

УДК 631.3(075.8)

## **ЗЕМЛЕРОБСЬКА МЕХАНІКА СУЧАСНОГО РІВНЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ (ІНЖЕНЕРНИЙ КОМП'ЮТЕРНИЙ ДИЗАЙН КРИВИХ І ПОВЕРХОНЬ)**

**В. О. Надолинний**, докт. техн. наук, проф., **А. С. Павлоцький**, канд. техн. наук, **В. А. Вознюк (Павлоцька)**, здобувач — Національний технічний університет України, «КПІ»; **І.Ф. Савченко**, канд. техн. наук, **П. А. Рихлівський**, мол. наук. співр., **О. О. Коновал**, здобувач — ННЦ «ІМЕТГ»

*Окреслено реалізацію вже зроблених теоретичних і практичних кроків одного із можливих шляхів виходу з кризового стану у напрямках фундаментальних та прикладних досліджень з використанням наукової теорії, що розв'язує технічно конкретні задачі землеробської механіки (ЗРМ) на основі застосування нелінійних моделей об'єктів обчислювальної техніки, що характеризуються математичним забезпеченням ЕОМ.*

***Ключові слова:** інженерний комп'ютерний дизайн, функціональні криві і поверхні, нелінійні моделі, об'єкти обчислювальної техніки, математичне забезпечення ЕОМ.*

**Проблема.** Тенденції розвитку конструкцій виконавчих органів сільськогосподарської техніки направлені на підвищення якості виконання технологічного процесу з найбільшою ефективністю і економічністю. А це, в свою чергу, залежить від форм робочих поверхонь виконавчого органу і його елементів, що тісно пов'язано з пошуком більш досконалих методів їх проектування, які належать до теорії, що розв'язує практично конкретні задачі ЗРМ.

Саме поняття проектування в сучасних умовах значно змінилося і розглядається як особлива система дослідницьких і технічних операцій, які моделюють об'єкт проектування в знаковій формі за допомогою мовних, графічних і математичних засобів. Таким чином, побудова моделей є невід'ємною

стадією процесу проектування і в найближчі роки не втратить своєї актуальності.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Сучасний рівень досліджень в ЗРМ характеризується використанням новітніх дисциплін, таких як синергетика (теорія сумісної дії або самоорганізації), біоніка, теорія особливостей, математична теорія катастроф (як окремий випадок синергетики), загальна теорія систем, математична теорія композиції, теорія категорій та теорія проєктивних раціональних поверхонь. Тому, математичні моделі у своїй більшості мають бути нелінійними (тобто описуються нелінійними рівняннями).

Дослідження структури таких моделей у найближчому майбутньому є найбільш актуальним, оскільки може привести до виникнення методу якісного аналізу змісту рівнянь на основі використання ЕОМ.

З позицій загальності, підхід до нелінійних математичних і фізичних задач можна визначити як сучасне трактування ЗРМ, яку академік В. П. Горячкін вважав посередником між механікою і природознавством.

Оскільки, як наголошується в [1], ЗРМ «розробляє науково-технічні та механіко-математичні методи побудови необхідних для сільськогосподарського виробництва механічних систем..., тобто фактично є теоретичною основою усієї сільськогосподарської техніки», стають необхідними сучасні комп'ютерні технології моделювання, проектування і конструювання.

Методи опису складних динамічних систем дають можливість розробити методику розрахунку конструктивних параметрів і технологічних режимів роботи та обґрунтувати їх з урахуванням динамічних навантажень і взаємодії форми робочих поверхонь виконавчих органів з ґрунтом чи матеріалом, що дозволить зменшити витрати коштів і часу на експериментально-виробничі дослідження. «Отже методологічною основою ЗРМ є три елементи, які складають технологічний процес: об'єкт обробки, робочий орган і енергетичний засіб» [1].

Як особливо підкреслюється в [1], «створення високонадійної сільськогосподарської техніки, яка б відповідала кращим світовим аналогам... відбудеться лише на підставі сучасних (комп'ютерних) методів її конструювання».

Для цього потрібні спеціальні математичні моделі, які не тільки сприймає комп'ютер, але вони ще є і зручними для використання комп'ютерних технологій інженерного дизайну в описі функціональних кривих і поверхонь. Такі моделі вже давно пройшли апробацію в передових галузях промисловості (авіа- та суднобудуванні), можливості їх застосування в ЗРМ були наведені в [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8], а прикладення (застосування) в [9, 10, 11, 12, 13].

