

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**



***ЗБІРНИК  
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ  
XII МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ  
«ОБУХІВСЬКІ ЧИТАННЯ»  
з нагоди 91-ї річниці від дня народження  
доктора технічних наук, професора, академіка АН ВШ України,  
Обухової Віолетти Сергіївни  
(1926-2005)***

***21 березня 2017 року***



***м. Київ***

ББК40.7

УДК 631.17+62-52-631.3

Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції «Обухівські читання» (21 березня 2017 року) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. – К., 2017. – 106 с.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів і докторантів учасників XII 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:**

**Войтюк В. Д.** – директор НДІ техніки, енергетики та інформатизації АПК Національного університету біоресурсів і природокористування України, – голова організаційного комітету;

**Пилипака С. Ф.** – завідувач кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну Національного університету біоресурсів і природокористування України, – співголова організаційного комітету;

**Несвідомін В. М.** – професор кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну Національного університету біоресурсів і природокористування України;

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

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

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

**Підгорний О. Л.** – професор 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);

**Ромасевич Ю. О.** – професор кафедри конструювання машин і обладнання Національного університету біоресурсів і природокористування України.



**Обухова Віолетта Сергіївна  
(1926-2005)  
доктор технічних наук, професор,  
академік АН ВШ України**

Народилася в 23 лютого 1926 р. в м. Томську (Росія). В 1949 році закінчила Уральський політехнічний інститут (УПІ) за спеціальністю „Електро-устаткування 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 Національного аграрного університету (нині – Національний університет біоресурсів і природокористування України). 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 СЕРГІЇВНА – БІОГРАФІЧНА ДОВІДКА

**О. Л. Підгорний**

*Київський національний університет будівництва та архітектури*

Віолетта Сергіївна Обухова народилася 23.02.1926 року в м.Томську в сім'ї лікарів. В 1944 році в м Свердловську закінчила середню школу з відмінними результатами, а в 1949 році – Уральський політехнічний інститут. Враховуючи її схильність до дослідницької роботи і громадську активність, В.С.Обухова була залишена в УПІ викладачем кафедри нарисної геометрії.

У вісімнадцятирічному віці В.С.Обухової захопилась спортивною гімнастикою. На першості вузів міста п'ять виступів по 1 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 інженерне-будівельного інституту на кафедру нарисної геометрії і креслення до професора Степана Митрофановича Колотова. 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 проєкційного 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.

Прихід Обухової В. С. на кафедру нарисної геометрії і креслення, яку очолював проф. Розов С. В. сприяв їй не тільки науковому, а й педагогічному росту. 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.

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.

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 радощами 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.

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 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. 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, діючий 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. 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*

Виповнився 91 рік від дня народження професора Обухової Віолетти Сергіївни і 12 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 12 останніх років на кафедрі захищено 13 кандидатських дисертацій, одна продана до захисту і ще одна робота знаходиться на завершальному етапі. Серед захищених робіт є робота із технічної естетики. На жаль, після введення нових вимог до підготовки наукових кадрів вищої кваліфікації, спеціальність 05.01.03 «Технічна естетика» була закрыта (відсутність в університеті двох докторів із цієї спеціальності). В докторантурі на другому році навчається колишній аспірант кафедри, а згодом доцент Ніжинського агротехнічного інституту НУБіП України Муквич М. М.

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.

## ЗАДАЧІ КОНСТРУКТИВНИХ ПІДХОДІВ ОБУХОВОЇ В.С. В СУЧАСНІЙ КОМП'ЮТЕРНІЙ РЕАЛІЗАЦІЇ

**В. М. Несвідомін**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

В книжці [1] «Формообразование оболочек в архитектуре», К., 1972, співавтором якої є В. С. Обухова, наведено метод побудови кривої 2-го порядку (коніки) за такими конструктивними умовами, як проходження її через задані точки в площині та дотичні в них. Так, на рис.1,а наведено зображення із роботи [1, с.12] побудови кривої 2-го порядку через п'ять довільних точок  $O_1$ ,  $O_2$ ,  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M$ , а на рис.2,а – побудови коніки через три точки  $O_1$ ,  $O_2$ ,  $M_1$  та дві дотичні  $O_1T$ ,  $O_2T$  в точках  $O_1$ ,  $O_2$ . Зрозуміло, що в ті роки із-за відсутності комп'ютерних технологій виведення аналітичного рівняння кривої 2-го порядку за вихідними точками та дотичними здійснювалося вручну, що потребувало доволі великих зусиль і уваги від науковця.

Сьогодення характеризується наявністю різних комп'ютерних технологій, зокрема в області символічних перетворень. Так, система комп'ютерної алгебри Maple дозволяє будь-які громіздкі алгебраїчні перетворення виконати в автоматизованому режимі. Але для цього необхідно створити відповідне програмне забезпечення. Розкриємо розроблені Maple-моделі побудови кривих 2-го порядку (рис. 1,а-2,а) за алгоритмом із роботи [1, С. 15-16].

Нехай маємо координати 5-ти точок:  $O_1(x_1, y_1)$ ,  $O_2(x_2, y_2)$ ,  $M_1(x_3, y_3)$ ,  $M_2(x_4, y_4)$ ,  $M(x, y)$ . Загальновідомо, що будь-які чотири точки, наприклад  $O_1$ ,  $O_2$ ,  $M_1$ ,  $M_2$ , визначають пучок кривих 2-го порядку вигляду:

$$f_1(x, y) \cdot f_2(x, y) + k f_3(x, y) \cdot f_4(x, y) = 0, \quad (1)$$

$$\text{де: } f_1(x, y) = \frac{x-x_1}{x_4-x_1} - \frac{y-y_1}{y_4-y_1} = 0; f_2(x, y) = \frac{x-x_2}{x_3-x_2} - \frac{y-y_2}{y_3-y_2} = 0;$$

$$f_3(x, y) = \frac{x-x_1}{x_2-x_1} - \frac{y-y_1}{y_2-y_1} = 0; f_4(x, y) = \frac{x-x_3}{x_4-x_3} - \frac{y-y_3}{y_4-y_3} = 0.$$

Параметр  $k$  визначимо із умови проходження кривої через п'яту точку:

$$k = - \frac{f_1(x_5, y_5) \cdot f_2(x_5, y_5)}{f_3(x_5, y_5) \cdot f_4(x_5, y_5)}. \quad (2)$$

Тоді рівняння шуканої кривої 2-го порядку матиме вигляд:

$$f_1(x, y) \cdot f_2(x, y) - \frac{f_1(x_5, y_5) \cdot f_2(x_5, y_5)}{f_3(x_5, y_5) \cdot f_4(x_5, y_5)} f_3(x, y) \cdot f_4(x, y) = 0. \quad (3)$$

У відповідності до представленої вище послідовності аналітичних перетворень було опрацьоване програмне забезпечення в середовищі Maple.

Для формування неявного рівняння прямої через дві довільні точки площини була розроблена функція *Linexu*. Формальними параметрами цієї функції є список  $P$  і  $Q$  із двох дійсних чисел – координат точок на площині.



Причому, якщо пряма буде паралельною осі абсцис, то її рівняння матиме відомий запис  $y - y_2 = 0$ .

**Неявне рівняння прямої через точки  $P[x,y]$  і  $Q[x,y]$**

```

Linexy := proc( P :: list, Q :: list)
  if Q[2] - P[2] ≠ 0
  then  $\frac{x - P[1]}{Q[1] - P[1]} - \frac{y - P[2]}{Q[2] - P[2]} = 0$ 
  else  $y - Q[2] = 0$  end if
end proc:

```

Функція *ConicPPPPP* реалізує формування кривої 2-го порядку за 5-ма довільними точками в площині. Тут оператор *solve* реалізує знаходження коефіцієнта  $k$  за формулою (2), а оператор *eval* – формує неявне рівняння кривої 2-го порядку за формулою (3).

**Неявне рівняння коніки через 5 точок  $O_1, O_2, M_1, M_2, M$**

```

ConicPPPPP := proc( O1 :: list, O2 :: list, M1 :: list, M2 :: list, M :: list)
  local f1, f2, f3, f4, g, h, k, l;
  f1 := Linexy( O1, M2) : f2 := Linexy( O2, M1) : f3 := Linexy( O1, O2) : f4 := Linexy( M1, M2) :
  g := f1 · f2 + k · f3 · f4 :
  l := solve( eval( g, [x = M[1], y = M[2]] ), k) :
  h := eval( g, [k = l])
end proc:

```

Приклад 1. Нехай маємо координати 5-ти точок:  $O_1[-600,0]$ ,  $O_2[600,0]$ ,  $M_1[400,500]$ ,  $M_2[-400,400]$ ,  $M[0,650]$ . Виклик функції *ConicPPPPP* дозволяє отримати неявне рівняння кривої 2-го порядку:

$Cr := simplify( ConicPPPPP( O1, O2, M1, M2, M ), normal);$

$$-\frac{27}{2080000}y^2 + \frac{1}{16640000}(79x - 90000)y - \frac{1}{40000}x^2 + 9 = 0$$

Оператор *simplify* з опцією *normal* дозволяє привести рівняння коніки до канонічного вигляду. Для побудови зображень точок  $O_1, O_2, M_1, M_2, M$  використаємо оператор *point*, а для побудови зображення самої кривої (рис.1,б) – оператор *implicitplot*.

$Ps := point( [ O1, O2, M1, M2, M ], symbol = circle, symbolsize = 20) :$

$display( Ps, implicitplot( Cr, x = -600..600, y = -1..700, scaling = constrained ) );$

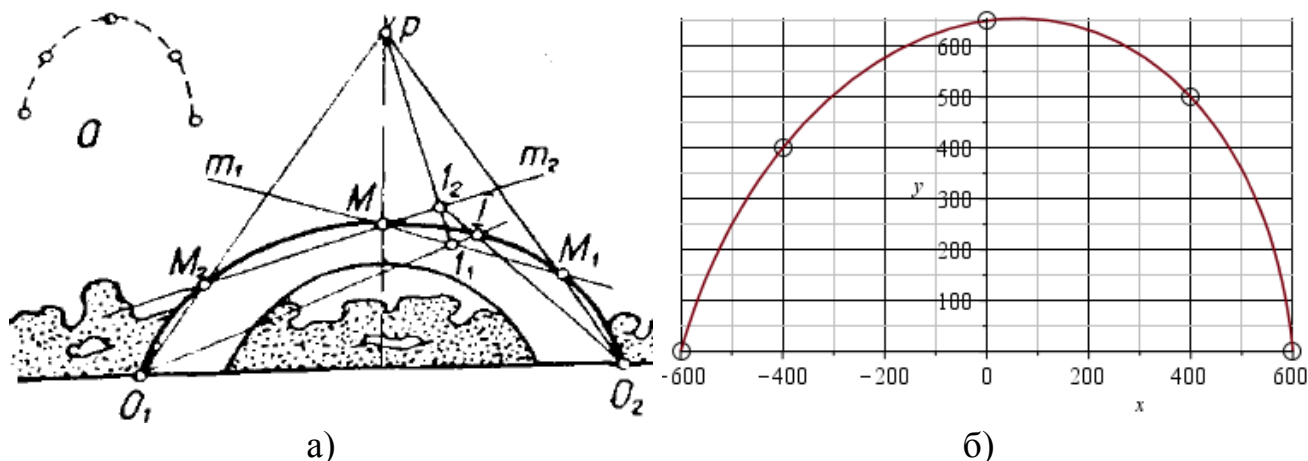


Рис. 1. Крива 2-го порядку за 5-ма довільними точками в площині



Звернемо увагу, що з отриманим рівнянням  $Cr$  коніки можна проводити будь-які аналітичні перетворення – диференціювати, інтегрувати і т.д.

Для формування кривої 2-го порядку за трьома точками  $O_1, O_2, M_1$  та двома дотичними  $O_1T, O_2T$ , в точках  $O_1, O_2$ , була створена функція *ConicPPTP*.

#### Неявне рівняння коніки через 3 точки $O_1, O_2, M$ і дотичні $O_1T, O_2T$

```
ConicPPTP := proc( O1 :: list, O2 :: list, T :: list, M :: list)
  local f1, f2, f3, g, h, k, l;
  f1 := Linexy( O1, T ) : f2 := Linexy( O2, T ) : f3 := Linexy( O1, O2 ) :
  g := f1 · f2 + k · f3 · f3 :
  l := solve( eval( g, [x = M[1], y = M[2]] ), k ) :
  h := eval( g, [k = l] )
end proc;
```

Приклад 2. Нехай маємо координати 3-х точок:  $O_1[-600,0]$ ,  $O_2[600,0]$ ,  $M[0,650]$  і вершини  $T[0,1000]$ , яка задає дотичні  $O_1T, O_2T$  в точках  $O_1, O_2$ . Виклик функції *ConicPPTP* призводить до неявного рівняння кривої 2-го порядку у вигляді:

$$Cr := simplify( ConicPPTP( O1, O2, T, M ), normal );$$

$$-\frac{1}{360000}x^2 + 1 - \frac{1}{500}y + \frac{3}{4225000}y^2 = 0$$

Побудова зображення (рис.2,б) одержаної кривої здійснюється аналогічно попередньому прикладу.

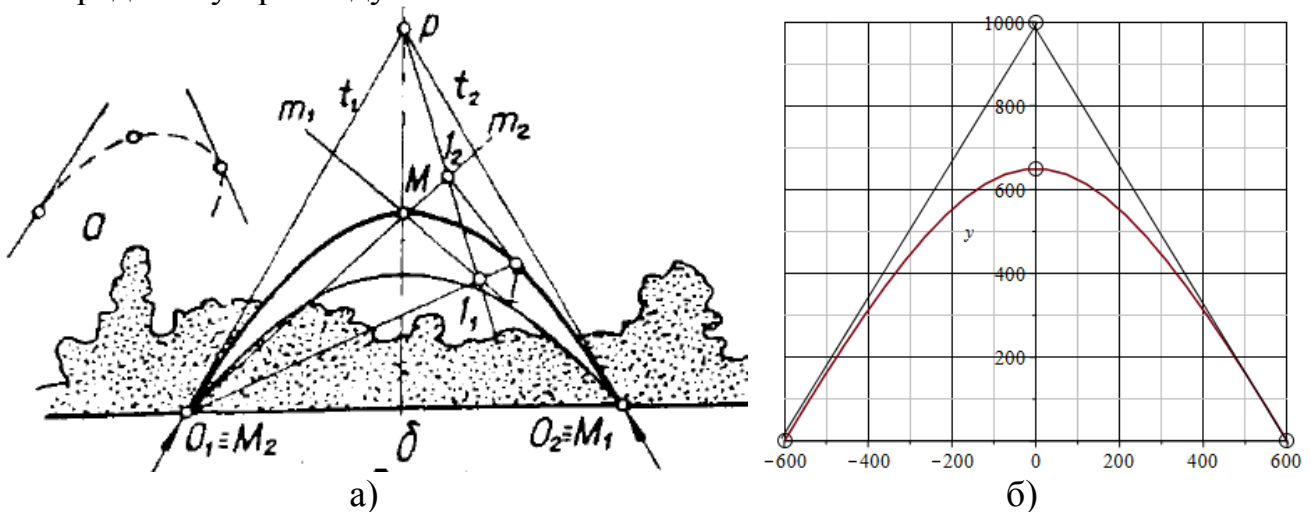


Рис. 2. Крива 2-го порядку за 3-ма точками та двома дотичними

**Висновок.** Отримані результати досліджень проф. В.С.Обухової з конструктивних методів формоутворення алгебраїчних багатовидів вищих порядків повинні бути осучаснені на основі наявних комп'ютерних технологій.

#### Література

1. Михайленко В. Е., Обухова В. С., Подгорный А. Л. Формообразование оболочек в архитектуре. – К.: Будівельник, 1972. – 205 с.

УДК 514.18

## АНАЛІТИЧНИЙ ОПИС МІНІМАЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ, УТВОРЕНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ ЦИКЛОЇДИ, ЗАДАНОЇ ФУНКЦІЯМИ НАТУРАЛЬНОГО ПАРАМЕТРА

*С. Ф. Пилипака, М. М. Муквич*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**Анотація.** У даній статті здійснено аналітичний опис ізотропних ліній та мінімальних поверхонь за допомогою параметричних рівнянь циклоїди, заданої функціями натурального параметра. Аналітичний опис мінімальних поверхонь та приєднаних мінімальних поверхонь здійснено у комплексному просторі з ізотропними лініями у ролі ліній сітки переносу. При згинанні мінімальних поверхонь знайдено однопараметричну множину асоційованих мінімальних поверхонь. Показано, що циклоїда, задана функціями натурального параметра, належить утвореній мінімальній поверхні.

**Актуальність теми.** Дослідження методів аналітичного опису мінімальних поверхонь є важливою проблемою геометричного моделювання поверхонь технічних форм та архітектурних конструкцій. Умова рівності нулю середньої кривини у всіх точках мінімальної поверхні, яка проходить через замкнену плоску або просторову лінію, є необхідною умовою мінімуму площі. Геометрична форма мінімальної поверхні забезпечує рівномірний розподіл зусиль в оболонці та додаткову жорсткість [1, с. 43]. Відомими є дослідження з геометричного моделювання деформованого листа параболічного рефлектора, що приймає форму, близьку до мінімальної поверхні [2].

Знаходження аналітичного опису мінімальної поверхні, яка проходить через замкнену лінію, зводиться до розв'язування нелінійного диференціального рівняння Ейлера-Лагранжа у частинних похідних, яке у загальному випадку не інтегрується [3, с. 683]. Тому одним із напрямків сучасних досліджень є удосконалення чисельних методів розв'язування диференціального рівняння Ейлера-Лагранжа [4, 5].

Для знаходження аналітичного опису мінімальних поверхонь існує інший напрям наукових досліджень, пов'язаний із використанням властивостей функцій комплексної змінної. Використання функцій комплексної змінної дозволяє отримати параметричні рівняння мінімальних поверхонь, досліджувати їх диференціальні характеристики, оптимізувати інженерні методи проектування поверхонь технічних форм.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для знаходження аналітичного опису мінімальних поверхонь за допомогою функцій комплексної змінної необхідно визначити параметричні рівняння ізотропної лінії нульової довжини [6]. Метод аналітичного опису ізотропних кривих, які лежать на поверхнях обертання, віднесених до сітки ізометричних ліній, реалізовано у роботах [7, 8].

Дослідження, опубліковані у статті [9], присвячені задачі аналітичного опису ізоотропних кривих за допомогою логарифмічної спіралі – їх горизонтальної проекції. Слід зазначити, що потребує дослідження аналітичний опис ізоотропних ліній за допомогою плоских кривих, заданих функціями натурального параметра.

**Мета досліджень.** Знайти аналітичний опис ізоотропної лінії за допомогою циклоїди, заданої функціями натурального параметра. За допомогою знайденої ізоотропної лінії визначити однопараметричну множину асоційованих мінімальних поверхонь, які допускають неперервне згинання.

**Матеріали і методи досліджень.** Аналітичний опис мінімальних поверхонь здійснено у комплексному просторі з твірними ізоотропними лініями переносу.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Розглянемо плоску криву, задану параметричними рівняннями від довжини її дуги  $s$  :

$$x = x(s); y = y(s), \quad (1)$$

де  $s$  – натуральний параметр плоскої кривої, тоді [6]:  $\left(\frac{dx}{ds}\right)^2 + \left(\frac{dy}{ds}\right)^2 = 1$ .

Просторова крива, задана рівняннями:

$$x = x(s); y = y(s); z = i \cdot s, \quad (2)$$

(де  $i$  – уявна одиниця) є уявною ізоотропною кривою нульової довжини, бо її

диференціал дуги дорівнює:  $\sqrt{\left(\frac{dx}{ds}\right)^2 + \left(\frac{dy}{ds}\right)^2 + \left(\frac{dz}{ds}\right)^2} \cdot ds = 0$ .

Для знаходження рівнянь мінімальної та приєднаної до неї мінімальної поверхні необхідно в параметричних рівняннях ізоотропної кривої (2) увести заміну [6]:  $s = u + i \cdot v$ . Тоді отримаємо параметричні рівняння мінімальної поверхні  $X(u, v), Y(u, v), Z(u, v)$ :

$$X(u, v) = \operatorname{Re}\{x(u + i \cdot v)\}; Y(u, v) = \operatorname{Re}\{y(u + i \cdot v)\}; Z(u, v) = \operatorname{Re}\{i \cdot (u + i \cdot v)\}; \quad (3)$$

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

$$X^*(u, v) = \operatorname{Im}\{x(u + i \cdot v)\}; Y^*(u, v) = \operatorname{Im}\{y(u + i \cdot v)\}; Z^*(u, v) = \operatorname{Im}\{i \cdot (u + i \cdot v)\}. \quad (4)$$

Кількість плоских кривих, параметричні рівняння яких можна записати за допомогою функцій натурального параметра – обмежена, але для кожної з них можна знайти аналітичний опис мінімальної (3) та приєднаної мінімальної поверхні (4), причому мінімальна поверхня (3) буде проходити через плоску криву (1).

Розглянемо циклоїду, задану рівняннями від натурального параметра  $s$  [10, с. 242]:

$$x(s) = a \cdot \left[ 2 \arccos \left( 1 - \frac{s}{4a} \right) + \frac{1}{8a} \cdot \sqrt{\frac{(8a-s)s}{a^2}} (-4a+s) \right]; \quad y(s) = s - \frac{s^2}{8a}, \quad (5)$$

де  $a$  – параметр циклоїди. Тоді рівняння ізотропної кривої, горизонтальною проекцією якої є циклоїда (5), має вигляд:

$$\begin{aligned} x(s) &= a \cdot \left[ 2 \arccos \left( 1 - \frac{s}{4a} \right) + \frac{1}{8a} \cdot \sqrt{\frac{(8a-s)s}{a^2}} (-4a+s) \right]; \\ y(s) &= s - \frac{s^2}{8a}; \quad z(s) = i \cdot s. \end{aligned} \quad (6)$$

Уведемо заміну  $s = u + i \cdot v$ , тоді, відокремивши дійсну та уявну частину для кожної з функцій, згідно (3), (4), маємо рівняння мінімальної поверхні:

$$\begin{aligned} X(u, v) &= a\pi - 2a \cdot \arctg \left[ \frac{4a - u + m \cdot \sin \alpha}{v + m \cdot \cos \alpha} \right] - \left( \frac{4a - u}{8a} \right) m \cos \alpha + \frac{v}{8a} m \sin \alpha; \\ Y(u, v) &= u + \frac{v^2 - u^2}{8a}; \quad Z(u, v) = -v, \end{aligned} \quad (7)$$

$$\alpha = \alpha(u, v) = \frac{1}{2} \cdot \arctg \left( \frac{2v(4a - u)}{8au - u^2 + v^2} \right); \quad m = m(u, v) = \left( (u^2 + v^2) \left( (8a - u)^2 + v^2 \right) \right)^{\frac{1}{4}}.$$

де:

та приєднаної мінімальної поверхні:

$$\begin{aligned} X^*(u, v) &= a \cdot \ln \left[ \left( \frac{v + m \cos \alpha}{4a} \right)^2 + \left( 1 + \frac{m \sin \alpha - u}{4a} \right)^2 \right] - \left( \frac{4a - u}{8a} \right) m \sin \alpha + \frac{v}{8a} m \cos \alpha; \\ Y^*(u, v) &= v - \frac{u \cdot v}{4a}; \quad Z^*(u, v) = u, \end{aligned} \quad (8)$$

де:

$$\alpha = \alpha(u, v) = \frac{1}{2} \cdot \arctg \left( \frac{2v(4a - u)}{8au - u^2 + v^2} \right); \quad m = m(u, v) = \left( (u^2 + v^2) \left( (8a - u)^2 + v^2 \right) \right)^{\frac{1}{4}}.$$

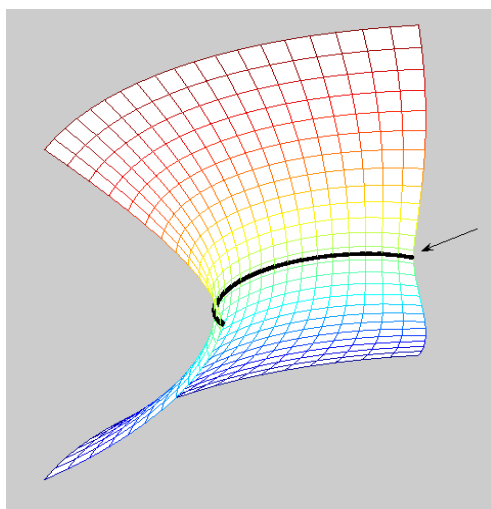
На рис. 1 зображено відсіки мінімальної та приєднаної поверхонь, побудованих за рівняннями (7) і (8) відповідно при  $a=1$ ;  $u \in [0; \dots 8]$ ;  $v \in [-5; \dots 5]$ . На рис. 1,а стрілкою позначена потовщена циклоїда.

Утворені мінімальні поверхні (7) та (8), маючи рівні відповідні вирази коефіцієнтів першої квадратичної форми, допускають неперервне згинання одна на одну. Рівняння однопараметричної множини асоційованих мінімальних поверхонь мають вигляд [9]:

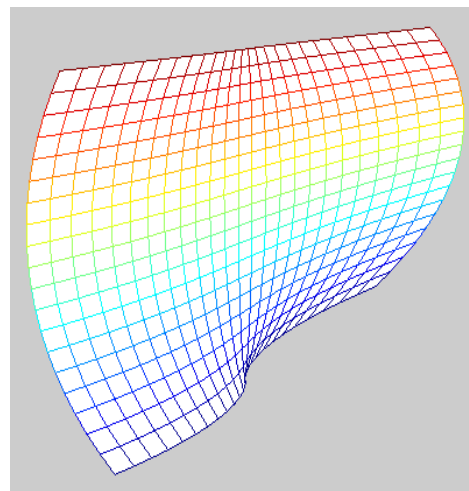
$$\begin{aligned} X_\varphi(u, v) &= X(u, v) \cdot \cos \varphi + X^*(u, v) \cdot \sin \varphi; \\ Y_\varphi(u, v) &= Y(u, v) \cdot \cos \varphi + Y^*(u, v) \cdot \sin \varphi; \\ Z_\varphi(u, v) &= Z(u, v) \cdot \cos \varphi + Z^*(u, v) \cdot \sin \varphi, \end{aligned} \quad (9)$$

де:  $X(u, v), Y(u, v), Z(u, v)$  – параметричні рівняння мінімальної поверхні (7);

$X^*(u, v), Y^*(u, v), Z^*(u, v)$  – параметричні рівняння приєднаної мінімальної поверхні (8);  $\varphi$  – параметр згинання поверхонь,  $\varphi \in \left[0; \frac{\pi}{2}\right]$ .



а

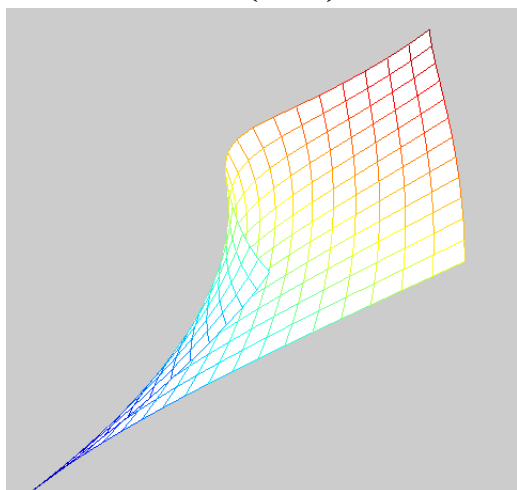


б

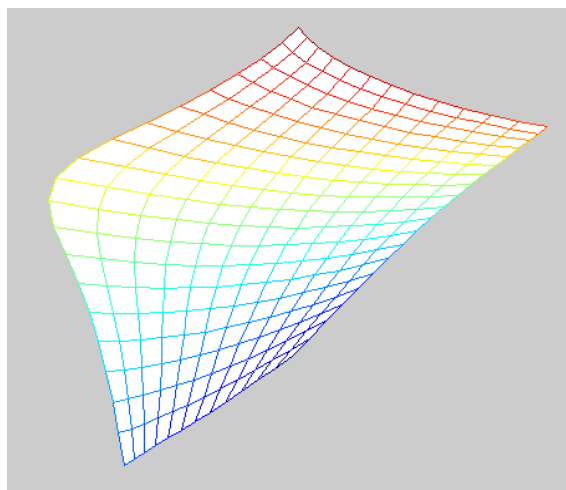
Рис. 1. Відсіки мінімальних поверхонь, побудованих за допомогою ізотропної кривої, горизонтальною проекцією якої є циклоїда:

- а) відсік мінімальної поверхні, побудованої за рівняннями (7);
- б) відсік приєднаної мінімальної поверхні, побудованої за рівняннями (8).

При  $\varphi = 0$  рівняння (9) задають мінімальну поверхню (7), при  $\varphi = \frac{\pi}{2}$  рівняння (9) задають приєднану мінімальну поверхню (8), а при інших значеннях  $\varphi \in \left(0; \frac{\pi}{2}\right)$  рівняння (9) задають асоційовані мінімальні поверхні.



а



б

Рис. 2. Відсіки множини асоційованих мінімальних поверхонь, отриманих за рівняннями (9): а) при  $\varphi = \frac{\pi}{4}$ ; б) при  $\varphi = \frac{3\pi}{8}$ .

На рис. 2 зображено відсіки асоційованих мінімальних поверхонь, отриманих за рівняннями (9) для різних значень параметра  $\varphi$  при неперервному згинанні мінімальної поверхні (7) до приєднаної мінімальної поверхні (8), побудовані при  $a = 1$ ;  $u \in (0; \dots 8]$ ;  $v \in (0; \dots 5]$ . Усі побудовані асоційовані мінімальні поверхні мають рівні відповідні вирази коефіцієнтів першої квадратичної форми.

Використання плоских кривих, заданих параметричними рівняннями натурального параметра, дозволяє отримати порівняно нескладний аналітичний опис мінімальних поверхонь для подальших досліджень їх диференціальних властивостей.

**Висновки і перспективи.** Для будь-якої плоскої кривої, яку задано параметричними рівняннями натурального параметра, можна знайти аналітичний опис ізотропної лінії нульової довжини. Кожній ізотропній лінії відповідає мінімальна поверхня та приєднана мінімальна поверхня, які допускають неперервне згинання. Перспективи подальших досліджень полягають у дослідженні диференціальних характеристик утворених мінімальних поверхонь та оптимізації інженерних методів проектування поверхонь технічних форм.

### Література

1. Михайленко, В. Е. Конструирование форм современных архитектурных конструкций [Текст] / В. Е. Михайленко, С.Н. Ковалёв. – К.: Будівельник, 1978. – 112 с.
2. Бухтяк, М. С. Обобщение минимальных поверхностей и моделирование формы конструкции из ортотропного материала [Текст] / М. С. Бухтяк // Вестн. Томского гос. ун-та. Серия: математика и механика. – 2017. – №45. – С. 5–24.
3. Математическая энциклопедия [Текст] / [гл. ред. И. М. Виноградов]. – Т. 3. – М.: Изд-во «Советская энциклопедия», 1982. – С. 683–690.
4. Клячин, А. А. О сходимости полиномиальных приближённых решений уравнения минимальной поверхности [Текст] / А. А. Клячин, И. В. Трухляева // Уфимский математич. журнал. – 2016. – Т. 8. – №1. – С. 72–83.
5. Rasmussen, A. F. Extrapolation methods for approximating arc length and surface area [Text] / A. F. Rasmussen, M. S. Floater // Numerical Algorithms. – 2007. – Vol. 44, Issue 3. – P. 235–248.
6. Фиников, С. П. Теория поверхностей [Текст] / С. П. Фиников. – М. – Л.: ГТТИ, 1934. – 206 с.
7. Пилипака, С. Ф. Аналітичний опис ізотропних ліній на поверхні псевдосфери та побудова мінімальних поверхонь [Текст] / С. Ф. Пилипака, М. М. Муквич // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – 2016. – Вип. 254. – С. 202–210.

8. Пилипака, С. Ф. Конструирование минимальных поверхностей с помощью изотропных кривых, лежащих на поверхности тора [Текст] / С. Ф. Пилипака, Н. Н. Муквич // An international journal on operation of farm and agri-food industry machinery «MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture»/ Polish Academy of Sciences, University of Engineering and Economics in Rzeszow, University of Life Sciences in Lublin.– Vol. 18, No 3. – Lublin – Rzeszov, 2016. – С. 101–110.

9. Пилипака, С. Ф. Утворення ізотропних ліній та мінімальних поверхонь за допомогою плоских кривих, заданих функціями натурального параметра [Електронний ресурс] / С. Ф. Пилипака, М. М. Муквич // Наукові доповіді НУБіП України. – 2016. – №7 (64). Режим доступу до журн.: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/7734>.

10. Савелов, А. А. Плоские кривые. Систематика, свойства, применения (Справочное руководство) [Текст] / А. А. Савелов. – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1960. – 296 с.

УДК 378.147.88 – 057.87

## АСПЕКТИ ПРАВИЛ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

*І. О. Колосок*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**Мета роботи.** Дослідити зміст окремих положень правил дорожнього руху та запропонувати шляхи його удосконалення.

**Результати роботи.** Правила дорожнього руху України відповідають Конвенції про дорожній рух і про дорожні знаки та сигнали. Чітке трактування основних положень цього нормативного акта робить його зрозумілішим тим, хто його вивчає і застосовує його положення на практиці.

Слід зазначити, що терміни, які наведені у Правилах мають специфічний характер, чим і викликана необхідність їх спеціального тлумачення. На сьогоднішній день у Правилах наведено 79 термінів. На нашу думку потребує уточнення такий термін як “Розділювальна смуга”. У відповідності з текстом Правил даний термін означає – виділений конструктивно або за допомогою суцільних ліній дорожньої розмітки 1.1 або 1.2 елемент автомобільної дороги, який розділяє суміжні проїзні частини; розділювальна смуга не призначена для руху або стоянки транспортних засобів; за наявності на розділювальній смузі тротуару по ньому дозволяється рух пішоходів [1].

Як зазначають Правила дорога може мати декілька проїзних частин, межами яких є розділювальні смуги, які позначені відповідною розміткою. Проте існує ще один вид розмітки 1.3, який у відповідності з ДСТУ 2587:2010



“Безпека дорожнього руху. Розмітка дорожня. Загальні технічні вимоги. Методи контролювання. Правила застосування” призначений для розділення транспортних потоків протилежних напрямків, так само як і розмітка 1.1 [2]. Тобто по суті виконує функції розділювальної смуги, проте розділювальною смугою у відповідності з термінологією ПДР не є. Проілюструємо дане положення.

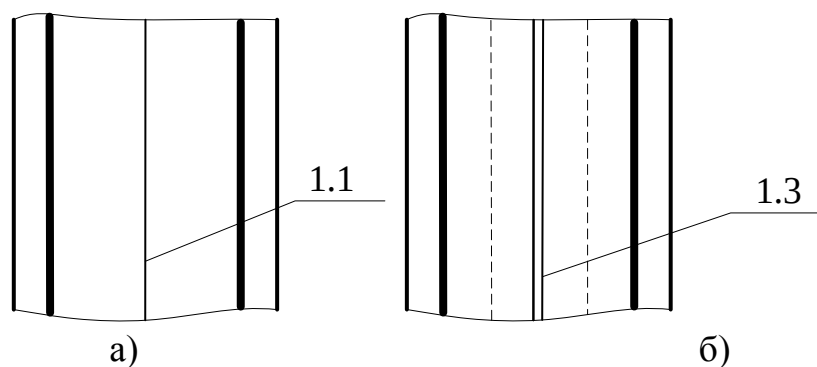


Рис. 1. Ділянка дороги у населеному пункті:  
а) двосмугова дорога; б) чотирисмугова дорога

У відповідності з термінами “Розділювальна смуга” та “Проїзна частина” (проїзна частина – елемент дороги, призначений для руху нерейкових транспортних засобів; дорога може мати декілька проїзних частин, межами яких є розділювальні смуги) на рисунку 1а ми маємо дві проїзні частини, а на рисунку 1б – одну, оскільки лінія розмітки 1.3 не є розділювальною смугою. Хоча для кожного учасника дорожнього руху зрозуміло, що на обох рисунках зображено дві проїзні частини.

Наступне положення Правил. У розділі “Розташування транспортних засобів на дорозі” у пункті 11.3 зазначено – на дорогах із двостороннім рухом, які мають по одній смузі для руху в кожному напрямку, за відсутності суцільної лінії дорожньої розмітки чи відповідних дорожніх знаків виїзд на смугу зустрічного руху можливий лише для обгону та об’їзду перешкоди або зупинки чи стоянки біля лівого краю проїзної частини в населених пунктах у дозволених випадках, при цьому водії зустрічного напрямку мають перевагу [1]. В даному випадку Правила чітко визначають місце зупинки чи стоянки транспортного засобу на дорозі з двостороннім рухом, що має по одній смузі для руху в кожному напрямку – біля її лівого краю. У населених пунктах водії зобов’язані поставити свій транспортний засіб якомога ближче до тротуару (бортового каменю).

