику кількість експлуатованих у даний час кранів і посилення вимог по створенню безпечних умов праці з ними та підвищення їхньої продуктивності, проблема усунення коливань вантажу підвішеного на гнучкому підвісі під час сумісної роботи механізмів повороту та зміни вильоту вантажу є досить актуальною.

Тому метою роботи є підвищення ефективності баштових кранів за рахунок оптимізації перехідних режимів руху механізмів повороту та зміни вильоту вантажу.

Для того щоб досягти поставленої мети потрібно сформулювати завдання досліджень та розв'язати поставлені задачі, а саме:

- Проаналізувати дослідження у напрямку зниження динамічних навантажень та усунення коливань вантажу баштових кранів;
- Провести динамічний аналіз реальних режимів руху механізмів повороту та зміни вильоту вантажу баштового крана;
- Визначити оптимальні режими повороту та зміни вильоту вантажу баштового крана;
- Розробити фізичну модель баштового крана та експериментально в лабораторних умовах дослідити визначені оптимальні закони руху механізму повороту та візка з підвішеним до нього вантажем;
- Розробити методику проведення експериментів та дослідити основні характеристики руху моделі візка з підвішеним до нього вантажем та під час повороту стріли при різних параметрах системи для оптимального та ручного керування;

– На основі проведених досліджень запропонувати функціональну схему керування рухом повороту та кранового візка і приводні механізми, які б реалізовували керуючу дію.

Таким чином об'єктом дослідження є процеси зміни вильоту та повороту вантажу баштового крана. Предметом дослідження являються закономірності руху механізмів повороту та зміни вильоту вантажу, які мінімізують динамічні навантаження та коливання вантажу на гнучкому підвісі.

У зв'язку з вищесказаним чинна дисертаційна робота, що присвячена питанням оптимізації керування електроприводом механізмів обертання та вильоту вантажу баштових кранів на базі сучасної мікропроцесорної техніки, є актуальною для народного господарства України.

УДК 514.18

ФОРМУВАННЯ ДИСКРЕТНИХ КАРКАСІВ ВРІВНОВАЖЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ІЗ ЗАДАНОЮ СІТКОЮ У ПЛАНІ

Ю. В. Романова

Київський національний університет будівництва та архітектури

В існуючих наукових публікаціях запропоновано спосіб формування безмоментних покриттів за допомогою топологічно-правильних сіток. Проте, у прикладах готичної архітектури застосовуються малюнки ребер, сітка яких не є топологічно правильною. Використання таких сіток у інтер'єрі цікаве з естетичної точки зору, що можливо здійснити на основі статико-геометричного методу. Можлива безкінечна множина варіантів розподілу зовнішніх зусиль на вузли каркаса поверхні. Рівновага вузла забезпечується за рахунок різних коефіцієнтів напруження у в'язях. Є можливою безкінечна множина варіантів значень цих коефіцієнтів. У статико-геометричному методі прийнято зусилля у в'язях вважати пропорційними до довжин цих в'язей, що забезпечує лінійність системи рівнянь рівноваги та, як наслідок, - можливість вибору з множини єдиного рішення.

При заданих вузлах контуру невідомими можуть бути, як координати внутрішніх вузлів, так і коефіцієнти напруження. Рівновагу сітки, координати вузлів якої задані, можна забезпечити, у відповідності зі статико-геометричним методом, за рахунок різних коефіцієнтів напруження у в'язях, причому їх число має дорівнювати числу рівнянь рівноваги. При вирішенні рівнянь рівноваги відносно цих коефіцієнтів, можна визначити при яких коефіцієнтах вузли сітки будуть займати задане положення.

1. Формування ребристих безмоментних покриттів з заданим малюнком ребер. На основі статико-геометричного методу запропоновано спосіб

формування безмоментних покриттів на основі використання рівноважних неупорядкованих сіток, що дає можливість моделювати покриття із заданою геометрією малюнку ребер. Незмінність заданого рисунку ребер можна забезпечити за рахунок різного стиску у в'язях, використовуючи відповідні коефіцієнти стиску. При заданих координатах вузлів у плані, рівновага вузлів сітки забезпечується за рахунок невідомих коефіцієнтів стиску (рис 1).

$$\begin{aligned} (x_1 - x_M)K_1 + (x_2 - x_M)K_2 + \dots + (x_n - x_M)K_n &= 0 \\ (y_1 - y_M)K_1 + (y_2 - y_M)K_2 + \dots + (y_n - y_M)K_n &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

де М – центральний вузол зірки сітки;

1,2,... – нумерація навколишніх вузлів зірки сітки;

n – кількість в'язей сітки, які виходять з центрального вузла;

K_l – коефіцієнт стиску у відповідних в'язях.

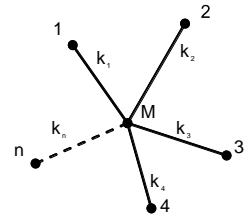


Рис. 1

Коефіцієнти стиску у в'язях, які обчислюються за допомогою розв'язання системи рівнянь рівноваги у плані, не є достатньою умовою для складання системи рівнянь рівноваги проєкцій зусиль на вісь OZ, оскільки невідоме зовнішнє навантаження на вузли сітки має забезпечувати належність всіх вузлів до однієї поверхні. Зусилля зовнішнього навантаження визначаються за допомогою параболоїда:

$$Z = \frac{X^2 + Y^2}{2p} \quad (2)$$

Система рівнянь рівноваги проєкцій зусиль на вісь OZ з урахуванням вертикального навантаження на вузли сітки:

$$(z_1 - z_M)K_1 + (z_2 - z_M)K_2 + \dots + (z_n - z_M)K_n + k'P_M = 0 \quad (3)$$

Зовнішнє навантаження на довільний вузол сітки довільної топології:

$$k'P_{i,j} = k[(X_{i,j}^2 + Y_{i,j}^2) \sum_{l=1}^n K_l - \sum_{l=1}^n (X_{i,j,l}^2 + Y_{i,j,l}^2) K_l] \quad (4)$$

де i, j – нумерація центральних вузлів зірок сітки;

l – нумерація в'язей кожної зірки;

n – число в'язей у кожній зірці;

k – коефіцієнт пропорційності.

Рівняння рівноваги проєкцій зусиль у довільному вузлі сітки довільної топології на вісь OZ:

$$\sum_{l=1}^n Z_{i,j,l} K_l - Z_{i,j} \sum_{l=1}^n K_l + k[(X_{i,j}^2 + Y_{i,j}^2) \sum_{l=1}^n K_l - \sum_{l=1}^n (X_{i,j,l}^2 + Y_{i,j,l}^2) K_l] = 0 \quad (5)$$

Рівняння (5) справедливе для сітки на будь-якому опорному контурі, так як може розглядатись як скінченнорізницева апроксимація диференціального рівняння поверхні.

Приклад 1. Дискретно задано чотири однакові параболічні арки на площині $X=0$; $X=6$; $Y=0$; $Y=6$; координати вузлів арок опорного контуру, задано топологічну схему неупорядкованої сітки (рис.2,а) та аплікату вузла F ($Z_{00}=2$).

За дослідженнями, викладеними вище, визначено аплікати внутрішніх вузлів сітки, за якими на рис.2б побудовано сітку ребер безмоментного покриття.

2. Аналіз плоскої дискретної сітки для призначення невідомих коефіцієнтів напруження. Запропоновано спосіб аналізу дискретної плоскої сітки для призначення коефіцієнтів напруження при формуванні рівноважних покриттів.

Рівноважна сітка визначається системою рівнянь рівноваги, де число рівнянь має відповідати числу невідомих. Невідомими можуть бути як координати вузлів, так і коефіцієнти напруження (натягнення або стиску) в'язей.

Якщо усі вузли задано, то невідомими необхідно вводити коефіцієнти напруження. При формуванні сітки із заданими вузлами у плані число невідомих має дорівнювати подвоєному числу внутрішніх вузлів, для яких складаються рівняння рівноваги.

Число в'язей сітки залежить, як від числа внутрішніх та контурних вузлів, так і від топології вузлів (від числа в'язей, які сходяться у вузлі). Тому, перш, ніж скласти систему рівнянь рівноваги, необхідно провести аналіз топології сітки.

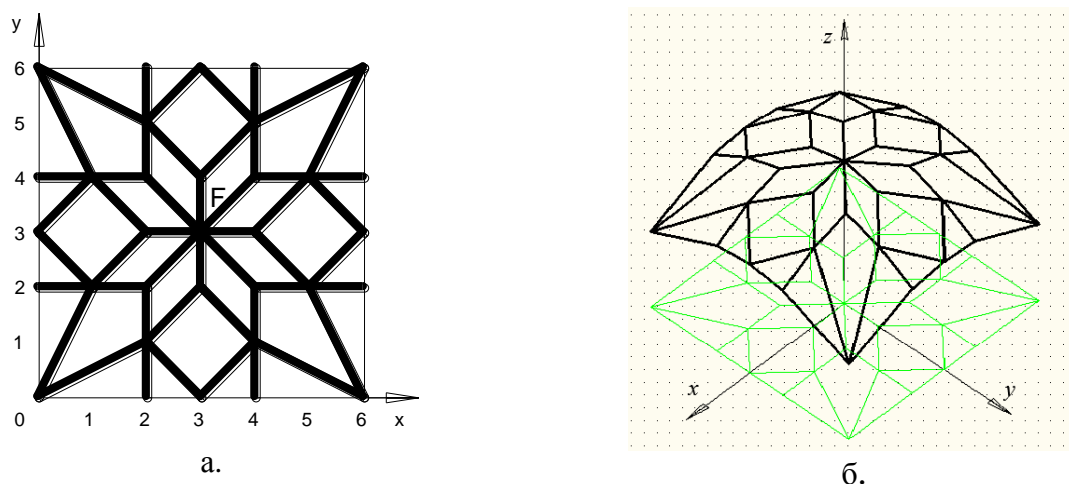


Рис. 2

Число в'язей буде мінімальним, якщо у кожному вузлі сітки сходиться мінімальне число в'язей (тобто – три). Нехай сітка має $a^{вн}$ внутрішніх вузлів та $a^к$ контурних вузлів, а також – $b^{вн}$ внутрішніх в'язей та $b^к$ контурних в'язей.