Побудова математичних моделей кривих і поверхонь отримала свій початок, як відомо, за кордоном і ґрунтується на комп'ютерній математиці [14], де топологія вводиться шляхом використання теорії графів.

Теорія проєктивних раціональних поверхонь (ПРП) [15] дає можливість відмовитись від використання теорії графів, що значно спрощує сам процес опису функціональних кривих і поверхонь, оскільки раціональні поверхні мають власну топологію.

Теорія ПРП та її математичний апарат (МА) реалізується в проєктивній площині (поверхні) з використанням афінних і проєктивних координат проєктивно-афінної геометрії (тобто, в оберненій синтезованій моделі афінно-проєктивної геометрії).

Це дає можливість представлення інженерної форми задання кривих і поверхонь одним єдиним рівнянням.

Побудова кривих і поверхонь ЗРМ нині виконується в евклідовій геометрії з використанням, головним чином, лише декартових координат, а така побудова буде дуже далекою від сучасності, оскільки евклідова геометрія зараз вважається лише окремим випадком афінної геометрії, яка, в свою чергу, є окремим випадком проєктивної геометрії, до якої входять алгебраїчна та раціональна геометрії (що вважаються неевклідовими геометріями).

Наприклад, інженерна форма задання кривих другого порядку, в тому числі і всіх кривих конічних перерізів, описаних канонічними рівняннями, може бути представлена одним єдиним нелінійним рівнянням:

$$r = \frac{r_0 + r_1 t + \gamma r_2 t^2}{1 + t + \gamma t^2},$$

де, якщо  $\gamma > 0,25$  — маємо еліпси;  
 $\gamma = 0,33$  — маємо коло;  
 $\gamma < 0,25$  — маємо гіперболи;  
 $\gamma = 0,25$  — маємо параболу.

**Формування цілей публікації (постановка завдання).** Виконати ретельно більш повне і завершене відпрацювання нелінійних моделей функціональних

кривих і поверхонь з прикладенням їх до рішення вибраних задач ЗРМ як об'єктів обчислювальної техніки, що характеризуються математичним забезпеченням ЕОМ.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Виконаний аналіз показує, що такі реальні об'єкти, як, наприклад, ГДП — не множини точок або ліній чи їхні геометричні місця, а квазізамкнені (функціонально або просторово) фізичні системи, які характеризуються категорією системних властивостей. Так, геометричні властивості забезпечують точність конструювання поверхні (положення точок у просторі), аналітичні — її гладкість ( $k$ -раз диференційованість), а механічні — закони руху в системі (тобто адекватність реальному явищу, що вивчається, через накладання обмежень на швидкості руху). При цьому як абстрактний вид властивості приймається змінна, а її базисом — суттєво уособлений компонент — «простір — час». Тоді форма ГДП представляється не як реальний предмет, а як деякий математичний конструкт (перелік змінних: час, довжина дуги, похідна, дотична, кривина, скрут, проста дуга кривої, простий кусок поверхні), що реально існує тільки як уявно мислима множина.

ГДП складають особливий клас технічних поверхонь, оптимальну форму яких визначають ті фізичні умови, в яких вони працюють і знаходять цю форму зараз переважно експериментальним шляхом, оскільки за висловлюванням академіка В. О. Желіговського існуючі способи побудови, наприклад, лемішно-полицевих поверхонь корпусу плуга, як головних поверхонь серед функціональних поверхонь ЗРМ, лише відтворюють форми, встановлені експериментальним підбором, отже можуть слугувати відповідними первісними моделями, на основі яких у подальшому будуються математичні моделі.

Шлях наукового вирішення задач проектування ГДП плуга був визначений академіком В. П. Горячкіним. В книзі «Теорія плуга» він писав, що спочатку треба було б встановити ту деформацію, яку має отримати скиба при проходженні її полицею, а потім підібрати відповідну математично правильну поверхню.