У розділі “Зупинка і стоянка” у пункті 15.3 зазначено – у населених пунктах зупинка і стоянка транспортних засобів дозволяються на лівому боці дороги, що має по одній смузі для руху в кожному напрямку (без трамвайних колій посередині) і не розділена розміткою 1.1, а також на лівому боці дороги з одностороннім рухом [1].

Тобто на дорогах, що мають однакові характеристики щодо кількості смуг і наявності розмітки Правила визначають місце де дозволяється зупинити водію свій транспортний засіб для зупинки чи стоянки, проте у різних розділах це місце описується по-різному. У розділі “Розташування транспортних засобів на дорозі” зазначається, що зупинка чи стоянка дозволяється біля лівого краю проїзної частини, у розділі “Зупинка і стоянка” – на лівому боці дороги. Оскільки ми вже розглянули поняття “лівий край проїзної частини”, необхідно з’ясувати зміст поняття “лівий бік дороги”.

В загальних положеннях ПДР зазначено, що автомобільна дорога, вулиця (дорога) це частина території, зокрема в населеному пункті, з усіма розташованими на ній спорудами (мостами, шляхопроводами, естакадами, надземними і підземними пішохідними переходами) та засобами організації дорожнього руху, призначена для руху транспортних засобів і пішоходів та обмежена по ширині зовнішнім краєм тротуарів чи краєм смуги відводу. Таким чином, виходячи з тлумачення терміна “Автомобільна дорога, вулиця (дорога)” ми можемо встановити, що будь-який (правий чи лівий) бік дороги у населеному пункті обмежений по ширині зовнішнім краєм тротуару. А це означає, що водії можуть у відповідності з пунктом 15.3 зупиняти чи ставити на стоянку транспортні засоби на тротуарі.

Таким чином, ми маємо певні розбіжності у змісті окремих пунктів розділів “Розташування транспортних засобів на дорозі” та “Зупинка і стоянка” ПДР, щодо чіткого визначення місця зупинки і стоянки транспортних засобів на дорогах із двостороннім рухом, які мають по одній смузі для руху в кожному напрямку.

**Висновок.** На нашу думку зміст терміна “Розділювальна смуга” необхідно уточнити з метою однозначного його тлумачення та дати чітке визначення щодо встановлення місць зупинки і стоянки на дорогах із двостороннім рухом, що мають по одній смузі для руху в кожному напрямку.

### Література

1. Правила дорожнього руху України. – Дніпропетровськ: Моноліт, 2013. – 80 с.
2. [http://pdd.ua/r/5/f/doc/DSTU\\_2587-2010.pdf](http://pdd.ua/r/5/f/doc/DSTU_2587-2010.pdf).

УДК 514.2:631.372

## ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ФОРМ ОБ'ЄМІВ КАБІН ТРАКТОРІВ

**П. А. Василів**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,*

Розробка геометричної моделі раціональної форми кабіни базується на системі «людина - машина» адже організм людини постійно реагує на зміни навколишнього середовища, невід'ємною частиною якого є атмосферне повітря. Процеси, які відбуваються в атмосфері, формують погодні умови на землі. З погодою тісно пов'язані такі фізичні фактори як температура і вологість повітря, атмосферний тиск, вітер, опади, сонячна радіація. Щоб забезпечити нормальні умови для організму людини було розроблено кабіну для оператора, який управляє машиною. Кабіна захищає оператора від дощу, снігу, вітру, сонячних променів, але при цьому виникає проблема забезпечення нормального мікроклімату в ній, оглядовості з робочого місця оператора, зниження рівня шуму, зручності управління, тобто забезпечення ергономічних показників для даної конструкції кабіни.

Теперішній розвиток техніки змінює роль «людського фактора» в управлінні машиною, яку не можна розглянути окремо без людини. Людина стає діючою частиною системи «людина – машина». Ми знаємо, що наука, яка займається дослідженням системи «людина – машина – робоче середовище» – ергономіка.

Оточуючі фактори в яких протікає процес управління людини машиною дуже впливають на працездатність оператора. Внаслідок незначних змін параметрів робочого середовища, порушується рівновага між навколишнім середовищем та організмом людини, яка веде до зниження діяльності органів чуття, серця, нервової системи, і т.д. Основне навантаження припадає на центральну нервову систему та органи чуття людини, що приводить до погіршення самопочуття її, внаслідок чого зазнає змін робота системи «людина – машина – середовище».

Необхідність забезпечення благо приємного мікроклімату є свого роду задача окрема. Однак ця проблема не проста. Оскільки пристрої для створення мікроклімату в кабіні трактора повинні відповідати наступним вимогам – бути простими по конструкції, невисокої вартості; зручні для обслуговування персоналом невисокої кваліфікації, зберігатись під відкритим небом. Ці пристрої повинні забезпечувати стабільні параметри середовища при постійних змінах режиму роботи машини в різні періоди дня і року. При цьому форма і розміри кабіни повинні бути оптимальними.

Одним із підходів розрахунку форми і конструктивних розмірів кабіни може бути зроблений з врахуванням теплових показників. Виходячи з того, що

нормальна життєдіяльність та висока працездатність людини можлива лише за умов збереження теплової рівноваги організму без значного напруження механізму терморегуляції, якщо при цьому зберігається відповідність між протіканням тепла і його віддачею в навколишнє середовище.

Теплові витрати в стаціонарному режимі для кабіни трактора можна записати в наступному вигляді:

$$Q = Q_{\text{обм.}} + Q_{\text{вент}}, \quad (1)$$

де:  $Q_{\text{обм.}}$  – витрати тепла через поверхні, які обмежують об'єм кабіни;

$Q_{\text{вент.}}$  – витрати тепла на інфільтрацію повітря в кабіну;

$V, U$  – об'єм і площа кабіни.

Ясно, що конструктор може впливати на перший параметр просто міняючи матеріал або конструкцію кабіни. Щоб проектувальник міг змінювати кожен величну залежності (1). При цьому, для любого замкнутого об'єму існує багато варіантів зміни лінійних розмірів його – довжини, ширини, висоти, що призводить до рівної сумарної площі поверхні. Тому дві кабіни одного об'єму, можуть бути виготовлені з одного і того ж матеріалу, але мати різну площу поверхні, звідси і різні витрати тепла.

Таким чином, з рівняння (1) одержали співвідношення  $\left(\frac{U}{V}\right)$  – поверхні до об'єму кабіни, яке являється важливим показником при проектуванні кабіни трактора.

Оптимізація співвідношення, цікавить нас яка залежить від лінійних параметрів розмірів кабіни (довжини, ширини, висоти), особливо від їх величини.

Розглядаючи 4 моделі форми кабін: циліндр, куб, дві призми (висотою 1,5 м; призми - довжиною 1,7 м; 1,3 м; шириною – 1,3 м; 1,7 м).

В кожному випадку об'єм моделі був один і той же, а величина площі поверхні різна. Що призводить до різних відношень площі поверхні до об'єму кабін. Таким чином, найменше значення цього відношення одержали для циліндра.

Рациональна форма для кабіни відповідає формі в вигляді циліндра. Дана форма кабіни відповідає вимозі по оглядовості для кабіни трактора, а також дозволяє оптимально розміщувати по об'єму кабіни важелі керування трактором по відношенню до поста керування оператора.

Циліндрична форма кабіни має також свої недоліки технологія виготовлення і поєднання з рамою трактора. Тому приходиться поєднувати форму циліндра з формою призми при виготовленні кабін тракторів.

**Висновок.** На основі даних викладок необхідно ввести коефіцієнт параметра теплової характеристики форми.

УДК 514.18

## ПОЛЯРНИЙ ТОРС СФЕРИЧНОЇ КРИВОЇ УКОСУ

*Т. А. Кресан**ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»*

Як відомо, з кожною точкою просторової кривої пов'язані три взаємно перпендикулярні площини – стична, спрямна і нормальна. При переміщенні точки вздовж кривої кожна з цих площин описує однопараметричну сім'ю площин, тобто огинає деякий торс [1].

Обвідна поверхня однопараметричної множини нормальних площин називається полярним торсом. Особливість такого торса полягає в тому, що напрямна просторова крива не лежить на його поверхні, а ребро звороту торса є геометричним місцем центрів стичних сфер цієї кривої.

Розглянемо конструювання полярного торса для сферичної кривої укусу.

Рівняння сферичної кривої, розташованої на поверхні кулі одиничного радіуса, задається рівняннями:

$$\begin{aligned}x &= \sin \varepsilon \cos \gamma; \\y &= \sin \varepsilon \sin \gamma; \\z &= \cos \varepsilon,\end{aligned}\tag{1}$$

де  $\varepsilon = \varepsilon(s)$ ;  $\gamma = \gamma(s)$  – функції довжини дуги  $s$  кривої.

Для будь-якої кривої укусу із кутом підйому  $\beta$ , заданої у функції натурального параметра  $s$  справедлива система диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} x'^2 + y'^2 + z'^2 = 1; \\ \frac{x'^2}{\sqrt{x'^2 + y'^2}} = \operatorname{tg} \beta. \end{cases}\tag{2}$$

Продиференціюємо (1) по параметру  $s$ , отримаємо:

$$\begin{aligned}x' &= \varepsilon' \cos \varepsilon \cos \gamma - \gamma' \sin \varepsilon \sin \gamma; \\y' &= \varepsilon' \cos \varepsilon \sin \gamma + \gamma' \sin \varepsilon \cos \gamma; \\z' &= -\varepsilon' \sin \varepsilon,\end{aligned}\tag{3}$$

Після підстановки (3) в (2) та спрощень матимемо систему диференціальних рівнянь сферичної кривої укусу із кутом підйому  $\beta$  у внутрішніх координатах сфери одиничного радіуса:

$$\begin{cases} \varepsilon'^2 + \gamma'^2 \sin^2 \varepsilon = 1; \\ \frac{\varepsilon' \sin \varepsilon}{\sqrt{\varepsilon'^2 \cos^2 \varepsilon + \gamma'^2 \sin^2 \varepsilon}} = -\operatorname{tg} \beta. \end{cases} \quad (4)$$

Розв'язок диференціальних рівнянь (4) для кута підйому  $\beta=45^0$  запишеться:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \arccos \frac{\sqrt{2}}{2} s; \\ \gamma &= \sqrt{2} \arcsin s - \operatorname{arctg} \frac{s}{\sqrt{2(1-s^2)}}. \end{aligned} \quad (5)$$

Вираз кривини сферичної кривої укусу із кутом підйому  $\beta=45^0$  має вигляд:

$$k = \frac{1}{\sqrt{1-s^2}}. \quad (6)$$

В результаті підстановки та спрощень, отримаємо рівняння сферичної кривої укусу з кутом підйому  $\beta=45^0$ :

$$\begin{aligned} x &= \sqrt{\frac{2-s^2}{2}} \cos \left[ \sqrt{2} \arcsin s - \operatorname{arctg} \frac{s}{\sqrt{2(1-s^2)}} \right]; \\ y &= \sqrt{\frac{2-s^2}{2}} \sin \left[ \sqrt{2} \arcsin s - \operatorname{arctg} \frac{s}{\sqrt{2(1-s^2)}} \right]; \\ z &= \frac{\sqrt{2}}{2} s, \end{aligned} \quad (7)$$

Параметричні рівняння полярного торса для сферичної кривої (7) запишуться:

$$\begin{aligned} X &= -u \frac{\sqrt{2}}{2} \cos [\sqrt{2} \arcsin s]; \\ Y &= -u \frac{\sqrt{2}}{2} \sin [\sqrt{2} \arcsin s]; \\ Z &= \frac{\sqrt{2}}{2} u. \end{aligned} \quad (8)$$

Крива укусу і відповідний полярний торс, побудовані за рівняннями (7) і (8), показані на рис. 1.

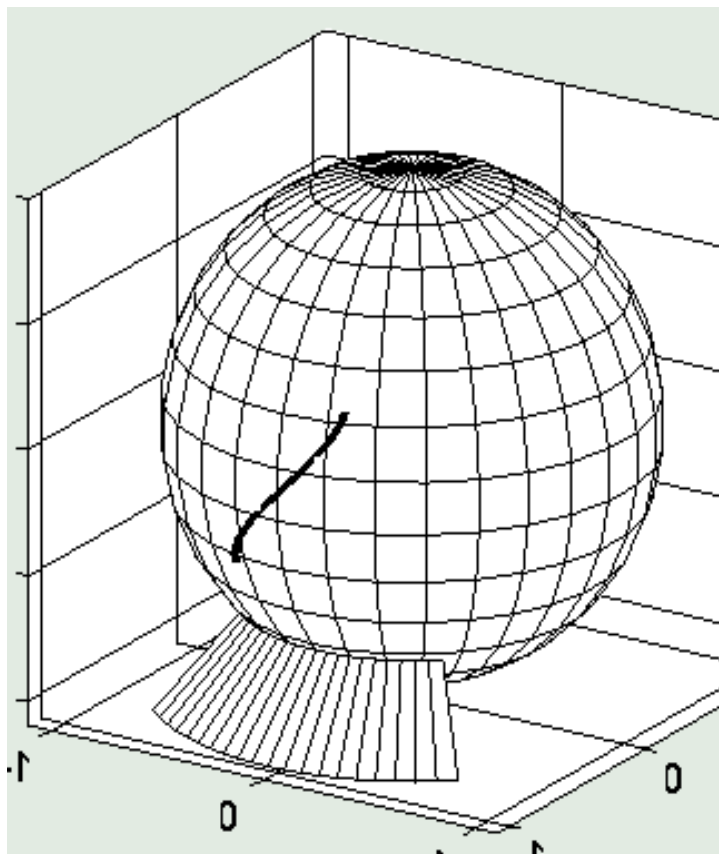


Рис. 1. Полярний торс сферичної кривої укосу

### Література

1. Кованцов М. І. Диференціальна геометрія / М. І. Кованцов. – К.: Вища школа, 1973. – 276 с.
2. Милинский В. И. Дифференциальная геометрия / В. И. Милинский. – Л.: Кубуч, 1934. – 332 с.
3. Пилипака С. Ф. Конструювання торсів однакового нахилу твірних, як обвідної поверхні однопараметричної множини площин / С. Ф. Пилипака, Г. В. Білоног // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К.: КНУБА, 2007. – Вип. 77. – С. 47–53.
4. Пилипака С. Ф. Утворення однопараметричної множини положень площини при додаванні її обертальних рухів / С. Ф. Пилипака, Т. А. Кресан // Прикл. геометрія та інж. графіка. – К.: КНУБА, 2009. – Вип. 82. – С. 32–41.
5. Пилипака С. Ф. Торс, як обвідна поверхня множини положень площини, закріпленої в системі супровідного тригранника плоскої кривої / С. Ф. Пилипака, М. М. Муквич // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Вип. 4. Прикл. геометрія та інж. графіка. – Том 41. – Мелітополь: ТДАТУ, 2008. – С. 26–36.

УДК 514.18

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАБОЛІЧНОГО РОЗПОДІЛУ КРИВИНИ ПЛОСКОЇ КРИВОЇ З УРАХУВАННЯМ ОБМЕЖЕНЬ ЇЇ ПО ПЛОЩИНІ

**С. А. Устенко, О. М. Синявін**

*Миколаївський національний університет імені В. О. Сухомлинського*

В даній роботі пропонується виконувати геометричне моделювання кривої лінії на обмеженій площині, кривина якої описується параболічним законом розподілу кривини. Побудова плоских кривих ліній із заданим параболічним розподілом кривини розглядалися в роботах [1–3].

Розглянемо ділянку плоскої кривої [1], яка генерується за умови, що задано графік параболічного розподілу кривини кривої, залежно від її довжини (рис. 1).

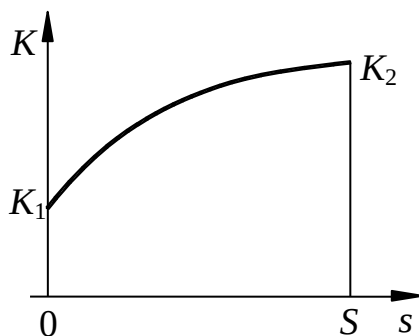


Рис. 1. Графік параболічного розподілу

Опишемо криву, показану на рисунку, параболою другого степеня:

$$K(s) = as^2 + bs + c,$$

де  $K(s)$  – параболічна залежність кривини від довжини дуги,  $c = K_1$ , а інші коефіцієнти знаходяться в залежності  $aS + b = \frac{K_2 - K_1}{S}$ .

Формула для визначення кута нахилу дотичної до кривої набуде такого вигляду:

$$\varphi(s) = \varphi(0) + s \left( s \left( \frac{as}{3} + \frac{b}{2} \right) + c \right).$$

Моделювати плоску криву лінію будемо для випадку коли є дві прямолінійні ділянки обводу, що знаходяться під різними кутами до горизонталі ( $\varphi_0$  і  $\varphi_1$ ), які потрібно з'єднати кривою лінією із забезпеченням неперервної кривини на ділянці (рис. 2).

Крива лінія будується між точками A і B, в яких задані кути нахилу дотичних (кути нахилу прямолінійних ділянок) та кривина (для прямолінійної



ділянки дорівнює 0). Обмеженням по площині є пряма лінія паралельна лінії, що з'єднує точки  $A$  і  $B$  та знаходиться на заданій відстані від неї  $f_{\max}$ .

Крива, що моделюється буде складатись з двох криволінійних ділянок заданих параболічним розподілом кривини, де точкою стикування буде точка  $C$ , що знаходиться на максимальній відстані від лінії, яка з'єднує точки  $A$  і  $B$ .

Для спрощення побудови криволінійних ділянок, геометричне моделювання будемо виконувати в прямокутній системі координат, центр якої знаходиться в точці  $A$ , а вісь  $x$  проходить через точку  $B$  (рис. 3).

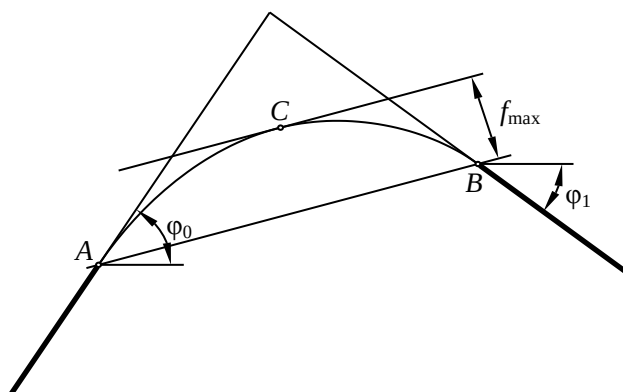


Рис. 2. Обмеження для кривої з параболічним розподілом кривини

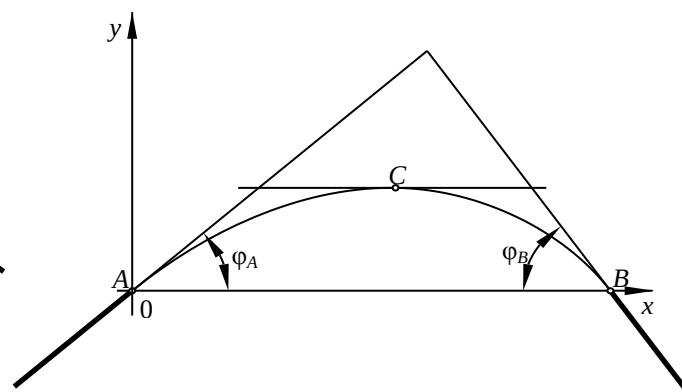


Рис. 3. Система координат для моделювання

Тоді кути нахилу дотичних в початковій та кінцевій точках будуть дорівнювати новим значенням –  $\phi_A$  і  $\phi_B$ .

Рівняння розподілів кривини криволінійних ділянок будуть мати вигляд:

$$K_1(s) = a_1 s^2 + b_1 s + c_1; \quad (1)$$

$$K_2(s) = a_2 s^2 + b_2 s + c_2, \quad (2)$$

де  $a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2$  – невідомі коефіцієнти розподілів кривини, що знаходяться в результаті моделювання криволінійних ділянок.

В точках  $A$  і  $B$  кривина ліній буде дорівнювати 0, а в точці  $C$  – кривина першої ділянки дорівнює кривині другої ділянки, отже:

$$K_1(0) = c_1 = 0;$$

$$K_2(S) = a_2 S^2 + b_2 S + c_2 = 0;$$

$$K_1(s_{\max}) = a_1 s_{\max}^2 + b_1 s_{\max} + c_1 = a_2 s_{\max}^2 + b_2 s_{\max} + c_2 = K_2(s_{\max}),$$

де  $S$  – довжина криволінійної ділянки від точки  $A$  до точки  $B$ ;  $s_{\max}$  – довжина криволінійної ділянки від точки  $A$  до точки  $C$ . Значення довжин знаходяться в результаті моделювання.

Після перетворень і підстановки до виразів (1) і (2) випливає, що

$$K_1(s) = \frac{s^2}{s_{\max}} \left( c_2 \frac{S^2 - s_{\max}^2}{s_{\max} S^2} + b_2 \frac{S - s_{\max}}{S} - b_1 \right) + b_1 s;$$

$$K_2(s) = c_2 + b_2 s - \frac{s^2}{S} \left( c_2 \frac{1}{S} + b_2 \right).$$

Формули для визначення кутів нахилу дотичних до кривої мають вигляд:

$$\varphi_1(s) = \varphi_A + \frac{s^3}{3s_{\max}} \left( c_2 \frac{S^2 - s_{\max}^2}{s_{\max} S^2} + b_2 \frac{S - s_{\max}}{S} - b_1 \right) + b_1 \frac{s^2}{2};$$

$$\varphi_2(s) = \varphi_C + c_2 s + b_2 \frac{s^2}{2} - \frac{s^3}{3S} \left( c_2 \frac{1}{S} + b_2 \right).$$

В точках  $A$  і  $B$  кути нахилу дотичних задаються, а в точці  $C$  – кут нахилу дотичної дорівнює куту дотичної другої ділянки і дорівнює 0, отже після підстановки граничних умов і перетворень, отримаємо:

$$K_1(s) = 6\varphi_A \frac{s}{s_{\max}^2} \left( \frac{s}{s_{\max}} - 1 \right) + \varphi_B \frac{s(3S - s_{\max})}{S^2(S - s_{\max})} \left( \frac{3s}{s_{\max}} - 2 \right);$$

$$K_2(s) = \varphi_B \frac{s[2(3S^2 - s_{\max}^2) - 3s(2S - s_{\max})] - Ss_{\max}(3S - 2s_{\max})}{S^2(S - s_{\max})^2};$$

$$\varphi_1(s) = \varphi_A \left[ 1 + \frac{s^2}{s_{\max}^2} \left( \frac{2s}{s_{\max}} - 3 \right) \right] + \varphi_B \frac{s^2(3S - s_{\max})}{S^2(S - s_{\max})} \left( \frac{s}{s_{\max}} - 1 \right);$$

$$\varphi_2(s) = \varphi_B \frac{s\{s[(3S^2 - s_{\max}^2) - s(2S - s_{\max})] - Ss_{\max}(3S - 2s_{\max})\}}{S^2(S - s_{\max})^2}.$$

Таким чином, отримаємо вирази для визначення невідомих коефіцієнтів параболічного розподілу кривини в залежності від граничних умов:

$$a_1 = \frac{6\varphi_A}{s_{\max}^3} + 3\varphi_B \frac{3S - s_{\max}}{s_{\max} S^2(S - s_{\max})}; \quad b_1 = -\frac{6\varphi_A}{s_{\max}^2} - 2\varphi_B \frac{3S - s_{\max}}{S^2(S - s_{\max})}; \quad c_1 = 0;$$

$$a_2 = -3\varphi_B \frac{2S - s_{\max}}{S^2(S - s_{\max})^2}; \quad b_2 = 2\varphi_B \frac{3S^2 - s_{\max}^2}{S^2(S - s_{\max})^2}; \quad c_2 = -\varphi_B \frac{s_{\max}(3S - 2s_{\max})}{S(S - s_{\max})^2}.$$

Подальші дослідження слід спрямувати на побудову та аналіз диференціальних характеристик плоскої кривої із параболічним розподілом кривини.

## Література

1. Борисенко В. Д. Геометричне моделювання плоских криволінійних обводів за заданим параболічним законом розподілу їх кривини / В. Д. Борисенко, С. А. Устенко, В. С. Комар // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Випуск 4 "Прикладна геометрія та інженерна графіка". – Мелітополь: ТДАТА, 2007. – Том 35. – С. 26–31.

2. Борисенко В. Д. Побудова плоскої кривої лінії з параболічним законом розподілу її кривини, дотичної до заданого кола / В. Д. Борисенко, С. А. Устенко, В. С. Комар // Вестник Херсонского национального технического университета. – Херсон: ХНТУ, 2008. – Вып. 2 (31). – С. 82–87.

3. Устенко С. Геометричне моделювання плоскої кривої із параболічною кривиною при заданому її відхиленні від лінійного розподілу / С. Устенко,

О. Синявін // Геометричне моделювання та інформаційні технології. – Миколаїв: МНУ імені В. О. Сухомлинського, 2016. – №1. – С. 109–115.

УДК 656.073

## ПЛАНУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ ТА УЗГОДЖЕННЯ ТРИВАЛОСТІ РОБОТИ НА МІЖНАРОДНИХ АВТОПЕРЕВЕЗЕННЯХ

**С. І. Бондарєв**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Для отримання високих прибутків на транспорті, необхідні постійний моніторинг та професійні підходи до формування транспортних систем, використання вантажної техніки, робочого персоналу, тари та організаційні розробки з доставки і переміщення будь-яких матеріалів з однієї точки в іншу за оптимальним маршрутом. Отже, вирішення вказаних задач дозволить узгодити логістику взаємопов'язаних виконавчих транспортних ланок, які задіяні у переміщенні вантажів.

В рамках виконання якісного транспортного процесу надважливою задачею є складення оптимальних графіків подачі транспорту у визначений час. Проведені дослідження присвячені обґрунтуванню адекватної математичної моделі для узгодження ефективної роботи транспортних і вантажних засобів у заданих часових межах.

Нами запропоновано основну залежність тривалості простоїв з технологічних причин для отримання математичної моделі для визначення часу при виконання міжнародного оборотного рейсу:

$$t_{об} = t_n + t_{розв} + 2 \cdot n_{мит} \cdot t_{мит} + \frac{L_{об} \cdot (T_{зм} + (N_{пер} t_{пер} + t_{цпо}))}{V_m T_{зм}} \quad (1)$$

де  $n_{мит}$  – кількість митниць;  $t_{мит}$  – час для проходження митного пункту;  $t_{пер.цпо}$  – сумарний час простою (перерви і щоденні відпочинки водіїв;  $L_{об}$  – довжини рейсу;  $T_{зм}$  – час на виконання зміни;  $N_{пер}$  – кількість перерв протягом однієї зміни;  $t_{пер}$  – час на проведення однієї перерви водія.

За результатами проведеної роботи нами обґрунтована суть існуючої проблеми щодо узгодження роботи автотранспорту та навантажувально-розвантажувальних засобів складських комплексів при виконанні міжнародних автомобільних перевезень.

Проаналізовані ряд організаційних засад щодо режимів роботи та відпочинку екіпажів транспортних засобів у відповідності з вимогами щодо роботи і відпочинку водіїв. Запропонована математична модель для визначення часу виконання міжнародного оборотного рейсу в залежності від обмежень

тривалості роботи і відпочинку водіїв за правилами Європейської угоди щодо роботи екіпажів транспортних засобів.

УДК 378.147:631.3

## МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ВИКЛАДАННЯ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

**О. А. Дьомін**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Вищі аграрні заклади освіти готують майбутніх висококваліфікованих фахівців для роботи в сільськогосподарському виробництві, які повинні бути конкурентоздатними на ринку праці, мислити ринковими категоріями, здатними творчо розв'язувати найскладніші проблеми сільського господарства, творчо працювати в складних економічних умовах і бути готовими в цих умовах знаходити можливості нарощувати продуктивність сільськогосподарського виробництва.

Навчальний процес вищого аграрного закладу освіти має ту особливість, що студенти переважної більшості спеціальностей вивчають сільськогосподарську техніку, та технології сільськогосподарського виробництва. На цих об'єктах зосереджується в основному весь навчальний процес. Крім того, кожен "об'єкт вивчення" має індивідуальні особливості, не притаманні іншим об'єктам того ж типу (рис. 1).



Рис. 1. Зернозбиральний комбайн Claas Lexion 460

Це зумовлює необхідність організувати безпосереднє вивчення студентами конкретних об'єктів в їх натуральному вигляді. В процесі такого учіння відбувається безпосередній контакт студентів з об'єктом пізнання, в результаті якого вони відкривають для себе нові знання, формують специфічні пізнавальні вміння, які утворюють базу для подальшого проникнення в сутність об'єкту, що вивчається на професійному рівні. Безперечно, цей процес повинен скеровуватись чіткими діями викладача, що спрямовують і коригують пізнавальну роботу студентів.

Слід підкреслити, що здебільшого об'єкти вивчення в натуральному вигляді мають обмежену зорову інформативність, яка багато в чому не розкриває їх сутності, і тому студенти відчують значні труднощі при сприйманні зорової навчальної інформації з таких об'єктів. Такі об'єкти часто бувають важкодоступними, а іноді й недоступними, для оволодіння знаннями про них на професійному рівні (рис. 2).



Рис. 2. Зерноочисна машина барабанного типу

Тому в навчальному процесі широко застосовуються наочні посібники, які опосередковано розкривають нову зорову інформацію про об'єкти пізнання, і таким чином дають можливість створювати умови доступності для оволодіння знаннями про них. Інтегративним поєднанням зорової інформації в природно-натуральному вигляді та наочності, яка опосередковано несе зорову інформацію про об'єкт пізнання, розгортається безмежне поле діяльності для педагогічних пошуків прогресивних інновацій, спрямованих на вдосконалення існуючих, на створення нових прогресивних педагогічних технологій.

Проблемі використання наочності в навчальному процесі приділялась увага як вчених педагогів далекого минулого (В. Н. Водовозов, П. Ф. Каптерев, Я. А. Коменський, Й. Г. Песталоцці, К. Д. Ушинський) так і сучасних вчених (А. М. Алексюк, С. І. Архангельський, Ю. К. Бабанський, Д. В. Вількеєв, М. А. Данілова, І. І. Дрига, А. І. Дьомін, В. Є. Євдокимов, Л. В. Занков, С. І. Зінов'єв, А. І. Зільберштейн, З. І. Калмикова, Є. Н. Кабакової-Меллер, Б. І. Коротяєв, І. Я. Лернер, М. І. Махмутов, Н. Г. Ничкало, В. О. Онищук, І. І. Паламар, В. І. Паламарчук, М. М. Скаткін, А. В. Усова, І. Ф. Харламов, Г. І. Щукіна, В. Ф. Шаталов, Т. І. Шамова). Розробкою методики проведення занять з вивчення сільськогосподарської техніки займались в різні часи такі досвідчені викладачі і науковці, як В. Л. Кобезський, В. С. Гапоненко, Д. Г. Войтюк, Г. С. Баранівський та інші.

Разом з тим, не всі викладачі усвідомлюють, що сприймання зорової інформації студентами, як і інші складні психічні процеси, відбувається за своїми закономірностями. Як показали дослідження, ці закономірності досить складні і суперечливі, до того ж в значній мірі ще не розкриті. В педагогічній науці останні десятиріччя було надто мало праць, присвячених використанню наочності у вищій школі, і практично відсутні дослідження цього напрямку в умовах вищих аграрних закладів освіти.

У зв'язку з цим, при розробці та впровадженні інноваційних педагогічних технологій виникають проблеми щодо ефективності їх застосування у навчально-виховному процесі.

Викладачі під час повідомлення нового матеріалу дуже часто проводять пояснення та ілюстрацію чи демонстрацію одночасно. Створюють наочність, у якій одночасно присутні зорова і звукова інформації, як наприклад навчальні фільми, де одночасно з демонстрацією робочого процесу машини звучать коментарі диктора.

І в тому, і в другому випадках студенти потрапляють у безглузде положення, коли вони змушені розподіляти свою увагу по двох каналах одночасно, щоб сприйняти нову інформацію. Таке завдання протиприродне, тому студенти у кращому разі сприймають інформацію з одного каналу, з труднощами перемагаючи завади, які чинить у цей час другий інформаційний канал. Значна частина студентів у таких умовах фіксують якісь розрізнені фрагменти в основному зорової інформації. Тут неминує діє закономірність про вибірковість зосередження уваги у кожний момент на чому-небудь одному. Увага немовби виконує обов'язки сигнально-диспетчерської служби, мимоволі зосереджуючись на тому з аналізаторів на який у цей момент діє сильніший подразник.

В умовах, коли немає неочікуваних сильних подразників, свідомість сама підключає аналізатори в потрібній послідовності, або той самий аналізатор переводить з одного предмета на інший.

Можна думати, що ми відразу бачимо перед собою кілька предметів. Але варто свідомо проконтролювати себе, як впевнюємось, що спочатку сприйняли

не предмети, а ситуацію, в якій беруть участь розташовані перед нами предмети. Конкретні ж предмети ми вимушені розглядати кожен окремо, послідовно переводячи увагу з одного на другий. Якщо увага переводиться швидко, то може створитися враження одночасності сприймання. Але знову ж, проконтролюємо себе свідомістю, і переконаємось, що це враження ілюзорне. Насправді має місце не одночасний розгляд декількох предметів, а дуже швидке переведення уваги з предмета на предмет.

Протиріччя у використанні закономірності моновибірковості уваги і теорії залучення до сприймання різних аналізаторів людини утворюються в навчанні штучно. Це відбувається тоді, коли викладач нехтує вказаними закономірностями. Тоді дійсно виникають завади, які перешкоджають нормальному здійсненню пізнавальної діяльності студентів. Наприклад викладачеві плідівництва при вивченні певного сорта яблук не спаде на думку дати завдання студентам, щоб вони в одну й ту ж саму мить часу дивились на яблуко, нюхали його, кусали і відчували смак.

Викладач по черзі переводить увагу студентів з одного аналізатора на інший. Спочатку вони по черзі оглядають забарвлення яблук, форму їх окремих частин, потім звертають увагу на запах, потім на смак та інші особливості сорту. В цьому випадку увага студентів кожного разу працює з одним із аналізаторів, сприяючи повноцінному сприйманню якоїсь однієї властивості об'єкту, що вивчається. За завданням викладача, увага студентів через певний час переводиться на аналіз відчуттів іншого аналізатора, і знов увага без перешкод несе свою важливу місію у пізнавальній роботі.

Ці особливості поєднання роботи органів відчуття і уваги у навчанні необхідно враховувати при використанні наочності в процесі викладу нового матеріалу за інноваційними педагогічними технологіями.

### **Висновки**

В процесі формування загального поняття про роботу машини, потрібно спочатку подавати невелику дозу словесної інформації, а потім демонструвати відповідну образну інформацію, яка породжує певні уявлення. Після цього знову подавати наступну дозу словесної інформації, потім знову відповідну їй зорову інформацію. Таким чином поєднуються образне сприймання і понятійне узагальнення, які інтегруються між собою. Як наслідок, виникають сприятливі умови для формування і осмислення понять про будову і принцип роботи складних об'єктів сільськогосподарської техніки. На основі проведених досліджень можна зробити такі рекомендації:

1. Ні в якому разі не можна одночасно подавати нову слухову і нову зорову інформацію.
2. Різні види інформації необхідно чітко чергувати одна за другою.
3. Під час переходу з одного виду інформації на інший доцільно давати попередню установку, щоб студенти знали про те, що їм належить сприймати.

УДК 514.18

## ДЕЯКІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ БАГАТОЧЛЕНІВ ТРЕТЬОГО СТЕПЕНЯ

**В. Д. Борисенко<sup>1</sup>, А. С. Устенко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Миколаївський національний університет імені В. О. Сухомлинського

<sup>2</sup> Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Криві лінії широко застосовуються в різних галузях науки і техніки. Вони поширені в геометричному моделюванні багатьох технічних об'єктів. Кривими лініями описуються обводи суден, літаків, автомобілів, лопаток турбін і компресорів. Поява нових сфер застосування кривих ліній вимагає від фахівців з прикладної геометрії створення нових методів їх генерації. Питання дослідження кривих є актуальним. Воно має теоретичне і практичне значення.

Розглянемо раціональний багаточлен  $n$ -го степеня, який у загальному вигляді записується наступним чином:

$$y(x) = b \sum_{k=0}^n a_k \left( \frac{x}{l} \right)^k, \quad 0 \leq x \leq l, \quad 0 \leq l \leq b, \quad (1)$$

де:  $b$  і  $l$  – найбільші значення відповідних декартових координат,

$k$  – показник ступеня, який може дорівнювати  $n$  або мати менше значення.