Необхідною умовою розв'язання системи рівнянь рівноваги (1) є:

$$b^{вн} \geq b_{\min} \quad (6)$$

де b_{\min} – мінімальне число внутрішніх в'язей:

$$b_{\min} = 2a^{вн} + 1 \quad (7)$$

Необхідна умова розв'язання задачі для сітки з трив'язними вузлами:

$$a^к - a^{вн} \geq 2 \quad (8)$$

Якщо (6) не виконується – у сітку необхідно включити додаткові в'язі:

$$b^{дод} = b_{\min} - b^{вн} = \frac{a^{вн} - a^к}{2} + 1 \quad (9)$$

За аналогією з висновком умови (8) для сітки з тризв'язними вузлами, можна вивести формулу для аналізу числа необхідних в'язей для сітки довільної топології з вузлами в яких сходиться різне число в'язей.

$$\sum_{i=3}^m [(m-4)a_i^{6H} + (m-2)a_i^K] \geq 2 \quad (10)$$

$$b^{\text{лод}} = b_{\text{min}} - b^{6H} = \frac{\sum_{i=3}^m [(4-m)a_i^{6H} - (m-2)a_i^K]}{2} + 1 \quad (11)$$

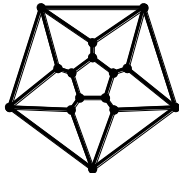


Рис. 3

Приклад 2. Числові параметри сітки на рис. 3: $a_3^{6H} = 10$, $a_4^K = 5$. Аналіз заданої сітки за умовою (10): $(3-4) \cdot 10 + (3-2) \cdot 5 < 2$, що вказує на необхідність доповнити сітку в'язями, число яких визначається з (11):

$$b^{\text{лод}} = \frac{(4-3) \cdot 10 - (4-2) \cdot 5}{2} + 1 = 1$$

3. Послідовність призначення в'язей з невідомими коефіцієнтами для формування заданих у плані сіток. Запропоновано послідовність призначення в'язей з коефіцієнтами, враховуючи ступінь симетрії сітки, при формуванні рівноважних покриттів.

Якщо рисунок ребер задається у плані, відповідність між числом рівнянь і числом невідомих можна забезпечити за рахунок включення додаткових невідомих коефіцієнтів напруження в'язей сітки. Виникає необхідність у однозначній послідовності призначення таких коефіцієнтів.

Не в кожній в'язі можна призначити невідомий коефіцієнт, оскільки існують деякі обмеження.

Для формалізації алгоритму вибору в'язей з невідомими коефіцієнтами, потрібно ввести **умови**, які гарантують однозначність цього процесу:

1. Задання послідовності обходу вузлів сітки.
2. Призначення в'язей з невідомими коефіцієнтами.

На основі виконаних досліджень можна скласти послідовність призначення в'язей з невідомими коефіцієнтами:

1. Проаналізувати задану сітку на виконання умови (6):
2. Організувати топологію сітки з прийнятою системою відліку вузлів.
3. Задати послідовність обходу вузлів сітки, відповідно до умови 1.
4. Призначити в'язі з невідомими коефіцієнтами, відповідно до умови 2.

У практичних задачах формування рівноважних структур часто зустрічаються симетричні сітки. Відомо, що симетрія сітки дозволяє скоротити число рівнянь в системі рівнянь рівноваги вузлів, що впливає на число невідомих коефіцієнтів у в'язях.

Загальне число рівнянь m дорівнює:

$$m = \frac{a_I^{6H}}{n} + \frac{a_{II}^{6H}}{n} = \frac{a^{6H}}{n} \quad (12)$$

де n – порядок симетрії.

Висновки

На основі статико-геометричного методу запропоновано спосіб формування ребристих безмоментних покриттів з довільним заданим у плані рисунком ребер покриття на будь-якому заданому опорному контурі. Рівновага вузлів на поверхні покриття забезпечується за рахунок використання різних коефіцієнтів стиску у в'язях.

У попередніх розділах даної роботи запропоновано систематизацію сіток за різними принципами, що дає можливість подальшого встановлення найпростішого топологічного перетворення неупорядкованої сітки так, щоб її можна було б накласти на упорядковану сітку з метою нумерації вузлів неупорядкованої сітки. Наведено можливі системи відліку упорядкованих сіток, кожна з яких зручна для нумерації конкретної топологічної схеми.

Визначено залежність між параметрами зовнішнього навантаження та коефіцієнтами пропорційності зусиль натягнення чи стиску в'язей до їх довжин у n -зв'язному вузлі при заданих координатах вузлів дискретного каркасу врівноваженої поверхні.

УДК 538.01

ОСНОВНЕ ГІДРАВЛІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

С. Є. Тарасенко

Національний університет біоресурсів і природокористування України

До основного гідравлічного обладнання можна віднести гідравлічні машини (насоси, гідродвигуни), гідропередачі (гідромумфти та гідротрансформатори), різні гідравлічні пристрої, гідроприводи та гідросистеми.

Методи розрахунку і проектування гідравлічного обладнання базуються на законах гідравліки. Особливо велике значення гідравліки – у машинобудуванні. Коротко розглянемо основні види гідравлічного обладнання.

У гідравлічних машинах механічна енергія двигуна перетворюється на енергію переміщеної рідини або енергія рідини перетворюється у механічну енергію двигуна. Перший вид перетворення енергії відбувається в насосах, а другий – у гідродвигунах.

Сучасні насоси перекачують прісну й морську воду, нафту, нафтопродукти, емульсії, кислоти, бензин, паливо, харчові продукти тощо. Щоб привести в дію турбіни, використовують енергію річок, морських припливів та відпливів. Насоси є однією із найпоширеніших різновидів гідравлічних машин. За принципом дії їх поділяють на дві основні групи: динамічні (лопатеві) та об'ємні (насоси витиснення).

До лопатевих належать насоси відцентрові, осьові, діагональні та вихрові. Всі вони мають робоче колесо з лопатями та відрізняються один від одного течією рідини. У відцентрових насосах у робочому колесі потік має радіальний напрям, в осьових насосах потік паралельний осі обертання робочого колеса, а в діагональних напрям потоку в колесі займає проміжне положення між радіальним і осьовим. Вихрові насоси мають складнішу схему передачі енергії.

Лопатеві насоси характеризуються силовою взаємодією лопатей з потоком обтічної рідини. У результаті цієї взаємодії рідині передається деяка кількість енергії, що витрачається на створення напору або тиску.

В усіх лопатевих насосах змінюється як енергія тиску $\frac{p}{\rho g}$, так і кінетична енергія рідини $\frac{v^2}{2g}$.

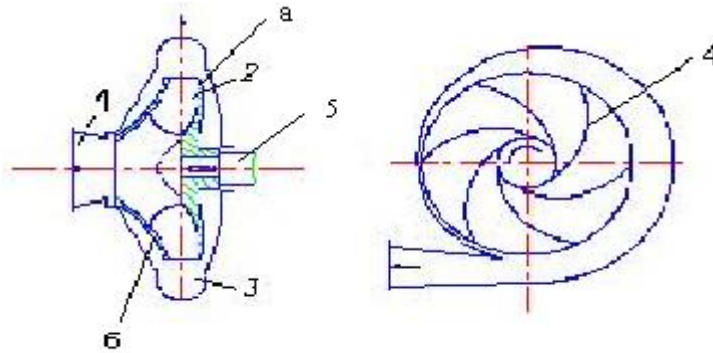


Рис. 1. Схема відцентрового насоса: 1 – підвід; 2 – робоче колесо; 3 – відвід (спіральна камера); 4 – лопаті; 5 – вал.

Розглянемо найпростішу схему відцентрового насоса (рис. 1). Проточна частина насоса складається з трьох основних елементів – підвода 1, робочого колеса 2 і відвода (спіральної камери) 3. Від підвідного трубопроводу рідина подається в робоче колесо. Робоче колесо відцентрового насоса складається з основного а і покривного б дисків, між якими розміщені лопаті 4, загнуті в бік, протилежний напрямку обертання колеса. Призначенням робочого колеса є передача енергії рідині від двигуна. Робоче колесо закріплене на валу 5. Рідина рухається через колесо з центральної його частини до периферії. Потім виходить з нього і по відводу подається до напірного трубопроводу.

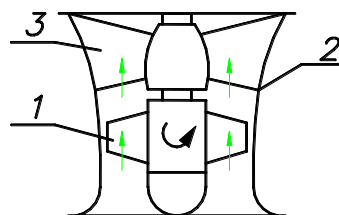


Рис. 2. Схема осьового насоса: 1 – робоче колесо; 2 – корпус; 3 – випрямний апарат

В осьових насосах (рис. 2) потік рідини рухається паралельно осі обертання і переміщується в полі дії гідродинамічних сил, що виникають при взаємодії потоку й решітки лопатевого колеса. Як відцентровий, так і осьовий насос складаються з корпусу й лопатевого колеса, що обертається в ньому. При обертанні колеса у потоці рідини виникає різниця тисків з обох боків кожної лопаті і, як наслідок, силова взаємодія потоку з лопатями колеса, при якій рідина отримує енергію. Збільшення енергії потоку рідини в колесі залежить від швидкості потоку, частоти обертання колеса, його розмірів та форми лопаті.