Сучасний рівень розвитку пізнання в ЗРМ дозволяє не підбирати відповідну деформації скиби, математично правильну поверхню із ряду відомих, а шляхом системного (нелінійного) моделювання конструювати інженерним

способом таку поверхню. Вказане означає, що на основі застосування новітніх дисциплін, можна ввести категорію системних (механічних, геометричних і топологічних) властивостей ГДП. Тоді геометричне конструювання функціональної форми такої поверхні може розглядатись як розв'язок прикладної математичної задачі, постановка якої виникає за межами сучасної математики. По відношенню до розв'язку цієї задачі наведемо знайдені основні елементи структури нелінійної моделі ГДП адекватної системним властивостям.

Система агротехнічної взаємодії (АТВ) ґрунту з функціональною робочою поверхнею (РП) розглядається як квазізамкнена диференціальна динамічно — функціональна система стохастичного типу, що розміщується в континуальній зоні скінчено — вимірного компонента  $R^n \times T$ , де  $n$  — вимір евклідового простору  $\{R\}$ , що дорівнює  $(0,1,2,3, \dots, \text{включно до } n+1)$ , як окремого випадку афінного простору, а  $T$  — множина послідовних моментів  $(t)$  часу.

Надамо вказаній системі вигляд функціональної математичної моделі (ФММ). Таку модель у загальному виді можна записати як функцію

$$Y = f \{X_i, \xi_j\}, \quad (1)$$

що включає чинники  $\xi_j$ , які змінюються випадково. Головною умовою об'єктивності ФММ є вимога опису поведінки системи з достатньою для практичних цілей точністю (в подальшому ця поведінка моделюється засобами теорії катастроф, а її оптимізація виконується на основі синергетичних моделей систем природного походження).

У ймовірнісних (стохастичних) системах, як відомо, поряд з необхідністю, діє випадковість, оскільки крім детермінованих чинників  $X_i$  діють випадкові  $\xi_j$ , то вихід  $Y$  також буде випадковою величиною (в ЗРМ випадковими чинниками вважаються: щільність та вологість ґрунту, його фізико-механічний склад, рельєф поля і т.п.).

В системі АТВ — ГДП вважається детермінованим чинником  $X_i$  і розглядається як скінченна динамічно-функціональна система на скінченій множині узагальнених координат (декартових, афінних і проєктивних), на етапі виходу час присутній неявно, тоді як на вході ця поверхня представляється зв'язком механічним. Такий зв'язок включає не тільки стаціонарний

геометричний зв'язок, що накладає обмеження на положення точок-координати  $x_k, y_k, z_k$ , де  $k = 1, 2, \dots, n$ , ( $n$  — число точок каркаса ГДП), але і кінематичний зв'язок, коли обмеження накладаються ще й на рухи системи.

Якщо положення точок каркаса РП визначити їх декартовими координатами, то обмеження, що накладаються на рух скиби в системі АТВ робочої поверхні як деяким одностороннім зв'язком механічним, можуть бути відображені у вигляді нерівностей, які пов'язують координати  $x_k, y_k, z_k$ , їхні перші похідні за часом  $x_k^*, y_k^*, z_k^*$  (тобто швидкості руху точок скиби, що деформуються) і час  $t$

$$\varphi(\dots x_k, y_k, z_k, \dots, x_k^*, y_k^*, z_k^* \dots t) \geq 0 \quad (2)$$

У випадку, коли зв'язок стаціонарний, як РП, ці нерівності явно час не містять, а коли можуть бути проінтегровані за часом, то відповідний кінематичний зв'язок стає еквівалентним геометричному зв'язку

$$X_i = f(\dots x_k, y_k, z_k, \dots) \geq 0, \quad (3)$$

на якому можна ввести криволінійні (внутрішні) координати і описувати його векторним параметричним рівнянням:  $r = r(u, v)$ , тоді модель (1) набирає вигляду

$$r = r(u, v, \zeta_j) \quad (4)$$

Форма ГДП характеризується системою перерізів, що може бути прийнята як лінійний дискретний каркас даної поверхні, при цьому криві перерізів з позицій механіки, розглядаються як локальні імпульсні автомати в просторі координат та імпульсів або скінченні технічні пристрої з перетворення енергії і речовини (грунту) із деякого первісного стану в заданий кінцевий результат («продукт»), тобто мають системні властивості. Вказаним способом, можна перейти до опису реальних ГДП за допомогою математичного апарата, який містить клас (або математичну композицію) моделей, що представляють різні аспекти (формальні і неформальні, наприклад, фізико-механічні ознаки) цих поверхонь. Простір координат та імпульсів застосовуються в математичній теорії катастроф, де «катастрофами» називаються стрибкоподібні зміни, що виникають як вид раптової відповіді фізичної системи на плавну зміну зовнішніх умов.