Точка  $A$  (рис. 1) має координати:  $x_A = 0$ ,  $y_A = b$ . Прийmemo, щоб у цій точці похідна дорівнювала нулю, тобто  $y'_A = 0$ .

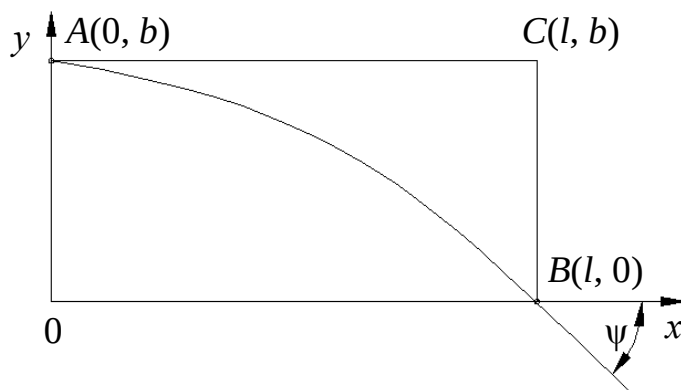


Рис. 1. Приклад модельованої кривої

Застосовуючи ці умови визначимо два перших коефіцієнти рівняння (1):

$$a_0 = 1 \text{ і } a_1 = 0.$$

З урахуванням цих коефіцієнтів рівняння багаточлену (1) набуде вигляду:

$$y(x) = b \left[ 1 + \sum_{k=2}^n a_k \left( \frac{x}{l} \right)^k \right], \quad (2)$$



У точці  $B$  з координатами  $x_B = l$ ;  $y_B = 0$  крива має утворювати з віссю абсцис кут  $\psi$ , тобто  $y'_B = \operatorname{tg}\psi$ . Для кривої, показаної на рис. 1 кут  $\psi$  може варіюватися в межах від 0 до майже  $-90^\circ$ .

Умови в точці  $B$  дозволяють прийти до наступних висновків:

$$\sum_{k=2}^n a_k = -1; \quad \sum_{k=2}^n k a_k = \frac{l}{b} \operatorname{tg}\psi, \quad -90^\circ < \psi \leq 0. \quad (3)$$

Записані граничні умови для початкової та кінцевої точок кривої можуть виконуватися, якщо застосовуються багаточлені степеня  $n \geq 3$ , тобто такі багаточлени, які мають чотири та більше невідомих коефіцієнтів.

Із усіх можливих кривих виберемо ті, для яких у точці  $A$  досягається максимум, тобто  $y'' < 0$ . Це буде мати місце, якщо  $a_2 < 0$ .

При математичному описі кривих часто буває необхідним, щоб перша похідна змінювалася монотонно, тобто  $y'(x) < 0$  для  $x \in (0, l)$  або

$$\sum_{k=2}^n k a_k \left( \frac{x}{l} \right)^{k-1} < 0. \quad (4)$$

Умова (4) виконується, якщо функція (2) не досягає максимумів і мінімумів на інтервалі  $(0, l)$ .

Складемо рівняння

$$\sum_{k=2}^n k a_k \left( \frac{x}{l} \right)^{k-1} = 0. \quad (5)$$

Дійсні корені цього рівняння є абсцисами всіх екстремумів кривої (2). Між двома сусідніми екстремумами крива (2) є монотонною. Ця обставина може використовуватися для встановлення монотонності функції (2) на ділянці  $0 < x < l$ .

Розглянемо моделювання кривих у випадку, коли  $n = 3$ . За цього значення показника степеня багаточлену рівняння (3) набудуть вигляду:

$$\begin{aligned} a_2 + a_3 &= -1; \\ 2a_2 + 3a_3 &= \frac{l}{b} \operatorname{tg}\psi. \end{aligned} \quad (6)$$

Ця система рівнянь має наступний розв'язок:

$$\begin{aligned} a_2 &= -3 - \frac{l}{b} \operatorname{tg}\psi; \\ a_3 &= -1 - a_2. \end{aligned}$$

Монотонність кривої (2) забезпечується виконанням умови (6), яка при  $n = 3$  рівносильна наступному

$$2a_2 + 3a_3 \frac{x}{l} < 0. \quad (7)$$

На правому кінці кривої, де  $x = l$ , виконання граничної вимоги  $y'_B = \operatorname{tg} \psi$  з урахуванням другого із співвідношень (6) означає, що

$$2a_2 + 3a_3 \leq 0. \quad (8)$$

Оскільки  $a_2 < 0$ , то із нерівності (8) випливає виконання залежності (7) незалежно від знаку коефіцієнта  $a_3$ . Тому умову (8) можна вважати умовою монотонності функції (2) при показнику степеня  $n = 3$ . Отже, виконання нерівності  $a_2 < 0$  і умов (8) означає придатність функції (2) при  $n = 3$  для опису монотонних кривих.

На рис. 2 для прикладу наведені результати моделювання трьох кривих, які описуються багаточленами (1) третього степеня та побудовані за умови варіювання кута  $\psi$ .

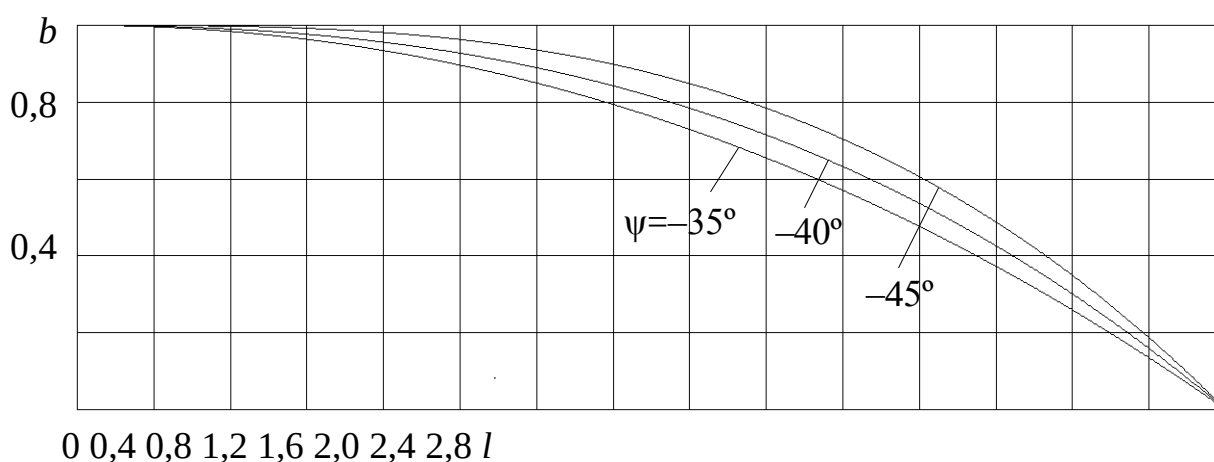


Рис. 2. Вплив кута  $\psi$  на параболічні криві третього степеня

На завершення треба відзначити, окрім кута  $\psi$ , не має додаткових можливостей впливати на форму змодельованої кривої. Ці можливості можна реалізувати збільшенням показника степеня.

Не зважаючи на певні обмеження, застосовані при побудові кривих, що описуються багаточленом третього степеня, зокрема рівність нулю кута нахилу дотичної до кривої в точці  $A$ , відповідною зміною системи координат можна забезпечити потрібну величину цього кута, відкоригувавши, зрозуміло, при цьому його значення в точці  $B$  на кут повороту системи координат.

УДК 514.18

## РУХ ЧАСТИНКИ ПО ОГОРОДЖУЮЧОМУ КОЖУХУ У ВИГЛЯДІ ЦИЛІНДРА АРХІМЕДА

**А. В. Несвідомін**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

В обчісуючих зернозбиральних жатках встановлюють огорожуючі кожухи різних циліндричних форм, призначення яких направити зерновий ворох в задане місце для його подальшого транспортування. В такому кожусі рухома зернівка може знаходитися як зверху, так і знизу шорсткої поверхні. Отже на певних ділянках траєкторії за рахунок сили тяжіння можливий її відрив від поверхні, що приводить до втрати врожаю. Щоб цього не відбулося, величина відцентрової сили зернівки, яка залежить від швидкості обертання обчісуючого бітера, повинна бути більшою сили тяжіння зернівки настільки, щоб сила нормальної реакції була додатною. Але при великій початковій швидкості зернівки можливе її ушкодження в момент її попадання на поверхню.

Циліндричні поверхні з спіральними ортогональними перерізами по різному транспортують матеріал в залежності не тільки від форми і положення поверхні, але і напрямку їх кидання - в бік закручування чи розкручування спіралі. Також ці поверхні дозволяють розподілити сипучий матеріал в просторі між їх витками. Підтвердимо це на прикладі моделювання руху частинки по шорсткій циліндричній поверхні з ортогональним перерізом у вигляді спіралі Архімеда, параметричне рівняння  $uv$ -координатної сітки якого запишемо у вигляді:

$$\mathbf{R} = [au \cos(u), au \sin(u) \cos(\xi) - v \sin(\xi), a u \sin(\xi) + v \cos(\xi)], \quad (1)$$

де:  $a$  – параметр спіралі Архімеда;

$\xi$  – кут нахилу між віссю поверхні циліндра і віссю  $Oy$  в площині  $Oyz$ .

Формування законів руху частинки по шорсткій внутрішній поверхні циліндра Архімеда представлено в лістингу *CylinderArchimedes\_t* (див. [geometry.com.ua](http://geometry.com.ua)) і мають наступні вигляди в проекціях на орти:

- $u$  і  $v$  супровідного тригранника  $OuvN$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} Ou := \frac{ma \left( \frac{d^2}{dt^2} u(t) (u(t)^2 + 1) + u(t) \left( \frac{d}{dt} u(t) \right)^2 \right)}{\sqrt{u(t)^2 + 1}} = - \frac{mg (u(t) \cos(u(t)) + \sin(u(t))) \sin(\xi)}{\sqrt{u(t)^2 + 1}} - \\ \frac{mf a \frac{d}{dt} u(t) \left( a (u(t)^2 + 2) \left( \frac{d}{dt} u(t) \right)^2 - g (u(t) \sin(u(t)) - \cos(u(t))) \sin(\xi) \right)}{\sqrt{a^2 (u(t)^2 + 1) \left( \frac{d}{dt} u(t) \right)^2 + \left( \frac{d}{dt} v(t) \right)^2}} \\ Ov := m \frac{d^2}{dt^2} v(t) = - \frac{mf \frac{d}{dt} v(t) \left( a (u(t)^2 + 2) \left( \frac{d}{dt} u(t) \right)^2 - g (u(t) \sin(u(t)) - \cos(u(t))) \sin(\xi) \right)}{\sqrt{u(t)^2 + 1} \sqrt{a^2 (u(t)^2 + 1) \left( \frac{d}{dt} u(t) \right)^2 + \left( \frac{d}{dt} v(t) \right)^2}} - \\ mg \cos(\xi) \end{array} \right. , \quad (2)$$

• ***T* і *P* супровідного тригранника **OTPN**:**

$$\left\{ \begin{array}{l} OT := \frac{m \left( a^2 \frac{d}{dt} u(t) \frac{d^2}{dt^2} u(t) + \frac{d}{dt} v(t) \frac{d^2}{dt^2} v(t) \right)}{\sqrt{a^2 \left( \frac{d}{dt} u(t) \right)^2 + \left( \frac{d}{dt} v(t) \right)^2}} = \frac{-mg (a \cos(u(t)) \frac{d}{dt} u(t) \sin(\xi) + \frac{d}{dt} v(t) \cos(\xi))}{\sqrt{a^2 \left( \frac{d}{dt} u(t) \right)^2 + \left( \frac{d}{dt} v(t) \right)^2}} - \\ mf \left( a \left( \frac{d}{dt} u(t) \right)^2 - g \sin(u(t)) \sin(\xi) \right) \\ OP := -ma \left( \frac{d}{dt} u(t) \frac{d^2}{dt^2} v(t) - \frac{d}{dt} v(t) \frac{d^2}{dt^2} u(t) \right) = mg \left( a \frac{d}{dt} u(t) \cos(\xi) - \frac{d}{dt} v(t) \cos(u(t)) \sin(\xi) \right) \end{array} \right. \quad (3)$$

Початковими умовами знаходження залежностей  $u(t)$  і  $v(t)$  є:

$$Oi := u(0) = u_o, \frac{d}{dt} u(0) = \frac{V_o \sin(\alpha_o)}{a \sqrt{u_o^2 + 1}}, v(0) = v_o, \frac{d}{dt} v(0) = V_o \cos(\alpha_o). \quad (4)$$

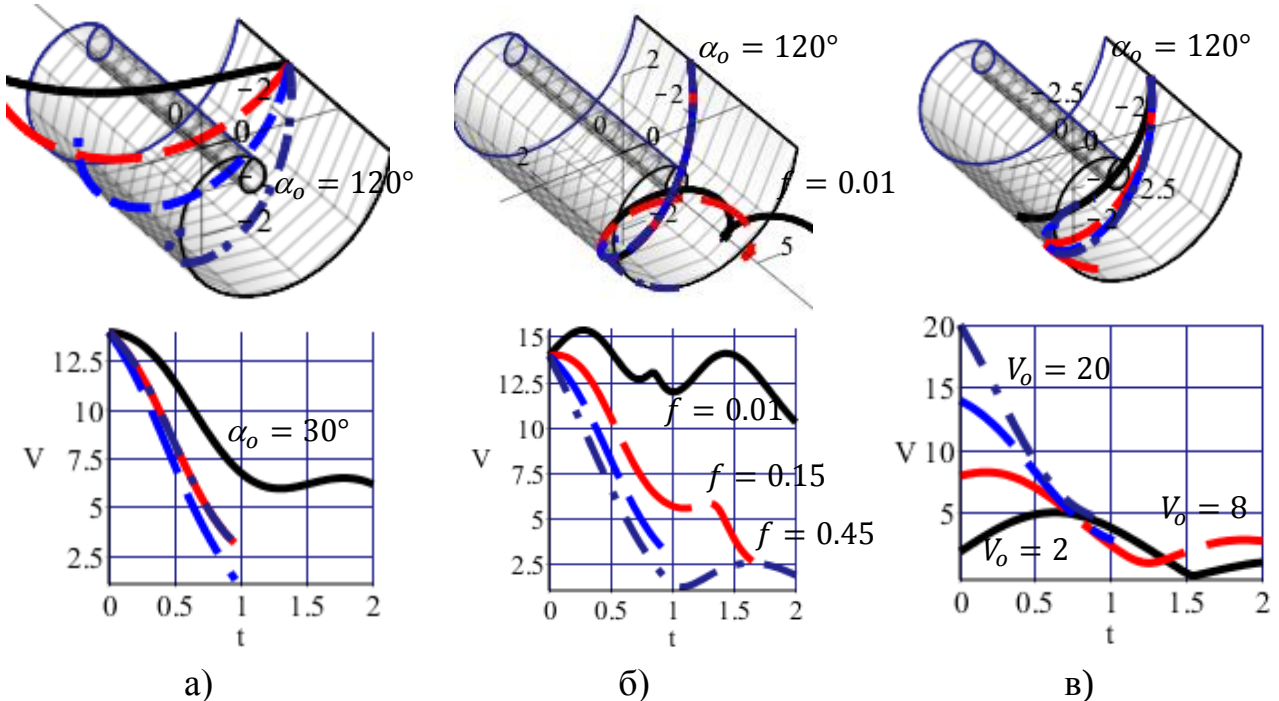


Рис. 1. Траєкторії  $\mathbf{r}(t)$  та швидкості  $V(t)$  частинок по внутрішній поверхні горизонтального циліндра Архімеда випуклістю вниз

На рис.1 наведено зображення траєкторій  $\mathbf{r}(t)$  та графіки швидкості  $V(t)$  частинки в залежності кута  $\alpha_o = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$  кидання по горизонтальному циліндру Архімеда випуклістю вниз (як це відбувається на нижньому кожуху жатки). Із графіка  $V(t)$  можна бачити (рис.1,а), що всі частинки зупиняться на поверхні і найпершою та, яка була кинута під кутом  $\alpha_o = 90^\circ$  - перпендикулярно до прямолінійних твірних циліндра.

Якщо ж кидати частинки під однаковим кутом  $\alpha_o = 120^\circ$ , але з різним коефіцієнтом тертя  $f = 0.01, 0.15, 0.3, 0.45$ , то частинка з коефіцієнтом  $f$  тертя (рис. 1,б): 1)  $f = 0.45$  після проходження найнижчої прямолінійної твірної, вернеться назад і зупиниться біля неї через проміжок часу  $t \cong 2.4$ ; 2)  $f = 0.3$  при підйомі по поверхні відірветься від неї в момент  $t \cong 1$ ; 3)  $f = 0.15$  перейде у більш зігнуту полу циліндричної поверхні і там зупиниться в момент  $t \cong 1.6$ ; 4)  $f = 0.01$  буде рухатися до лінії самоперетину поверхні.

Для частинок з однаковим коефіцієнтом тертя  $f = 0.3$ , але різною початковою швидкістю  $V_o = 2, 8, 14, 20$  маємо наступні відмінності у їх переміщенні (рис.1,г): 1) при  $V_o = 2$  і  $V_o = 8$  частинки зупиняться біля найнижчої прямолінійної твірної через проміжок часу  $t \cong 2.6$ ; 2) при  $V_o = 14$  і  $V_o = 20$  частинки відірвуться від поверхні після проходження найнижчої прямолінійної твірної через проміжок часу  $t \cong 1.0$ .

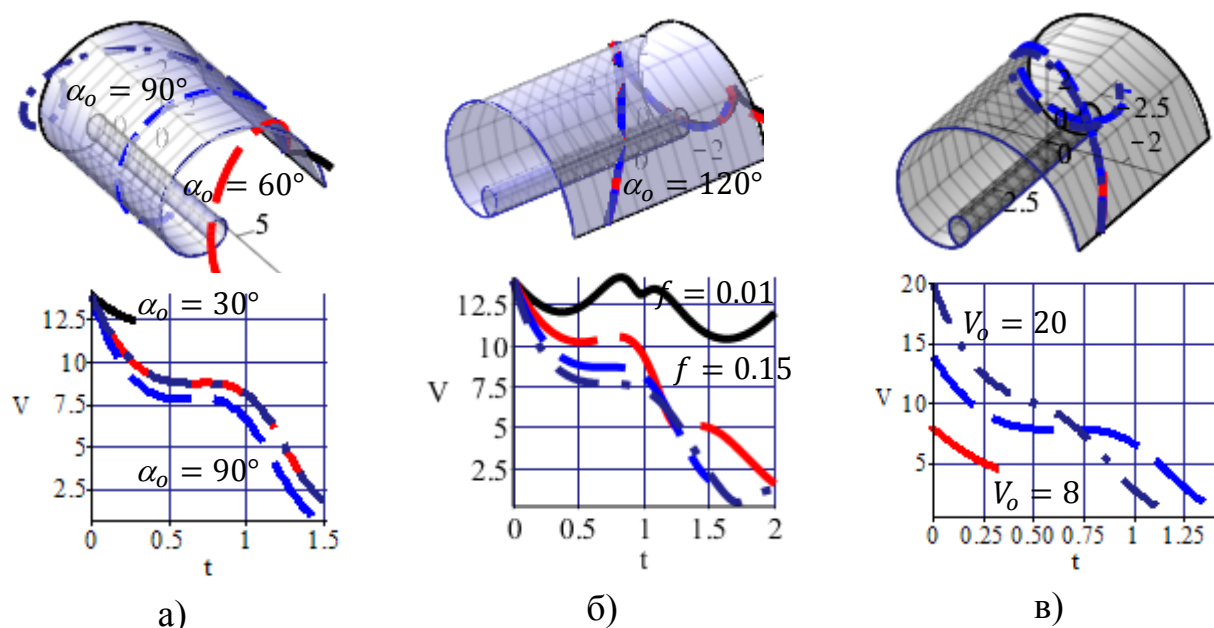


Рис. 2. Траєкторії  $\mathbf{r}(t)$  та швидкості  $V(t)$  частинок по внутрішній поверхні горизонтального циліндра Архімеда випуклістю вверх

Траєкторії  $\mathbf{r}(t)$  частинки та графіки її швидкості  $V(t)$  по циліндричній поверхні Архімеда випуклістю вверх в залежності від кута  $\alpha_o = 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ$  її кидання з коефіцієнтом тертя  $f = 0.3$  та початковою швидкістю  $V_o = 14$  показано на рис.2,а Оскільки рух частинок здійснюється по внутрішній поверхні циліндра знизу (подібно верхньому огорожуючому

кожуху жатки), то деякі частинки можуть відірватися від поверхні. Зокрема, частинка кинута під кутом  $\alpha_o = 30^\circ$  (ближче до напрямку прямолінійної твірної), через проміжок часу  $t \cong 0.3$  відірветься від поверхні. Всі інші частинки пройдуть верхню частину поверхні і опиняться на більш закрученій полі циліндра, де і зупиняться. Частинки кинуті під однаковим кутом  $\alpha_o = 120^\circ$  з коефіцієнтами тертя  $f = 0.15, 0.3, 0.45$  теж зупиняться на більш закрученій полі циліндра (рис.2,б). Щоб частинка не відірвалась від поверхні циліндра, її відцентрова сила повинна бути більшою за силу тяжіння вздовж всієї траєкторії. Для частинки з початковою швидкістю  $V_o = 8$  це не виконується, а тому через  $t \cong 0.3$  вона відпаде від поверхні (рис. 2,в).

**Висновок.** Аналогічні дослідження потрібно провести для інших циліндричних поверхонь, зокрема евольвентним циліндром, що дозволило теоретично оцінити їх використання для огорожуючих кожухів.

УДК 656.073

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКІСНИХ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ҐРУНТООБРОБНОЇ ТЕХНІКИ

**С. І. Бондарєв**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Застосування «зелених технологій» передбачає використання широкого спектру ґрунтообробної техніки з основного обробітку і догляду за культурами. Однак, у результаті затуплення їх робочих органів, якісні параметри роботи погіршуються, а після досягнення певної величини зносу не відповідають агротехнічним вимогам вирощування культур.

Нами проведений ґрунтовний аналіз досліджень вчених з приводу обґрунтування граничного спрацювання лез культиваторних лап. Встановлено, що єдиного підходу ані теоретичного, ані практичного на даний час не існує. Тому нами були проведені цикл досліджень в комплексі в одноманітних умовах.

Встановлено, що залежність радіуса лез лап  $r$  від наробітку  $L$  носить не лінійний характер і апроксимується залежністю:

$$r = 0,0139 + 0,0054L - 0,00001L^2$$

а залежність тягового опору від ступеня спрацювання лез лап описується рівнянням

$$k_L = 2,692 - 0,547V + 0,0585V^2 + 0,00061V \cdot L - 0,000017L^2$$

Отже, спрацювання лез лап є поступово наростаючим процесом, але приріст його найбільший на початковій стадії роботи (в межах  $L=0 \dots 50$  км).

Важливим фактором передпосівного обробітку ґрунту і догляду за посівами є якість зрізання коренів бур'янів. Тому були проведені польові та лабораторні дослідження якісних та енергетичних показників роботи лез лап з різним ступенем спрацювання. Встановлено, що при збільшенні спрацювання лез лап збільшується кількість не зрізаних коренів бур'янів, які безпосередньо мають стрижневу кореневу систему. Тому проведені широкий спектр досліджень фізико-механічних властивостей найбільш поширених і чисельний бур'янів в Україні.

Були проведені дослідження з визначення фрикційних властивостей коренів бур'янів: сила, коефіцієнт і кут тертя по ґрунту і сталевій поверхні. Для різних бур'янів кути тертя коренів по сталевій поверхні  $\varphi_1$  при статичному навантаженні отримані у межах 34-41 град., а при динамічному – 25-32 град.. Кути тертя  $\varphi_1$  при статичному навантаженні більші майже на 30% за кути тертя, визначені при динамічному навантаженні. Відповідно для статичних і динамічних умов випробування кути тертя коренів по ґрунту  $\varphi_2$  отримані у межах 42-44 град. та 36-39 град. відповідно.

Руйнівні зусилля коренів бур'янів на розрив визначалися як у польових, так і у лабораторних умовах. Аналіз отриманих результатів показує, що у межах діаметрів коренів 2,85-3,75 мм для кожного із видів бур'янів максимальне руйнівне напруження істотно не змінюється; руйнівне напруження розтягу для різних видів бур'янів відрізняється суттєво у 2-2,5 разів (для осоту польового, хвощу польового, берізки польової та молочаю польового воно становить, відповідно 52,4; 109,7; 78,6 та 129,8 Па), відносна деформація зразків коренів на розрив знаходиться в межах 5,9-11,7%. При збільшенні діаметра коренів зазначених бур'янів спостерігається тенденція зростання відносної деформації.

Руйнівне зусилля при різанні коренів бур'янів під дією динамічного навантаження визначалося у лабораторних умовах. Дослідження виконували у дев'ятикратній повторності на всіх режимах для інтервалу діаметрів поперечного перерізу від 2,7 до 4,0 мм вибраних видів бур'янів.

Так як, умовою розрізання кореня є наявність сили опору ґрунту  $R$ , величина якої повинна дорівнювати або бути більше сили різання  $R_{\text{різ}}$ , необхідної для розрізання ( $R \geq R_{\text{різ}}$ ) і враховуючи, що  $\sigma_p = a + br$ , умову розрізання коренів бур'янів можна записати як:

$$\frac{1}{3} \cdot d_k \cdot \rho \cdot h_1 \cdot \sin \varphi_2 = \frac{\pi \cdot d_k^2}{4} \times (a + br)$$

З представленої залежності максимально допустимий радіус  $r$  визначиться:

$$r \leq \frac{4\rho \cdot h_1 \cdot \sin \varphi_2}{3\pi \cdot b \cdot d_k} - \frac{a}{b}$$

Підводячи підсумок, за результатами проведеного комплексу досліджень обґрунтована аналітична модель, яка відповідає на питання, що спрацювання до максимально допустимого радіусу леза становить 0,3-0,4 мм (62-76 км пройденого шляху) за критерієм якісних показників – рівномірність ходу лап

(відхилення до 6-8%), зростання енергетичних витрат (в межах 5-7 %), якість підрізання бур'янів (відхилення до 2,5-4%).

УДК 631.3:360.172

## **ОСОБЛИВОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЛІСОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН**

***С. С. Карабиньош, Р. О. Бондаренко***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Інтенсифікація лісогосподарського виробництва на базі технічного переозброєння лісового господарства, переробних та інших галузей лісового комплексу – один з головних напрямків у подальшому розвитку України. У зв'язку з цим, важливе значення має підвищення ефективності використання, якості та надійності лісогосподарської техніки, рівня її технічного обслуговування та ремонту, включаючи організацію і проектування ремонтно-обслуговуючої бази. Підтримання техніки в роботоздатному стані, своєчасний технічний догляд і високоякісний ремонт є запорукою безвідмовної і високопродуктивної роботи її на протязі всього періоду експлуатації. В даний економічно складний для України час, коли порушилися міжгосподарські зв'язки залишається актуальною проблема підтримання вже не нової техніки в роботоздатному стані.

Значне місце у вирішенні такого важливого завдання належить розробці в майстерні окремої дільниці з відновлення деталей. Поряд із лісогосподарськими підприємствами різної форми власності, все більше фермерів і жителів сільської місцевості стають власниками автомобілів, тракторів, комбайнів та сільськогосподарських машин.

Можливість мати в майстерні дільницю з відновлення деталей, дозволяє не лише економити кошти що витрачаються на транспортування об'єктів ремонту, але й дає можливість заробити додаткові кошти на послугах приватним власникам та фермерським господарствам.

Стенд пневматичний клепальний призначений для клепання заклепок фрикційних накладок дисків муфт зчеплення, або гальмівних накладок колодкових гальм автотранспорту, зміцнення робочих поверхонь ґрунтообробних машин та відновлення працездатності деталей лісогосподарської техніки. До його складу входять (див. графічну частину): корпус, тумбочка, пневмопанель, вузол керування стендом, пневмоциліндр, важіль, кронштейни кріплення важелів, матриця і пуансон, штовхач. Тумбочка є основою для стенда. В середині її на панелі розміщена апаратура підготовки повітря і золотники керування роботою пневмоциліндра.



Силовим агрегатом є пневмоциліндр двохсторонньої дії, зусилля від якого передається через важіль, штовхач – на пуансон, а через нього – на заклепку. Залежно від типу і діаметру заклепки на підставку встановлюють змінну матрицю і фіксують її гайкою. Робота на стенді здійснюється через почергове розклепування попередньо встановлених в отвори вузла заклепок і натиском педалі вузла керування. Стенд оснащують комплектом змінних матриць і пуансонів для різних типів заклепок, в чому полягає перше вдосконалення стенда.

Ослаблені заклепки, які з'єднують ведений диск з маточиною, видаляють. Зношені отвори під заклепки в дисках, маточинах і масловідбивачах розсвердлюють під ремонтний розмір з наступним встановленням ремонтних заклепок і клепанням їх в холодному або гарячому стані.

Фрикційні накладки кріплять порожнистими латунними і алюмінієвими суцільними та стальними клепками, або приклеюють клеями типу ВС. Допустимі місцеві нещільності між диском і накладкою – 0,1-0,5 мм.

Максимальний діаметр заклепок, які зустрічаються на автомобілях – 9 мм, висота – 17 мм.

Зусилля заклепування обчислюють за формулою :

$$P = \sigma_s \cdot m \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot k_m \cdot k_c, \quad (1)$$

де  $\sigma_s$  – межа міцності металу заклепки (для сталі Ст. 3 – 400,0 МПа);

$k_m$  – коефіцієнт масштабності (залежить від об'єму поковки);

$k_c$  – швидкісний коефіцієнт (залежить від співвідношення швидкостей деформації і деформування (швидкості пуансона);

$m$  – розмірний коефіцієнт, що визначається за формулою:

$$m = 1 + \frac{\mu \cdot d}{h}, \quad (2)$$

де  $\mu$  - коефіцієнт Пуансона.

Швидкість деформації веде до зниження пластичності і збільшення опору деформації. Вплив швидкості деформації є чималим в умовах холодного наклепування. Швидкість деформування  $V$  – це швидкість поступального руху робочого органа (пуансона) преса. Швидкість деформування визначається з формули:

$$e = \frac{\varepsilon}{t}, \text{ с}^{-1}, \quad (3)$$

де  $\varepsilon = \frac{\Delta h}{h}$  - відносна зміна висоти заклепки;

$t$  – тривалість деформації, с.

$V$  для пневматичних молотів лежить в межах 250-500 мм/с.

УДК 631.3:360

## **ОЗНАКИ ГРАНИЧНОГО СТАНУ І ГРАНИЧНІ РОЗМІРИ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ПОДРІБНЮВАЛЬНИХ АПАРАТІВ КОРМОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ**

***В. М. Кучерявий<sup>1</sup>, С. С. Карабиньон<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

<sup>2</sup>*Національний науковий центр „ІМЕСГ”*

Робочі органи комбайнів спрацьовуються в багато разів швидше деталей інших вузлів і, звичайно, вони обумовлюють ресурс машини чи вузла до наступного технічного обслуговування або ремонту. Зовнішнім проявленням порушення технічного стану подрібнювальних апаратів є спрацювання, які приводять до зміни геометричних розмірів і форми робочої поверхні кромки леза ножів і протирізальної пластини. Внаслідок спрацювання ножів і протирізальної пластини збільшується величини зазору між ними, що погіршує якість подрібнення, збільшує довжину різки, а тонкі і короткі стеблини трав можуть втягуватись і заклинюватись в зазорі.

За ознаку граничного стану приймається одна або декілька якісних прикмет, які характеризують поступову чи раптову відмову об'єкта. Для переважної більшості машин КГС не встановлені, а в ряді випадків вони призначені за аналогією, без теоретичного обґрунтування і експериментальної перевірки. Недостатнє обґрунтування величин граничних розмірів нерідко призводить або до значного недовикористання ресурсів деталей і спряжень (при зниженні граничних розмірів) або до зростання аварійних відказів (при завищенні граничних розмірів).

Обґрунтування КГС відноситься до числа головних задач керування надійності машин. Граничний стан визначається за трьома критеріями: технічним, технологічним і економічним. В той же час основним критерієм буде тільки один, інші ж два мають лише допоміжне, контрольне значення. Враховуючи, що основним видом спрацювання, якого зазнають робочі органи подрібнювального апарата, є абразивне та корозійно-механічне, технічний критерій прийнятий як основний. Технологічний критерій доцільно використовувати як основний при визначенні комплексного параметра граничного стану комбайна в цілому за якісними показниками виконання вузлом своєї функції. Економічний критерій може бути використаний лише як допоміжний при обґрунтуванні допустимих розмірів.

КГС робочих органів подрібнювальних апаратів комбайнів прийняті товщина кромки леза ножа, зазор між лезом ножа і протирізальною частиною, ширина ножа і протирізальної пластини.

Вибір ознак обґрунтування КГС обумовлені багатьма факторами. При цьому враховувались технічні і зоотехнічні вимоги, принципи функціонування і

умови експлуатації подрібнювального апарата, властивості використовуваних матеріалів, термічна обробка. Ознаки граничного стану робочих органів подрібнювальних апаратів, узагальнені за результатами теоретичних і експериментальних досліджень, наведені в таблиці.

Таблиця – Ознаки граничного стану робочих органів

| Група ознаки | Найменування ознаки                                                          |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------|
| I            | Припинення (повне або часткове) виконання об'єктом заданих функцій           |
| II           | Відхилення заданих показників якості від встановлених зоотехнічними вимогами |
| III          | Недопустиме зростання інтенсивності спрацювання даної деталі                 |
| IV           | Недопустиме зниження ефективності експлуатації                               |
| V            | Порушення вимог техніки безпеки                                              |

Товщина кромки леза ножа визначається за II групою, величина зазору між лезом ножа і протирізальною пластиною та ширина ножа плоско ножового подрібнювального барабана – I групою, ширина гвинтоподібного ножа подрібнювально-кидального апарата – за I групою з умови запобігання зачіпання протирізальної пластини головкою болта кріплення ножа до диска барабана, ширина протирізальної пластини за III групою. Для товщини кромки леза ножа та величини зазору між лезом ножа і протирізальною пластиною встановлюється лише один показник стану – допустимий, для решти критеріїв – граничний і допустимий. Оцінку допустимих розмірів товщини кромки леза ножа і величини зазору між лезом ножа і протирізальною пластиною здійснювали за допомогою економічного критерію – роботи різання (IV).

Товщина кромки леза ножа та величина зазору між лезом ножа і протирізальною пластиною повинні бути мінімальними. Внаслідок взаємодії з оброблюваним матеріалом та корозійної дії рослинних соків ножі і протирізальні пластини спрацьовуються, що приводить до зміни їх геометричних розмірів і форми робочої поверхні.

Аналіз сил, що діють на ніж подрібнювального барабана, і взаємозв'язок геометричних параметрів різального апарата показав, що зусилля різання і, відповідно, енергоємність процесу подрібнення обумовлюються наступними параметрами різальної пари: товщиною кромки леза ножа, кутом різання та кутом ковзання. Із наведених конструктивних параметрів зміною є товщина кромки леза ножа, яка в процесі експлуатації збільшується внаслідок затуплення. При зазорі між лезом ножа і протирізальною пластиною 0,4 мм потужність на привод барабана комбайна Е281 з ножами, що не загострювались протягом трьох змін, на 26 % більша порівняно з гострими ножами. Відповідно до зоотехнічних вимог вміст частинок розміром до 30 мм у подрібненій масі корму повинен становити не менш 80 %. Цим вимогам у цілому відповідає

подрібнення технологічного матеріалу заточеними ножами, якщо величини зазору 0,4-1,0 мм. Якщо ножі не заточувались протягом трьох змін, то кількість таких частинок знижується до 36-62 %, що зменшує ефективність споживання кормів тваринами на 15-25 % . Виходячи з вищенаведеного, допустиму товщину кромки леза ножа доцільно прийняти рівною максимальному значенню номінального розміру – 0,21 мм.

На якість корму і енергоємність процесу подрібнення, крім товщини кромки леза ножа, в значній мірі впливає величина зазору між лезом ножа і протиризальною пластиною. При збиранні зеленої маси жита комбайном Е 281 при гострих ножах збільшення зазору між лезом ножа і протиризальною пластиною від оптимального (0,4 мм) до 1,5 мм призводить до зростання потужності привода подрібнювального барабана на 17 % при однаковій подачі, а в разі його збільшення до 5,0 мм потужність зростає на 46 %. При цьому витрата палива підвищується від 8,6 до 10,9 кг/год. Зростання енергоємності процесу подрібнення із збільшенням величини зазору викликане додатковою витратою енергії на деформацію (вигин) стебел та на тертя ножів об тонкі і короткі стеблини, які можуть витягуватись із шару і заклинюватись у зазорі. Тому допустиму величину зазору між лезом ножа і протиризальною пластиною доцільно прийняти рівною верхньому значенню конструктивного розміру: для плоско ножового різального барабана 1,0 мм, для барабана з гвинтоподібними ножами 0,8 мм.