Запас енергії, яку отримує рідина у насосі, витрачається на подолання опору і протитиску у гідравлічній системі.

Робочим органом вихрового насоса (рис. 3) є робоче колесо з радіальними або похилими лопатками. Колесо обертається у циліндричному корпусі з малими торцевими зазорами. У бокових і периферійних стінках корпусу є концентричний канал 3, який розпочинається біля всмоктувального отвору і закінчується біля напірного. Канал перегороджений перемичкою 2, яка працює як ущільнення між напірною і всмоктувальною порожнинами.

Рідина надходить у канал через всмоктувальний отвір, прокручується по ньому робочим колесом і виходить через напірний отвір.

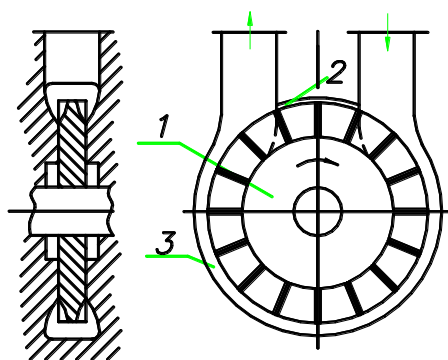


Рис. 3. Схема вихрового насоса закритого типу: 1 – робоче колесо; 2 – перемичка; 3 – канал

Вихрові насоси створюють напір до 250 м. Їх застосовують у разі необхідності одержання

великих напорів при малій подачі для перекачування хімічно агресивних (кислоти, луги), легких рідин (бензин, спирт та ін.), а також для перекачування суміші рідини та газу. Вихрові насоси не можуть використовуватися для перекачування рідин з великою в'язкістю і тих, які мають абразивні частинки.

Вихрові насоси мають властивість самовсмоктування, тобто не потребують заливання рідини під час пуску. Недоліками насосів є низький к.к.д., який не перевищує 25%. Пояснюється це інтенсивним вихроутворенням у каналі насоса при передачі енергії, що спричиняє значні втрати напору.

В об'ємних насосах переміщення рідини відбувається за рахунок витискування її з робочих камер витискувачем. Під витискувачем розуміють робочий орган насоса, який безпосередньо виконує роботу витиснення. Витискувачами можуть бути поршні, плунжери, шестерні, гвинти, пластини і т.п. До об'ємних насосів належать поршневі (плунжерні), в яких рідина переміщується за допомогою поршня (плунжера), що рухається зворотно-поступально; роторні (пластинчасті, шестерні, гвинтові) і роторно-

поршневі(радіально- та аксіально-поршневі), в яких рідина переміщується внаслідок обертального або поступально-обертального руху тіла витиснення).

УДК 538.01

ДОПУСТИМЕ І ГРАНИЧНЕ ЗНОШЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

О. М. Бистрий, І. Л. Роговський

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Зношення деталей поділяють на допустиме і граничне. Допустимим називається зношення, при якому деталь зможе нормально працювати ще цілий міжремонтний період. Граничним називається зношення, при якому подальша нормальна робота з'єднання деталей неможлива. Допустиме і граничне зношення оцінюють кривою природного механічного зношування $U_{\text{мех}}$ (рис. 1). Ця характеристика справедлива для більшості з'єднань деталей. Крива зношування має три ділянки:

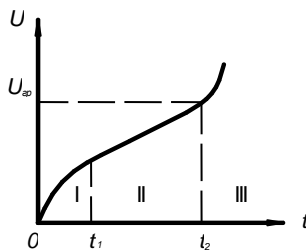


Рис. 1. Крива механічного зношування

I – початкова ділянка, що характеризує припрацювання нового з'єднання;
II – прямолінійна ділянка нормальної роботи з'єднання;
III – криволінійна ділянка, що характеризує процес зруйнування внаслідок граничного зношування.

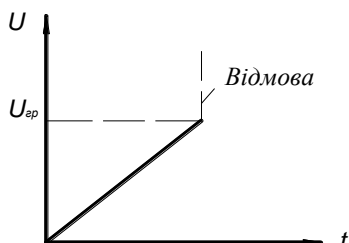


Рис. 2. Граничне зношування деталі

Граничні зношення по-різному впливають на роботу машини. Розглянемо три випадки.

У першому випадку внаслідок зношування машина не може функціонувати, тобто стає непридатною (відмовляє) (рис. 2). Прикладом є поломка вала, підшипників, заїдання зубів шестерень та ін.

У другому випадку зношування призводить до того, що машина і деталі починають інтенсивно виходити з ладу (аварійне зношування). При цьому виникають удари, інтенсивне зношування, вібрація та ін. Прикладом є зношування поршневих кілець, що покриті хромом. При граничному зношенні шар хрому швидко знімається, і відбувається подальше інтенсивне зношування деталі.

У третьому випадку внаслідок зношування характеристики машини виходять за рекомендовані межі. Знижується точність машин, також їх працездатність, зменшуються подача, напір, к.к.д. та інші параметри. Прикладом є випадок, коли насос не забезпечує необхідної подачі.

Граничні зношення найчастіше встановлюють на основі даних експлуатації та ремонту машин. Для визначення повного ресурсу $T_{\text{сп}}$ необхідно мати криву зношування деталей залежно від наробітку і значення їх граничного зношення $U_{\text{гр}}$. Між валом і втулкою завжди є зазор, величина якого залежить від класу точності і посадки. Побудуємо розрахункову схему зношування деталей з'єднання залежно від наробітку T .

На ділянці часу $0t_1$ відбувається припрацювання з'єднання; на ділянці t_1t_2 – робота його в нормальних умовах; на ділянці $t > t_2$ величина зношення різко збільшується. При цьому деталь стає непридатною, тому що її зношення досягне значень $U_{\text{гр}}^{\text{вт}}$ (для втулки) і $U_{\text{гр}}^{\text{в}}$ (для вала). Отже, відрізок часу $0-t_2$ характеризує межу роботи з'єднання, а $U_{\text{гр}}^{\text{вт}}$ і $U_{\text{гр}}^{\text{в}}$ – граничні зношення.

Час наробітку деталі до граничного стану $T_{\text{сп}}$ (списання) визначають за формулою:

$$T_{\text{сп}} = \frac{U_{\text{гр}}}{v_3}, \quad (1)$$

де $U_{\text{гр}}$ – граничне зношення; $v_3 = v_{\text{вт}} + v_{\text{в}}$ – швидкість зношування з'єднання; $v_{\text{вт}}$ – швидкість зношування втулки; $v_{\text{в}}$ – швидкість зношування вала.

Визначимо величину допустимого зношення. При цьому припустимо, що крива зносу має лінійну залежність.

За період міжремонтного наробітку $T_1 = T_{\text{мп}}$ зношення деталі збільшилося на vT_1 (ΔABC рис. 3):

$$\text{tg } \alpha = v = \frac{U_{\text{доп}}}{T_p}, \quad (2)$$

де T_p – наробіток деталі до ремонту.

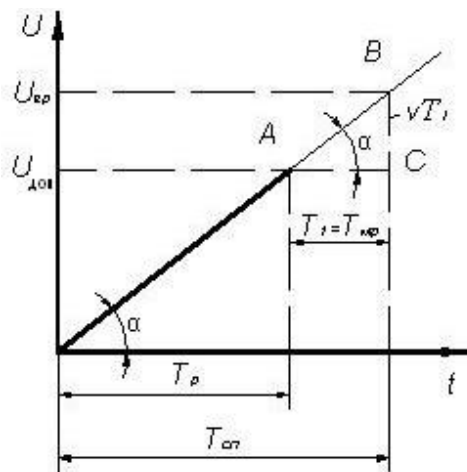


Рис. 3. Допустиме зношення

$$T_p = kT_1, \quad (3)$$

де k – кількість поточних ремонтів.

Визначимо граничне зношення:

$$U_{zp} = U_{don} + vT_1. \quad (4)$$

Допустиме зношення:

$$U_{don} = U_{zp} - vT_1. \quad (5)$$

Враховуючи, що

$$tg \alpha = v = \frac{U_{don}}{T_p}, \quad (6)$$

одержуємо

$$U_{don} = U_{zp} - \frac{U_{don}}{T_p} \cdot T_1, \quad (7)$$

$$U_{zp} = U_{don} \left(1 + \frac{T_1}{T_p} \right). \quad (8)$$

Підставляємо $T_p = kT_1$, де k – кількість періодичних ремонтів від останнього капітального ремонту. Граничне зношення:

$$U_{zp} = U_{don} \left(1 + \frac{1}{k} \right). \quad (9)$$

Допустиме зношення:

$$U_{don} = U_{zp} \frac{k}{k+1}. \quad (10)$$

Приклад. Визначити необхідність відновлення деталі, якщо при третьому поточному ремонті її зношення дорівнює 0,08 мм. Граничне зношення деталі $U_{rp} = 0,1$ мм. *Розв'язання.* Визначимо допустиме зношення за формулою:

$$U_{don} = U_{zp} \frac{k}{k+1}; \quad U_{don} = 0,1 \frac{3}{3+1} = 0,075 \text{ мм.}$$

Отже, деталь необхідно відновлювати, тому що U_{don} менше фактичного зношення.