Ніж плоский різального барабана кормозбирального комбайна КСК-100А, КСК-100А-І виготовлений із сталі 65ГА, робоча поверхня термічно оброблена на ширину  $35^{+10}$  мм до твердості 51...57 HRC<sub>3</sub>, кут загострення ножа 30°, ширина ножа в середній частині 117<sub>-2,2</sub> мм. Ніж пересувається в пазах довжиною  $40^{+0,62}$  мм і кріпиться до опор болтами М18. Ширина ножа досягне граничного значення тоді, коли внаслідок спрацювання і загострення ніж при пересуванні в пазах упирається тільними сторонами пазів в болти кріплення. Крім того, допускається збільшення зазору між циліндричною твірною леза ножа барабана і днищем рами барабана подрібнювача від конструктивних 3 мм до 5 мм або на 2,0 мм. З врахуванням допусків на виготовлення граничне значення ширини ножа коливається від 88,18 мм до 91,0 мм. Приймаємо граничне значення ширини ножа в середній частині 91,0 мм.

Гвинтоподібний ніж різального барабана подрібнювально-кидального апарата кормозбирального комбайна КСК-100А, КСК-1000А-І шириною 85 мм виготовлений із сталі 65Г, робоча поверхня на ширину  $15^{+5}$  мм наплавлена порошком ПГ-СІ-М, твердість наплавленого шару 51HRC<sub>3</sub> min, товщина наплавленого шару 0,3-0,5 мм. Ніж кріпиться до дисків різального барабана за допомогою болтів з напівкруглою головкою, леза ножа розміщені на циліндричній твірній барабана діаметром 406<sub>-0,4</sub> мм. Ширина ножа досягне граничної величини, коли внаслідок спрацювання і загострення лезо ножа і точка D сферичної поверхні головки болта лежать на одній дузі радіусом R гр., який виходить з осі барабана. Визначене граничне значення радіуса

циліндричної твірної барабана  $R_{гр}=198,8$  мм, граничне значення ширини ножа  $B_{гр}=77,35$  мм.

Протирізальний брус комбайна КСК-100А, КСК-100А-І виготовлений із сталі 65Г шириною 40 мм. Робочі поверхні бруса наплавлені порошком ПГ-СІ-М, товщина наплавленого шару 0,3-0,5 мм, твердість наплавленого шару 51HRC<sub>9 min</sub>, ширина наплавленого шару 7 мм. Тому граничною величиною спрацювання необхідно прийняти спрацювання на величину наплавленого шару на кожен бік, а гранична ширина протирізального бруса – 26 мм.

УДК 621. 43

## **ПРО МОЖЛИВІСТЬ ЗБІЛЬШЕННЯ РЕСУРСУ РОБОТИ ТУРБОКОМПРЕСОРА ДВЗ**

***С. І. Тончій***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

В системах подачі повітря двигунів внутрішнього згоряння використовуються турбокомпресори (ТКР) яки забезпечують збільшення потужності та покращення паливної економічності двигунів. Частота обертання валу турбокомпресора сягає  $60000...150000 \text{ хв}^{-1}$ , що вимагає гарантованої подачі оливи з системи мащення двигуна до підшипникового вузла ТКР.

При експлуатації ТКР зношуються ущільнюючі кільця, що герметично від'єднують від підшипникової порожнини турбокомпресора турбінне і компресорне колеса. При цьому олива яка надходить на мащення ТКР потрапляє в його насосну і турбінну порожнини, що приводить до надлишкової витрати оливи двигуном і виходу його з ладу.

Для збільшення ресурсу роботи ТКР, шляхом зменшення втрат оливи, через ущільнення підшипникового вузла в процесі експлуатації, в запропонованій конструкції передбачені дві ущільнювальні камери виконані з боку компресорного і турбінного коліс, для подачі до них стисненого повітря з пневматичної системи мобільної машини.

Схема турбокомпресора показана на рис. 1. ТКР складається з корпусу 5 в якому встановлено підшипник 10 валу 1. На валу закріплені колесо 3 турбіни і компресора 8. З корпусом 5 з'єднані корпуси 2 і 7 турбіни і компресора. Від підшипникової порожнини турбінне і компресорне колеса герметично від'єднані втулками 4 і 9 в яких встановлені ущільнюючі кільця 12. Олива до підшипника 10 подається через штуцер 6 з системи мащення двигуна.

В корпусі компресора 5 виконано канали 12. В канали може надходити стиснене повітря з пневмосистеми мобільної машини. Повітря потрапляє в

ущільнювальні камери утворені зазорами А між корпусом 5, втулками 4 і 9 і ущільнюючими кільцями 11.

Повітря яке надходить під тиском до ущільнень вала, створює в зазорі А протитиск достатній для того, щоб запобігти витіканню оливи з підшипника 10 в порожнини корпусів турбінного і компресорного коліс. Це сприяє збільшенню тривалості служби ТКР.

Для підтримання тиску стисненого повітря в ущільненнях вала ТКР, в межах пропорційних тиску оливи в підшипниковому вузлі, в системі подачі повітря передбачено регулятор.

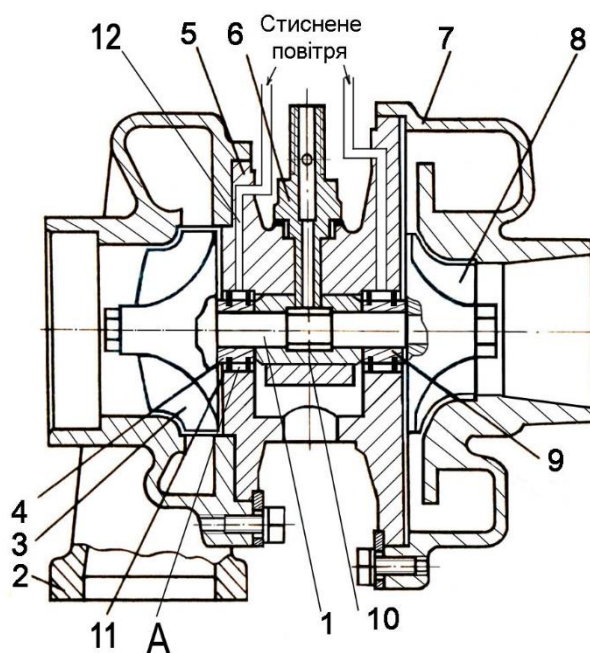


Рис. 1. Схема ТКР з пневмоущільненнями вала:

1 – вал; 2 – корпус турбіни; 3 – колесо турбіни; 4,9 – втулки; 5 – корпус;  
6 – штуцер; 7 – корпус компресора; 8 – колесо компресора;  
10 – підшипник; 11 – ущільнюючі кільця; 12 – канали для подачі стисненого  
повітря; А – зазори

### Література

1. Ксенович И. П. Тракторы МТЗ-100 и МТЗ-102 / И. П. Ксенович. – М.: Агропромиздат, 1986. – 256 с.
2. Николаенко А. В. Теория, конструкция и расчет автотракторных двигателей / А. В. Николаенко. – М.: Колос, 1984. – 336 с.
3. Пат. 47149 Україна, МПК F02B 41/00. Турбокомпресор для двигуна внутрішнього згоряння мобільної машини / С. І. Топчій, заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. – а200802452; заявл. 26.02.2008; опубл. 25.01.2010, Бюл. №2.

УДК 621.434 - 629.113.

## ДО ПИТАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ КОМФОРТНОСТІ ПРОЖИВАННЯ У НАСЕЛЕНИХ ПУНКТАХ

**М. В. Семененко**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Забезпечення якості життя людини в кожному сільському або міському населеному пункті – кінцева мета багатьох фахівців.

Ідея на перший погляд очевидна, але дуже глибока. По мірі її засвоєння фахівець будь-якої професії - державний службовець, будівельник, транспортник – починає розуміти, що всі його «цехові» критерії суто вторинні в зіставленні з цією простою і насамперед важливою метою.

Не заперечуючи важливості різних аспектів, я зосереджуюся на транспортному, повністю усвідомлюючи важливість архітектурного, екологічного, соціально-побутового, історико-культурного, рекреаційного та багатьох інших аспектів.

В транспортному аспекті призначення населеного пункту бути зручним і комфортним для життя, останній час визначається мірою дотримання писаних і неписаних правил з приводу того, де і як, в умовах масової автомобілізації населення тут можна або не можна будувати будинки, прокладати дороги, використовувати автомобілі.

Трохи зануримося в історію. Планування і забудова радянських міст виходила з нормативу в 60-80 автомобілів на 1000 жителів у реальності і трохи більше 150 автомобілів на 1000 жителів – у наступні роки радянської влади.

Масовий автомобіль прийшов в Україну всього близько двох десятиріч тому.

Наш відгук на ці важливі події був за світовими мірками досить нестандартним. У Києві (як і інших найбільших і великих українських містах) склався нехитрий консенсус:

- забудовник, допущений на місцевий ринок, може будувати скрізь, де знайде або розчистить місце для котловану. Забудовник міг поставити 16 – 25 поверхову вежу на місці знесеної трьох або п'ятиповерхової будівлі, передбачивши в підземному паркінгу лише кілька десятків машино - місць на 100 квартир або частіше взагалі не передбачивши місця зберігання приватного автотранспорту.

Наявність доріг і іншого транспортного ресурсу, вважалося неприциповим;

- городянин може безперешкодно доїхати на особистому автомобілі до серця Києва - майдану Незалежності і приткнутися йому всюди, де для цього знайдеться місце в суто фізичному розумінні цього слова;

- громадський транспорт став якоюсь мірою неуспішного громадянина.

Значна частина економічно успішних молодих громадян придбала автомобілі.

Ніяких особливих інновацій в транспортній інфраструктурі, як правило, не проводилося зовсім.

На сьогодні за різними інформаційними джерелами озвучуються цифри біля мільйону транспортних засобів зареєстрованих в Києві.

Законні місця для постійного паркування має в кращому випадку п'ята частина, між тим всі транспортні засоби можнадесь і якось прилаштувати «на нічліг» без особливих незручностей для власника.

У сформованій практики є значний недолік: при всій неவிбагливості українських автомобілістів рано чи пізно місця для всіх не вистачить.

Автомобілі, які паркуються у не призначених для цього місцях віднімають міський простір у транспортних потоків та одночасно у пішоходів і наземного громадського транспорту. Втім, місця їм все одно не вистачає.

Для досягнення транспортної комфортності, яка безумовно впливає і на якість життя людини, необхідно приділити належну увагу питанню паркування автомобілів, тому що більшу частину життєвого циклу основна маса транспортних засобів не рухається, а стоїть.

Авторські дослідження [1-3] викиду забруднюючих речовин автотранспортними засобами, які паркуються біля багатопверхових будинків свідчать, що концентрація шкідливих речовин у зоні пішохідних доріжок, дитячих майданчиків перевищує максимально разове допустиме значення подекуди майже в 3 рази. Для порівняння транспортний потік середньої інтенсивності, який рухається на прямолінійному відрізку дороги з постійною швидкістю 60км\год має на майже у двічі меншу концентрацію викиду забруднюючих речовин на відстані 10м від магістралі.

Цей фактор несе життєву небезпеку для мешканців, особливо для тих, що постійно проживають на перших 3-х поверхах будинків, під вікнами яких постійно паркуються автомобілі.

Таким чином, для досягнення транспортної комфортності проживання в населених пунктах можна внести наступні пропозиції.

Вивчаючи досвід різних країн, враховуючи сьогоднішнє становище в країні, яка поки що не в змозі зробити значні фінансові вкладення в рішення даної задачі (будівництво багаторівневих розв'язок, різного типу парковок).

На авторський погляд, єдино правильне рішення розвивати і вдосконалювати з точки зору комфортності поїздок громадський транспорт.

Для цього виділити окремі смуги для пасажирського і спеціального транспорту – підвищуючи тим самим швидкість сполучення.

Використовувати за локальної потреби рухомий склад малої, середньої та великої місткості для зниження собівартості перевезень.

Не наповнювати транспортний засіб понад його паспортної місткості. Використовувати досвід муніципальних автопідприємств, де не тільки рухомий склад перед виходом на лінію проходив технічний огляд, але і водій медичний



огляд. Домогтися того, щоб людина, маючи автомобіль, більшу частину своїх поїздок здійснювала на міському транспорті.

Результат – дороги вільніші, повітря чистіше, комфортність гідна і ціна поїздки нижче з урахуванням зростаючих цін на паливо.

### **Література**

1. Семененко М. В. Математична постановка оптимізаційної задачі моделювання виробничої системи з урахуванням екологічних чинників та наявності мережі автодоріг/ Вісті Автомобільно-дорожнього інституту: Науково-виробничий збірник / АДІ ДонНТУ. – 2008. – №6. – С. 27–31.

2. Семененко М. В. К вопросу оценки влияния автотранспортных средств на окружающую среду городов / Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ, 2012. – Вип. 25. – С. 326–330.

3. Семененко М. В. Вплив забруднення атмосферного повітря антропогенними джерелами на здоров'я населення: монографія / М. В. Семененко. – К.: НУБіП, 2016. – 405 с.

УДК 514.18

## **ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ВІЗКА З ДВОМА МАЯТНИКАМИ**

***Л. М. Куценко<sup>1</sup>, О. І. Сухарькова<sup>2</sup>***

*<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України*

*<sup>2</sup>Український державний університет залізничного транспорту*

В роботах [1, 2] розглянуто можливість переміщення візка у горизонтальному напрямку за допомогою коливання пружинного маятника, розташованого під візком. При чому конструкція пружинного маятника має забезпечити прямолінійність осі пружини в процесі коливання. Геометричне моделювання цієї коливальної системи дозволило пояснити (і унаочнити) причини руху візка, які пов'язані зі стисненням чи розтягненням пружини в певні зручні моменти положення вантажу на траєкторії його переміщення. Тобто ініціювання руху візка у горизонтальному напрямку здійснюється завдяки погодженим коливанням маятника, вантаж якого має рухатися по наперед знайдений нехаотичній траєкторії (рис. 1).

Нехаотична траєкторія руху вантажу дозволяє узгодити з напрямком руху візка процесів розпрямлення (рис. 1, а) і стиснення пружини (рис. 1, б). Тобто у першому випадку відстань між масами штучно збільшується, а у другому – зменшується, що впливає на положення візка. В роботах [1, 2] знайдено такі значення параметрів, які забезпечують нехаотичну траєкторію вантажу: маса

візка  $m_1 = 150$ ; маса вантажу пружинного маятника  $m_2 = 40$ ; коефіцієнт жорсткості пружини  $k = 250$  і довжина пружини у ненавантаженому стані  $d = 5$ .

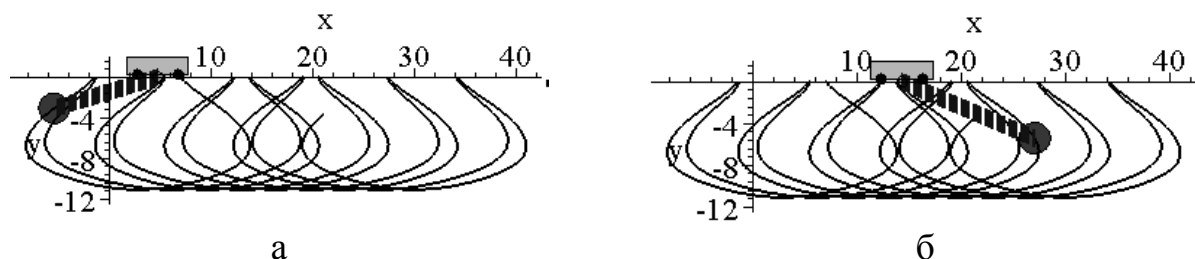


Рис. 1 – Коливання пружинного маятника під візком [1,2]  
при значеннях  $m_1 = 150$ ;  $m_2 = 40$ ;  $k = 250$  і  $d = 5$

В даній статті наведено геометричну модель ініціювання руху візка у горизонтальному напрямку за допомогою коливання у вертикальній площині двох маятників, приєднаних до візка. При цьому ключовим моментом є визначення нехаотичних траєкторій переміщення вантажів цих маятників.

Для складання геометричної моделі руху візка обрано такі ідеалізації: а) параметри коливальної системи і початкові умови задаються в умовних числових одиницях; б) коливання маятників здійснюються у вертикальній площині; в) всі елементи системи не мають товщини, невагомі і не деформуються, опори у вузлах і опір повітря під час коливань відсутні; г) коливальна система є консервативною – тобто запас механічної енергії в процесі коливань залишається постійним (втрати енергії відсутні). Вважаємо, що процес розсіювання енергії відбувається повільно в порівнянні з характерними масштабами часу в системі.

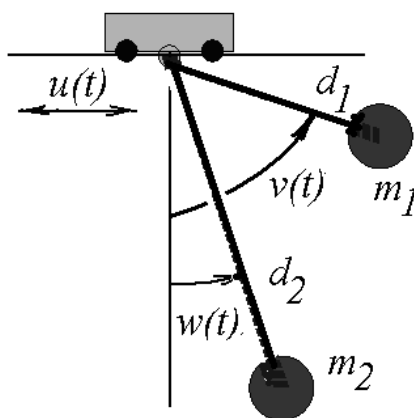


Рис. 2. – Схема двох маятників під візком

На рис. 2 наведено схему коливальної системи, яка складається з візка та підвішених до нього двох маятників. Для опису динаміки руху цієї коливальної системи використаємо рівняння Лагранжа другого роду. Як узагальнені координати оберемо такі параметри:  $u(t)$  – горизонтальне зміщення візка;  $v(t)$  – кут відхилення від вертикалі першого маятника;  $w(t)$  – кут відхилення від

вертикалі другого маятника. Далі у формулах прийнято позначення:  $m_0$  – маса візка;  $m_1$  – маса вантажу першого маятника;  $m_2$  – маса вантажу другого маятника;  $d_1$  – довжина першого маятника;  $d_2$  – довжина другого маятника;  $g = 9,81$ . Система рівнянь Лагранжа другого роду має вигляд:

$$\begin{aligned}
 & (m_0 + m_1 + m_2) \left( \frac{d^2}{dt^2} u(t) \right) - m_1 d_1 \cos(v(t)) \left( \frac{d^2}{dt^2} v(t) \right) \\
 & - m_2 d_2 \cos(w(t)) \left( \frac{d^2}{dt^2} w(t) \right) + m_1 d_1 \sin(v(t)) \left( \frac{d}{dt} v(t) \right)^2 \\
 & + m_2 d_2 \sin(w(t)) \left( \frac{d}{dt} w(t) \right)^2 = 0 \\
 & -m_1 d_1 \cos(v(t)) \left( \frac{d^2}{dt^2} u(t) \right) + m_1 d_1^2 \left( \frac{d^2}{dt^2} v(t) \right) + m_1 d_1 g \sin(v(t)) = 0 \\
 & -m_2 d_2 \cos(w(t)) \left( \frac{d^2}{dt^2} u(t) \right) + m_2 d_2^2 \left( \frac{d^2}{dt^2} w(t) \right) + m_2 d_2 g \sin(w(t)) = 0
 \end{aligned} \tag{1}$$

Розв'язувати систему рівнянь (1) будемо чисельно за допомогою методу Рунге-Кутти з параметрами  $d_1 = 4$ ;  $d_2 = 8$ ;  $m_0 = 1$ ;  $m_1 = 1$  і з початковими умовами  $u_0 = 0$ ;  $u'_0 = 0$ ;  $v_0 = 0$ ;  $v'_0 = 1$ ;  $w_0 = 1$  і  $w'_0 = -1$ .

З обраних умов слідує, що стартове положення візка на початку координат (умова  $u_0 = 0$ ) без початкової швидкості (умова  $u'_0 = 0$ ). Перший маятник починає рух з вертикального положення (умова  $v_0 = 0$ ), якому надано швидкості умовної одиниці у напрямку проти годинникової стрілки (умова  $v'_0 = 1$ ). Другий маятник починає рух з відхиленого положення (умова  $w_0 = 1$ ), якому надано швидкості величиною від'ємної умовної одиниці у напрямку за годинниковою стрілкою (умова  $w'_0 = -1$ ). В результаті візок буде рухатися по осі  $Ox$  праворуч. На характер руху впливатимуть величини параметрів інерції і значення початкових умов.

Розрахунок коливань маятникової системи (рис. 2) виконаємо за умови визначення невідомого значення маси  $m_2$  залежно від інших відомих параметрів схеми. Для обчислення критичного значення  $m_2$  використаємо спосіб проєкційного фокусування [2]. Для цього побудуємо наближене зображення інтегральної кривої у фазовому просторі однієї з функцій узагальнених координат, що залежатиме від певного значення параметра  $m_2$ . При довільному значенні  $m_2$  у фазовому просторі одержимо «заплутану» інтегральну криву. Її проєкція на фазову площину також матиме вигляд «заплутаної» фазової кривої (рис. 3). При значенні  $m_2 = 2$  одержуємо проєкційне фокусування (рис. 4).

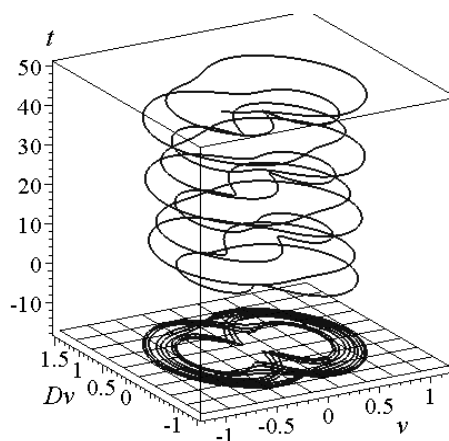


Рис. 3. Інтегральна крива і фазова траєкторія узагальненої координати  $v(t)$  для довільного значення  $m_2$

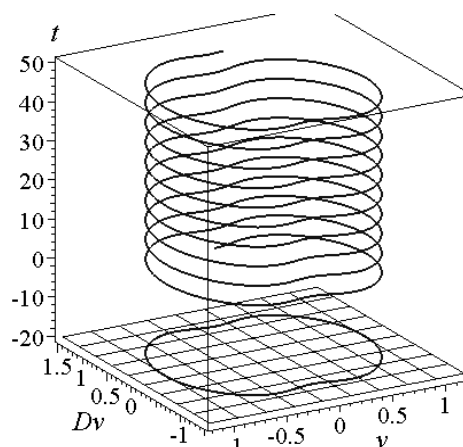


Рис. 4. Інтегральна крива і фазова траєкторія узагальненої координати  $v(t)$  для значення параметра  $m_2 = 2$

На рис. 5, рис. 6 зображено «сфокусовані» інтегральні криві і фазові траєкторії узагальнених координат  $u(t)$  і  $w(t)$  для значення параметра  $m_2 = 2$ .

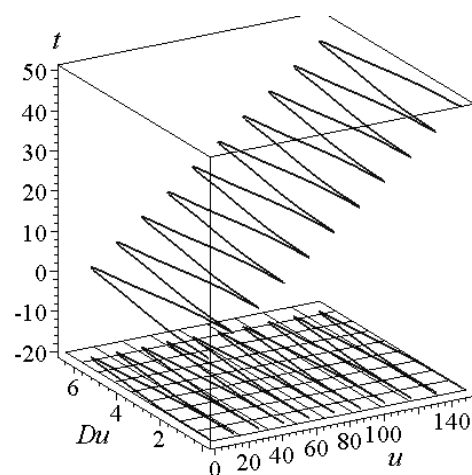


Рис. 5. Інтегральна крива і фазова траєкторія узагальненої координати  $u(t)$  для значення параметра  $m_2 = 2$

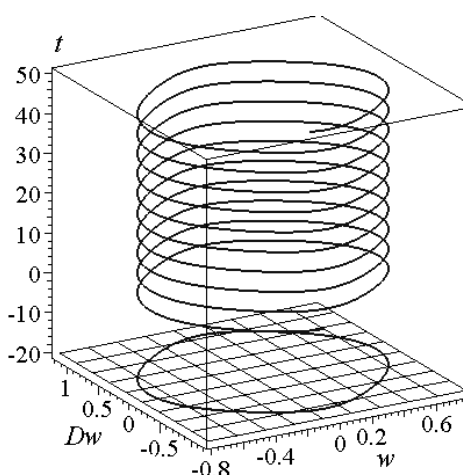


Рис. 6. Інтегральна крива і фазова траєкторія узагальненої координати  $w(t)$  для значення параметра  $m_2 = 2$

При поєднанні критичного значення параметра (у нашому випадку  $m_2$ ) з іншими вихідними параметрами коливальної системи дозволяє знайти шукані наближені розв'язки диференціальних рівнянь Лагранжа другого роду [2].

В результаті обчислень було знайдено набір значень параметрів  $d_1 = 4$ ;  $d_2 = 8$ ;  $m_0 = 1$ ;  $m_1 = 1$ ;  $m_2 = 2$  і початкових умов  $u_0 = 0$ ;  $u'_0 = 0$ ;  $v_0 = 0$ ;  $v'_0 = 1$ ;  $w_0 = 1$  і  $w'_0 = -1$ , які забезпечують існування двох нехаотичних траєкторій переміщення обох вантажів маятників.

На рис. 7 наведено розраховані нехаотичні траєкторії руху вантажів маятників для обраного варіанту.

Було складено програму геометричного моделювання руху візка з маятниками за результатами розв'язання системи рівнянь Лагранжа другого

роду (1). На базі програми створено анімаційний фільм, кадри з якого представлені на рис. 8. Перегляд фільму дає підстави стверджувати, що наведений варіант розрахунку характеризується рухом візка праворуч без зупинок завдяки організованим рухам вантажів по обчисленій траєкторії.

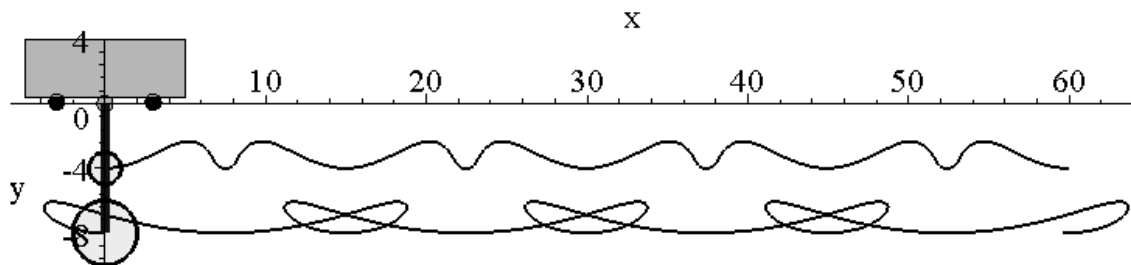


Рис. 7. Обчислені траєкторії руху вантажів маятників

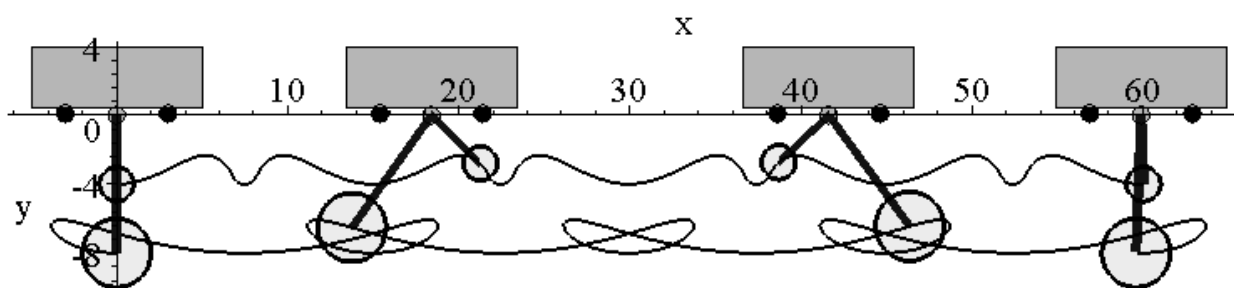


Рис. 8. Зображення деяких фаз коливань маятників під візком

### Література

1. Куценко Л. М. Дослідження ініціювання руху візка за допомогою коливання 2d-пружинного маятника / Л. М. Куценко, О. М. Семків // Сучасні проблеми моделювання: зб. наук. праць / Мелітополь: МДПУ ім. Б. Хмельницького. – 2016. – Вип. 6. – С. 71–76.

2. Семків О. М. Графічний комп'ютерний спосіб визначення нехаотичних траєкторій коливань маятникових систем / О. М. Семків // Вестник Харьковского нац. автомобильно-дорожного университета. – Харьков: ХНАДУ, 2016. – Вып. 72. – С. 94–101.

УДК 514.18

## ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ІНЕРЦІОЇДА В. М. ТОЛЧИНА

**О. М. Семків***Національний університет цивільного захисту України*

У 30-х роках минулого століття інженер В.М. Толчин створив інерціоїд [1], який складається із двох ексцентричних вантажів на важелях (негравітаційних маятників), установлених на рухомому візку (рис. 1). Ексцентрики синхронно обертаються і переміщуються назустріч один одному зі змінною неперервною кутовою швидкістю [2]. При цьому в одних секторах кола, яке описують ексцентрики, кутова швидкість повороту негравітаційних маятників збільшується, а в інших – зменшується (рис. 2).

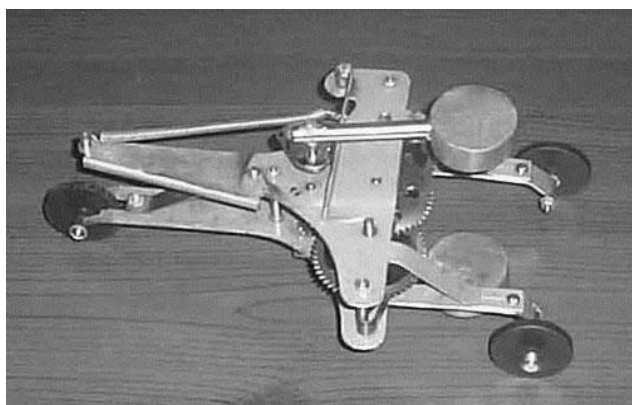


Рис. 1 – Інерціоїд В. М. Толчина

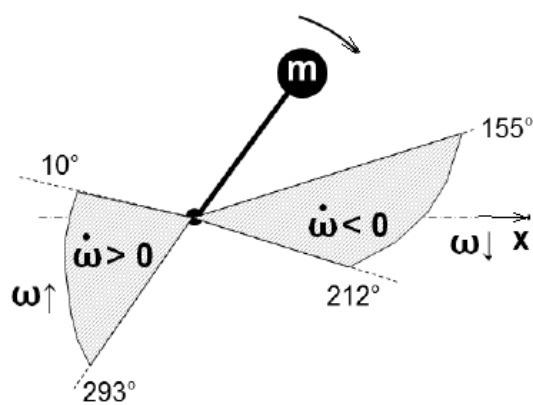


Рис. 2 – Режим руху вантажу

Для демонстрації особливостей руху інерціоїда проводилися його «змагання» на слизькій поверхні із візком із приводом на колеса. Візок із ведучими колесами прогнозовано буксував, а візок В.М. Толчина просувався по поверхні. Для різнобічного аналізу проблеми інерціоїдів доцільно буде розглянути один з їх різновидів, який базується на ініціюванні руху візка у горизонтальному напрямку за допомогою коливання у вертикальній площині вантажів двох гравітаційних маятників, які мають переміщуватися по нехаотичних траєкторіях.

Проблема створення інерціоїдів викликали дискусію в наукових колах. Більша частина вчених вважає, що рух інерціоїда обумовлений присутністю в розглянутій системі сил тертя. Тоді як послідовники В.М. Толчина вважають, що рух інерціоїда пов'язаний із виникненням сил інерції за рахунок прискореного обертання важелів із вантажами [2]. Така інтерпретація поведінки інерціоїда спричинює необхідність припустити, що порушуються закони механіки Ньютона. Адже можливість створення зазначеного руху суперечить закону збереження імпульсу. Тому прихильники інерціоїдів

стверджують, що тут використовуються якісь «нові» властивості інерційних мас і гравітаційних полів.

В даній роботі розроблено геометричну модель пояснення руху інерціоїда В.М. Толчина, складену на основі рівняння Лагранжа другого роду.

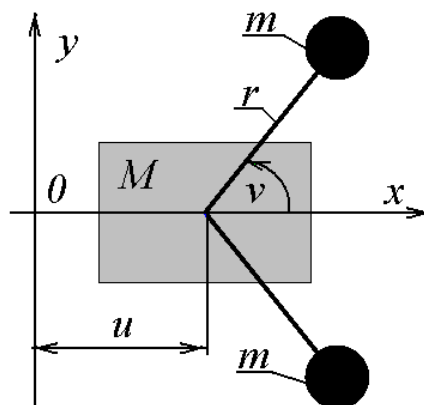


Рис. 3. Схема інерціоїда В. М. Толчина

При складанні геометричних моделей руху інерціоїда враховано умови ідеалізації: а) параметри коливальної системи і початкові умови задаються в умовних числових одиницях; б) всі елементи системи не мають товщини, невагомі і не деформуються, опори у вузлах і опір повітря під час коливань відсутні; г) коливальна система є консервативною – тобто запас механічної енергії в процесі коливань залишається постійним (втрати енергії відсутні). Вважаємо, що процес розсіювання енергії відбувається повільно в порівнянні з характерними масштабами часу в системі.

На рис. 3 наведено схему коливальної системи інерціоїда В.М. Толчина, яка складається з візка та закріплених на ньому двох маятників, які здійснюють коливання в горизонтальній площині. Для опису динаміки руху цієї коливальної системи використаємо рівняння Лагранжа другого роду:

$$\begin{aligned}
 2 \left( \frac{d^2}{dt^2} u(t) \right) M + 4 \left( \frac{d^2}{dt^2} u(t) \right) m - 2 m r \left( \frac{d^2}{dt^2} v(t) \right) \sin(v(t)) \\
 - 2 m r \left( \frac{d}{dt} v(t) \right)^2 \cos(v(t)) = 0 \\
 - 2 m r \left( -r \left( \frac{d^2}{dt^2} v(t) \right) + \left( \frac{d^2}{dt^2} u(t) \right) \sin(v(t)) \right) = 0
 \end{aligned} \tag{1}$$

Як узагальнені координати обрано такі параметри:  $u(t)$  – горизонтальне зміщення візка вздовж осі  $Ox$ ;  $v(t)$  – кут відхилення маятників від осі  $Ox$ . Також прийнято позначення:  $M$  – маса візка;  $m$  – маси вантажу кожного маятника;  $r$  – довжина маятників. Для знаходження системи рівнянь (1) використано вираз Лагранжіана з роботи [2].

Розв'язувати систему рівнянь (1) будемо чисельно за допомогою методу Рунге-Кутти у середовищі Maple. Використовуючи знайдені наближені розв'язки  $U(t)$  і  $V(t)$  в декартовій системі координат  $xOy$  траєкторії переміщення кожного з вантажів обох маятників побудуємо за формулами:

$$\begin{aligned} x_1(t) &= U(t) + r \cos(V(t)); & x_2(t) &= U(t) + r \cos(V(t)); \\ y_1(t) &= r \sin(V(t)). & y_2(t) &= -r \sin(V(t)). \end{aligned} \quad (2)$$

Далі наведемо розрахунок інерціоїда В.М.Торчина з параметрами  $M=15$ ;  $r=1$ ;  $m=3$  і з початковими умовами  $u_0=0$ ;  $u'_0=Du_0$ ;  $v_0=0$ ;  $v'_0=Dv_0$ .

Зазначені умови слід інтерпретувати так. Маятники починають рухатися з початку координат (умова  $u_0=0$ ) і з положення перпендикулярно осі  $Ox$  (умова  $v_0=\pi/2$ ). Візку у напрямку осі  $Ox$  надається початкова швидкість значенням  $u'_0=Du_0$ . А кутам відхилення маятників надається початкова швидкість значенням  $v'_0=Dv_0$ . Зазначимо, що при від'ємному  $Dv_0$  «верхній» маятник буде рухатись за напрямком стрілки годинника, а «нижній» - проти напрямку стрілки годинника. В результаті візок інерціоїда буде рухатися по осі  $Ox$  праворуч. На характер руху впливатимуть як величини параметрів інерціоїда, так і значення початкових умов. При цьому головною характеристикою буде переривчастість переміщення інерціоїда праворуч. Від значень вхідних даних переміщення буде або без зупинок, або, частіше, з зупинками, а найчастіше (при довільному виборі значень параметрів і початкових умов) – з поверненням ліворуч. Задача вибору оптимальних параметрів є головною для дослідження теорії інерціоїдів.

На рис. 4 наведено приклад обчислених траєкторій руху вантажів маятників для варіанту з початковими умовами  $Du_0=1$ ;  $Dv_0=-1$ .

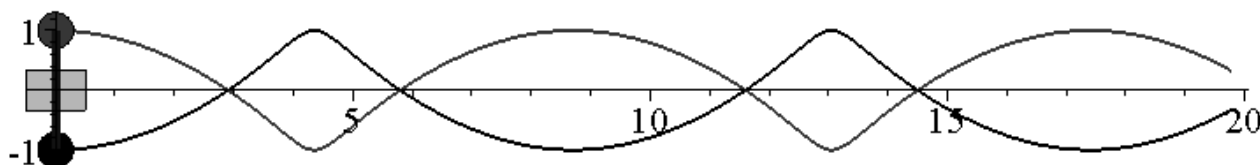


Рис. 4. Обчислені траєкторії руху вантажів маятників

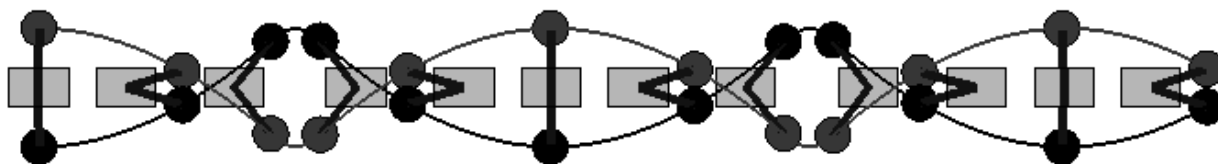


Рис. 5. Анімаційні кадри розрахованих фаз руху інерціоїда

Було складено програму геометричного моделювання руху інерціоїда за результатами розв'язання системи рівнянь Лагранжа другого роду (3). На базі програми створено анімаційний фільм, окремі кадри з якого представлені на



рис. 5. Перегляд фільму дає підстави стверджувати, що наведений варіант розрахунку характеризується рухом інерціоїда праворуч без зупинок.

### Література

1. Толчин В. Н. Инерциод. Силы инерции как источник поступательного движения / В. Н. Толчин. – Пермь, Пермское книжное издательство, 1977. – 103 с. Електроний ресурс. Режим доступу: [http://second-physics.ru/lib/books/tolchin\\_inertiod.djvu](http://second-physics.ru/lib/books/tolchin_inertiod.djvu).
2. Шипов Г. И. 4D гироскоп в механике Декарта / Шипов Г. И. // Кирилица, 2006. – 74 с. Електроний ресурс. Режим доступу: [http://www.shipov.com/files/021209\\_tolchdescart.pdf](http://www.shipov.com/files/021209_tolchdescart.pdf).

УДК 631.363

## ФОРМИ ПРОФІЛЮ РИФЛІВ ВАЛЬЦІВ ЗЕРНОДРОБАРОК

*С. Є. Потапова*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Характер протікання процесу подрібнення зерна у вальцьових дробарках значною мірою визначається формою і станом робочих поверхонь вальців. Від них залежать продуктивність дробарки, питомі витрати енергії та якість продуктів подрібнення.

Робоча поверхня вальців може бути рифлена або шорстка. Шорсткі вальці порівняно з рифленими менш ефективні, оскільки дають менший ступінь подрібнення та більший нагрів отриманого продукту. Це можна пояснити тим, що при роботі таких вальців практично відсутня деформація зрізу (оскільки немає рифлів), тому основними видами деформації залишаються зсув і стиск, що призводить до збільшення питомих енерговитрат.

У поперечному перерізі рифлі мають дві нерівні бічні грані: вузьку – робочу, або грань вістря, та широку – грань спинки (рис.1). Ці грані утворюють між собою кут загострення  $\rho$  рифлів, що знаходиться у межах від  $90^\circ$  до  $110^\circ$  і складається з кута леза ( $\alpha = 20 - 40^\circ$ ) та кута спинки ( $\beta = 60 - 80^\circ$ ). Нижній кут рифлі  $\theta$  не повинен бути меншим  $85^\circ$ . Якщо кут  $\theta$  гостріший, то в заглибленнях може затримуватись продукт і рифлі поступово забиваються ним.

Величини кутів рифлів вальців, що застосовуються в різних країнах, можуть істотно відрізнятись. Наприклад, у Німеччині використовують вальці з такими параметрами:  $\rho = 90-110^\circ$ ,  $\alpha = 25-40^\circ$ ,  $\beta = 65-70^\circ$ ; у Франції та Великобританії –  $\rho = 110^\circ$ ,  $\alpha = 40-45^\circ$ ,  $\beta = 65-70^\circ$ ; у США –  $\rho = 87-90^\circ$ ,  $\alpha = 17-19^\circ$ ,  $\beta = 68-73^\circ$ .

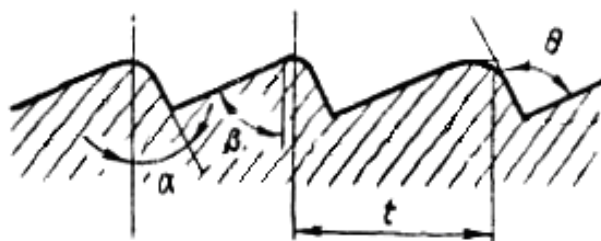


Рис. 1. Профіль рифлів вальця

В борошномельній та комбікормовій промисловості за кордоном використовуються вальцеві станки з різноманітними профілями (рис. 2). Зокрема, в США проводилось і проводиться багато досліджень із визначення найоптимальніших профілю та нахилу рифлів для різних систем розмолу, а також діаметра вальців, величини швидкостей та їх співвідношень.

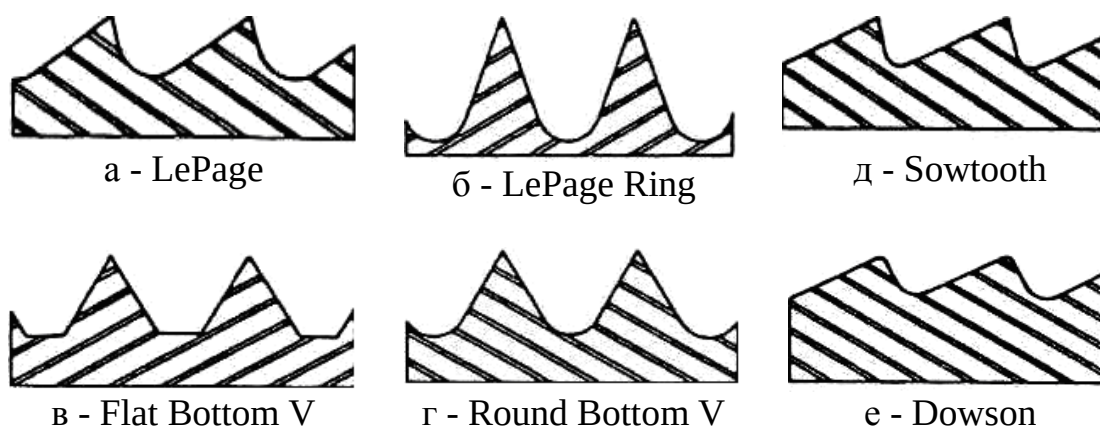


Рис. 2. Профілі рифлів вальців: а – Ле Пейдж, б – кільцевий Ле Пейдж, в – клин з плоскою основою, г – клин з круглою основою, д – пилоподібний, е – Доусон.

В наукових джерелах немає достатньо обґрунтованих даних про оптимальні геометричні параметри вальців. Тим часом комплексне дослідження цього питання з урахуванням фізичних властивостей подрібнюваних продуктів представляє безсумнівний науковий інтерес і має велике практичне значення.

УДК 656.073

## ЗГИНАННЯ ПЛОСКИХ ІЗОМЕТРИЧНИХ СІТОК В КОНУС ОБЕРТАННЯ

**О. В. Несвідоміна***Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Якщо для параметричного рівняння будь-якої поверхні:

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

коефіцієнти  $E$ ,  $F$  і  $G$  її першої квадратичної форми:

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

дорівнюють  $E = G$  і  $F = 0$ , то таку поверхню називають ізометричною або ж ізотермічною. Остання назва пов'язана з розповсюдженням теплового потоку по криволінійній поверхні, яке відбувається по ізометричним координатним лініям – їх комірки є елементарними криволінійними квадратами.

Загальновідомо, що при будь-якому згинанні плоскої ізометричної сітки:

$$\mathbf{r}(u, v) = \mathbf{r}[x(u, v), y(u, v), 0] \quad (3)$$

в криволінійну поверхню (1), перша квадратична форма (2) не змінюється, і тому сітка на поверхні теж буде ізометричною.

Було розроблено програмне забезпечення в середовищі символьної алгебри Maple згинання плоскої ізометричної сітки на торсові поверхні, зокрема, в конус обертання. Запишемо конус обертання з вертикальною віссю  $Oz$  та нахилом твірних до площини  $Oxy$  під кутом  $\alpha$  у вигляді:

$$\mathbf{Rc}(u, v) = \mathbf{Rc}[v \cos(u) \cos(\alpha), v \sin(u) \cos(\alpha), v \sin(\alpha)], \quad (4)$$

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

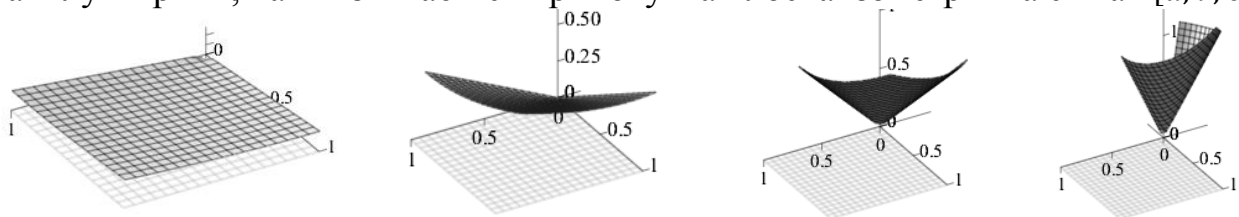
Заміна параметрів  $u$  і  $v$  рівняння (4) відповідно на  $\rho = \sqrt{\mathbf{r}[1]^2 + \mathbf{r}[2]^2}$  та  $\varepsilon = \frac{\arctan(\mathbf{r}[2]/\mathbf{r}[1])}{\cos(\alpha)}$  приводить до ізометричної сітки на конусі у вигляді:

$$\mathbf{RC}(u, v) = \mathbf{RC}[\rho \cos(\varepsilon) \cos(\alpha), \rho \sin(\varepsilon) \cos(\alpha), v \sin(\alpha)]. \quad (5)$$

В проведених обчислювальних експериментах було знайдено:

- параметричні рівняння ізометричних конусів обертання для різних плоских ізометричних сіток;
- коефіцієнти  $E = G$  першої квадратичної форми  $ds^2$ ;
- інтервали параметрів  $u$  і  $v$  за яких конічна поверхня не вироджувалася.

Нижче побудовано ряд конічних ізометричних поверхонь з різним кутом нахилу твірних, на які згинається прямокутна плоска ізометрична сітка  $\mathbf{r}[u, v, 0]$ .



В табл. 1 наведено рівняння плоских ізометричних сіток  $\mathbf{r}(u, v)$  та конічних ізометричних сіток  $\mathbf{RC}(u, v)$ , коефіцієнти  $E = G$  першої квадратичної форми  $ds^2$ , значення незалежних параметрів  $u_o, u_n, v_o, v_n$ , зображення як вихідної плоскої ізометричної сітки так і конічної поверхні, на яку вона згинається. Кут  $a$  нахилу твірних конуса обертання обчислювався таким чином, щоб плоска сітка  $\mathbf{r}(u, v)$  на конусі не накладалася сама на себе.

Табл. 1. Рівняння та зображення ізометричних сіток на конусі

| № | Рівняння                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Зображення |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1 | $\mathbf{r}(u, v) = \mathbf{r}[u, v, 0]$ $\mathbf{RC} \begin{bmatrix} \sqrt{u^2 + v^2} \cos\left(\frac{\arctan(\frac{v}{u})}{\cos(a)}\right), \\ \sqrt{u^2 + v^2} \sin\left(\frac{\arctan(\frac{v}{u})}{\cos(a)}\right), \\ \sqrt{u^2 + v^2} \sin(a) \end{bmatrix}$ $E = G = 1; u_o = 0, u_n = 1, v_o = 0, v_n = 1$                                                                                  |            |
| 2 | $\mathbf{r}(u, v) = \mathbf{r}[u^2 - v^2, 2uv, 0]$ $\mathbf{RC} \begin{bmatrix} (u^2 + v^2) \cos\left(\frac{\arctan(\frac{2uv}{u^2 - v^2})}{\cos(a)}\right), \\ (u^2 + v^2) \sin\left(\frac{\arctan(\frac{2uv}{u^2 - v^2})}{\cos(a)}\right), \\ (u^2 + v^2) \sin(a) \end{bmatrix}$ $E = G = 4(u^2 + v^2); u_o = 0, u_n = 1, v_o = 0, v_n = 1$                                                        |            |
| 3 | $\mathbf{r}(u, v) = \mathbf{r}[u^3 - 3uv^2, 3u^2v - v^3, 0]$ $\mathbf{RC} \begin{bmatrix} \sqrt{(u^2 + v^2)^3} \cos\left(\frac{\arctan(\frac{3u^2v - v^3}{u^3 - 3uv^2})}{\cos(a)}\right), \\ \sqrt{(u^2 + v^2)^3} \sin\left(\frac{\arctan(\frac{3u^2v - v^3}{u^3 - 3uv^2})}{\cos(a)}\right), \\ \sqrt{u^2 + v^2} \sin(a) \end{bmatrix}$ $E = G = 9(u^2 + v^2)^2; u_o = 0, u_n = 1, v_o = 0, v_n = 1$ |            |
| 4 | $\mathbf{r}(u, v) = \mathbf{r}[e^u \cos(v), e^u \sin(v), 0]$ $\mathbf{RC} \begin{bmatrix} e^u \cos\left(\frac{\arctan(\frac{\sin(v)}{\cos(u)})}{\cos(a)}\right), \\ e^u \sin\left(\frac{\arctan(\frac{\sin(v)}{\cos(u)})}{\cos(a)}\right), \\ e^u \sin(a) \end{bmatrix}$ $E = G = e^{2u};$ $u_o = 0, u_n = 1, v_o = 0, v_n = 1$                                                                      |            |

Табл. 1. Рівняння та зображення ізометричних сіток на конусі (продовження)

| № | Рівняння                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Зображення |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5 | $\mathbf{r}(u, v) = \mathbf{r} \left[ \frac{u}{u^2 + v^2}, -\frac{v}{u^2 + v^2}, 0 \right]$ $RC \begin{bmatrix} \frac{\cos(a)}{\sqrt{u^2 + v^2}} \cos \left( \frac{\arctan(\frac{v}{u})}{\cos(a)} \right), \\ \frac{\cos(a)}{\sqrt{u^2 + v^2}} \sin \left( \frac{\arctan(\frac{v}{u})}{\cos(a)} \right), \\ \frac{\sin(a)}{\sqrt{u^2 + v^2}} \end{bmatrix}$ $E = G = \frac{1}{(u^2 + v^2)^2}; u_o = 0.5, u_n = 2, v_o = 0.5, v_n = 2$                                                                                                                                                           |            |
| 6 | $\mathbf{r}(u, v) = \mathbf{r} \left[ \frac{u^2 - v^2}{(u^2 + v^2)^2}, -\frac{2uv}{(u^2 + v^2)^2}, 0 \right]$ $RC \begin{bmatrix} \frac{\cos(a)}{u^2 + v^2} \cos \left( \frac{\arctan(\frac{2uv}{u^2 - v^2})}{\cos(a)} \right), \\ \frac{\cos(a)}{u^2 + v^2} \sin \left( \frac{\arctan(\frac{2uv}{u^2 - v^2})}{\cos(a)} \right), \\ \frac{\sin(a)}{u^2 + v^2} \end{bmatrix}$ $E = G = \frac{4}{(u^2 + v^2)^4}; u_o = 0, u_n = 1, v_o = 0, v_n = 1$                                                                                                                                              |            |
| 7 | $\mathbf{r}(u, v) = \mathbf{r} \left[ \begin{array}{c} \frac{u(u^2 - 3v^2)}{u^6 + 3u^4v^2 + 3u^2v^4 + v^6}, \\ \frac{v(3u^2 - v^2)}{u^6 + 3u^4v^2 + 3u^2v^4 + v^6}, \\ 0 \end{array} \right]$ $E = G = \frac{9}{(u^2 + v^2)^4};$ $u_o = 0, u_n = 1, v_o = 0, v_n = 1$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |            |
| 8 | $\mathbf{r}(u, v) = \mathbf{r}[\cos(u) \cosh(v), \cos(u) \sinh(v), 0]$ $RC \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{\sin(u)^2 \cosh(v)^2 + \cos(u)^2 \sinh(v)^2}}{\cos(a)} \cos \left( \frac{\arctan(\frac{\cos(u) \sinh(v)}{\cos(u) \cosh(v)})}{\cos(a)} \right), \\ \frac{\sqrt{\sin(u)^2 \cosh(v)^2 + \cos(u)^2 \sinh(v)^2}}{\cos(a)} \sin \left( \frac{\arctan(\frac{\cos(u) \sinh(v)}{\cos(u) \cosh(v)})}{\cos(a)} \right), \\ \frac{\sqrt{\sin(u)^2 \cosh(v)^2 + \cos(u)^2 \sinh(v)^2}}{\cos(a)} \sin(a), \end{bmatrix}$ $E = G = \cos(u)^2 + \cosh(v)^2 - 1$ $u_o = 0, u_n = \pi/2, v_o = 0, v_n = 1$ |            |
| 9 | $\mathbf{r}(u, v) = \mathbf{r}[\sinh(u) \cos(v), \cosh(u) \sin(v), 0]$ $RC \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{\sinh(u)^2 \cos(v)^2 + \cosh(u)^2 \sin(v)^2}}{\cos(a)} \cos \left( \frac{\arctan(\frac{\cosh(u) \sin(v)}{\sinh(u) \cos(v)})}{\cos(a)} \right), \\ \frac{\sqrt{\sinh(u)^2 \cos(v)^2 + \cosh(u)^2 \sin(v)^2}}{\cos(a)} \sin \left( \frac{\arctan(\frac{\cosh(u) \sin(v)}{\sinh(u) \cos(v)})}{\cos(a)} \right), \\ \frac{\sqrt{\sinh(u)^2 \cos(v)^2 + \cosh(u)^2 \sin(v)^2}}{\cos(a)} \sin(a), \end{bmatrix}$ $E = G = \cosh(u)^2 + \cos(v)^2 - 1$ $u_o = 0, u_n = \pi/2, v_o = 0, v_n = 1$ |            |

УДК 631.3:636

## УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАТОЧУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

**В. І. Ребенко**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Ріжучі пари стригальних машинок заточують точильними апаратами ТА-1, ТАД-350Т и ДАС-350.

Точильний апарат ТА-1 призначений для заточення ріжучих пар (ножів і гребінок) стригальних машинок. Складається із чавунної станини, на якій змонтовані електродвигун з насадженим чавунним заточувальним диском, закритим кожухом, стійки з гачком для підвішування тяги із тримачем і корита для наждакової пасти. На поверхні диска нанесені заглиблення, виконані по концентричних окружностях, для втримання шліфувальної пасти. З метою правильного заточення ножів і гребінок необхідно відрегулювати положення тримача щодо диска. Відстань від штифта тримача до центру диска повинне бути 9 мм. У вертикальному положенні тримач повинен перебувати на однаковій відстані від внутрішнього виточення диска і його зовнішнього краю, а вісь тримача - на відстані 105 мм від вертикальної осі диска. Висоту тримача регулюють за допомогою гачка, закріпленого двома гайками. Ніж або гребінку надягають на штифти тримача, легко притискають до диска й повільно переміщують державку вправо й уліво по всій його ширині.

Для фіксації ножів та гребінок при заточуванні використовується державка-тримач з пристроєм, який дозволяє утримувати їх лише за деякі кромки отворів. Проте такий принцип фіксації не завжди зручний і надійний, особливо, коли приходить відводити від заточувального диску ніж чи гребінку і повертати його, щоб подивитись на заточену поверхню. В таких випадках заточуваний елемент може просто випасти з фіксатора тримача.

Нами розроблено достатньо простий і надійний фіксатор, який зроблено такої ж форми, але виготовленого з полімерного матеріалу (пластику) та прикріпленого до сполученої площини магніту.

Перевага схеми окрім простоти, в тому, що ніж або гребінка краще фіксується на тримачеві за рахунок протягування магнітом. Це дозволяє зручніше та ефективніше виконувати заточування ріжучих пар.

Один точильний апарат забезпечує заточення 12-20 ріжучих пар. Діаметр заточувального диска 350 мм, частота обертання 1440 хв<sup>-1</sup>. Потужність електродвигуна 0,4 кВт.

УДК 004.9

## КРИТЕРІЇ БЛИЗЬКОСТІ КРИВИХ У ЗАДАЧАХ БАГАТОФОКУСНОЇ АПРОКСИМАЦІЇ

А. Д. Жаркіх, Г. Я. Тулученко

*Херсонський національний технічний університет*

Знаходження невідомих коефіцієнтів поліному, що описує багатофокусну лемніскату:

$$|P(z)| = R^m, \quad (1)$$

де  $P(z) = \prod_{k=1}^m (z - z_k)$ ,  $z_k$  – фокуси,  $m$  – кількість фокусів багатофокусної лемніскати, – може здійснюватися за одним із критеріїв близькості дискретного емпіричного та неперервного апроксимуючого контурів [1]:

$$Q_1 = \sum_{j=1}^N \left| |P(z_j)| - |R^m| \right| \rightarrow \min, \quad (2)$$

$$Q_2 = \sum_{j=1}^N \left| P(z_j) - R^m \cdot w_j \right| \rightarrow \min, \quad (3)$$

$$Q_3 = \max_{j=1;N} \left| |P(z_j)| - |R^m| \right| \rightarrow \min, \quad (4)$$

де  $w_j$  – точки кола радіуса  $R^m$ , які є образами  $z_j$  – точок емпіричного контуру.

Для зручності обчислень усі модулі, що мають місце в формулах (2-4), можуть бути піднесені до квадрату.

Для побудови апроксимуючої лемніскати у вигляді одноконтурної кривої цільові функції (2-4) необхідно доповнювати обмеженнями на локалізацію фокусів лемніскати. Для зіркоподібних емпіричних контурів (тобто таких, що можуть бути описані у полярній системі координат) авторами пропонується в якості такого обмеження застосовувати обмеження виду:

$$|z_k| \leq |Spline(\rho(\arg z_k))|, \quad (5)$$

де  $k = \overline{1;m}$ ;  $j = \overline{1;N}$ ;  $N$  – кількість точок емпіричного контуру;  $(x_1; y_1) = (x_{N+1}; y_{N+1})$ ;  $\rho_j = \rho(\arg z_j)$  – послідовність полярних радіусів точок емпіричного контуру;  $Spline$  – періодичний сплайн припустимого степеню.

Для практичного розв'язання задач нелінійної умовної оптимізації з кожним із критеріїв (2)–(4) та умовами (5) авторами розроблені програмні

модулі із використанням можливостей процедури *GlobalSearch* пакету *DirectSearch*, який сумісний із системою комп'ютерної математики Maple [2].

Вхідними даними для цих модулів є послідовності координат точок емпіричного контуру та кількість фокусів апроксимуючої лемніскати. Вихідними даними є координати фокусів апроксимуючої лемніскати та її радіус. Також передбачена візуалізація отриманого розв'язку.

У програмному модулі, що стосується задачі мінімаксу, пошук розв'язку виконується за допомогою наближених методів, що використовують еквівалентні диференційовані цільові функції [3]:

$$Q_5 = \sum_{j=1}^N \left| |P(z_j)| - |R^m| \right|^v \rightarrow \min, \text{ коли } v \rightarrow \infty.$$

Окремо відзначимо, що для отримання адекватних розв'язків задач нелінійної умовної оптимізації, виявилось необхідним змінювати налаштування процедури *GlobalSearch* пакету *DirectSearch*, які передбачені за замовчуванням. Так виявилось за потрібне збільшувати значення опції *number*, яка визначає кількість початкових точок, що генеруються; зменшувати значення опції *distance*, яка визначає мінімальну відстань між двома локальними екстремумами; область *pointrange*, в якій генеруються початкові точки, визначати як багатокутник, що обмежений ламаною із вершинами у емпіричних точках.

Продовження досліджень автори пов'язують із розробкою конструктивних алгоритмів побудови апроксимуючих багатофокусних лемніскал для емпіричних контурів більш складної геометричної форми.

## Література

1. Ракчеева Т. А. Критерии и сходимость многофокусной аппроксимации / Т. А. Ракчеева // Компьютерные исследования и моделирование. – 2013. – Т. 5. – № 3. – С. 379–394.
2. Моисеев С. Н. Универсальный метод оптимизации без использования производных с квадратичной сходимостью [Электронный ресурс] / С. Н. Моисеев. – Воронеж, 2011. – 25 с. – Режим доступа: <http://www.twirpx.com/file/1534928/>
3. Chen Reuven. Solution of Minimax Problem Using Equivalent Differentiable Functions / Reuven Chen // Computers & Mathematics with Applications. – 1985. – Vol. 11. – № 12. – P. 1165–1169.



УДК 631.3:636

## **АКТУАЛЬНІСТЬ СТВОРЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ В ПРИМІЩЕННЯХ ДЛЯ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ**

***В. І. Ребенко***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Зростання виробництва продуктів тваринництва передбачається досягти переважно за рахунок підвищення продуктивності худоби і птиці, збільшення поголів'я, ефективного використання кормів, значного поліпшення умов утримання тварин і їх годівлі, вдосконалення племінної роботи, механізації і автоматизації основних виробничих процесів.

При тривалому утриманні тварин у приміщеннях без вигулів за умов майже повної обмеженості рухів створення оптимального мікроклімату набуває першочергового значення. Вчені давно визначили оптимальні параметри мікроклімату щодо різноманітних видів тварин та їх вікових груп. Вони зафіксовані у наукових працях, підручниках, в довідковій літературі, у відомчих нормах проектування (ВНТП) тваринницьких і птахівницьких приміщень.

При прив'язному і боксовому утриманні корів і молодняка температура повітря повинна бути в межах 8-12 °С, відносна вологість 50-85%, повітрообмін на 1 ц маси в зимовий період 17 м<sup>3</sup>/год, влітку - 70 і перехідний період - 35 м<sup>3</sup>/год, швидкість руху повітря 0,3-1,0 м/с залежно від сезону року. Мікробна забрудненість не більше 70 тис./м<sup>3</sup>. Концентрація вуглекислого газу 0,25%, аміаку до 20 мг/м<sup>3</sup>, сірководню до 10 мг/м<sup>3</sup>. При безприв'язному утриманні на глибокій підстилці температура повітря повинна знаходитися в межах 5-8 °С, у приміщенні для телиць старше року і нетелей – 8-16 °С. Інші параметри мікроклімату залишаються такими ж, як і при прив'язному утриманні великої рогатої худоби. У пологовому відділенні температура повітря повинна знаходитися в межах 14-18 °С, допустима вологість - 85% (оптимальна 70%), швидкість руху повітря взимку – 0,2 м/с, влітку 0,5, в перехідний період – 0,3 м/с. Мікробна забрудненість не більше 50 тис./м<sup>3</sup>. Концентрація вуглекислого газу – 0,15%, аміаку – 10 мг/м<sup>3</sup>, сірководню 5,0 мг/м<sup>3</sup>.

Відхилення від норм призводить до зниження надоїв на 10-20%, зменшення приросту живої маси на 20-30%, збільшення відходу молодняка від 5 до 40%, зниження продуктивності птахів на 30-35%, скорочення терміну служби тварин на 15-20%, до підвищення витрат кормів і праці в одиницю продукції. При недотриманні необхідних умов мікроклімату зменшується втричі термін служби тваринницьких будівель та технологічного устаткування, збільшуються видатки, погіршується здоров'я працівників і зменшується продуктивності праці.

Вочевидь, повне дотримання обґрунтованих параметрів мікроклімату в тваринницьких приміщеннях – така сама виробнича необхідність, як годівля і напування тварин, гноєвидалення та інші технологічні операції.

УДК 514.18

## МОДЕЛЮВАННЯ ТРУБЧАСТОЇ ПОВЕРХНІ З ПРОСТОРОВОЮ ЛІНІЄЮ ЦЕНТРІВ

*Д. Ю. Платонов<sup>1</sup>, М. М. Муквич<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Ніжинський ліцей Ніжинської міської ради при Ніжинському державному університеті імені Миколи Гоголя*

<sup>2</sup>*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**Анотація.** Висвітлено результати дослідження Платонова Д. Ю., учня фізико-математичного класу Ніжинського ліцею Ніжинської міської ради при Ніжинському державному університеті імені Миколи Гоголя, здійснені під керівництвом Муквича М.М., докторанта кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну Національного університету біоресурсів і природокористування України. Наукову роботу Платонова Д. Ю. «Моделювання трубчастої поверхні з просторовою лінією центрів» представлено до III етапу Всеукраїнського конкурсу-захисту науково-дослідницьких робіт учнів-членів Малої академії наук України у відділенні «Математика» та секції «Математичне моделювання». Наукова робота Платонова Д. Ю. «Моделювання трубчастої поверхні з просторовою лінією центрів» реалізує методику геометричного моделювання поверхонь технічних форм, започатковану доктором технічних наук, професором Пилипакою С. Ф.

У даному дослідженні створено аналітичну модель трубчастої поверхні за допомогою диференціальних залежностей супровідного тригранника просторової лінії центрів, яка проходить через дві задані точки у перпендикулярних площинах (виключивши точки спільної прямої цих площин). Зокрема, знайдено параметричні рівняння просторової лінії центрів, яка проходить через задану точку на осі  $Ox$  і задану точку в координатній площині  $Oyz$  прямокутної декартової системи координат. При цьому враховано умову перпендикулярності векторів дотичної шуканої просторової лінії центрів у вказаних точках до координатних площин  $Oxz$  і  $Oyz$  відповідно. Запропоновано використати просторову лінію центрів, горизонтальною проекцією якої є дуга еліпса в першій чверті координатної площини  $Oxy$ . З метою уникнення громіздких параметричних рівнянь аналітичний опис трубчастої поверхні подано у вигляді, зручному для її комп'ютерної

візуалізації. Складено програму візуалізації трубчастої поверхні в середовищі математичного процесора MatLab.

**Ключові слова:** трубчаста поверхня, лінія центрів, аналітична модель, супровідний тригранник Френе лінії центрів, дуга еліпса, синусоїда.

**Актуальність теми.** Задача аналітичного опису трубчастих поверхонь зумовлена їх використанням при проектуванні різноманітних трубопроводів та інших технічних форм, які мають форму трубчастих поверхонь, утворених за допомогою множини кіл постійного радіуса. Зазвичай, створення геометричної моделі трубчастої поверхні є необхідним етапом для подальшого дослідження технологічних характеристик відповідної технічної форми або напружено-деформованого стану оболонки у вигляді трубчастої поверхні [1].

Найчастіше трубчасту поверхню моделюють за допомогою множини кіл постійного радіуса, які лежать у нормальній площині лінії центрів [2, с. 264]. Слід зазначити, що задача аналітичного опису трубчастої поверхні із плоскою лінією центрів значно простіша. Зокрема, відомими є параметричні рівняння та диференціальні характеристики трубчастих поверхонь з різними плоскими лініями центрів [2, с. 264–274].

Аналітичний опис трубчастої поверхні із просторовою лінією центрів – складніший. У сучасних дослідженнях параметричні рівняння трубчастої поверхні отримують за допомогою супровідного тригранника Френе просторової лінії центрів [3, с. 102] із твірним колом постійного радіуса у нормальній площині тригранника. При цьому перелік просторових кривих, які є центрами кіл трубчастої поверхні, на нашу думку, є обмеженим. Використання просторових кривих зумовлене можливістю утворення параметричних рівнянь трубчастих поверхонь, які володіють певними, наперед заданими властивостями. Зокрема, у дослідженнях [4, 5] трубчасті поверхні побудовані за допомогою супровідного тригранника гвинтової лінії та просторових кривих, заданих функціями власної довжини дуги. У статті [6] використано лінію центрів, яка лежить на циліндрі. У дослідженні [7] здійснено аналітичний опис трубчастих поверхонь за допомогою ліній центрів, які лежать на поверхні сфери.

Але в сучасній літературі нами не було знайдено розв'язок задачі моделювання трубчастої поверхні, утвореної за допомогою просторової лінії центрів, яка сполучає дві довільні точки двох перпендикулярних площин (виключивши точки спільної прямої цих площин). При цьому вимагається виконання важливої технологічної умови: твірні кола, які обмежують трубчасту поверхню, повинні належати вказаним перпендикулярним площинам.

**Метою дослідження** є аналітичний опис трубчастої поверхні за допомогою просторової лінії центрів, яка проходить через дві задані точки в перпендикулярних площинах (виключивши точки спільної прямої цих площин).

**Гіпотеза** дослідження полягає в тому, що застосування аналітичних залежностей супровідного тригранника просторової напрямної кривої дозволяє знайти параметричні рівняння трубчастої поверхні за заданими умовами.

**Завдання дослідження:**

Знайти параметричні рівняння просторової кривої, яка проходить через задану точку на осі **Ox** і задану точку в координатній площині **Oyz** прямокутної декартової системи координат.

Врахувати умову перпендикулярності векторів дотичної шуканої просторової лінії центрів у вказаних точках до координатних площин **Oxz** і **Oyz** відповідно.

Визначити аналітичний опис трубчастої поверхні за допомогою диференціальних залежностей супровідного тригранника просторової лінії центрів.

Скласти програму візуалізації трубчастої поверхні в середовищі математичного процесора MatLab.

**Об'єкт** дослідження – просторові криві та трубчасті поверхні.

**Предмет дослідження** – векторно-параметричні рівняння просторових кривих, трубчастих поверхонь та методи їх утворення.

**Наукова новизна дослідження** – створення аналітичного опису трубчастої поверхні за допомогою просторової лінії центрів, який дозволяє керувати параметрами утвореної аналітичної моделі при зміні початкових умов.

**Практичне значення дослідження** – використання аналітичного опису трубчастої поверхні дозволяє здійснювати проектування різноманітних перехідних трубопроводів та інших технічних форм, які мають форму трубчастих поверхонь.

Знайдений аналітичний опис трубчастої поверхні **можна використати:**

- для побудови креслень та наочних малюнків технічних форм;
- для математичного аналізу напружено-деформованого стану оболонки у вигляді трубчастої поверхні;
- у вигляді програмного модуля системи автоматизованого проектування (САПР).

**Утворення параметричних рівнянь трубчастих поверхонь рухом твірного кола у нормальній площині лінії центрів.**

Нехай лінію центрів, яка є просторовою кривою, у прямокутній декартовій системі координат  $Oxyz$  задано параметричними рівняннями:

$$x = x(t); \quad y = y(t); \quad z = z(t), \quad (1)$$

де  $t$  – параметр (змінна величина). Кожному значенню параметра  $t$  відповідає деяка точка на просторовій лінії центрів.

При русі тригранника Френе із вершиною  $A$  по напрямній кривій (1) коло постійного радіуса  $r$  з центром у точці  $A$ , яке лежить у нормальній площині  $(\vec{n} A \vec{b})$  тригранника, утворить трубчасту поверхню (рис. 1).

Параметричні рівняння трубчастої поверхні мають вигляд [5]:

$$\begin{aligned}
X(t, v) &= x(t) + r \cdot \cos v \cdot \cos \alpha_n + r \cdot \sin v \cdot \cos \alpha_b; \\
Y(t, v) &= y(t) + r \cdot \cos v \cdot \cos \beta_n + r \cdot \sin v \cdot \cos \beta_b; \\
Z(t, v) &= z(t) + r \cdot \cos v \cdot \cos \gamma_n + r \cdot \sin v \cdot \cos \gamma_b;
\end{aligned}
\tag{2}$$

де  $r > 0$  – радіус твірного кола з центром у точці  $A$ ;

$v \in [0; 2\pi)$ ;

$\alpha_n, \beta_n, \gamma_n$  і  $\alpha_b, \beta_b, \gamma_b$  – кути між осями координат  $Ox, Oy, Oz$  і ортами головної нормалі  $\vec{n}$  та бінормалі  $\vec{b}$  рухомого тригранника Френе лінії центрів.