УДК 538.01

ВПЛИВ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА ТЕХНІЧНИЙ СТАН КОРМОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

К. О. Держан, І. Л. Rogovський

Національний університет біоресурсів і природокористування України

На умови експлуатації кормозбиральних комбайнів впливають зовнішні та внутрішні чинники. До зовнішніх належать кліматичні умови, рівень технічного обслуговування та ремонту. До внутрішніх – конструктивні та

технологічні чинники деталей, їх складових частин та складальних одиниць машини. Розглянемо зовнішні чинники.

1 Кліматичні умови. Це температура, вологість, забруднення повітря пилом, атмосферні опади, сонячна радіація, властивості ґрунту та інші:

а) забруднення повітря пилом можливе у межах від $0,05 \text{ г/м}^3$ (легкі умови) до 1 г/м^3 і більше (складні умови). Пил потрапляє в мастила, і при цьому збільшуються інтенсивність зносу поверхонь тертя;

б) при низьких (мінусових) температурах збільшується механічний опір та тертя і відповідно знос. При збільшенні температури (40°C і вище) відбувається перегрів робочих рідин, зменшується в'язкість мастила і відповідно товщина змащувального шару, що призводить до збільшення тертя;

в) збільшення вологості повітря зумовлює збільшення корозії деталей машин;

г) сонячна радіація спричиняє хімічне руйнування матеріалів (гуми, пластмас, фарби та ін.);

д) хімічний склад ґрунту впливає на зношення ходових частин транспортних машин.

2. Рівень технічного обслуговування та ремонту. *Зовнішні чинники* – це несвоєчасні регулювання з'єднань, заміни змащувальних матеріалів, заміни деталей та інше, що значно збільшують динамічні навантаження на складові машини. При цьому збільшуються зношення і вібрація, а ресурс зменшується в 2-3 рази. Аналогічний результат спостерігається і при неякісному виконанні ремонту.

До *внутрішніх чинників* відносять конструктивно-технологічні. Це такі, що впливають на умови експлуатації машин: рівень проектування машин і якість їх виготовлення. Від цих двох груп чинників у основному залежать показники надійності та ефективності роботи машин.

УДК 538.01

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ МЕХАНІЗМІВ ПРИВОДУ ВИСІВНИХ АПАРАТІВ ПОСІВНИХ МАШИН

Н. В. Матухно, І. Л. Роговський

Національний університет біоресурсів і природокористування України

У загальному випадку можна прийняти, що при сучасній організації технічної експлуатації обслуговування механізмів приводу висівних апаратів посівних машин здійснюється мережею, що полягає з кінцевого числа паралельно функціонуючих ланцюгів масового обслуговування з порядковими номерами $\varepsilon 1, 2, 3, \dots, B$. У цю мережу у випадкові моменти часу із зовнішнього

джерела надходять вимоги на обслуговування. Дане питання вибору ланцюга для обслуговування i -ї вимоги. Оскільки кожний ланцюг призначений для відновлення тієї або іншої моделі машини шляхом виконання того або іншого виду технічного обслуговування або ремонту, вибір ланцюга визначається параметрами ω_i і ξ_i заявки, що надійшла.

При цьому слід урахувати, що загальна кількість ланцюгів масового обслуговування B , як правило, менше добутку кількості видів технічного обслуговування й ремонту на кількість моделей машин у парку ε , тому що в одному й тому ж ланцюзі можуть виконуватися технічне обслуговування й ремонти декількох видів і моделей машин.

Для кожного конкретного випадку організації мережі технічної експлуатації відповідно до прийнятої спеціалізації окремих ланцюгів може бути складена матриця вибору ланцюги для обслуговування заявки по її параметрах ω і ξ . Розглянемо один з можливих окремих випадків, при якому поточні заявочні ремонти, ТО-1, ТО-2 машин усіх моделей виконуються в одному і тому ж ланцюзі технічної експлуатації з порядковим номером ε_1 , поточні планові і середні ремонти машин усіх моделей у ланцюзі ε_2 , поповнення парку машинами всіх моделей, замість списаних, здійснюється однією й тією же інстанцією, позначеної індексом ε_3 , а для капітального ремонту машин кожної моделі організовані спеціалізовані ланцюги з номерами $\varepsilon_4, \varepsilon_5, \varepsilon_6, \dots, \varepsilon_{E+3}$, де E – кількість моделей машин у змішаному парку. Тоді матриця вибору ланцюги технічної експлуатації прийме такий вид:

| ε { | | $\xi_{ТЗ}$ | $\xi = TE - TO - 1$ | $\xi_{TE - TO} - 2$ | $\xi = TP$ | ξ_3 | $\xi = K$ | ξ_3 |
|-----------------|----------------|------------|---------------------|---------------------|------------|---------|-----------|---------|
| | ω_1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 | 3 |
| | ω_2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 5 | 3 |
| | ω_3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 6 | 3 |
| | ... | | | | | | | |
| | ω_{E-2} | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | $E+1$ | 3 |
| | ω_{E-1} | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | $E+2$ | 3 |
| | ω_E | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | $E+3$ | 3 |

Аналогічна матриця, у якій кожній парі можливих значень ω і ξ відповідає цілком певний номер ланцюга ε , який може бути легко побудований для будь-якого конкретного випадку заданої організації й спеціалізації мережі технічної експлуатації.

Блок-схема (R) алгоритму розподілу вимог, що дозволяє в загальному випадку визначати номер ланцюга для обслуговування кожної вимоги ε_i по даним відповідної до розглянутого випадку матриці й параметрам заявки ω_i і ξ_i наведена на рис.

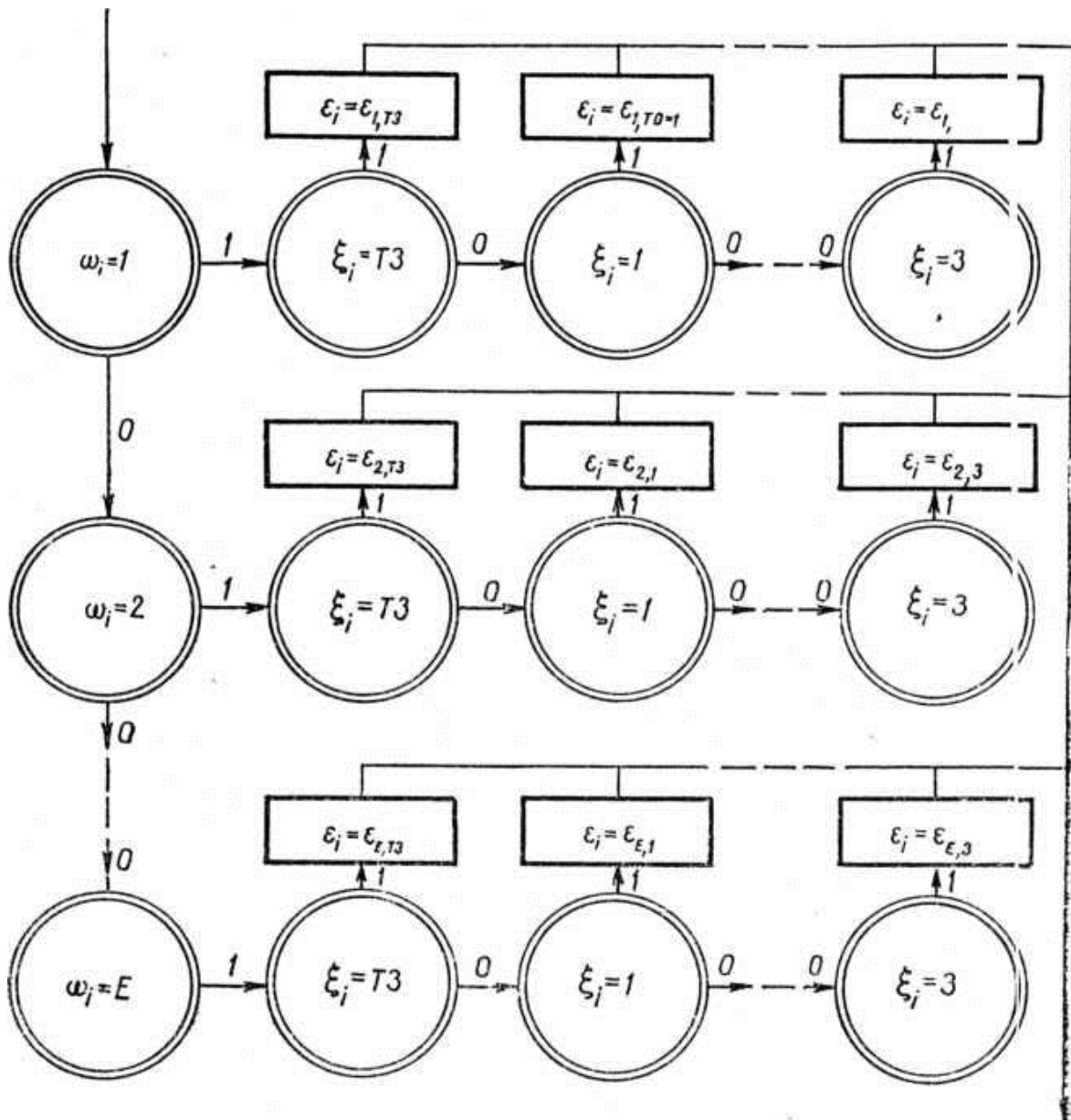


Рис. Блок-схема (R) алгоритму розподілу вимог.