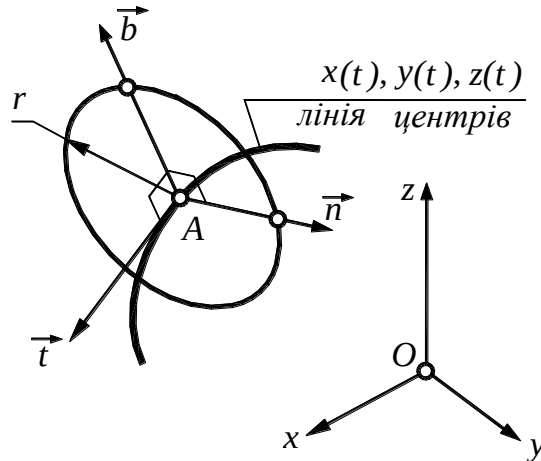


Рис. 1. Утворення трубчастої поверхні рухом твірного кола з центром у точці  $A$  та радіусом  $r$  у нормальній площині  $(\vec{n} A \vec{b})$  лінії центрів (1.1).

Косинуси цих кутів визначають із відомих формул диференціальної геометрії [3, с. 104]:

$$\begin{aligned}
\cos \alpha_n &= \frac{Bz' - Cy'}{\sqrt{(x'^2 + y'^2 + z'^2)(A^2 + B^2 + C^2)}}; \quad \cos \beta_n = \frac{Cx' - Az'}{\sqrt{(x'^2 + y'^2 + z'^2)(A^2 + B^2 + C^2)}}; \\
\cos \gamma_n &= \frac{Ay' - Bx'}{\sqrt{(x'^2 + y'^2 + z'^2)(A^2 + B^2 + C^2)}}; \\
\cos \alpha_b &= \frac{A}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}}; \quad \cos \beta_b = \frac{B}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}}; \quad \cos \gamma_b = \frac{C}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}}.
\end{aligned}
\tag{3}$$

У формулах (3) вирази  $A = y'z'' - y''z'$ ;  $B = z'x'' - z''x'$ ;  $C = x'y'' - x''y'$  знаходять, диференціюючи параметричні рівняння лінії центрів (1).

**Приклади аналітичного опису трубчастих поверхонь у системі супровідного тригранника лінії центрів.**

У статті [5] знайдено параметричні рівняння та побудовано трубчасту поверхню (рис.2, а), утворену рухом твірного кола у нормальній площині гвинтової лінії, заданої рівняннями:

$$x(t) = a \cdot \cos t; \quad y(t) = a \cdot \sin t; \quad z(t) = b \cdot t, \tag{4}$$

де  $a > 0$  і  $b$  – параметри гвинтової лінії (сталі величини).

У роботі [5] знайдено параметричні рівняння та побудовано трубчасту поверхню (рис.2, б), утворену рухом твірного кола у нормальній площині просторової лінії, заданої рівняннями:

$$x(t) = 0,5 \cos^2 t; \quad y(t) = 0,5(t - \sin t \cos t); \quad z(t) = \sin t. \quad (5)$$

У статті [7] знайдено параметричні рівняння та побудовано трубчасту поверхню, яка дотикається до заданої сфери.

Слід зазначати, що перелік просторових кривих, які є лініями центрів для трубчастих поверхонь, є обмеженим.

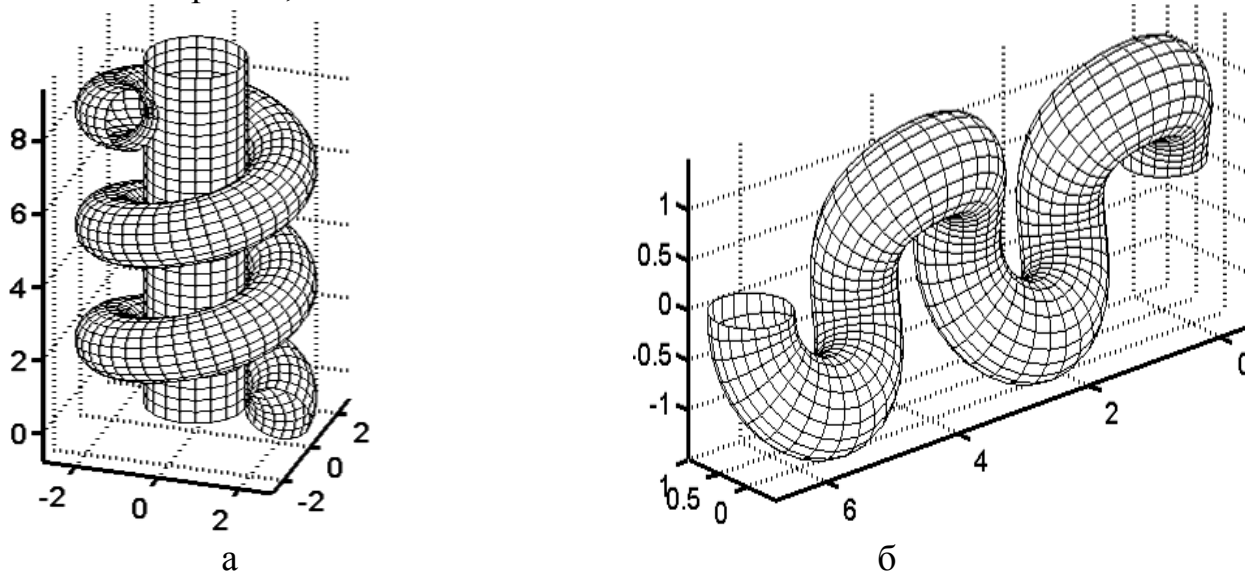


Рис. 2. Трубчасті поверхні, побудовані рухом твірного кола у нормальній площині лінії центрів:

- а) лінією центрів є гвинтова лінія (4);  
б) лінією центрів є просторова крива, задана рівняннями (5).

У вказаних дослідженнях [4 – 7] спочатку знаходять аналітичні умови, якими повинна володіти лінія центрів трубчастої поверхні. Після цього вибирають просторову криву, для якої можливий аналітичний опис трубчастої поверхні. При цьому використання відомих аналітичних моделей трубчастих поверхонь для проектування поверхонь технічних форм є обмеженим.

#### Утворення аналітичної моделі трубчастої поверхні.

Розглянемо площини  $(x'z') \perp (y'z')$ , у яких знаходяться точки  $A$  і  $B$  відповідно (рис.3). Перпендикулярні площини  $(x'z')$  і  $(y'z')$  перетинаються по прямій  $Z'$ .

Розв'яжемо задачу моделювання трубчастої поверхні із просторовою лінією центрів  $\ell$ , яка сполучає точки  $A$  і  $B$ . Для того, щоб твірні кола трубчастої поверхні з центрами у точках  $A$  і  $B$  належали перпендикулярним площинам  $(x'z')$  і  $(y'z')$  відповідно, будемо вимагати виконання умов до просторової лінії центрів  $\ell$ : вектори дотичних  $\vec{t}_A$  і  $\vec{t}_B$  до лінії центрів  $\ell$  у

точках  $A$  і  $B$  повинні бути перпендикулярними до площин  $(x'z')$  та  $(y'z')$  відповідно.

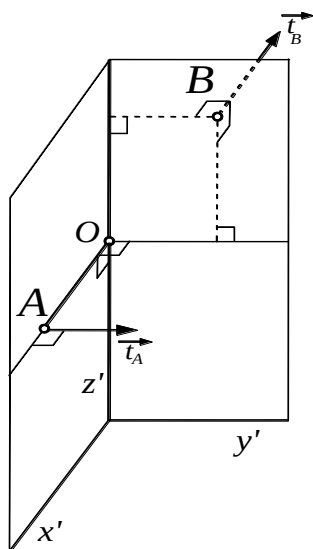


Рис. 3. Розміщення точок  $A$  і  $B$  у перпендикулярних площинах  $(x'z')$  та  $(y'z')$ .

У площині  $(x'z')$  проведемо  $AO \perp z'$ , тоді  $AO \perp (y'z')$  (рис. 3.). Побудуємо прямокутну декартову систему координат  $Oxyz$  із початком у точці  $O$ ; віссю  $Ox$ , яка співпадає з напрямленим відрізком  $\overline{OA}$ ; віссю  $Oz$ , яка співпадає з прямою  $z'$ , віссю  $Oy$ , яка паралельна прямій  $y'$  (рис. 4). Розглянемо точки:  $A(a;0;0)$ ,  $B(0;b;h)$ , де числа  $a > 0, b > 0, h > 0$  – будемо

вважати відомими.

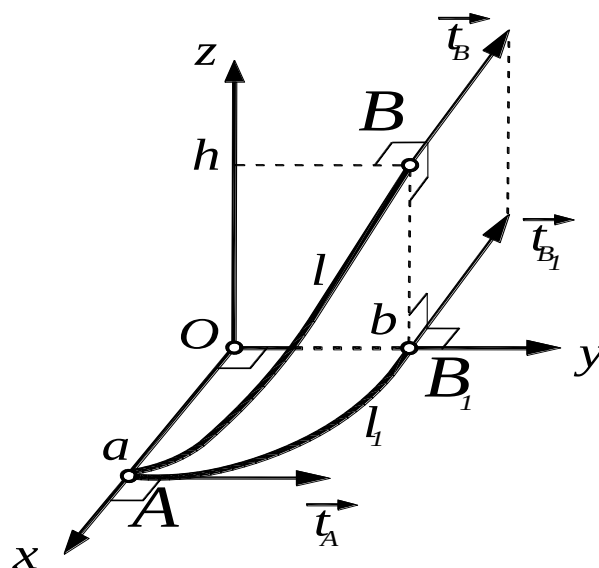


Рис. 4. Побудова горизонтальної проекції  $\ell_1$  просторової лінії центрів  $\ell$ .

Позначимо точку  $B_1(0;b;0)$  – горизонтальну проекцію точки  $B(0;b;h)$  на площину  $Oxy$ , тоді крива  $\ell_1$ , яка сполучає точки  $A(a;0;0)$  і  $B_1(0;b;0)$  є горизонтальною проекцією лінії центрів  $\ell$  трубчастої поверхні. Умови утворення лінії центрів  $\ell$ , яка сполучає точки  $A$  і  $B$ :  $\vec{t}_A \perp (Oxz)$ ;  $\vec{t}_B \perp (Oyz)$  вимагають виконання умов:  $\vec{t}_A \perp Ox$  і  $\vec{t}_{B_1} \perp Oy$ , де  $\vec{t}_{B_1}$  – вектор дотичної до

кривої  $\ell_1$ , який лежить у площині  $Oxy$  і колінеарний до вектора  $\vec{t}_B$  дотичної до лінії центрів (рис. 4).

На нашу думку, дугу еліпса з півосями  $a$  і  $b$  у першій чверті координатної площини  $Oxy$ , кінцями якої є точки  $A$  і  $B_1$ , можна використати у ролі проекції  $\ell_1$  лінії центрів трубчастої поверхні. При цьому виконуються поставлені умови:  $\vec{t}_A \perp Ox$  і  $\vec{t}_{B_1} \perp Oy$ .

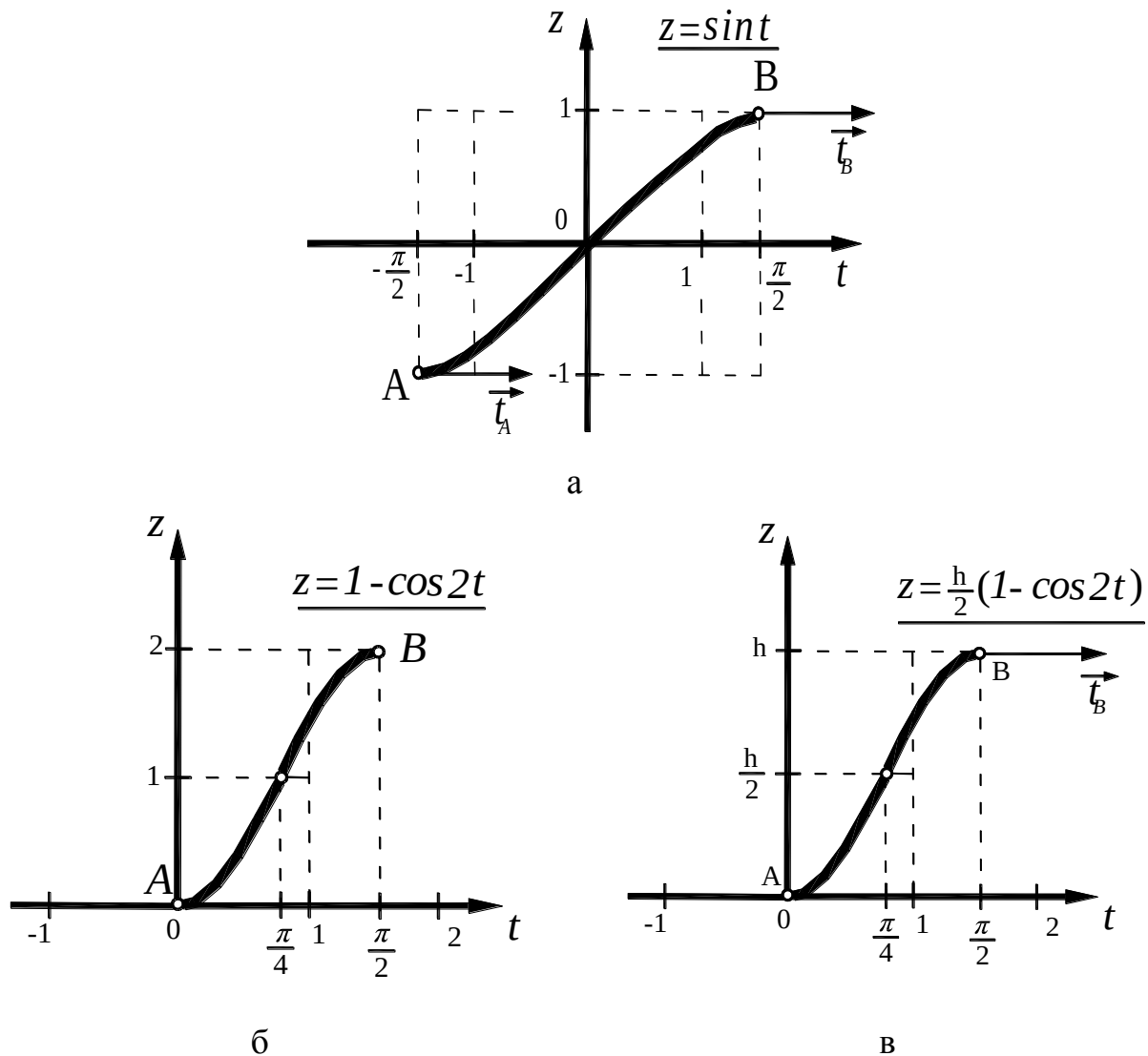


Рис. 5. До знаходження функції  $z = z(t)$  просторової лінії центрів  $\ell$ :

- а) графік функції:  $z = \sin t$  при  $-\frac{\pi}{2} \leq t \leq \frac{\pi}{2}$ ;
- б) графік функції:  $z = 1 - \cos 2t$  при  $0 \leq t \leq \frac{\pi}{2}$ ;
- в) графік функції:  $z = \frac{h}{2}(1 - \cos 2t)$  при  $0 \leq t \leq \frac{\pi}{2}$ .



Параметричні рівняння дуги еліпса  $\ell_1$  у площині  $Oxy$  ( $z=0$ ) мають вигляд [8, с. 201]:

$$x(t) = a \cdot \cos t; \quad y(t) = b \cdot \sin t; \quad 0 \leq t \leq \frac{\pi}{2}. \quad (6)$$

Знайдемо функцію  $z = z(t)$  для лінії центрів  $\ell$  трубчастої поверхні, яка сполучає точки  $A$  і  $B$ , врахувавши умови:  $z(0) = 0$ ;  $z\left(\frac{\pi}{2}\right) = h$ ;  $\vec{t}_A \perp (Oxz)$ ;  $\vec{t}_B \perp (Oyz)$ . Для цього використаємо функцію  $z = \sin t$  при  $-\frac{\pi}{2} \leq t \leq \frac{\pi}{2}$  (рис. 5, а).

Здійснимо стиск вказаного графіка до осі  $Oz$  у два рази, паралельний перенос по осі  $Ot$  вправо на  $\frac{\pi}{4}$  одиниць і паралельний перенос по осі  $Oz$  вгору на одну одиницю. Отримаємо функцію  $z = \sin\left(2\left(t - \frac{\pi}{4}\right)\right) + 1$  або, після

застосування формул зведення:  $z = 1 - \cos 2t$ , де  $0 \leq t \leq \frac{\pi}{2}$  (рис. 5, б). Для виконання умов  $z(0) = 0$ ;  $z\left(\frac{\pi}{2}\right) = h$ , будемо використовувати залежність

$z = \frac{h}{2}(1 - \cos 2t)$  при  $0 \leq t \leq \frac{\pi}{2}$  (рис. 5, в). (Вісь  $Oz$  на рис. 5 використовується для знаходження функції  $z = z(t)$  і не співпадає з віссю  $Oz$  прямокутної системи координат  $Oxyz$  на рис. 4).

Отже, параметричні рівняння просторової лінії центрів  $\ell$  трубчастої поверхні за поставленими у дослідженні умовами мають вигляд:

$$x(t) = a \cdot \cos t; \quad y(t) = b \cdot \sin t; \quad z = \frac{h}{2}(1 - \cos 2t) \quad 0 \leq t \leq \frac{\pi}{2}. \quad (7)$$

Для знаходження аналітичного опису трубчастої поверхні використаємо спосіб утворення трубчастої поверхні рухом твірного кола у нормальній площині лінії центрів (рис.1). Параметричні рівняння трубчастої поверхні мають вигляд (2):

$$X(t, v) = x(t) + r \cdot \cos v \cdot \cos \alpha_n + r \cdot \sin v \cdot \cos \alpha_b;$$

$$Y(t, v) = y(t) + r \cdot \cos v \cdot \cos \beta_n + r \cdot \sin v \cdot \cos \beta_b;$$

$$Z(t, v) = z(t) + r \cdot \cos v \cdot \cos \gamma_n + r \cdot \sin v \cdot \cos \gamma_b;$$

де  $r > 0$  – радіус твірного кола з центром у точці  $A$ ;  $v \in [0; 2\pi)$ ;

$\alpha_n, \beta_n, \gamma_n$  і  $\alpha_b, \beta_b, \gamma_b$  – кути між осями координат  $Ox, Oy, Oz$  і ортами головної нормалі  $\vec{n}$  та бінормалі  $\vec{b}$  рухомого тригранника Френе лінії центрів.

Косинуси цих кутів визначимо із формул (3), у яких вирази  $A = y'z'' - y''z'$ ;  $B = z'x'' - z''x'$ ;  $C = x'y'' - x''y'$  знайдемо, диференціюючи параметричні рівняння просторової лінії центрів (7):

$$x'(t) = -a \cdot \sin t; \quad y'(t) = b \cdot \cos t; \quad z'(t) = h \cdot \sin 2t. \quad (8)$$

Диференціюючи вирази (2.3), після перетворень отримаємо:

$$x''(t) = -a \cdot \cos t; \quad y''(t) = -b \cdot \sin t; \quad z''(t) = 2 \cdot h \cdot \cos 2t. \quad (9)$$

Звідси, після перетворень і спрощень отримаємо:

$$\begin{aligned} \sqrt{x'^2 + y'^2 + z'^2} &= \sqrt{a^2 \cdot \sin^2 t + b^2 \cdot \cos^2 t + h^2 \cdot \sin^2 2t}; \\ A &= 2 \cdot b \cdot h \cdot \cos^3 t; \quad B = -2 \cdot a \cdot h \cdot \sin^3 t; \quad C = a \cdot b; \\ \sqrt{A^2 + B^2 + C^2} &= \sqrt{4 \cdot h^2 \cdot (a^2 \cdot \sin^6 t + b^2 \cdot \cos^6 t) + a^2 \cdot b^2}. \end{aligned} \quad (10)$$

Підставимо вирази (10) у формули (3), тоді після спрощень отримаємо:

$$\begin{aligned} \cos \alpha_n &= \frac{-a \cdot \cos t \cdot (b^2 + 4 \cdot h^2 \cdot \sin^4 t)}{\sqrt{a^2 \cdot \sin^2 t + b^2 \cdot \cos^2 t + h^2 \cdot \sin^2 2t} \cdot \sqrt{4 \cdot h^2 \cdot (a^2 \cdot \sin^6 t + b^2 \cdot \cos^6 t) + a^2 \cdot b^2}}; \\ \cos \beta_n &= \frac{-b \cdot \sin t \cdot (a^2 + 4 \cdot h^2 \cdot \cos^4 t)}{\sqrt{a^2 \cdot \sin^2 t + b^2 \cdot \cos^2 t + h^2 \cdot \sin^2 2t} \cdot \sqrt{4 \cdot h^2 \cdot (a^2 \cdot \sin^6 t + b^2 \cdot \cos^6 t) + a^2 \cdot b^2}}; \\ \cos \gamma_n &= \frac{2 \cdot h \cdot (b^2 \cos^4 t - a^2 \cdot \sin^4 t)}{\sqrt{a^2 \cdot \sin^2 t + b^2 \cdot \cos^2 t + h^2 \cdot \sin^2 2t} \cdot \sqrt{4 \cdot h^2 \cdot (a^2 \cdot \sin^6 t + b^2 \cdot \cos^6 t) + a^2 \cdot b^2}}; \\ \cos \alpha_b &= \frac{2 \cdot b \cdot h \cdot \cos^3 t}{\sqrt{4 \cdot h^2 \cdot (a^2 \cdot \sin^6 t + b^2 \cdot \cos^6 t) + a^2 \cdot b^2}}; \\ \cos \beta_b &= \frac{-2 \cdot a \cdot h \cdot \sin^3 t}{\sqrt{4 \cdot h^2 \cdot (a^2 \cdot \sin^6 t + b^2 \cdot \cos^6 t) + a^2 \cdot b^2}}; \\ \cos \gamma_b &= \frac{a \cdot b}{\sqrt{4 \cdot h^2 \cdot (a^2 \cdot \sin^6 t + b^2 \cdot \cos^6 t) + a^2 \cdot b^2}}. \end{aligned} \quad (11)$$

На рис. 6, а зображено трубчасту поверхню, а на рис. 6, б – її горизонтальну проекцію на площину Оху. Цю поверхню побудовано за рівняннями (2) із урахуванням виразів (7) і (11) при  $a=4$ ;  $b=5$ ;  $h=3$ ;  $r=1$ ;

$$0 \leq t \leq \frac{\pi}{2}; \quad v \in [0; 2\pi).$$

**Висновки.** Побудова аналітичної моделі трубчастої поверхні створює теоретичні основи для вдосконалення методів проектування технічних форм.

Застосування диференціальних залежностей супровідного тригранника просторової лінії центрів, горизонтальною проекцією якої є дуга еліпса, дозволяє знайти аналітичний опис трубчастої поверхні за поставленими в дослідженні умовами.

Методика знаходження параметричних рівнянь трубчастої поверхні допускає можливість зміни початкових умов аналітичної моделі.

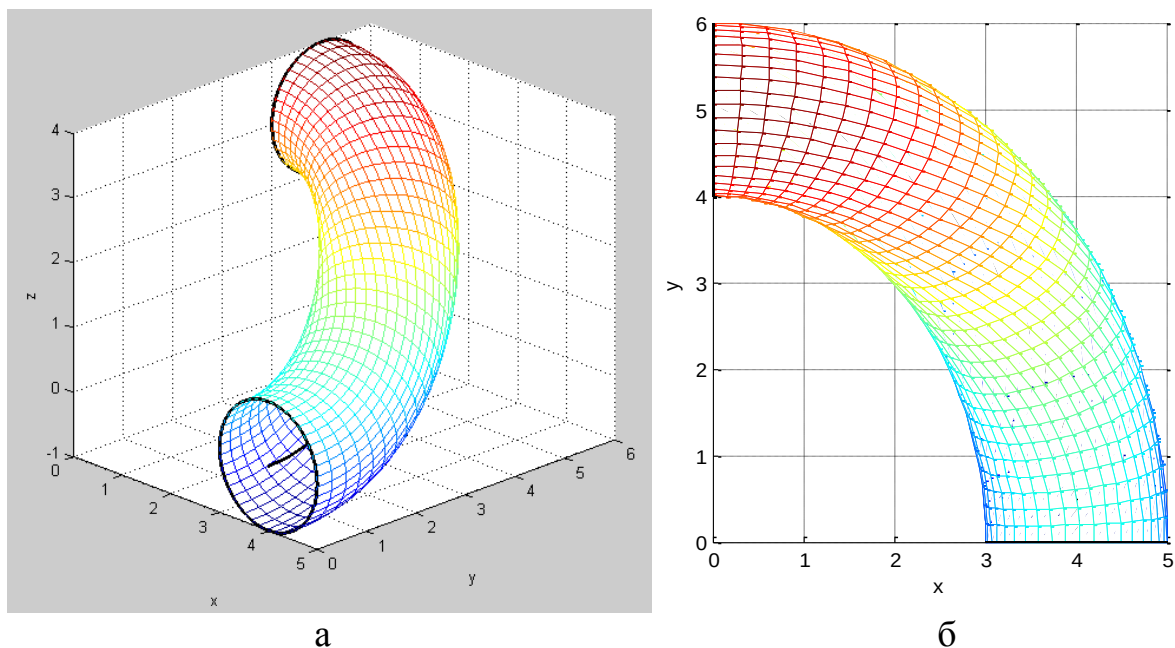


Рис. 6. Трубчаста поверхня із просторовою лінією центрів:

- а) трубчаста поверхні у системі координат  $Oxyz$  ;  
 б) горизонтальна проекція трубчастої поверхні на площину  $Oxy$  .

### Література

1. Иванов В. Н. Циклические поверхности: геометрия, классификация, конструирование оболочек [Текст] / В. Н. Иванов // Труды международной научной конференции «Архитектура оболочек и прочностной расчет тонкостенных строительных и машиностроительных конструкций сложной формы». – М.: РУДН, 2001. – С. 127-133.
2. Кривошапко С. Н. Аналитические поверхности [Текст] / С. Н. Кривошапко, В.Н. Иванов, С.М. Халаби. – М.: Наука, 2006. – 544 с.
3. Милинский В. И. Дифференциальная геометрия [Текст] / В. И. Милинский. – Л.: Кубуч, 1934. – 332 с.
4. Фролов О. В. Кінцеві рівняння каналових поверхонь [Текст] / О. В. Фролов // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – №4, т. 20. – Мелітополь: ТДАТА, 2003. – С. 101–104.
5. Муквич М. М. Конструювання трубчастих поверхонь із просторовою віссю, описаних сім'ями координатних ліній кривини [Текст] / М. М. Муквич // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К.: КНУБА, 2009. – № 81. – С. 195–200.
6. Муквич М. М. Конструювання трубчастої поверхні, віднесеної до ліній кривини, із лінією центрів, яка лежить на циліндрі [Текст] / М. М. Муквич // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – № 4, т. 51. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – С. 133–138.

7. Муквич М. М. Конструювання трубчастої поверхні, віднесеної до ліній кривини, зі сферичною лінією центрів [Текст] / М. М. Муквич // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – №4, т. 55. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – С. 156–162.

8. Бронштейн И. Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов [Текст] / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. – М.: Наука, 1986. – 544 с.

УДК 636.4.082

## **АНАЛІЗ КОМПЛЕКТІВ МАШИН ДЛЯ КОРМОРОЗДАВАННЯ ПРИ ВИРОЩУВАННІ РИБИ У ВІДКРИТИХ ВОДОЙМАХ**

***В. П. Галка, О. О. Заболотько***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Аквакультура сьогодні - одна з найбільш швидкорослих галузей харчового виробництва в світі. Частка аквакультури у світовому виробництві риби щорічно зростає. За останні 50 років об'єм вирощування риби в світі збільшився більше ніж на 50 млн. тонн, в той час як ріст об'ємів світового вилову риби припинився у 80 роках минулого століття.

Отже, нині найбільшого значення набувають складні, у технологічному відношенні, методи інтенсифікації рибориства - індустриальні форми вирощування риби в ставках, садках, басейнах, замкнутих ємкостях, що передбачає високу концентрацію риби на одиниці площі, а відповідно - повноцінну годівлю.

В Україні найбільш поширеним об'єктом рибориства є короп, товстолоб, лососеві та ін. Їх частка у структурі виробництва продукції рибориства становить близько 44%, лососевих - близько 7%, рослинних риби - близько 45%.

Таке співвідношення об'єктів рибориства у ставовій аквакультурі свідчить про те, що в Україні виробництво риби базується в основному на власній формі, тобто використанні природної кормової бази. Про це свідчать і незначні об'єми комбікормів, що використовують у годівлі риби, 20% яких закордонного виробництва. Для роздавання кормів використовують мобільні (наземні і водні) та стаціонарні кормороздавачі. Корм розміщують на кормових майданчиках, кормових столах та в групових годівницях (маятникового типу).

Корми розкладають на кормові столики або кормові місця, влаштовані на твердому ґрунті, посипані піском. Кормовий столик роблять з гладко виструганих дощок розміром з метр з закраїнами 5-8 см. Кормові столики встановлюють на глибині 40-60 см з розрахунку один столик на 400 риби. Столики мають один від одного на відстані 4-5 м на чистих ділянках ставка,

вільних від рослинності і не замулених. Під час годування риби необхідно - вводити контроль за поїдання кормів і зростанням риб. Якщо корми поїдаються добре, а риба відстає у рості, добовий раціон збільшують. Якщо корми стають, але зростання риби нормальний, норму кормів зменшують. Не з'їдений протягом декількох діб корм рекомендується прибрати і на його місце покласти новий, свіжий. Величезне значення має підготовка і якість кормів.

Нормальна, або одноразова, посадка риби на нагул розрахована на приріст риби за рахунок природних кормів у ставку, орієнтовно 350-400 штук годовиків коропа на гектар. Посадка в два рази вище нормальної називається дворазовою, в три рази – трикратною і так далі. При ущільнених посадках на нагул (дво-триразових) починаючи з травня рибу регулярно підгодовують. Для годівлі коропа використовують макухи, вику, люпин, зернові та відходи млину, варену картоплю і корми тваринного походження, які готують до згодовування. Картоплю варять, розминають і дають в суміші. із зерновими або відходами млину, макухи у вигляді тіста. М'ясо пуголовків, жаб, смітної риби пропускають через м'ясорубку, змішують з картоплею макухи, зерновими або млиновими відходами. Найбільший ефект годівлі досягається при дачі кормових сумішей. Зелену рослинність використовують у вигляді пасти.

Корми роздають з використанням кормороздавачів. Кормороздатчик типу СКР-1,5 застосовують для роздачі сипучих і гранульованих комбікормів за кормовим доріжках на відкритих водоймах. Аналогічні кормороздавачі СКР-3, ОА, ІКП-1,6, ІКП-3, ОА, ІКП-1,6, РГК-700, які відрізняються від СКР-1,5 вантажопідйомністю і продуктивністю.

Кормороздатчик КР-4М, роздача корму відбувається за рахунок гравітаційної сили по обидва боки кормороздатчика. Він може обслужити ставок площею понад 100 га.

Кормороздатчик Н17-ИКШ, викид кормів відбувається за рахунок повітряного потоку, створюваного вентилятором.

Самохідним роздатчиків корму, що видає комбікорм з берега (з дамби), відносять ПД-0,6, КН-800. Кормороздатчик ПД-0,6 використовують для роздачі гранульованого корму в ставки з берега безупинно по кормовим «доріжках» або з зупинкою по кормовим місцях. Викид корми відбувається за рахунок повітряного потоку, створюваного вентилятором. Кормороздатчик КН-800 призначений для роздачі гранульованого корму порціями по кормовим місцях. Він являє собою навісний бункер з системою дозування. Кормороздатчик монтують на тракторі «Білорусь» та «ЮМЗ-6».

Автоматичний кормороздатчик ИКВ призначений для роздачі гранульованого корму для молоді риб, вирощуваних в садках і басейнах.

Вібраційний кормороздатчик ІКФ застосовують для видачі гранульованих комбікормів в рибоводні садки і басейни при вирощуванні товарної риби в рибоводних установках із замкнутим циклом водопостачання. Принцип видачі порції корму заснований на використанні вібрації розкидачі. Широко застосовують самогодівниці (автогодівниці) типу «Рефлекс», привід дозуючого

диску відбувається за допомогою маятника, який коливається від поштовхів риби у воді.

Отже, для підвищення ефективності вирощування риби у ставках використовують засоби механізації. Для ставків рекомендуються використовувати самохідні або плаваючі самогодівниці.

УДК 631.363

## ОЦІНКА РІВНОМІРНОСТІ ЗМІШУВАННЯ КОРМІВ

*В. С. Хмельовський*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**Мета роботи.** Апробація методу оцінки рівномірності змішування шляхом перерозподілу вологи в кормових сумішках для рогатої худоби.

**Аналіз досліджень.** Продуктивність тварин в значній мірі залежить від повноцінної годівлі, яка забезпечується виробництвом достатньої кількості кормів, правильною і високоякісною підготовкою до згодовування. А головними факторами повноцінної годівлі є [1]: повний набір незамінних поживних речовин, своєчасне і оптимально узгоджене у кількісному відношенні надходження їх у організми тварин.

Підготовка кормів до згодовування [2, 3] включає різні технологічні операції, серед яких найважливішими і практично обов'язковими є подрібнення вихідних компонентів і приготування з них збалансованих сумішок [4, 5].

В процесі кормоприготування якість продуктів подрібнення визначають за показниками середнього розміру кормових часток та рівномірності фракційного складу; критерієм процесу змішування є рівномірність розподілу кормових компонентів між собою у складі кормової суміші. Останній показник має важливе значення в разі приготування кормових сумішок не для окремих тварин, а для цілих технологічних груп.

Традиційно для оцінки рівномірності змішування використовують контрольний компонент (наприклад, відкаліброване насіння буряків, зерна кукурудзи, проса тощо), який додається у кормову суміш в невеликих кількостях [6, 7]. Такий метод займає багато часу і значних затрат праці на його реалізацію, іноді потребує спеціального лабораторного обладнання. В разі виробничої перевірки контрольний компонент, крім того, повинен бути безпечним для подальшого згодовування кормової суміші тваринам. Слід також зазначити, що для випадків одночасного подрібнення і змішування кормів варіант з використанням контрольних компонентів органічного походження суттєво ускладнюється, оскільки після подрібнення їх зовсім неможливо виділити із одержаної сумішки.

Гіпотеза методу оцінки рівномірності змішування кормової сумішки без внесення і виділення будь-якого контрольного компоненту ґрунтується на перерозподілі вологи кормових компонентів між собою в процесі їх перемішування. Відповідно до заданого складу кормового раціону (перелік та нормована доза вихідних компонентів, що входять до його складу) перед приготуванням кормової суміші необхідно визначити вологість кожного з них до завантаження їх в бункер змішувача. Потім слід розрахувати очікувану (теоретичну) вологість сумішки як середньозважений показник.

В процесі приготування кормової суміші відбирають проби і визначають її фактичну вологість. Порівняння фактичної та теоретичної вологості дозволяє оцінювати закономірність розподілу вологи у всьому об'ємі приготовленої сумішки, отже, і рівномірність перемішування кормових компонентів.

Для достовірної оцінки рівномірності змішування за розподілом вологи, проби слід відбирати з різних зон усього об'єму змішувача порційної дії, або ж через рівні проміжки часу на виході із потокового (безперервної дії) змішувача. Кількість проб приймають залежно від структурного складу кормового раціону, в разі приготування вологих сумішок з включенням стеблових та соковитих кормів 20-40 проб забезпечують вірогідність результату 0,95.

При визначенні рівномірності змішування масу проби приймають [8]: для вологих сумішок (для свиней) та сухих (для рогатої худоби) - 100 г.; і для вологих сумішок (для рогатій худоби) - 300 г.

### **Література**

1. Дмитроченко А. П., Пшеничний П. Д. Кормление сельскохозяйственных животных. – Л.: Колос, 1975. – 480 с.
2. Бабич А. А., Моторный Д. К. Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства, хранения и использования кормов / Под ред. М. В. Зубца. – К.: Урожай, 1986. – 104 с.
3. Ревенко И., Ревенко Ю. Качество приготовления и эффективность использования концентрированных и комбинированных кормов // MOTROL. – Lublin-Rzeszow, 2013. – Vol. 15, № 3. – С. 356–361.
4. Ревенко І. І. Основні принципи ресурсозбереження у кормовиробництві та кормоприготуванні // Наук. вісник НАУ. – К., 1997. – С. 127–133.
5. Ревенко І. І. Ресурсозбережні принципи виробництва продукції тваринництва // Вісник аграрної науки. – 1998. – Спец. випуск, вересень. – С. 145–151.
6. Кукта Г. М. Технология переработки и приготовления кормов. – М.: Колос, 1978. – 240 с.
7. Кукта Г. М. Машины и оборудование для приготовления кормов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 303 с.
8. ОСТ 70.19.2-83. Испытания сельскохозяйственной техники: Машины и оборудование для приготовления кормов. Программа и методы испытаний. – М., 1984. – 114 с.

УДК 631.363

## VIDEOENDOSCOPY – PROCESS DIAGNOSTICS OF COMBINE HARVESTERS

**O. M. Grubin, I. L. Rogovskii**

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

These devices differ from conventional fiberscopes that the distal end is installed the image receiver (CCD matrix). Such devices can be used to study remote up to 10 m zones and allow when connected to the computer via the USB port to get high-quality color television image in a wide range of illumination with the option of storage in computer memory of the results of the inspection (Fig. 1).



Fig. 1. Options videoscopes with integrated display



In table the example shows the characteristics of video endoscopes series VD:

| Model       | Diameter of working part, mm | Working part length, mm | Bending angle of distal end, deg. | Angle of view, deg |
|-------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| VD 2-8-100  | 8                            | 1000                    | $\pm 130$                         | 58                 |
| VD 2-8-150  | 8                            | 1500                    | $\pm 130 / \pm 130$               | 58, 90             |
| VD 2-8-200  | 8                            | 2000                    | $\pm 130 / \pm 130$               | 58, 90             |
| VD 2-8-250  | 8                            | 2500                    | $\pm 130 / \pm 130$               | 58, 90             |
| VD 2-8-3000 | 8                            | 3000                    | $\pm 130 / \pm 130$               | 58, 90             |
| VD 2-8-1000 | 8                            | 10000                   | $\pm 130 / \pm 130$               | 58, 90             |

It should be noted that the main problem when using endoscopes with eyepieces is eye fatigue of the operator. In this sense, the videoscopes have a much better ergonomic qualities, as they allow without much effort to consider both eyes a magnified image on the display (Fig. 2).



Fig. 2. Footage, obtained by using the videoscopes

If the image displayed through the computer monitor screen, can be used special programs of image processing, automatically selects zoom, brightness and sharpness. However, we must bear in mind that fatigue affects even such a negative effect as a sharp change of the zoom and direction of view due to poor fixation of the

distal end of the endoscope. To combat this disadvantage either by rational choice of the type of endoscope (rigid endoscope having only two degrees of freedom, axial displacement and angle of rotation, easier to fix), or using special software the stabilizing frame, widely used in modern photo samples and video equipment.

Table. Characteristic problems of optical diagnostics method as applied to marine power equipment

| Units               | Nodes                                  | Defects                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Diesels             | Cooling system                         | Cavitation-corrosion cracking, thickness and nature of sediments and scum                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                     | Cylinder-piston group                  | Scuffing and carbon deposits on inner surfaces of cylinder liners, cracks, burnouts and other damage to the piston heads and the inner surface of cylinder covers, deposits of combustion products and cracking saddles and mounting surfaces of the valves.                                                                                               |
|                     | Turbocharger system                    | Deposits, corrosion and mechanical damage of turbine blades and compressor                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                     | Internal volume of block and crankcase | Cracks and deposits on the inner surface of the piston from the crankcase, the scratches on inner surface of sleeves of cylinders in their lower zones, cracks on the ribs in the inner part of the unit and the power bridges of the base frame under your bed for the crankshaft bearing. Corrosion and cracks of the connecting rod and the crankshaft. |
| Gas turbine engines | Compressors                            | Salinity, corrosion and nicks of edges, mechanical damage and cracks in blades                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                     | Combustion chamber                     | Burnouts tubular, wear, burning and coking of injectors                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                     | Turbine                                | High temperature corrosion and erosion of edges of blades                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Reducers            | Gear                                   | Wears contact surfaces and breakage of teeth                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                     | Clutch                                 | Mechanical damage                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Heat exchangers     | Tube bundle                            | Tube plate                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                     | Deposits, corrosion                    | Cracked, damaged flaring pipes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Pipeline system     | Pipe                                   | Deposits, corrosion and erosion                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                     | Fittings                               | Wear and mechanical damage                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

The analysis of features of modern endoscopic instruments, suggests that optical devices designed for CIP diagnostics of technical objects, significantly improve the testability of ship power equipment.

However, it should be noted that visual inspections provide a qualitative assessment of the technical condition of inspected parts. To quantify the degree of defect and its influence on the operational reliability of the component is required to perform a sufficiently accurate measurement of the parameter defining the strength and durability of damaged parts. For example, such a parameter is the residual wall thickness.

УДК 631.004.1

## ВБУДОВАНІ ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБІНІВ

*О. М. Бистрий, І. Л. Rogovskiy*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

У процесі підвищення експлуатаційної технологічності зернозбиральних комбайнів особлива роль відводиться заходам щодо скорочення оперативної трудомісткості технічного обслуговування і підвищення контролепригодності самих машин.

Технічні засоби контролю дозволяють з мінімальними витратами праці і часу отримати оцінку технічного стану систем і агрегатів машини.

Взаємодія між об'єктом контролю (вузлом, системою, агрегатом) і оператором можна представити у вигляді обміну інформацією і керуючих сигналів по одному з чотирьох інформаційних каналів (рис. 1).

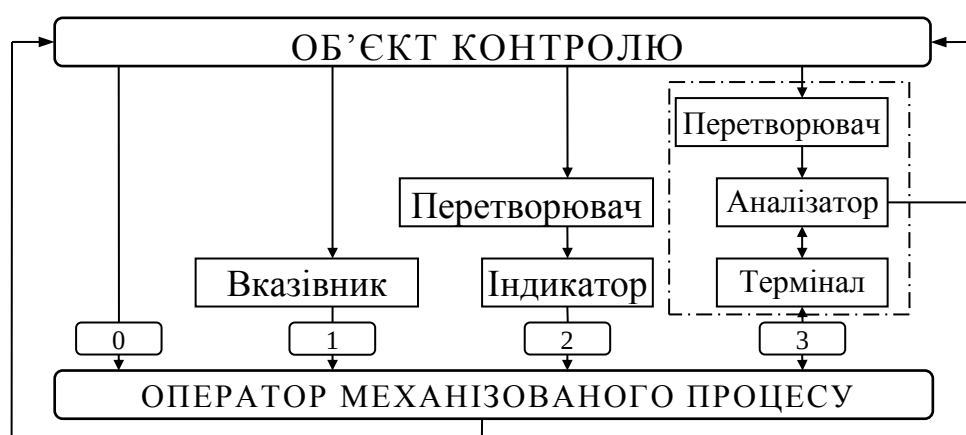


Рис. 1. Класифікація рівнів інформаційних каналів

У каналі нульового рівня повністю відсутні будь-які засоби контролю. Канал першого рівня оснащується засобом контролю у вигляді вказує приладу, автомата граничного стану, сигналізатора і т.п.

У каналі другого рівня дані первинних перетворювачів індикатують на робочому місці оператора (приладова панель).

Канал третього рівня характеризується наявністю аналізує блоку (мікропроцесорного модуля), що дозволяє істотно розширити функціональні можливості засоби контролю і, по суті, перетворити його в елемент контрольно-інформаційної системи (рис. 2).



John Deere



Messey Ferguson



Fendt

Рис. 2. Приклади реалізації контрольно-інформаційних систем

При оснащенні машин різними засобами контролю досягається різний рівень експлуатаційної технологічності її конструкції.

Дослідження світового ринку сільськогосподарської техніки показує, що з кожним роком кількість параметрів, що контролюються за допомогою інформаційних систем, зростає.

Спостерігається загальна тенденція збільшення рівня оснащення машин вбудованими засобами контролю з ростом потужності машини (рис. 3).

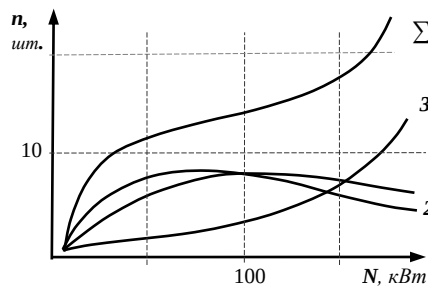


Рис. 3. Залежність рівня оснащення машин вбудованими засобами контролю від їх потужності:

- 1 – контрольно-вказівними;
- 2 – контрольно-вимірювальними;
- 3 – контрольно-інформаційними;
- Σ – всього вбудованих засобів контролю.

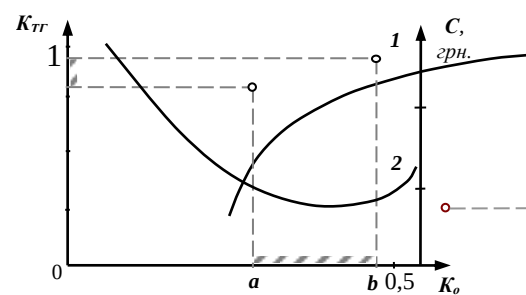


Рис. 4. Зміна сумарних експлуатаційних витрат і надійності машин у залежності від рівня оснащення вбудованими засобами контролю:

- 1 – залежність коефіцієнта готовності машин від рівня оснащення засобами контролю;
- 2 – сумарні витрати на експлуатацію машин.

Із збільшенням рівня оснащення комбайнів вбудованими засобами контролю ( $K_0$ ) зростає коефіцієнт технічної готовності (рис. 4) і знижуються до

певної величини сумарні експлуатаційні витрати. Це пов'язано з скороченням витрат від простоїв та усунення наслідків відмов (ділянка а–b). Однак надмірне насичення комбайнів дорогою апаратурою незмінно призводить до збільшення вартості виконуваних робіт.

Таким чином, визначення необхідного рівня оснащення комбайнів вбудованими засобами контролю набуває характер оптимізаційної задачі. У зв'язку з цим виникає необхідність розробки наукового підходу в питаннях оцінки ефективності використання комбайнів у залежності від рівня оснащеності контрольно-інформаційними системами.

Аналіз проведених досліджень показує, що дане питання вивчене недостатньо. Відсутні єдині методи прогнозування, нормування, забезпечення та підтримки рівня експлуатаційної технологічностей комбайнів з застосуванням комплексного підходу.

Згідно з нормативними документами, які визначають вимоги до якості та експлуатаційної технологічності комбайнів (ДСТУ 21624, ГОСТ 14.205-83, ГОСТ 4.40-84, ДСТУ 51033) у разі необхідності оцінки конструктивних особливостей комбайнів допускається використання додаткових одиничних показників, а також комплексних оціночних систем, сформованих з приватних і одиничних показників, які найкращим чином враховують досліджувані властивості конструкцій комбайнів.

Пропонована система показників кількісної оцінки експлуатаційної технологічності комбайнів формується з частних показників ремонтпридатності (показників контролепридатності та доступності) і додаткових одиничних показників, що характеризують пристосованість конструкцій комбайнів до процесу діагностування, технічного і технологічного обслуговувань, що враховують рівень оснащеності контрольно-інформаційними системами.

Для відбору значущих показників і включення їх у систему, що відповідає цілям практичної оцінки експлуатаційної технологічності в контексті даного дослідження, був використаний метод експертних оцінок.

Чим вище значення оціночних показників, тим досконаліша конструкція комбайнів з позиції експлуатаційної технологічності. В ідеальному випадку всі оціночні показники повинні прагнути до одиниці, що буде повністю відповідати роботизованому автономному комбайну.

УДК 631.363

# ANALYTICAL MODEL CHANGES CURRENT AGGREGATE TECHNICAL READINESS OF AGRICULTURAL MACHINERY

**I. L. Rogovskii**

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

Analyzing the process of maintenance and repair of technical components of the object include the concept of a current of TG (PTG) and the generalized TG (UTG).

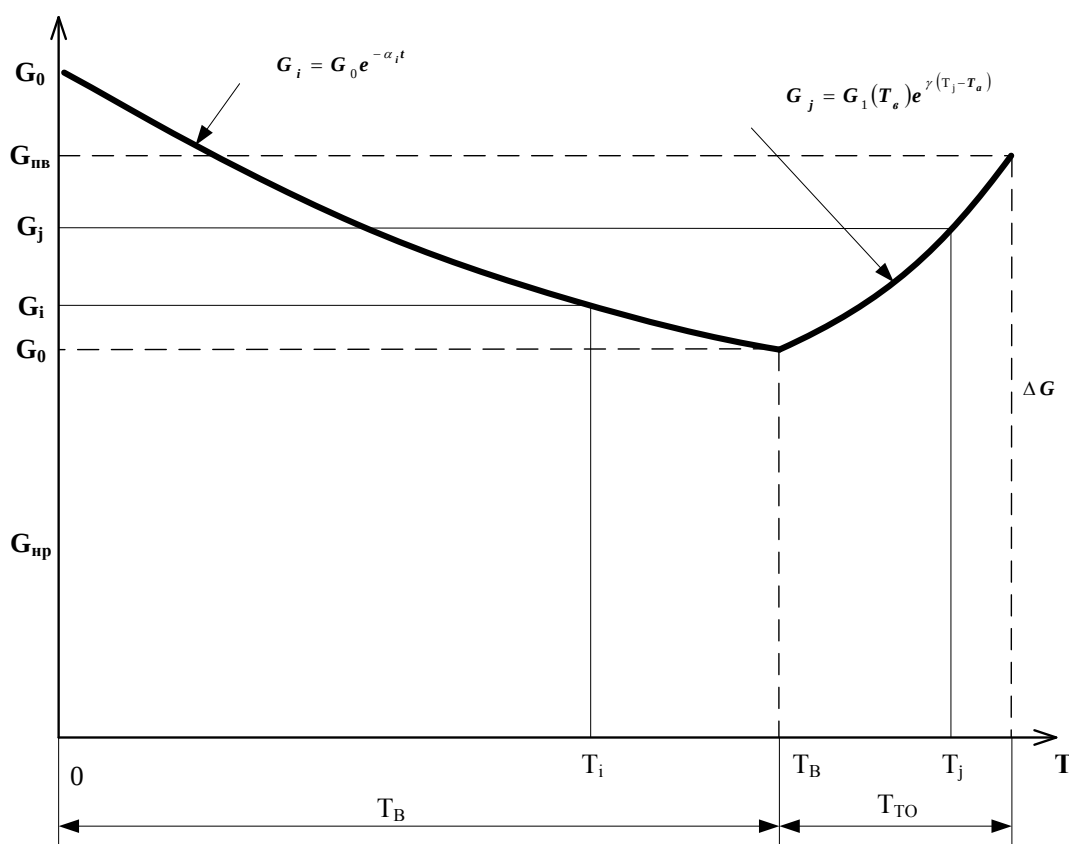


Fig. 1. Fragment changes in the level of technical readiness of the system element from the beginning of operation:

$T_B$  – use period,  $T_{TO}$  – time maintenance, PTG at the time those  $G_i = G_0 e^{-\alpha_i t}$ , PTG at the time  $T_i$ ,  $T_j$   $G_j = G_1(T_e) e^{\gamma(T_j - T_e)}$ ,  $G_0$  – level of TG before operation,  $G_{ПВ}$  – TG level after recovery,  $G_j$  – TG level at time  $T_j$ ,  $G_i$  – TG level at time  $T_i$ ,  $G_{НП}$  – TG level before starting the recovery,  $G_{НП}$  – level TG buffer region was invalid equations,  $\Delta G$  – amount of change of TG after recovery.

Under the current technical readiness will understand the snippet changes the level of technical readiness of the STS from beginning of operation before the

restore, at the appropriate time interval that includes the actual time to recover. Such fragments will be more and they are considered within a single maintenance cycle (ERTS) STS – a period that repeats during which are carried out in sequence. Maintenance (M) and repair (R) for repairs STS periodically removed from operation.

A specified number of such segments (cycles) for the entire time interval of operation we call a generalized technical readiness. The generalized TG, therefore, evaluated in relation to the period of operation and repair.

The correlation of the notions of PTG and UTG is as follows. In accordance with the structure of ERTS technical components of the object at certain points in time is replacement or repair of separate knots and details. Thus, each of these intervals will grow in leaps and bounds to PTH in restoring resources of the individual elements, but it is to the original value  $G_0$ , while of some value  $G_t$ , as part of the units and parts of the TSO remained incomplete resources disability. Without violating the generality of the resources, assume that the decrease in PTH within each state of operation occurs according to the exponential law with parameter  $\beta$ , that is  $G = G_0 e^{-\beta t}$ , recovery takes place to a value  $G_{wt}$ , which is characterized by a degree of recovery  $k_b = G_{wt} / G_0$ ;  $0 < k_b < 1$ .

The magnitude of the PTG  $\Delta G$  update each segment will be equal  $\Delta G = G_{wt}(k_b - e^{-\beta t})$ . Accordingly, a General description of the Assembly process and recovery of the PTG can be represented as:

$$G_{ti} = G_{i-1} \cdot e^{-\beta t_i}; \Delta G_i = G_{i-1}(k_{bi} - e^{-\beta t_i}).$$

Current technical readiness and after, the recovery will be characterized  $G_{wt_i} = G_{i-1} k_{bi}$ . In General, the TSO as part of the system will operate to achieve GS at which  $G_{wt} = G_{zp}$ . The generalized loss process initial level of TSO can be characterized by the dependence of dust  $A = F(\beta, \Delta G_i)$ .

The mathematical expectation of the crossing time of the process  $A$  will be  $G_{zp}$  a function:

$$\bar{T} = \Phi(G_0, G_{zp}, A, k_{bi} \dots k_{bn}).$$

Let the total decrease of UTG also describes the exponent. Then you can record:

$$G_{zp} = G_0 e^{-\Theta_n \bar{T}_{mp}}.$$

So  $G_{zp} / G_0 = e^{-\Theta_n \bar{T}_{mp}}$ , after taking the logarithm we get:

$$\ln(G_0 / G_{zp}) = -\Theta_n \bar{T}_{mp}.$$

Therefore, it follows that

$$\bar{T}_{mp} = (\ln(G_0 / G_{zp})) / \Theta_n.$$

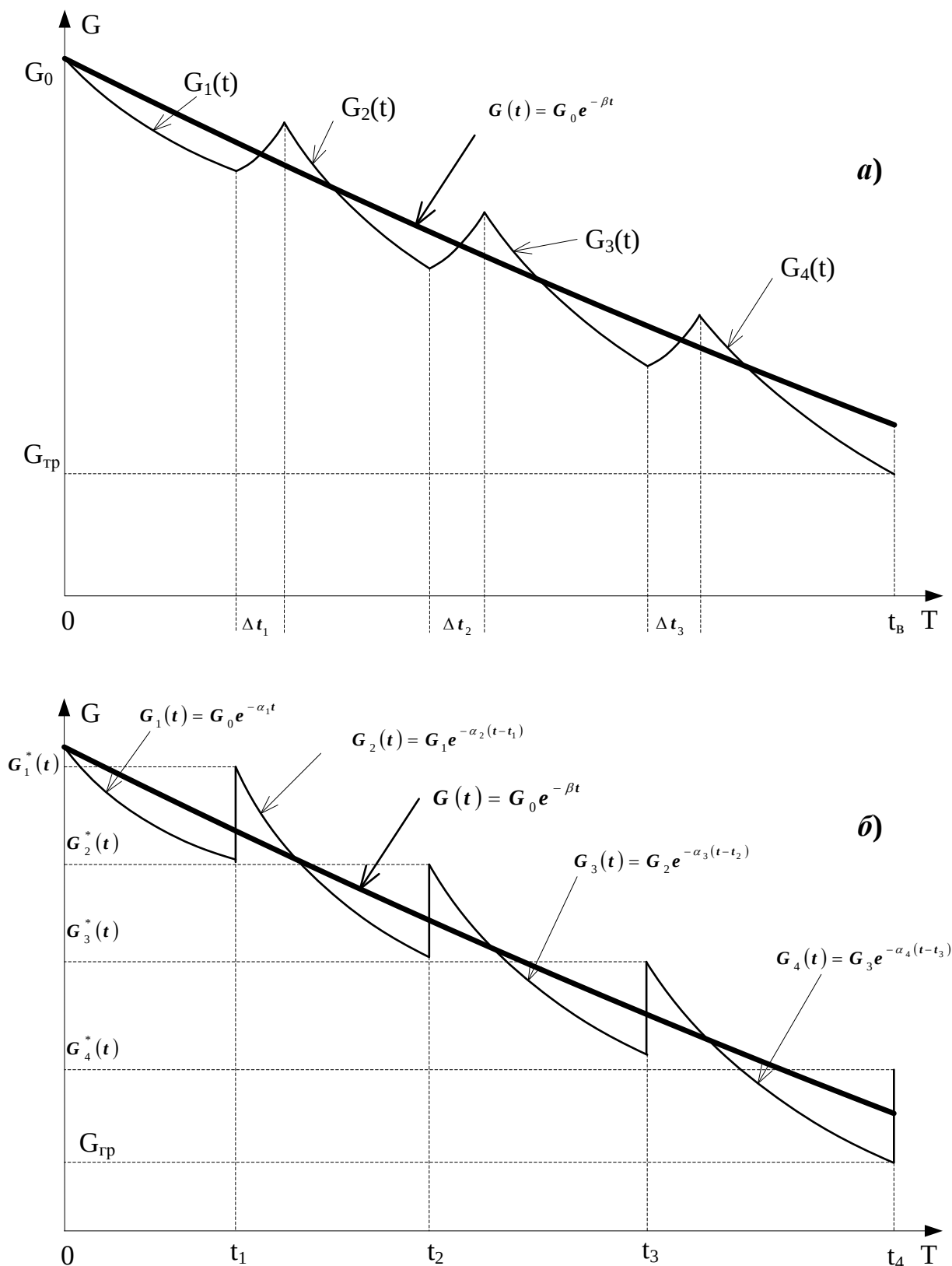


Fig. 2. Technology readiness level on a large time interval of operation is the generalized availability: a – taking into account the recovery time  $TG$ , b – without taking into account the recovery time  $TG$

$G_1^*$ ,  $G_2^*$ ,  $G_3^*$  –  $TG$  levels after recovery



Since the process considered above is multifactorial, we can assume that is distributed according  $\bar{T}_{np}$  to the normal law. The process of losing the initial level of TG is described by the exponential dependencies, and the dependence of TG level system, taking into account the planned works on restoration of TG has the form of a pulverized functions (Fig. 2), then under these assumptions, the fair the following relationship:

$$\begin{aligned}
 G(t) &= G_0 e^{-\beta t}, \quad G_i(t) = G_i e^{-a_i(t-t_{i-1})}, \quad G_{i-1}(t-t_{i-1}) = G(t_{i-1}), \quad t_{i-1} \leq t \leq t_i \\
 \bar{T}_{np} &= \int_0^{t_1} G_0 e^{-\beta t} dt + \int_{t_1}^{t_2} G_1 e^{-a_1(t-t_1)} dt + \dots + \int_{t_{n-1}}^{t_n} G_{n-1} e^{-a_{n-1}(t-t_{n-1})} dt \\
 \int_0^{\bar{T}_{np}} G_0 e^{-\beta t} dt &= \int_0^{t_1} G_0 e^{-\beta t} dt + \int_{t_1}^{t_2} G_1 e^{-a_1(t-t_1)} dt + \dots + \int_{t_{n-1}}^{t_n} G_{n-1} e^{-a_{n-1}(t-t_{n-1})} dt \\
 \frac{G_0}{\beta} (1 - e^{-\beta \bar{T}_{np}}) &= \frac{G_0}{\beta} (1 - e^{-\beta t_1}) + \dots + \frac{G_{n-1}}{a_{n-1}} (1 - e^{-a_{n-1} t_n}) \\
 \frac{1}{\beta} (1 - e^{-\beta \bar{T}_{np}}) &= \frac{1}{\beta} (1 - e^{-\beta t_1}) + \frac{K_{b2}}{a_2} (1 - e^{-a_2 t_2}) + \dots + \frac{K_{bn}}{a_n} (1 - e^{-a_n t_n}) \\
 P(\bar{T}_{np}) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi K_1 \bar{T}_{np}}} e^{-\frac{(T - \bar{T}_{np})^2}{2 K_1 \bar{T}_{np}^2}}
 \end{aligned}$$

You can set that for each object there is a TBO, the development of which requires the repair of all its elements. So UTG will be characterized by the period of use  $\bar{T}_{np}$ , the accumulated cost of recovery of TG, projected costs residual TBO or their ratios.

Thus, considered the general is a formalized statement of the problem assessment diamondado level of the technical state in the process of control of technical readiness leads to the possibility of effective use of resource and diagnostic models for technical state of objects and their elements and subsystems in the presence of a quantitative assessment of the influence of the conditions and modes of operation on the intensity of consumption of the resource assigned and an assessment of the actual remaining resource. The use of such formal methods and models for description of technical state of objects in the creation of special computer – based software tools enable developers and operational staff to conduct a more reliable evaluation on the implementation of the objects intended for it functions, and more effectively manage the process of maintaining the technical readiness of the object and its subsystems.

УДК 631.004.1

## **СТРУКТУРА ТА ФУНКЦІОНАЛЬНІ ЗВ'ЯЗКИ ФІРМОВИХ ТЕХНІЧНИХ ЦЕНТРІВ АПК**

***Л. Л. Тітова, І. Л. Rogovskiy***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Система фірмового технічного сервісу включає підприємства заводів-виготовлювачів машин, регіональні фірмові центри, їх районні філії, що включають підприємства з ремонту вузлів, агрегатів, торгові магазини з продажу запасних частин, комплектуючих, матеріалів.

Між службами фірмового обслуговування і підприємствами (організаціями) техсервісу в сільськогосподарському виробництві встановлюються певні міжгосподарські зв'язки. Ці зв'язки носять функціональний характер і забезпечують, головним чином, загально-виробничі відносини з метою більш ефективного техсервісного обслуговування споживачів техніки.

Основний комплекс робіт з фірмового обслуговування і ремонту машин (більш 65%) виконуватиметься філіями регіонального фірмового техцентру, що мають тісні господарські зв'язки на місцях, а саме з ремонтно-технічними підприємствами, сільськогосподарськими формуваннями, фермерськими господарствами, а також з іншими підприємствами (організаціями), що можуть входити в районний техсервісний комплекс або акціонерні формування.

Міжгосподарські зв'язки між цією категорією партнерів встановлюються на договірних засадах.

В господарствах філії можуть мати своїх представників для організації нескладного ремонту і обслуговування машин на умовах оренди окремих господарчих ремонтно-обслуговуючих об'єктів, забезпечуючи тим самим підготовку виробництва і його функціонування. Машинно-прокатні станції району комплектуються необхідною технікою через фірмові техцентри по місцю її обслуговування та ремонту. Зв'язок між партнерами забезпечується договірними відносинами з використанням лізингових принципів забезпечення технологічних засобів.

Проведення капітального ремонту машин, їх вузлів та агрегатів, відновлення спрацьованих деталей визначають договірні взаємовідносини між ФТЦ та спеціалізованими ремонтними підприємствами. Цим взаємовідносинам повинні передувати договірні угоди між сільськогосподарськими товаровиробниками і ФТЦ. Спеціалізовані майстерні з капітального ремонту машин можуть безпосередньо входити до складу регіонального технічного

центру.

Одночасно договірні відносини на постачання техніки та її технічне обслуговування можуть встановлюватись між фірмовим технічним центром та міжгосподарськими підприємствами, такими як “Агропроменерго”, будівельними фірмами, тощо. Виробнича діяльність районних філій організовується, координується і контролюється регіональними фірмовими технічними центрами, які підпорядковуються Держдепартаменту тракторного і сільськогосподарського машинобудування.

Держдепартамент “Держсільгоспмаш” встановлює виробничо-технічні зв’язки і з Мінагрополітикою України. Наукові розробки щодо створення фірмового обслуговування МТП сільськогосподарського виробництва забезпечують наукові організації машинобудівної галузі та Української академії аграрних наук на договірних засадах.

Асоціація “Техсервіс” свою діяльність спрямовує на планомірний розвиток фірмових технічних центрів шляхом концентрації власних коштів в найбільш необхідних напрямках. До складу асоціації можуть входити регіональні фірмові технічні центри з їх філіями, заводи з випуску спеціалізованих машин, концерн “Украгротехсервіс”, Агропромбуд України, власна Лізингова компанія асоціації, обласна асоціація фермерів, комерційні виробничо-технічні об’єднання, науково-дослідні організації. В зазначеному переліку перераховані можливі інвестори, що мають певні обсяги вільних коштів, які можна ефективно використати на розвиток технічного сервісу з подальшим їх поверненням членам асоціації.

Серед об’єктів, що максимально наближені до споживачів сервісних послуг, є центральна ремонтна майстерня та пункти технічного обслуговування господарств, приватні об’єкти обслуговування, міжгосподарські ремонтно-обслуговуючі об’єкти (кооперативи), бази районних РТП та машинно-технологічних станцій, мобільні засоби обслуговування фірмових техцентрів, система торгових магазинів.

Зі створенням машинобудівної кооперації держав СНД в Мінську в червні 1999 року виникає невідкладна потреба у встановленні виробничо-технічних зв’язків України з цією корпорацією, зокрема, в напрямі координації зусиль до випуску новітніх зразків сільськогосподарської техніки. При цьому, обсяги фірмових технічних послуг можуть суттєво зрости.

Вирішення проблеми фірмового сервісу машин слід розпочати, на наш погляд, зі створення заводами-виготовлювачами на базі декількох РТП однієї з областей України фірмових технічних центрів машин серійного випуску вітчизняного машинобудування.

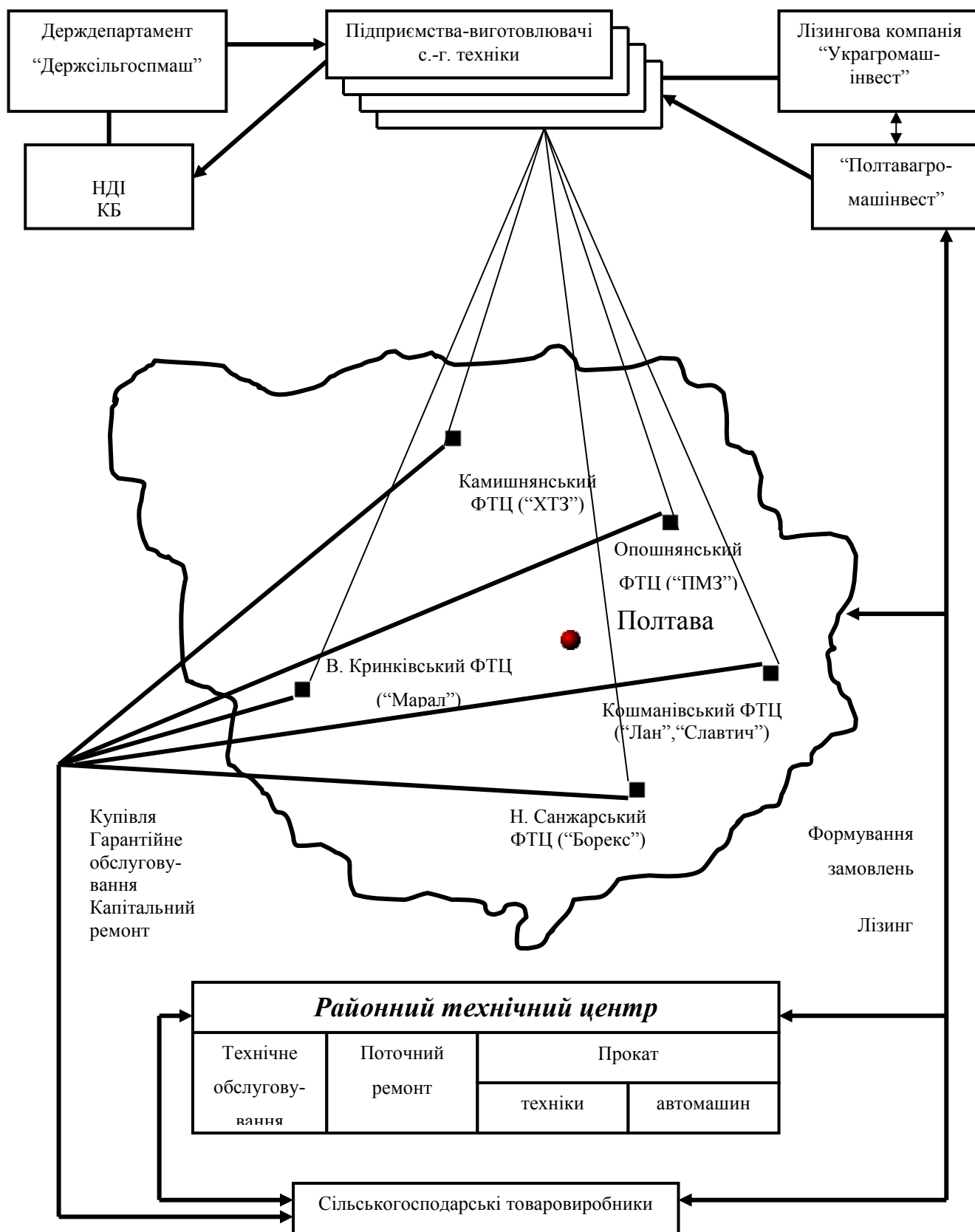


Рис. 1. Структурна схема забезпечення АПК технікою та її фірмового обслуговування для умов Полтавської області

Ці центри виступатимуть як експериментально-показові об'єкти. Для технологічної підготовки та пуску таких центрів необхідно залучати кошти обласних асоціацій “Техсервіс”, які слід створювати для вирішення пріоритетних завдань технічного сервісу.

Структура та функціональні зв'язки фірмового технічного сервісу вітчизняного машинобудування на перспективу представлено схемою, а структура забезпечення АПК технічним сервісом на прикладі однієї області – схемою (рис. 1).

УДК 656.004.1

## **ANALYSIS OF CURRENT STATE OF PROBLEM OF OPTIMIZATION OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL SUPPORT AIC**

***O. A. Voronkov, I. L. Rogovskii***

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

Analysis of the current state of the problem of optimization of transport and technological support APK allows to draw the following conclusions.

The technical basis of the transport-technological processes in agricultural production constitute the production line. The mode of operation of such processing line is largely determined by road transport, being the link. Therefore, the efficiency and quality of functioning of technological lines depends on the transport-technological support of the production process, the rational allocation of transport services. The main means of transport a large base of households and enterprises are the vehicles the efficiency of which is greatly influenced by the specific characteristics of each region of Ukraine.

The analysis of the research methods of optimization of transport and technological process, to offer a universal method of optimization is quite difficult due to the large volume of input data, different assumptions and limitations. It is therefore necessary to develop a method of optimization of transport and technological support for agro-industrial complex which, being relatively simple, will enable you to fully consider the technical and economic basis of the problem being solved. To build optimization models the most objective criterion for the assessment of transport-technological support for the cultivation and harvesting of agricultural crops, is not dependent on the market is the indicator of energy efficiency, taking into account the full energy costs of agricultural production.

The problem of rational distribution of transport services in transportation and technological support of agribusiness implies the need to develop a system of indicators characterizing the efficiency of use of vehicles in specific conditions that makes it possible to identify which operations of the transportation process produces

peak energy loss of the vehicle and to determine the reserves of increase of efficiency of use of rolling stock.

Operating conditions of vehicles have a significant impact on efficiency, significantly changing performance, fuel consumption, reliability and other indicators, it is therefore of particular interest to study the influence of environmental factors such as traffic, climatic, etc. on the energy loss of the vehicle under various speed conditions. The problem becomes all the more urgent, the greater the deviation of operating conditions from the standard and the worse adapted vehicles for these abnormalities, especially for road transport used in agriculture. Thus, when assessing the energy cost of transport and technological support of agriculture must be considered as design features of different vehicles and conditions in which they are operated.

To improve the efficiency of transport-technological support of production of agricultural production under difficult road conditions it is necessary to develop ways to improve the traction characteristics of trucks. The increased permeability will allow to expand the range of road and field conditions, the applicability of the vehicles with a sufficient level of reliability and quality of transport services.

Thus, the development of methods of increase of efficiency of use of vehicles, taking into account seasonal changes of operating conditions, the special importance of the tasks associated with the evaluation of the energy costs of agricultural production on the basis of which the selection of optimum transport - technological support. One of the promising directions of optimization is to develop a scorecard to improve the organization of transport logistics.

Based on the analysis of the current state by the aforementioned problems the following tasks of research:

1. To study the characteristics of climatic conditions and their influence on efficiency of vehicle use in agriculture.
2. To identify patterns to reduce total unit energy consumption of vehicles depending on the change of technical-operational parameters and conditions of operation.
3. Develop a mathematical model to assess the effectiveness of the use of vehicles on the basis to reduce total process energy required perform basic agricultural work.
4. To identify ways to improve the efficiency of use of vehicles in difficult naturally-production and road field conditions.
5. Economic and fuel-energy efficiency evaluation of research results and develop recommendations for their use.