Блок-схеми алгоритму формування вхідного потоку вимог (A_0) і розподільного блоку (R) дозволяють для кожної заявки одержувати всі необхідні параметри для того, щоб безпосередньо перейти до складання блок-схем алгоритмів моделювання обслуговування вимог в окремих системах. Той самий алгоритм може бути використаний для моделювання технічного обслуговування й ремонту машин у різних майстернях, на заводах, пунктах технічного обслуговування або навіть для опису деяких інших виробничих процесів. Тому прийmemo, що при подальшому викладі завдання моделювання обслуговування вимог в окремих системах спочатку будуть вирішуватися в загальному виді з використанням термінології, прийнятої в теорії масового обслуговування, а потім даватися рекомендації з конкретного використання отриманих розв'язків.

УДК 538.01

СТАЦІОНАРНІ ОБСЛУГОВУЮЧІ СИСТЕМИ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

І. Л. Rogovskiy

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Розглянемо систему, призначену для масового обслуговування різнорідних вимог, як складову частину складної стохастичної мережі. Система складається з s стаціонарних обслуговуючих технічних засобів, зосереджених в одній точці простору. Апарати працюють по n_c змін тривалістю t_c годин щодня, крім вихідних і святкових днів.

У випадкові моменти календарного часу T'_i у систему із зовнішнього джерела вимог ($T'_i = T_i$) або від попередньої із числа послідовно з'єднаних систем ($T'_i > T_i$) надходять вимоги. Якщо в момент T'_i є вільні технічні засоби, то вимога негайно ухвалюється до обслуговування й займає один з вільних технічних засобів з найменшим порядковим номером. Якщо обслуговуючі технічні засоби зайняті, то вимога планується до обслуговування тим технічним засобом, який першим звільниться й залишиться в системі доти, поки не буде повністю обслужене (система з очікуванням).

Система призначена для обслуговування елементів e типів сільськогосподарських машин, які періодично потребують обслуговування d видів, $\omega 1, 2, 3, \dots, e$ і $\xi 1, 2, 3, \dots, d$ – порядкові номери типів елементів і видів обслуговування. Відомі закони розподілу часу, затрачуваного на виконання обслуговування кожного виду елемента кожного типу f . Ухвалюється, що обслуговуючі технічні засоби діють безвідмовно на всьому протязі функціонування системи. Потрібно визначити ефективність системи обслуговування при заданій кількості обслуговуючих технічних засобів. У якості критеріїв оцінки ефективності системи обслуговування обрано математичне очікування кількості елементів кожного типу, що чекає обслуговування l_ω (середня довжина черги) і коефіцієнт використання обслуговуючих технічних засобів k_0 , які визначаються по формулах:

$$l_\omega = l, \text{ при } \omega 1, 2, 3, \dots, e;$$

$$k_0 = \frac{T_0}{sT_p}$$

де T_p – робочий час функціонування системи з початку відліку до кінця розглянутого періоду;

$T_{n\omega}$ – сумарний час простою елементів кожного типу, що чекає обслуговування за час функціонування системи, елемента-год;

T_0 – сумарний час обслуговування елементів усіх типів усіма обслуговуючими апаратами за час функціонування системи, апарато-год.

УДК 538.01

МОДЕЛЮВАННЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЛІСОВИХ МЕЗ

*Л. Л. Тімова**Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Завдання моделювання обслуговування відновлення працездатності лісових МЕЗ вирішується методом Монте-Карло. Вихідними даними для моделювання обслуговування i -ї заявки служать наступні величини, одержувані на виході попередньої із числа послідовно з'єднаних у мережі систем масового обслуговування:

$T_{\omega i}, T'_{\omega i}$ – календарні моменти часу виникнення й вступу i -ї заявки на обслуговування елемента типу ω у розглянуту систему масового обслуговування;

ξ – вид i -ї заявки;

ε – порядковий номер ланцюга масового обслуговування, якому ця заявка адресована.

Отже, що в загальній мережі масового обслуговування розглянута система ставиться до ланцюга, що має порядковий номер ε . Якщо $\varepsilon_i = \varepsilon$ то i -ї вимога надходить у розглянуту систему; якщо $\varepsilon_i \neq \varepsilon$ то вимога передається для обслуговування в інший, паралельний ланцюг масового обслуговування. Вихідними даними для моделювання служать також наступні результати моделювання обслуговування попереднього, із числа, що обслуговуються даної системою, η -го вимоги ($\eta \leq i - 1, \varepsilon_\eta = \varepsilon$):

$T'_{p\omega\eta}$ – момент робочого часу вступу η -го вимоги в систему;

$\tau_{\eta j}$ – час, протягом якого, починаючи з моменту вступу η -ї вимоги, кожний обслуговуючий лісовий МЕЗ буде зайнятий обслуговуванням раніше до вимог, що зробили, включаючи η -у вимогу ($j = 1, 2, 3, \dots, s$);

j – при $\omega 1, 2, 3, \dots, e$ – сумарний час простою елементів кожного типу чекаючи обслуговування, що зробили в систему η -х вимог за час із початку відліку до початку обслуговування i -ї вимоги;

T – сумарний час, необхідний для того, щоб повністю обслужити в системі η -ї вимоги;

θ – момент робочого часу, у який закінчується простій лісового МЕЗ чекаючи обслуговування й починається обслуговування вимог, що раніше надійшли;

$T'_{\omega r}, T''_{\omega r}$ – моменти робочого часу вступу в систему й виходу із системи попередніх вимог.

Для першого прорахунку усі наведені вихідні дані ухвалюються рівними нулю. Розглянемо спочатку випадок, коли i -а вимога надходить для

обслуговування в дану систему ($\varepsilon_i = \varepsilon$). Тоді моделювання обслуговування цієї вимоги здійснюється в наступній послідовності:

- визначаються моменти робочого часу виникнення i -ї вимоги в джерелі і його вступу в розглянуту систему ($T_{p\omega i}$ и $T'_{p\omega i}$);

- розраховується час τ'_{ij} , протягом якого кожний лісовий МЕЗ, починаючи з моменту $T'_{p\omega i}$, буде зайнятий обслуговуванням попередніх вимог, крім i -ї вимоги:

$$\tau'_{ij} = (\tau_{\eta i} - T'_{p\omega i} + T'_{p\eta})_+, \tau 1, 2, 3, \dots, s.$$

Причому у цій формулі $(x)_+ = \max(x; 0)$; i визначається порядковий номер лісового МЕЗ \bar{a} обраного для обслуговування вимоги згідно з умовою:

$$\tau'_{ia} = \min \tau'_{ij}, \tau 1, 2, 3, \dots, s,$$

при декількох нульових значеннях τ'_{ij} вибирається лісовий МЕЗ з найменшим порядковим номером; фіксується час, протягом якого i -а вимога буде очікувати обслуговування τ'_{ia} .

УДК 538.01

ЧАС ОБСЛУГОВУВАННЯ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЛІСОВИХ МЕЗ

О. В. Надточій, Л. Л. Тімова

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Відповідно до закону розподілу часу обслуговування виду ξ_i елементів типу ω_i задається випадкова реалізація t_{oi} часу обслуговування i -ї вимоги і визначається час, протягом якого, починаючи з моменту вступу i -ї вимоги, кожний лісовий МЕЗ буде зайнятий обслуговуванням усіх вимог, що зробили раніше, включаючи i -у:

$$\tau_{ij} = \tau'_{ij} + t_{oi}, \tau \tau_{ij} = \tau_{ij}, j \neq a, \text{ при } j 1, 2, 3, \dots, s.$$

Обґрунтовується сумарний час, необхідний для обслуговування всіх вимог, що виконані раніше, включаючи i -у:

$$T'_{oi} = T'_{o\eta} + t_{oi},$$

визначається сумарний час простою елементів кожного типу, що чекає обслуговування всіх вимог, що виконано раніше, включаючи i -у:

$$T'_{n\omega i} = \begin{cases} T'_{n\omega\eta} + t'_{ia}; & \omega = \omega_i \\ T'_{n\omega\eta}; & \omega \neq \omega_i \end{cases}$$

при $\omega 1, 2, 3, \dots, e; r 1, 2, 3, \dots, \eta$ утримуються тільки значення $\theta_{p\omega r}, T'_{\omega r}, T''_{\omega r}$, кожне з яких $> T_{p,i-1}$ та перебуває у момент робочого часу початку обслуговування i -ї вимоги:

$$\theta_{p\omega i} = T'_{p\omega i} + \tau'_{io}.$$

Розраховується момент робочого часу, коли обслужена i -а вимога покине систему:

$$T''_{p\omega i} = \theta_{\omega i} + t_{oi}.$$

визначаються суми:

$$F_{\omega i} = \sum_{(\eta)} (\theta_{p\omega r} - T_{pi})_+; F \sum_{(r)} (T'_{p\omega r} - T_{pi})_+; H = \sum_{(r)} (T''_{p\omega r} - T_{pi})_+;$$

при $\omega 1, 2, 3, \dots, e$ розраховується сумарний час простою елементів кожного типу, що чекають обслуговування з початку відліку до моменту T_i виникнення в джерелі i -ї вимоги:

$$T_{n\omega i} = T'_{n\omega\eta} - F_{\omega i} + G_{\omega i}.$$

при $\omega 1, 2, 3, \dots, e$ визначається сумарний час роботи обслуговуючих лісових МЕЗ з початку відліку до моменту T_i виникнення в джерелі i -ї вимоги:

$$T_{io} = T'_{o\eta} + \sum_{\omega=1}^e (F_{\omega i} - H_{\omega i})$$

визначається момент календарного часу, у який обслужена i -а вимога покине систему $T''_{\omega i}$.