УДК 514.18

## **КОМПОЗИЦІЙНИЙ МЕТОД УТВОРЕННЯ ПОВЕРХОНЬ: СУТЬ, ОСОБЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ У МОДЕЛЮВАННІ БАГАТОФАКТОРНИХ ПРОЦЕСІВ**

**Є. О. Адоньєв<sup>1</sup>, В. М. Верещага<sup>2</sup>, А. В. Найдиш<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Запорізький національний університет в м. Мелітополі*

<sup>2</sup>*Мелітопольський державний педагогічний університет  
імені Богдана Хмельницького*

**Постановка проблеми.** У моделюванні процесів, зокрема, в сфері енергоефективності, часто виникає проблема поєднання великої кількості фізично різнорідних факторів.

Традиційні методи моделювання процесів та дослідження явищ є комбінаційними. Їхні складові, зазвичай, є взаємно залежними, при цьому, застосовуються різні підходи для знаходження кореляцій між ними.

Наявність взаємної залежності між елементами моделі завжди висуває до неї певні обмеження за кількістю факторів, за розмірами матриць, тощо. Крім того, необхідність інтеграції фізично різнорідних факторів додатково ускладнює моделювання, може збільшувати похибки, що тягне за собою прийняття помилкових рішень.

Для підвищення адекватності моделі розробляються різні способи виявлення головних факторів, компонентів геометричного характеру, що надає певні покращення моделі, однак, при цьому, не знімається обмеження з кількості вихідних факторів, що характеризують процес. Тому актуальною є проблема розробки методу моделювання, який мав би можливість, при створенні моделі, включати максимально необхідну кількість різнорідних факторів досліджуваного процесу.

На нашу думку, розв'язання проблеми інтеграції різнорідних факторів та збільшення можливої вихідної інформації у моделюванні криється у розробці композиційних моделей, у яких не існує взаємно обумовленого зв'язку між її елементами.

**Огляд літературних джерел.** Ідея розробки композиційних методів моделювання поверхонь виникла на основі досліджень точкового числення Балюби-Найдиша. Математичний апарат точкового БН-числення, зокрема, побудова параболічних поверхонь відгуку (ППВ), став підґрунтям для розробки композиційного методу моделювання, який запропоновано у роботі.

**Ціль та завдання дослідження.** Означити основи розробки композиційного методу геометричного моделювання у термінах точкового числення Балюби-Найдиша, показати його переваги та визначити перспективи застосування.

**Основна частина.** Розглянемо ППВ, що задана дев'ятьма дійсними точками  $x_{11}, \dots, x_{33}$ , тобто  $x_{ij}$ , для  $1 \leq i, j \leq 3$  (рис. 1).

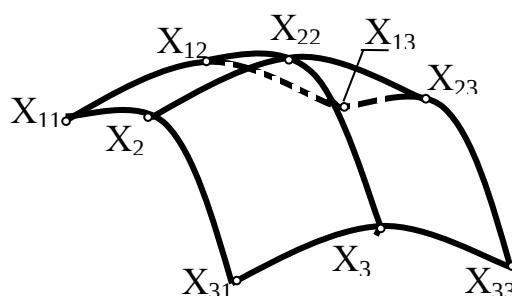


Рис. 1. Схема ППВ у просторі

Нехай у повздовжньому напрямі визначені параболи  $M_1$ ,  $M_2$  та  $M_3$  з однаковими параметрами

$$p_1 = 4u^2 - 3u + 2; \quad q_1 = 5u^2 + 4; \quad (1)$$

$$M_1 = (x_{11} - x_{12})p_1 + (x_{13} - x_{12})q_1 + x_{12};$$

$$M_2 = (x_{21} - x_{22})p_1 + (x_{23} - x_{22})q_1 + x_{22}; \quad (2)$$

$$M_3 = (x_{31} - x_{32})p_1 + (x_{33} - x_{32})q_1 + x_{32};$$

а у поперечному напрямі параметри

$$p_2 = 2v^3 - v^2 - 1; \quad q_2 = v^2 - 4v + 2, \quad (3)$$

що є однаковими для усіх  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$  парабол:

$$N_1 = (x_{11} - x_{21})p_2 + (x_{31} - x_{21})q_2 + x_{21};$$

$$N_2 = (x_{12} - x_{22})p_2 + (x_{32} - x_{22})q_2 + x_{22}; \quad (4)$$

$$N_3 = (x_{13} - x_{23})p_2 + (x_{33} - x_{23})q_2 + x_{23}.$$

З метою перетворення рівнянь парабол у вигляд сум добутків, враховуючи (1) та (3), можемо записати:

$$r_1 = -9u^2 + 3u - 5; \quad r_2 = -2v^3 + 4v. \quad (5)$$

З урахуванням (5) можемо (2) та (3) записати у наступному вигляді:

$$M_1 = x_{11}p_1 + x_{12}r_1 + x_{13}q_1;$$

$$M_2 = x_{21}p_1 + x_{22}r_1 + x_{23}q_1; \quad (6)$$

$$M_3 = x_{31}p_1 + x_{32}r_1 + x_{33}q_1;$$

$$N_1 = x_{11}p_2 + x_{21}r_2 + x_{31}q_2;$$

$$N_2 = x_{12}p_2 + x_{22}r_2 + x_{32}q_2; \quad (7)$$

$$N_3 = x_{13}p_2 + x_{23}r_2 + x_{33}q_2.$$

З метою переходу від рівнянь ребер до рівняння поверхні, складемо схему утворення елементів-функцій  $a_{ij}$ :

$$\begin{array}{ccc|c} p_1 & r_1 & q_1 & p_2 \\ p_1 & r_1 & q_1 & r_2 \\ p_1 & r_1 & q_1 & q_2 \end{array} \quad (8)$$

Тоді визначимо елементи-функції як добутки:

$$a_{11} = p_1 p_2 = (4u^2 - 3u + 2)(2v^3 - v^2 - 1);$$



$$\begin{aligned}
a_{12} &= r_1 p_2 = (-9u^2 + 3u - 5)(2v^3 - v^2 - 1); \\
a_{13} &= q_1 p_2 = (5u^2 + 4)(2v^3 - v^2 - 1); \\
a_{21} &= p_1 r_2 = (4u^2 - 3u + 2)(-2v^3 + 4v); \\
a_{22} &= r_1 r_2 = (-9u^2 + 3u - 5)(-2v^3 + 4v); \\
a_{23} &= q_1 r_2 = (5u^2 + 4)(-2v^3 + 4v); \\
a_{31} &= p_1 q_2 = (4u^2 - 3u + 2)(v^2 - 4v + 2); \\
a_{32} &= r_1 q_2 = (-9u^2 + 3u - 5)(v^2 - 4v + 2); \\
a_{33} &= q_1 q_2 = (5u^2 + 4)(v^2 - 4v + 2).
\end{aligned} \tag{9}$$

Точкове рівняння ППВ матиме вигляд

$$M = \sum_{i,j=1}^3 x_{ij} a_{ij}. \tag{10}$$

де  $x_{ij}$  – вихідні опорні точки?

Розрахуємо функцій-параметри  $a_{ij}$ , результати розрахунків для значень  $u, v = 0; 0.2; 0.4; 0.5; 0.6; 0.8; 1.0$ , зведемо у таблицю 1:

Таблиця 1. Результати розрахунків функцій-параметрів

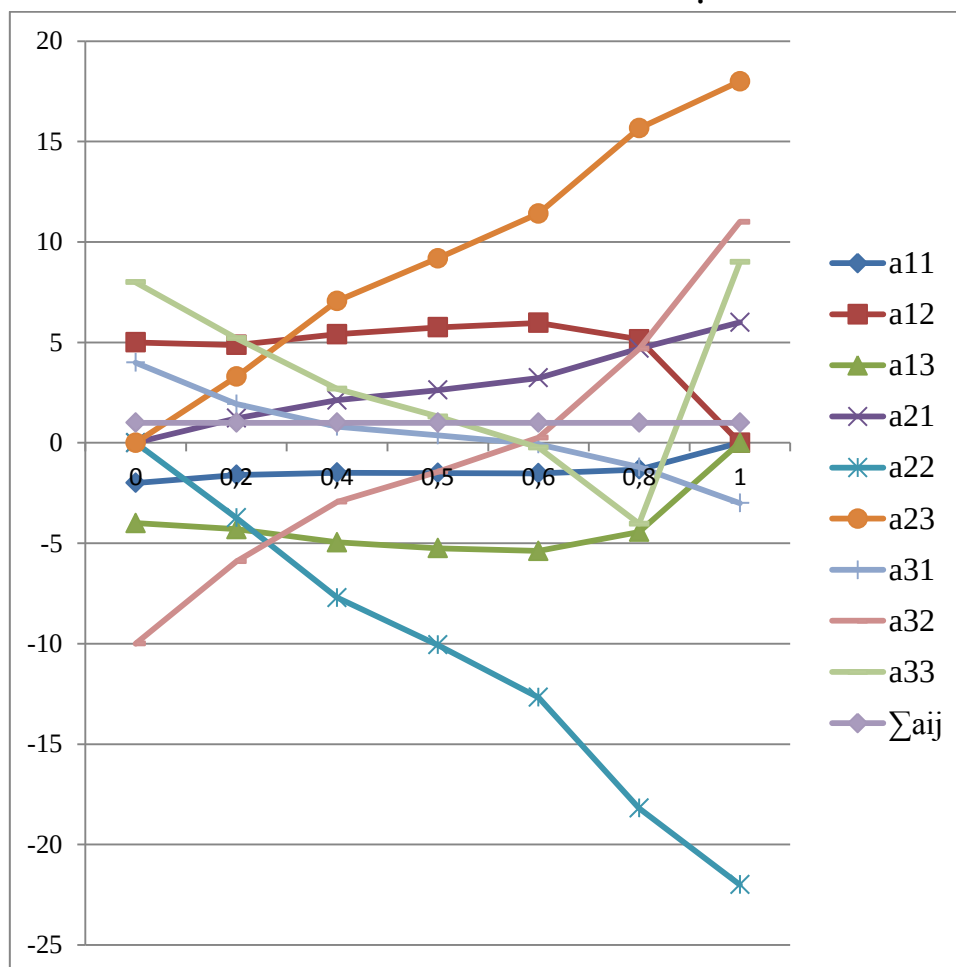
|               | u, v |          |          |          |           |           |     |
|---------------|------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----|
| $a_{ij}$      | 0    | 0,2      | 0,4      | 0,5      | 0,6       | 0,8       | 1   |
| $a_{11}$      | -2   | -1,59744 | -1,48608 | -1,5     | -1,52192  | -1,33056  | 0   |
| $a_{12}$      | 5    | 4,87424  | 5,40768  | 5,75     | 5,97632   | 5,14976   | 0   |
| $a_{13}$      | -4   | -4,3008  | -4,9536  | -5,25    | -5,3824   | -4,4352   | 0   |
| $a_{21}$      | 0    | 1,22304  | 2,11968  | 2,625    | 3,22752   | 4,70016   | 6   |
| $a_{22}$      | 0    | -3,73184 | -7,71328 | -10,0625 | -12,67392 | -18,19136 | -22 |
| $a_{23}$      | 0    | 3,2928   | 7,0656   | 9,1875   | 11,4144   | 15,6672   | 18  |
| $a_{31}$      | 4    | 1,9344   | 0,8064   | 0,375    | -0,0656   | -1,2096   | -3  |
| $a_{32}$      | -10  | -5,9024  | -2,9344  | -1,4375  | 0,2576    | 4,6816    | 11  |
| $a_{33}$      | 8    | 5,208    | 2,688    | 1,3125   | -0,232    | -4,032    | 9   |
| $\sum a_{ij}$ | 1    | 1        | 1        | 1        | 1         | 1         | 1   |

Покажемо графічно (рис. 2) результати розрахунків  $a_{ij}$ , що наведені у табл. 1.

Як бачимо, суперпозиція  $\sum_{i,j=1}^3 a_{ij}$  для усіх значень параметрів  $u, v$ , які прийнято у табл. 1, дорівнює одиниці (останній рядок табл. 1).

Чому при будь-яких значеннях  $p_1, q_1, p_2, q_2$  суперпозиція функцій-параметрів  $a_{ij}$  буде дорівнювати одиниці? Виходячи з теорії точкового БН-числення [1], точкові рівняння для усіх геометричних фігур мають область значень  $0 \leq t \leq 1$ . Тому, якщо параметри  $p_i, q_i$  можемо обирати довільно (аналогічно, як дві координати точки на площині), то третій параметр  $r_i$  необхідно обирати за умови  $p_i + q_i + r_i = 1$ . Якщо врахувати це та використати схему утворення функцій-параметрів (елементів)  $a_{ij}$  зі схеми (8), то маємо:

$$\begin{bmatrix} p_1 p_2 & r_1 p_2 & q_1 p_2 \\ p_1 r_2 & r_1 r_2 & q_1 r_2 \\ p_1 q_2 & r_1 q_2 & q_1 q_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{33} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}. \quad (11)$$

Рис. 2. Графіки функцій-параметрів  $a_{ij}$ .

Розглянемо окремо кожний рядок матриці (11). Кожен з них дорівнює добутку одиниці на відповідний параметр  $p_2, r_2, q_2$ :

$$(p_1 + q_1 + r_1)p_2 = 1 \cdot p_2;$$

$$(p_1 + q_1 + r_1)r_2 = 1 \cdot r_2;$$

$$(p_1 + q_1 + r_1)q_2 = 1 \cdot q_2.$$

Враховуючи, що  $p_2 + r_2 + q_2 = 1$ , маємо:  $1 \cdot p_2 + 1 \cdot r_2 + 1 \cdot q_2 = p_2 + r_2 + q_2 = 1$ , звідки суперпозиція  $\sum_{i,j=1}^3 a_{ij} = 1$ .

**Твердження 1.** Суперпозиція функцій-параметрів  $a_{ij}$  у будь-якої ППВ завжди дорівнює одиниці.

Розглянемо другу властивість цих поверхонь. Якщо визначити відношення першого рядка до другого матриці (11), то отримаємо матрицю-рядок:

$$\left\{ \frac{p_1 p_2}{p_1 r_2}, \frac{r_1 p_2}{r_1 r_2}, \frac{q_1 p_2}{q_1 r_2} \right\} = \{1 \quad 1 \quad 1\} \frac{p_2}{r_2}. \quad (12)$$

Отриманий результат з (12) свідчить про те, що елементи першого та другого рядків матриці (11) є пропорційними один до одного з коефіцієнтом пропорційності  $\frac{p_2}{r_2}$ .

Аналогічним чином покажемо пропорційність елементів другого та третього рядків матриці (11):

$$\left\{ \begin{array}{ccc} \frac{p_1 r_2}{p_1 q_2} & \frac{r_1 r_2}{r_1 q_2} & \frac{q_1 r_2}{q_1 q_2} \end{array} \right\} = \left\{ 1 \quad 1 \quad 1 \right\} \frac{r_2}{q_2}. \quad (13)$$

Також, пропорційними є відношення між елементами першого та другого, другого та третього стовпчиків матриці (11):

$$\left\{ \begin{array}{c} \frac{p_1 p_2}{r_1 p_2} \\ \frac{p_1 r_2}{r_1 r_2} \\ \frac{p_1 q_2}{r_1 q_2} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{c} 1 \\ 1 \\ 1 \end{array} \right\} \frac{p_1}{r_1}; \quad \left\{ \begin{array}{c} \frac{r_1 p_2}{q_1 p_2} \\ \frac{r_1 r_2}{q_1 r_2} \\ \frac{r_1 q_2}{q_1 q_2} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{c} 1 \\ 1 \\ 1 \end{array} \right\} \frac{r_1}{q_1}; \quad (14)$$

Пропорційними є також перший та третій рядки та стовпчики. Як відомо [2], достатньо пропорційності лише між двома рядками або стовпчиками з (11), тоді визначник  $\det A$  цієї матриці буде дорівнювати нулю:

$$\det \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} = 0.$$

**Твердження 2.** Визначник, складений із функцій-параметрів  $a_{ij}$  будь-якої ППВ дорівнює нулю.

Зазначимо, що і перше, і друге твердження, кожне окремо, є необхідною, але недостатньою умовою для визначення ППВ. Тому сформуване твердження 3, яке визначає необхідну і достатню умови.

**Твердження 3.** Якщо суперпозиція  $\sum_{i,j=1}^3 a_{ij}$  елементів матриці

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \text{ дорівнює одиниці } \left( \sum_{i,j=1}^3 a_{ij} = 1 \right), \text{ а визначник } \det A = 0, \text{ то поверхня,}$$

що побудована на будь-яких вихідних даних  $x_{11}, \dots, x_{33}$  є параболічною поверхнею відгуку.

Отже, композиційний метод геометричного моделювання полягає у наступному. Кожна точка  $M_{ij}$  (10) параболічної поверхні вираховується як сума частин  $a_{ij}$  від одиниці, що помножена на відповідну координату  $x_{ij}$ , тобто є композицією частин значень координат вихідних точок.

**Твердження 4.** Результатом композиційного методу геометричного моделювання є точки, що побудовані дискретно або неперервно і являють собою композицію відсотків вихідних опорних точок.

Оскільки вихідні дев'ять дійсних точок є незалежними, то їх можна обрати таким чином, щоб параболічна поверхня стала площиною, кривою лінією, прямою або точкою. При цьому, точкове рівняння ППВ (10) залишається без змін. Існуючі методи надають поверхні, що мають комбінаційний характер утворення, тобто такі, що описані рівнянням або системою рівнянь, де зміна вихідних даних може привести до зміни самого рівняння.

І навпаки, ППВ мають композиційний характер, у яких незалежні координати (точки), як елементи пазлу, складають картину на основі нескінченної кількості композицій. Параболічні поверхні, в залежності від того, дискретно чи неперервно визначені їхні параметри, є дискретними або неперервними. На нашу думку, ППВ є окремим типом поверхонь композиційного характеру.

#### **Висновки та перспективи подальших досліджень.**

Визначено новий тип поверхонь композиційного характеру – параболічні поверхні відгуку, сформульовані їхні ознаки та правила створення точкових рівнянь, що їх описують. Показано властивості щодо виродження ППВ у площину, криву або пряму лінію, точку, що дає можливість розробити спосіб розгортання-згортання чарунок, на базі якого буде розроблено метод моделювання багатфакторних процесів.

#### **Література**

1. Балюба И. Г., Найдыш В. М. Точечное исчисление / Под ред. В. М. Верещаги : учебное пособие. – Мелитополь: Изд-во МГПУ им. Б. Хмельницького. 2015. – 234 с.
2. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗов. – М., 1980, 976 с.

УДК 631.331.85

### **СИЛОВА ВЗАЄМОДІЯ НАСІНИНИ З АКТИВНОЮ ПРИСМОКТУЮЧОЮ КОМІРКОЮ ПНЕВМОМЕХАНІЧНОГО ВИСІВНОГО АПАРАТА**

***П. С. Попик***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Пневмомеханічні висівні апарати завдяки своїй відносній простоті конструктивних рішень знайшли широке використання при веденні посівних

робіт. Основними недоліками апаратів є поява пропусків і утворення двійників. Тому більшість досліджень по удосконаленню їх роботи направлено на усунення вказаних недоліків.

Основною функцією апаратів, що визначає якість виконання технологічного процесу висіву, є можливість відокремлення насінин від загальної маси матеріалу. Ця функція складається із ряду окремих етапів: захват насінини присмоктуючою коміркою, переміщення її до моменту скидування, і безпосередньо, саме скидування і транспортування в борозну.

Всі фази важливі при формуванні однозернового потоку і впливають в кінцевому результаті на точність виконання посіву. Принциповими недоліками пневмомеханічних апаратів класичної схеми побудови з плоским диском обладнаним отворами для присмоктування насінин, є короткий час відведений на захват насінин присмоктуючим отвором. Тобто, комірка проходить як би мимо насінини і за короткий термін їх взаємної експозиції повинен відбутися акт присмоктування і захвату насінини. Так, при лінійній швидкості руху отвору (комірки) відносно маси насінин в завантажувальній камері в 0,3 м/с і діаметрі самого отвору комірки в 4 мм, час захвату (експозиції) складає всього  $t = 0,01$  с. При цьому, як слідує з конструктивного рішення апарата, вектор дії присмоктуючої сили направлений перпендикулярно вектору швидкості руху комірки.

На наш погляд, це принципова недосконалість апаратів такого типу, що і породжує недоліки їх роботи у вигляді пропусків і двійників.

Для зменшення впливу вказаних факторів на якість виконання дозування, виникає необхідність в підвищенні ступеня розрідження в вакуумній камері, та зниженні швидкості обертання висівного диску і встановлені спеціальних скидачів зайвих насінин.

Принципово змінити процес захвату насінин можливо шляхом створення апарата, в якому час взаємодії дозуючого елемента із насіниною, що захватується, був би збільшений. Це реалізується, за рахунок того, що вектор швидкості відносного руху дозуючого елемента (комірки) і вектор присмоктуючої сили, будуть колінеарними. Силова взаємодія насінини з присмоктуючою коміркою зображена на рис. 1.

Першими спробами конструктивних рішень, слід вважати розробку апаратів з торцевим розташуванням комірок.

У запропонованому висівному диску, вектор швидкості відносного руху дозуючого елемента (комірки) і вектор присмоктуючої сили, співпадають за напрямком. Тобто, присмоктуюча комірка йде назустріч насінинам, що знаходяться у завантажувальній камері.

Особливістю запропонованого апарату є те, що площа присмоктуючого отвору знаходиться під деяким кутом  $\Theta$  до радіусу обертання насінини.

Друга особливість полягає в тому, що вектор сили присмоктування насінини  $P$  знаходиться в площині руху дозуючого елемента.

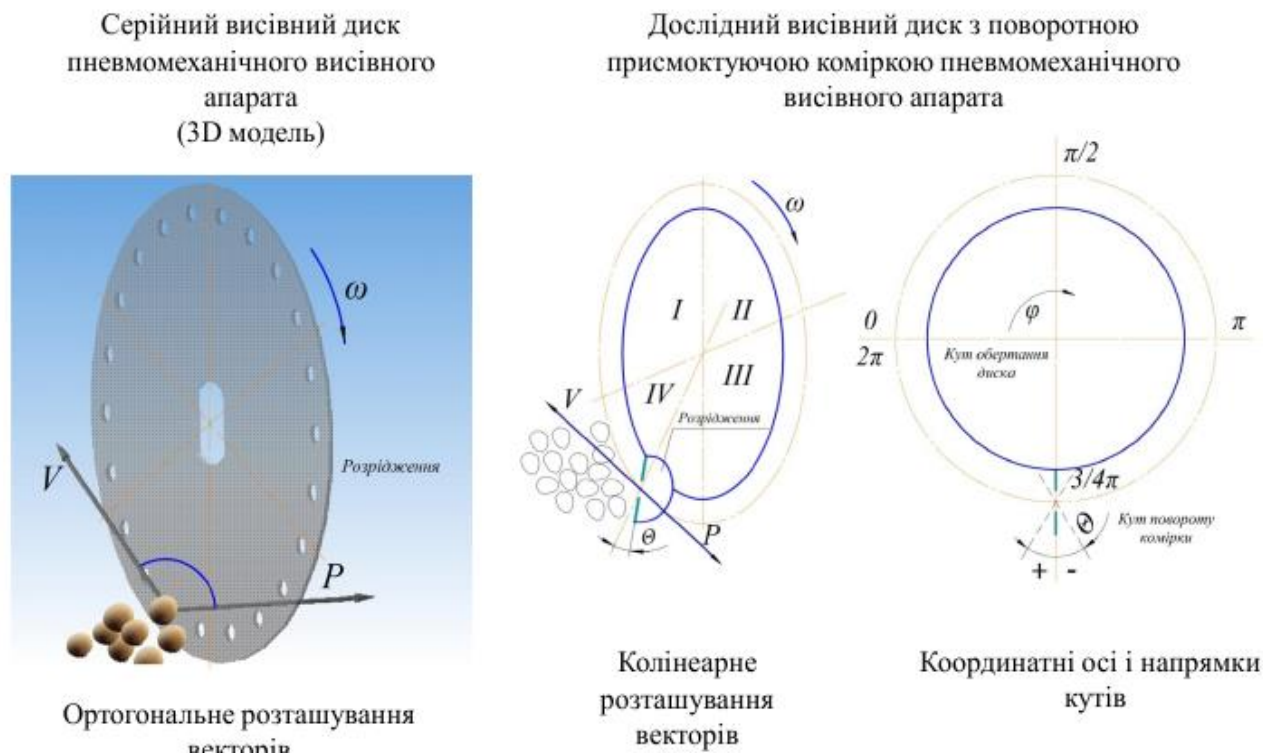


Рис. 1. Схеми силової взаємодії насінини з присмоктуючою коміркою

Використання дозаторів запропонованого конструктивного рішення дозволить покращити якість посіву за рахунок точності дозування насіння технічних культур.

УДК 691.175

## МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ВТОМНОЇ МІЦНОСТІ ШАРУВАТИХ ПЛАСТМАС ПРИ ЗГИНІ

**О. О. Котречко, З. В. Ружило, А. В. Новицький**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Окремі деталі виготовлені із шаруватих пластмас підпадають двосторонньому згину з різними значеннями величини їх прогину. Тому є доцільним розробка методу, який враховує ці особливості їх роботи.

Для реалізації поставленої мети використовують зразок у вигляді прямокутної полоси розмірами в поперечному перерізі 5x40 мм і довжиною 600 мм та пристрій, що складається із станини 1, яка має стійку 4 з двома горизонтальними поперечинами 3 і 7, на які встановлені нижня 2 і верхня 8 опори для розміщення в них зразка 6. Зразок 6 кінематично зв'язаний із

приводом через активний захват 5, шток 9, рейку 10 із сектором 11 та кривошипно-шатунним механізмом, що включає кулісу 12, шатун 15 і кривошип 16 (рис. 1).

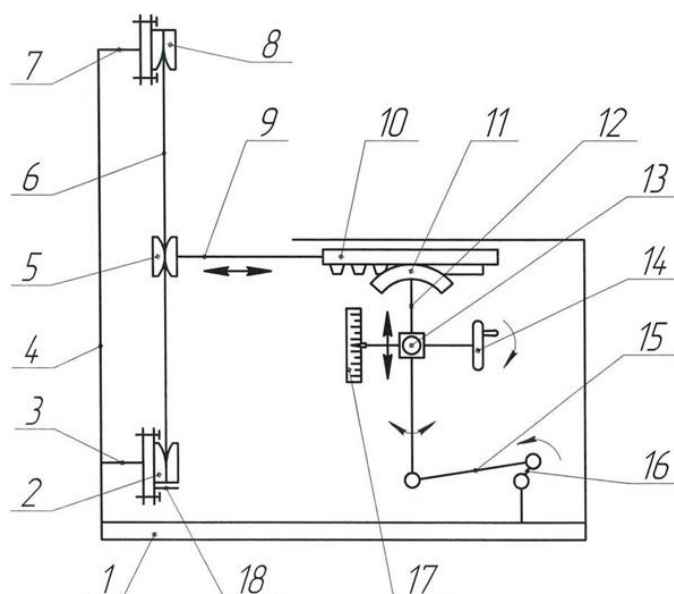


Рис. 1. Конструкція пристрою для визначення шаруватих пластмас при двосторонньому згині

Випробування виконують наступним чином. Зразок пропускають через отвори верхньої опори, активного захвату, нижньої опори і розміщують на підп'ятнику 18. Обертаючи рукоятку 14 переміщенням центра вісі 13 коливання куліси по шкалі 17 встановлюють величину ходу рейки, а відповідно і необхідну величину прогину ( $t$ ) зразка.

Обробку результатів досліджень виконують шляхом побудови кривих втомної міцності для кожної серії зразків в координатах величина прогину ( $t$ ) і кількість циклів навантаження ( $N_0$ ).

## ЗМІСТ

Стор.

|                                                                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ОБУХОВА ВІОЛЕТТА СЕРГІЇВНА – БІОГРАФІЧНА ДОВІДКА<br><i>О. Л. Підгорний</i> .....                                                                                     | 4  |
| РЕЗУЛЬТАТИ НАУКОВОЇ РОБОТИ КАФЕДРИ НГКГД<br><i>С. Ф. Пилипака</i> .....                                                                                              | 6  |
| ЗАДАЧІ КОНСТРУКТИВНИХ ПІДХОДІВ ОБУХОВОЇ В.С.<br>В СУЧАСНІЙ КОМП'ЮТЕРНІЙ РЕАЛІЗАЦІЇ<br><i>В. М. Несвідомін</i> .....                                                  | 7  |
| АНАЛІТИЧНИЙ ОПИС МІНІМАЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ,<br>УТВОРЕНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ ЦИКЛОЇДИ, ЗАДАНОЇ<br>ФУНКЦІЯМИ НАТУРАЛЬНОГО ПАРАМЕТРА<br><i>С. Ф. Пилипака, М. М. Муквич</i> ..... | 10 |
| АСПЕКТИ ПРАВИЛ ДОРОЖНЬОГО РУХУ<br><i>І. О. Колосок</i> .....                                                                                                         | 15 |
| ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ФОРМ<br>ОБ'ЄМІВ КАБІН ТРАКТОРІВ<br><i>П. А. Василів</i> .....                                                                    | 18 |
| ПОЛЯРНИЙ ТОРС СФЕРИЧНОЇ КРИВОЇ УКОСУ<br><i>Т. А. Кресан</i> .....                                                                                                    | 20 |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАБОЛІЧНОГО РОЗПОДІЛУ<br>КРИВИНИ ПЛОСКОЇ КРИВОЇ З УРАХУВАННЯМ<br>ОБМЕЖЕНЬ ЇЇ ПО ПЛОЩИНІ<br><i>С. А. Устенко, О. М. Синявін</i> .....                   | 23 |
| ПЛАНУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ ТА УЗГОДЖЕННЯ<br>ТРИВАЛОСТІ РОБОТИ НА МІЖНАРОДНИХ АВТОПЕРЕВЕЗЕННЯХ<br><i>С. І. Бондарєв</i> .....                                   | 26 |
| МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ВИКЛАДАННЯ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ<br>СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ<br><i>О. А. Дьомін</i> .....                                                         | 27 |
| ДЕЯКІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ БАГАТОЧЛЕНІВ ТРЕТЬОГО<br>СТЕПЕНЯ<br><i>В. Д. Борисенко, А. С. Устенко</i> .....                                                         | 31 |
| РУХ ЧАСТИНКИ ПО ОГОРОДЖУЮЧОМУ КОЖУХУ У ВИГЛЯДІ<br>ЦИЛІНДРА АРХІМЕДА<br><i>А. В. Несвідомін</i> .....                                                                 | 34 |



|                                                                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКІСНИХ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ<br>РОБОТИ ҐРУНТООБРОБНОЇ ТЕХНІКИ<br><i>С. І. Бондарєв</i> .....                                                        | 37 |
| ОСОБЛИВОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ<br>ЛІСОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН<br><i>С. С. Карабиньош, Р. О. Бондаренко</i> .....                                                         | 39 |
| ОЗНАКИ ГРАНИЧНОГО СТАНУ І ГРАНИЧНІ РОЗМІРИ<br>РОБОЧИХ ОРГАНІВ ПОДРІБНЮВАЛЬНИХ АПАРАТІВ<br>КОРМОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ<br><i>В. М. Кучерявий, С. С. Карабиньош</i> ..... | 41 |
| ПРО МОЖЛИВІСТЬ ЗБІЛЬШЕННЯ РЕСУРСУ РОБОТИ<br>ТУРБОКОМПРЕСОРА ДВЗ<br><i>С. І. Топчій</i> .....                                                                          | 44 |
| ДО ПИТАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ КОМФОРТНОСТІ ПРОЖИВАННЯ<br>У НАСЕЛЕНИХ ПУНКТАХ<br><i>М. В. Семененко</i> .....                                                                | 46 |
| ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ВІЗКА З ДВОМА<br>МАЯТНИКАМИ<br><i>Л. М. Куценко, О. І. Сухарькова</i> .....                                                              | 48 |
| ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ІНЕРЦІОЇДА<br>В. М. ТОЛЧИНА<br><i>О. М. Семків</i> .....                                                                                 | 53 |
| ФОРМИ ПРОФІЛЮ РИФЛІВ ВАЛЬЦІВ ЗЕРНОДРОБОРОК<br><i>С. Є. Потапова</i> .....                                                                                             | 56 |
| ЗГИНАННЯ ПЛОСКИХ ІЗОМЕТРИЧНИХ СІТОК В КОНУС<br>ОБЕРТАННЯ<br><i>О. В. Несвідоміна</i> .....                                                                            | 58 |
| УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАТОЧУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ<br><i>В. І. Ребенко</i> .....                                                                                                   | 61 |
| КРИТЕРІЇ БЛИЗЬКОСТІ КРИВИХ У ЗАДАЧАХ БАГАТОФОКУСНОЇ<br>АПРОКСИМАЦІЇ<br><i>А. Д. Жаркіх, Г. Я. Тулученко</i> .....                                                     | 62 |
| АКТУАЛЬНІСТЬ СТВОРЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ В ПРИМІЩЕННЯХ<br>ДЛЯ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ<br><i>В. І. Ребенко</i> .....                                                         | 64 |
| МОДЕЛЮВАННЯ ТРУБЧАСТОЇ ПОВЕРХНІ З ПРОСТОРОВОЮ<br>ЛІНІЄЮ ЦЕНТРІВ<br><i>Д. Ю. Платонов, М. М. Муквич</i> .....                                                          | 65 |

|                                                                                                                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| АНАЛІЗ КОМПЛЕКТІВ МАШИН ДЛЯ КОРМОРОЗДАВАННЯ ПРИ<br>ВИРОЩУВАННІ РИБИ У ВІДКРИТИХ ВОДОЙМАХ<br><i>В. П. Галка, О. О. Заболотько</i> .....                                                          | 75  |
| ОЦІНКА РІВНОМІРНОСТІ ЗМІШУВАННЯ КОРМІВ<br><i>В. С. Хмельовський</i> .....                                                                                                                       | 77  |
| VIDEOENDOSCOPY – PROCESS DIAGNOSTICS<br>OF COMBINE HARVESTERS<br><i>О. М. Grubin, І. Л. Rogovskii</i> .....                                                                                     | 79  |
| ВБУДОВАНІ ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ<br>ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ<br><i>О. М. Бистрий, І. Л. Роговський</i> .....                                                              | 82  |
| ANALYTICAL MODEL CHANGES CURRENT AGGREGATE<br>TECHNICAL READINESS OF AGRICULTURAL MACHINERY<br><i>І. Л. Rogovskii</i> .....                                                                     | 85  |
| СТРУКТУРА ТА ФУНКЦІОНАЛЬНІ ЗВ'ЯЗКИ ФІРМОВИХ ТЕХНІЧНИХ<br>ЦЕНТРІВ АПК<br><i>Л. Л. Тітова, І. Л. Роговський</i> .....                                                                             | 89  |
| ANALYSIS OF CURRENT STATE OF PROBLEM OF OPTIMIZATION<br>OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL SUPPORT AIC<br><i>О. А. Voronkov, І. Л. Rogovskii</i> .....                                              | 92  |
| КОМПОЗИЦІЙНИЙ МЕТОД УТВОРЕННЯ ПОВЕРХОНЬ:<br>СУТЬ, ОСОБЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ<br>У МОДЕЛЮВАННІ БАГАТОФАКТОРНИХ ПРОЦЕСІВ<br><i>Є. О. Адоньєв, В. М. Верецага, А. В. Найдти</i> ..... | 94  |
| СИЛОВА ВЗАЄМОДІЯ НАСІНИНИ З АКТИВНОЮ<br>ПРИСМОКТУЮЧОЮ КОМІРКОЮ ПНЕВМОМЕХАНІЧНОГО<br>ВИСІВНОГО АПАРАТА<br><i>П. С. Попик</i> .....                                                               | 99  |
| МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ВТОМНОЇ МІЦНОСТІ ШАРУВАТИХ<br>ПЛАСТМАС ПРИ ЗГИНІ<br><i>О. О. Котречко, З. В. Ружило, А. В. Новицький</i> .....                                                                 | 101 |

Наукове видання

Збірник

тез доповідей

XII МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
«ОБУХІВСЬКІ ЧИТАННЯ»

з нагоди 91-ї річниці від дня народження  
доктора технічних наук, професора, академіка АН ВШ України,  
Обухової Віолетти Сергіївни  
(1926-2005)

(21 березня 2017 року)

*Відповідальні за випуск:*

*І. Л. Rogovskiy* – доцент кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка 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<sup>б</sup>, НУБіП України, навч. корп. 11, кімн. 305.

---

Підписано до друку 14.02.2017. Формат 60×84 1/16.

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

Друк. арк. 10,2. Ум.-друк. арк. 10,1. Наклад 100 прим.

Зам. № 5097 від 27.01.2017.

Видавничий центр НУБіП України

03041, Київ, вул. Героїв оборони, 15. т. 527-80-49, к. 117

---