На цьому закінчується моделювання обслуговування i -ї вимоги. Значення $T_{n\omega i}, T_{oi}, T_{pi}$ записуються, а значення $\theta_{p\omega r}; T'_{p\omega r}; T''_{p\omega r}$, кожне з яких більше T_{pi} , виключаються з пам'яті алгоритму. Потім переходять до моделювання обслуговування $(i + 1)$ -ї вимоги, вихідними для якого служать наступні результати, отримані при моделюванні обслуговування i -ї вимоги:

$$T'_{p\omega i} = T'_{p\omega, \eta+1}; \tau_{ij} = \tau_{\eta+1, j}; T'_{n\omega i} = T'_{n\omega, \eta+1}; T'_{oi} = T'_{o, \eta+1}; \theta_{p\omega i} = \theta_{p\omega, \eta+1}; T''_{p\omega i} = T''_{p\omega, \eta+1}.$$

Момент календарного часу $T''_{\omega i}$, у який обслужена i -а вимога покине розглянуту систему, одночасно є моментом вступу того ж вимоги в наступну із числа послідовно з'єднаних у ланцюг систем масового обслуговування.

Якщо виявиться, що i -а вимога надходить для обслуговування не в розглянуту, а в іншу, паралельно включену систему ($\varepsilon_i \neq \varepsilon$), то в розглянутій системі однаково необхідно «програти» на алгоритмі подальший процес обслуговування вимог, що раніше зробили, аж до моменту календарного часу виникнення в джерелі i -ї вимоги. Це необхідно для того, щоб визначити сумарний час знаходження всіх вимог, що зробили раніше, у всіх, паралельно включених системах масового обслуговування з початку відліку до того самого, однакового для всіх систем моменту часу T_i .

Якщо $\varepsilon_i \neq \varepsilon$ то по закінченню моделювання обслуговування вимог в інтервалі $(T_{i-1}; T_i)$ нових вихідних даних усередині системи для моделювання обслуговування чергового, $(i + 1)$ -ї вимоги, не утворюється. У якості таких даних автоматично ухвалюються дані, уже використані при моделюванні обслуговування i -ї вимоги $(\theta_{\omega r}; T'_{p\omega r}; T''_{p\omega r}; T'_{n\omega\eta}; T'_{o\eta})$.

УДК 538.01

ПОТОКОВИЙ МЕТОД ВІДЕОЕНДОСКОПІ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

О. С. Грубрін, І. Л. Rogovський

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Потоковий метод відеоендоскопії параметрів технічного стану зернозбиральних комбайнів характеризується рівномірністю й безперервністю технологічного процесу при сталості темпі надання техсервісних послуг, як готової продукції. При цьому метод технологічного процесу ділиться на групи операцій, кожна з яких виконується за рівні проміжки часу на послідовно розташованих контрольних точках вимірювання. Діагностування комбайна на всіх етапах починається й закінчується одночасно. Потім параметри одночасно з кожного етапу передаються на наступний. Основними параметрами потоковості є:

W – темп потоку, який визначає кількість одиниць параметрів технічного стану в одиницю часу;

S – кількість постів потоковості;

τ – модуль циклічності потоку, дорівнює тривалості перебування відеоендоскопу на одному етапі;

t – загальний час, затрачений на обробку параметра на всіх етапах.

Ув'язування почерговості й часу обробки параметру технічного стану на кожному етапі дозволяє розглядати потоковість відеоендоскопії як один обслуговуючий технічний метод особливого типу, який може ухвалювати до обслуговування вимоги через проміжки часу T при часі обслуговування $t\tau$. Такий підхід можна назвати потоковістю масового обслуговування. Звичайно в теорії масового обслуговування розглядаються обслуговуючі системи, для яких $t\tau$. В ідеальному техсервісному процесі τ_{const} , отже, $t\tau s = \tau st$.

Однак на практиці внаслідок ряду причин ця умова часто не дотримується навіть у першому наближенні. Тому при математичнім моделюванні роботи потоковості масового обслуговування впливає також, як і в інших завданнях, ураховувати відомі закони розподілу величин τ і t , отримані збором і обробкою статистичної інформації.

Для ефективності потоковості масового обслуговування можуть бути обрані критерії, аналогічні прийнятим у попередньому завданні – середня довжина черги l_{ω} і коефіцієнт використання потоковості масового обслуговування k_{ω} . Вихідні дані при моделюванні обслуговування i -ї вимоги потоковості масового обслуговування залишаться сталими.

Виключення становить величина $\tau_{\eta j}$, замість якої вводиться час $t_{\eta j}$, протягом якого η -а вимога буде простоювати чекаючи обслуговування з

моменту $T'_{p\eta}$, його вступу в систему. Характерною рисою потоковості відеоендоскопії параметрів технічного стану зернозбиральних комбайнів є її вузька спеціалізація на обслуговуванні одного виду, елементів того самого типу. Тому параметри вступників у систему вимог ω_η і ξ_η ухвалюються постійними $\omega_\eta = \omega_c = \omega_{nst}$, $\xi_\eta = \xi_c = const$ при $\eta=1,2,3,\dots$, а величини ω_c і ξ_c визначаються спеціалізацією потоковості.

УДК 538.01

РОЗОСЕРЕДЖЕНІ ВИМОГИ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КУКУРУДЗОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

В. В. Пінчук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Маючи математичну модель розосереджених вимог параметрів технічного стану кукурудзозбиральних комбайнів, як змішаного джерела вимог (блок A_0), можна розв'язати через завдання для більш загального випадку при довільному законі розподілу різнорідних вимог у двомірному просторі.

Нехай обслуговування здійснюється системою, що полягає з рухливих апаратів, у яку у випадкові моменти часу надходять вимоги. Будучи рухливим, кожний комбайн поєднує в собі механізми пересування й обслуговування, які працюють поперемінно й різним образом використовуються за часом залежно від розосереджених елементів, що обслуговуються, і ефективності системи обслуговування.

Жоден з технічних засобів негайно приступить до обслуговування вимоги, що виникла, не може. Вільні – попередньо повинні затратити певний час на переміщення в точку, де виникла вимога. Цей час буде тим більшим, чим далі в момент вступу вимоги обслуговуюча комбайн буде перебувати від зазначеної часової точки. Зайняті технічні засоби можуть почати переміщатися тільки по закінченню обслуговування одного з попередніх вимог.

За умовою розосереджена вимога передається тому технічному засобі, який може його обслуговувати першим, не залежно від того, зайнятий або вільний цей техзасіб у момент вступу вимоги, і залишається в системі доти, поки не буде повністю обслужене (система з очікуванням). Таким чином, у розглянутім розосередженім завданні дисципліна черги відрізняється від відомих варіантів дисципліни черги у звичайних зосереджених завданнях масового обслуговування.

Прийmemo, що обслуговуючі комбайни переміщаються по найкоротшому шляху до елемента, що обслуговується, з постійною швидкістю v , наведеної до цих умов. Кожний техзасіб, одержавши завдання на обслуговування вимог, що

раніше зробили, не може бути переадресований на обслуговування інших вимог, поки не виконає доручену йому раніше роботу. По виконанню всіх отриманих завдань на обслуговування в розглянутому варіанті завдання техзасіб не вертається на базу з координатами α_0 і χ_0 , а залишається на місці обслуговування останньої вимоги, поки не одержить чергове завдання.

Відома кількість змін роботи обслуговуючих апаратів протягом доби n_c , тривалість зміни t_c і закони розподілу часу, затрачуваного на виконання обслуговування кожного виду f . Ухвалюється також, що й у початковий момент елементи, що обслуговуються, були справні, зосереджені в точці з координатами α_0 і χ_0 (база) і будуть діяти безвідмовно на протязі функціонування системи. У системі відрахунку робочого часу кожний з обслуговуючих комбайнів може перебувати в трьох станах: обслуговуватись, переміщатись до місця обслуговування або простоювати чекаючи вступу чергової заявки. Враховуючи цю обставину, для одержання найбільш повної оцінки при розв'язку поставленого завдання обрані наступні критерії обумовленої ефективності системи обслуговування: середня довжина черги l_ω , коефіцієнти використання обслуговуючих механізмів апаратів k_0 і використання механізмів переміщення k_n , які визначаються по формулах:

$$k_0 = \frac{T_0}{sT_p}; k = \frac{T_n}{sT_p}$$

де T_0 – сумарний час обслуговування елементів усіх типів усіма обслуговуючими техзасобами за час функціонування системи;

T_p – робочий час функціонування системи з початку відліку до кінця розглянутого періоду;

T_n – сумарний час, затрачуване всіма обслуговуючими техзасобами на переміщення за цей же період.

Завдання вирішується методом Монте-Карло. Відмітимо, що розглянута система, завдяки своїй універсальності, у ряді практичних випадків не вимагає з'єднання в ланцюг з іншими системами масового обслуговування й може одержувати заявки прямо із зовнішнього джерела вимог і безпосередньо повертати їх у це джерело. Тому вихідними даними для моделювання можуть служити параметри i -ї вимоги, які задаються безпосередньо блоком формування вхідного потоку вимог (A_0) і обробляються в розподільнику (R):

$T_{\omega i}$ – календарний момент часу виникнення i -ї вимоги на обслуговування елемента типу ω у зовнішньому джерелі;

α_i, χ_i – полярні координати крапки, у якій виникло i -е вимога;

ξ_i – вид i -ї вимоги;

ε_i – порядковий номер ланцюга масового обслуговування, якої i -е вимога адресована.

УДК 538.01

ВІДНОВЛЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В АПК**В. В. Іщенко***Національний університет біоресурсів і природокористування України*

У загальній мережі відновлення транспортних засобів в АПК є модель масового обслуговування за розглянутою системою через ланцюг, що має порядковий номер ε . Якщо $\varepsilon_i = \varepsilon$ то i -а вимога надходить у дану систему; якщо $\varepsilon_i \neq \varepsilon$ то вимога передається в інший, паралельний ланцюг масового обслуговування.

Вихідними даними, крім параметрів вимог, є наступні результати моделювання обслуговування попереднього, із числа, що обслуговуються даною системою, η -ї вимоги ($\eta \leq i - 1; \varepsilon_\eta = \varepsilon$):

$\eta \leq i$ – момент виникнення η -ї вимоги в системі відліку робочого часу;

ηj – час, протягом якого, починаючи з моменту вступу η -ї вимоги, кожний обслуговуючий транспортних засіб (далі – ТЗ) буде зайнятий обслуговуванням (з урахуванням часу на переміщення) вимог, що раніше зробили, включаючи η -е вимога ($j = 1, 2, 3, \dots, s$);

$j, \chi_{\eta j}$, – полярні координати точок, звідки обслуговують ТЗ і зможуть почати переміщення для обслуговування чергової заявки;

$T'_{n\omega\eta}, T_{1,2,3,\dots,e}$ – сумарний час простою елементів кожного типу чекаючи обслуговування, що зробили в систему η -х вимог за час із початку відліку до початку обслуговування η -ї вимоги;

g_η – сумарний час, затрачений на переміщення, необхідний для обслуговування всіх вимог, що зробили раніше, включаючи η , за час із початку відліку;

T – сумарний час, необхідний для обслуговування всіх ТЗ, що зробили раніше в систему вимог, включаючи η , за час із початку відліку до кінця обслуговування η -ї вимоги;

θ – момент робочого часу, у який почнеться переміщення ТЗ, призначеного для обслуговування вимог в систему;

T – момент робочого часу виходу із системи попередніх вимог.

Для першого прорахунку наведені вихідні дані, крім α_{0j} і χ_{0j} ухвалюються рівними нулю, а $\alpha_{0j} = \alpha_0$ і $\chi_{0j} = \chi_0$ при $j=1, 2, 3, \dots, s$.

Розглянемо спочатку випадок, коли i -а вимога надходить у дану систему ($\varepsilon_i = \varepsilon$). Тоді моделювання обслуговування цієї вимоги здійснюється в наступній послідовності: визначається момент робочого часу $T_{p\omega i}$ виникнення i -ї вимоги в джерелі і його вступу в розглянуту систему (у цьому випадку ці події збігаються в часі): розраховується час τ'_{ij} , протягом якого кожний ТЗ,

починаючи з моменту вступу i -ї вимоги, буде зайнятий обслуговуванням (включаючи час на переміщення) усіх попередніх вимог, крім i -ї:

$$\tau'_{ij} = (\tau_{\eta i} - T_{p\omega i} + T_{p\omega \eta})_+, \tau_{1,2,3,\dots,s}$$

находиться найкоротша відстань від кожного обслуговуючого ТЗ до точки, у якій виникла i -а вимога:

$$l_{ij} = \sqrt{x_{\eta j}^2 + x_i^2 - 2x_{\eta j}x_i \cos(\alpha_{\eta j} - \alpha_i)},$$

$j = 1,2,3,\dots,s$; за час, який має бути зазтрачено на переміщення в точку (α_i, x_i) у випадку, якщо отримано заявку на обслуговування:

$$\delta_{ij} = \frac{l_{ij}}{v}, \delta_{1,2,3,\dots,s}$$

де v – наведена швидкість переміщення обслуговуючих ТЗ

$$\Delta_{ij} = \tau'_{ij} + \delta_{ij}, j = 1,2,3,\dots,s;$$

перебуває порядковий номер ТЗ, обраного для обслуговування i -ї вимоги згідно з умовою:

$$\Delta_{ia} = \min \Delta_{ij}, j = 1,2,3,\dots,s;$$

фіксуються: час протягом якого, починаючи з моменту $T_{p\omega i}$, обраний для обслуговування i -ї вимоги апарат буде зайнятий обслуговуванням попередніх вимог, включаючи i -у, час δ_{ia} , затрачуване обраним апаратом для переміщення в крапку, де виникло i -а вимога, і час Δ_{ia} протягом якого i -а вимога буде очікувати обслуговування обраним для цієї мети технічним засобом; визначається сумарний час простою елементів кожного типу чекаючи обслуговування всіх вимог, що зробили раніше, включаючи i -у:

$$T'_{n\omega i} = \begin{cases} T'_{n\omega \eta} + \Delta_{ia}; & \omega = \omega_i, \\ T'_{n\omega \eta}; & \omega \neq \omega_i, \end{cases} T_{1,2,3,\dots,e};$$

розраховується час, протягом якого, починаючи з моменту вступу i -ї вимоги, кожний ТЗ буде зайнятий обслуговуванням усіх вимог, що зробили раніше, включаючи i -у:

$$\tau_{ij} = \begin{cases} \Delta_{ia} + t_{oi}, & j = a \\ \tau_{ij}, & j = 1,2,3,\dots,s; \text{ (крім } j = a) \end{cases};$$

визначається момент робочого часу, у який почнеться пересування технічного засобу, призначеного для обслуговування i -ї вимоги:

$$\theta_{p\omega i} = T_{p\omega i} + \tau'_{ia}.$$

перебуває момент робочого часу, у який закінчиться пересування технічного засобу, призначеного для обслуговування i -ї вимоги й почнеться процес обслуговування

$$\theta'_{p\omega i} = \theta_{p\omega i} + \delta_{ia}.$$

розраховується момент робочого часу, коли обслужене i -а вимога покине систему.

УДК 631.01.002

COMMON APPROACHES TO PERSISTENCE GRAIN HARVESTER COMBINE

Tetyana I. Slypuha, Ivan L. Rogovskii

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

The solution to human global problems of energy saving and resource saving in engineering and in agriculture are inextricably linked to issues of protection of equipment from corrosion.

Modern combine harvesters are operated intermittently for one or two seasons per year. Most of the harvesters are stored in open areas of agricultural enterprises, while it is exposed to aggressive environmental influences (temperature fluctuations, humidity, exposure to wind, solar radiation, dust, etc.). The main effects of the environment on equipment is the atmospheric corrosion caused by corrosion and wear of materials, parts and components, which leads to its premature failure. For example, the fatigue strength of steel products during storage for 12 months in an open area is reduced by 28-58%. Therefore, an important issue for the operation of such equipment is not only improving its technical and economic indicators, but also indicators of reliability, in particular its persistence.

For providing temporary corrosion protection is applied combines a large number of workers and conservation of lubricants. However, a number of unresolved questions of theoretical and practical nature leads to unreasonable use of protective equipment, which either do not provide the necessary duration of storage of combines, or increase the cost of its conservation. Currently in our country, and abroad, there are standardized methods of testing corrosion lubricants. However, they all have a number of drawbacks, the most important of which is the fact that the evaluation of the protective properties is produced in units that do not allow to assess their validity, and only show the amount of corrosion of the metal.

In this regard, relevant are:

1) further research aimed at studying the processes of aging anti-corrosion lubricants under conditions of atmospheric corrosion and the creation of a method of accelerated tests accurately simulate different climatic conditions of operation protective lubricants;

2) the rationale for the criteria or indicators on the basis of the obtained mathematical relationships to determine the duration of protective coatings and to perform the selection of corrosion-resistant materials to ensure the persistence of combine harvesters in different climatic zones, and within the required time of storage.

The analysis developed and previously standardized test methods and research studies on the processes of atmospheric corrosion installed:

1) lack of theoretical propositions to describe the physico-chemical mechanism of change of the anti-corrosion lubricants, as the work on the study of the thermodynamic aspects of these changes have not gone beyond laboratory experiments and have not received in subsequent years the logical continuation;

2) no the results of numerous studies of provisions giving quantitative model of the process kinetics and changes of operational properties anti-corrosion lubricants;

3) the lack of adequate experimental methods of testing of anti-corrosion lubricants, leading to low fitness of the theoretical foundations and conclusions, which were based on previously developed test methods.

The main general disadvantages of modern methods of testing of anti-corrosion lubricants are that they do not consider the impact of negative temperatures, causing them to have low accuracy and low adequacy of data obtained in real world conditions, and typical duration of one test cycle, exceeding the test temperature over 60 °C and as a result, the distortion of the kinetics of the mechanism of corrosion process.

As a result of analyzing the state of the question is formulated the following tasks of research:

1. To formulate the goal and objectives of research and to conduct the ranking of the factors affecting equipment at its storage.

2. To develop the physico-mathematical model describing the ageing processes and changes in physico-chemical parameters of anti-corrosion lubricants, as well as evaluation criterion, providing the selection of anti-corrosion lubricants for the protection of combine by open storage.

3. To develop general and special methods of experimental research, and laboratory installation, allowing to estimate the kinetics of persistence process materials coated AFM in terms of field and laboratory experiments.

4. To conduct experimental research and to obtain quantitative dependences, allowing to estimate the values that characterize the corrosion of metals covered with various anti-corrosion lubricants, in atmospheric conditions of storage of equipment, and also to predict the duration of the retention period.

5. To assess the adequacy of the theoretical models the results of field and laboratory experimental research.

6. To perform an integration of research results into production and to determine the economic efficiency.

ЗМІСТ

Стор.

| | |
|---|----|
| ОБУХОВА ВІОЛЕТТА СЕРГІЇВНА – БІОГРАФІЧНА ДОВІДКА <i>О. Л. Підгорний</i> | 4 |
| РЕЗУЛЬТАТИ НАУКОВОЇ РОБОТИ КАФЕДРИ НГКГД <i>С. Ф. Пилипака</i> | 8 |
| КОНСТРУЮВАННЯ МІНІМАЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ІЗОТРОПНИХ КРИВИХ, ЯКІ ЛЕЖАТЬ НА ПОВЕРХНЯХ ОБЕРТАННЯ <i>С. Ф. Пилипака, М. М. Муквич</i> | 9 |
| РУХ ЧАСТИНКИ ПО ГОРИЗОНТАЛЬНІЙ ПЛОЩИНІ, ЯКА ЗДІЙСНЮЄ КОЛИВАЛЬНІ ПЕРЕМІЩЕННЯ ПО КОЛУ <i>А. В. Несвідомін</i> | 14 |
| ВИЗНАЧЕННЯ РЕГУЛЯРНИХ ТРАЄКТОРІЙ, ПОВ'ЯЗАНИХ З КОЛИВАННЯМИ ПРУЖИННОГО МАЯТНИКА <i>О. М. Семків</i> | 18 |
| ВАРІАНТНЕ ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ МЕТОДОМ ПОЛІПАРАМЕТРИЗАЦІЇ <i>Г. І. Вірченко</i> | 19 |
| ДИСКРЕТНОЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ УГЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ <i>Е. А. Гавриленко</i> | 20 |
| ФОРМОУТВОРЕННЯ СПЛАЙНОВИХ КРИВИХ НА ОСНОВІ МЕТОДУ БАЗИСНИХ ТРИКУТНИКІВ <i>О. В. Дубініна, Ю. В. Холодняк</i> | 21 |
| ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОРНІТОЛОГІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ ПІВДНЯ УКРАЇНИ <i>Ю. О. Ковалевська, Є. А. Гавриленко</i> | 22 |
| ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТОЧКИ ВИХОДУ ІЗ ПРОСТОРУ НА БАЗІ ТОЧКОВОГО БН-ЧИСЛЕННЯ <i>В. В. Кучеренко, А. В. Найдиш</i> | 23 |
| ВИКОРИСТАННЯ СКРУЧЕНИХ КРИВИХ ЕДВАРДСА У КРИПТОГРАФІЇ <i>О. С. Лебідько, В. О. Лебедев</i> | 24 |
| ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТОРСОВИХ ПОВЕРХОНЬ АПАРАТОМ ТОЧКОВОГО БН-ЧИСЛЕННЯ <i>А. І. Літвінов</i> | 25 |
| ФОРМУВАННЯ ПРОСТОРОВОЇ ДПК МЕТОДАМИ ВДГМ <i>Д. В. Спірінцев, А. В. Найдиш</i> | 26 |

| | |
|--|----|
| МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБВОДОВ С ЗАКОНОМЕРНЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ КРИВИЗНЫ НА ОСНОВЕ БАЗИСНЫХ ТРЕУГОЛЬНИКОВ <i>Ю. В. Холодняк</i> | 27 |
| ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧ СИНТЕТИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ СРЕДСТВАМИ БН-ИСЧИСЛЕНИЯ <i>В. В. Юрченко</i> | 28 |
| МОДЕЛЮВАННЯ ПЛОСКИХ ІЗОМЕТРИЧНИХ СІТОК ПОКАЗНИКОВИМИ ФУНКЦІЯМИ КОМПЛЕКСНОЇ ЗМІННОЇ <i>О. В. Несвідоміна</i> | 29 |
| ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ОСНОВА ДЛЯ ІНТЕГРОВАНОГО АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ <i>С. Г. Вірченко</i> | 33 |
| ДЕЯКІ ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО ФОРМУВАННЯ БАЗОВОЇ ГЕОМЕТРІЇ ЛІТАКА <i>Г. А. Вірченко, А. Й. Незенко</i> | 34 |
| КОНСТРУЮВАННЯ ЛІНІЙЧАТИХ ПОВЕРХОНЬ ЗА ЗАДАНОЮ ГЕОДЕЗИЧНОЮ ЛІНІЄЮ <i>В. М. Несвідомін, Я. С. Кремець</i> | 35 |
| РУХ ЧАСТИНКИ ВЗДОВЖ ЛОПАТКИ НА ПЛОСКОМУ ШОРСТКОМУ ДИСКУ, ЯКИЙ ОБЕРТАЄТЬСЯ НАВКОЛО ВЕРТИКАЛЬНОЇ ОСІ <i>А. В. Чепіжний, С. Ф. Пилипака</i> | 38 |
| НЕХАОТИЧНІ ТРАЄКТОРІЇ КОЛИВАНЬ ВАНТАЖУ МАЯТНИКА МАШИНИ АТВУДА <i>Л. М. Куценко, О. М. Семків</i> | 42 |
| ЯК ВИНАХІДНИКАМИ СТАТИ СТУДЕНТАМ-ПЕРШОКУРСНИКАМ <i>В. П. Юрчук, Я. Г. Махорін</i> | 46 |
| ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КВАЗІГВИНТОВИХ ПОВЕРХОНЬ <i>Н. Н. Ісмаїлова</i> | 49 |
| ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ РОЗКИДАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ <i>Т. М. Захарова</i> | 50 |
| КОМП'ЮТЕРНА ГОЛОГРАФІЯ ЯК МЕТОД НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ <i>В. О. Горбаченко</i> | 52 |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МАШИН ЗА ДОПОМОГО ГОЛОГРАФІЇ <i>С. С. Карабиньош, Р. В. Бондаренко</i> | 54 |

| | |
|--|----|
| ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНОЇ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ «ЛЮДИНА-МАШИНА» <i>А. В. Новицький</i> | 56 |
| ВИМІРЮВАННЯ МІКРОДЕФОРМАЦІЙ ГОЛОГРАФУВАННЯ ПРИ МЕХАНІЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ <i>С. С. Карабиньош, В. О. Горбаченко</i> | 58 |
| ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ВІДНОВЛЕННЯ ВТОРИННОГО ВАЛА КОРОБКИ ПЕРЕМІНИ ПЕРЕДАЧ АВТОМОБІЛЯ КАМАЗ <i>С. С. Карабиньош, В. В. Клименко</i> | 60 |
| АНАЛІЗ КОЛИВАНЬ ВАНТАЖУ ПРИ ЗМІНІ ВІЛЬОТУ ТА ПОВОРОТУ СТРІЛОВОГО КРАНА <i>І. О. Кадикало</i> | 62 |
| ФОРМУВАННЯ ДИСКРЕТНИХ КАРКАСІВ ВРІВНОВАЖЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ІЗ ЗАДАНОЮ СІТКОЮ У ПЛАНІ <i>Ю. В. Романова</i> | 64 |
| ОСНОВНЕ ГІДРАВЛІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ <i>С. Є. Тарасенко</i> | 68 |
| ДОПУСТИМЕ І ГРАНИЧНЕ ЗНОШЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ <i>О. М. Бистрий, І. Л. Rogovський</i> | 71 |
| ВПЛИВ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА ТЕХНІЧНИЙ СТАН КОРМОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ <i>К. О. Держан, І. Л. Rogovський</i> | 73 |
| МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ МЕХАНІЗМІВ ПРИВОДУ ВИСІВНИХ АПАРАТІВ ПОСІВНИХ МАШИН <i>Н. В. Матухно, І. Л. Rogovський</i> | 74 |
| СТАЦІОНАРНІ ОБСЛУГОВУЮЧІ СИСТЕМИ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН <i>І. Л. Rogovський</i> | 77 |
| МОДЕЛЮВАННЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЛІСОВИХ МЕЗ <i>Л. Л. Тітова</i> | 78 |
| ЧАС ОБСЛУГОВУВАННЯ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЛІСОВИХ МЕЗ <i>О. В. Надточій, Л. Л. Тітова</i> | 79 |
| ПОТОКОВИЙ МЕТОД ВІДЕОЕНДОСКОПІЇ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ <i>О. С. Грубрін, І. Л. Rogovський</i> | 81 |

| | |
|---|----|
| РОЗОСЕРЕДЖЕНІ ВИМОГИ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КУКУРУДЗОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ | |
| <i>В. В. Пінчук</i> | 82 |
| ВІДНОВЛЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В АПК | |
| <i>В. В. Іщенко</i> | 84 |
| COMMON APPROACHES TO PERSISTENCE GRAIN HARVESTER COMBINE | |
| <i>Tetyana I. Slypuha, Ivan L. Rogovskii</i> | 86 |

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Збірник
тез доповідей
XI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«ОБУХІВСЬКІ ЧИТАННЯ»
з нагоди 90-ї річниці від дня народження
доктора технічних наук, професора, академіка Вищої школи України,
Обухової Віолетти Сергіївни
(1926-2016)

(1 березня 2016 року)

Відповідальні за випуск:

І. Л. Rogovskiy – секретар науково-технічної ради НДІ техніки, енергетики та інформатизації АПК НУБіП України.

Редактор – *І. Л. Rogovskiy*.

Дизайн і верстка – деканат факультету конструювання та дизайну НУБіП України.

Адреса колегії – 03041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 12^б, НУБіП України, навч. корп. 11, кімн. 305.

Підписано до друку 14.02.2015. Формат 60×84 1/16.

Папір Maestro Print. Друк офсетний. Гарнітура Times New Roman та Arial.

Друк. арк. 5,8. Ум.-друк. арк. 5,9. Наклад 100 прим.

Зам. № 7321 від 27.01.2016.

Редакційно-видавничий відділ НУБіП України
03041, Київ, вул. Героїв оборони, 15. т. 527-80-49, к. 117

© НУБіП України, 2016