Основні положення виконаних досліджень, що розширюють і уточнюють більш повне і завершене відпрацювання нелінійних моделей функціональних кривих і поверхонь теорії з урахуванням реальної інтерпретації даної математичної задачі, включають наступне:

- 1) оптимальну форму ГДП обумовлюють ті фізичні умови, в яких вони працюють і визначають цю форму зараз емпіричним шляхом, що саме доводить, що ця форма є визначником взаємодії фізичних сил, які спрямовані на виконання необхідної роботи і реалізацію потрібної функції (призначення), а сама поверхня (як абстрактна структура) є носієм відповідної форми, отже, маємо основний результат дослідження — в системному нелінійному моделюванні поверхня та її форма не одне й теж; доведення цього твердження можна виконати на основі понять диференціальної та обчислювальної геометрії, які використовують механічні тлумачення і відповідають реальному смислу прикладної задачі;
- 2) використання плоских і просторових кривих ґрунтується на їх геометричних властивостях, так геометричні властивості просторової кривої, що має безліч яких завгодно форм, можуть задаватися її аналітичним аналогом — функціями кривини  $\kappa(s)$  і скриту  $\chi(s)$  кривої; такі властивості походять від властивостей інтегральних кривих, які повністю ці криві визначають і характеризують їхні механічні властивості (швидкість, прискорення); механічне тлумачення кривини і скриту дістанемо, якщо використаємо кінематичні поняття, а саме, кривина кривої  $\kappa(s)$  є кутова швидкість обертання тіла скиби навколо бінормалі, а скрут  $\chi(s)$  — кутова швидкість його обертання навколо дотичної, скрізь за час  $t$  беремо довжину дуги  $s$  (рис. 1).
- 3) проекція просторової кривої на спрямну площину супроводжуючого тригранника Френе  $Ox(\tau)$ ,  $Oz(\beta)$  описується *кубічною параболою*  $z = 1/6 \kappa \chi x^3$ , що має особливу точку — точку перегину, а її проекція на нормальну площину  $Oy(\nu)$ ,  $Oz(\beta)$  — *півкубічною параболою*  $z^2 = 2/9 \kappa \chi^2 y^3$ , що теж має особливу точку — точку звороту 1-го роду; наведені *кубічні* криві в теорії катастроф мають аналоги — відображення, що замінюють функції  $\kappa(s)$  і  $\chi(s)$ ; ці криві в теорії катастроф пов'язані між собою вказаними особливими точками і розглядаються як вхідна і вихідна (або двоїста до вхідної), так, якщо вхідна — гладка крива загального положення має точку

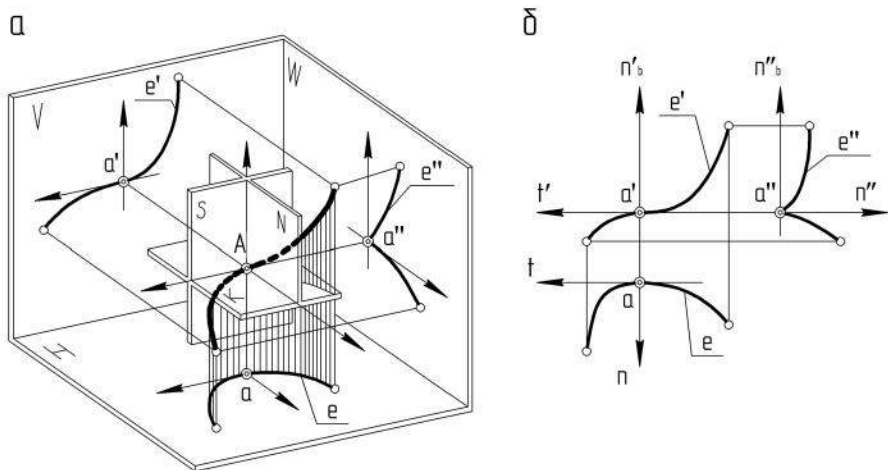


Рис. 1. а) просторова крива; б) її ортогональні проекції

Еліпс:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1,$$

Гіпербола:

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1,$$

Парабола:

$$y^2 = 2px.$$

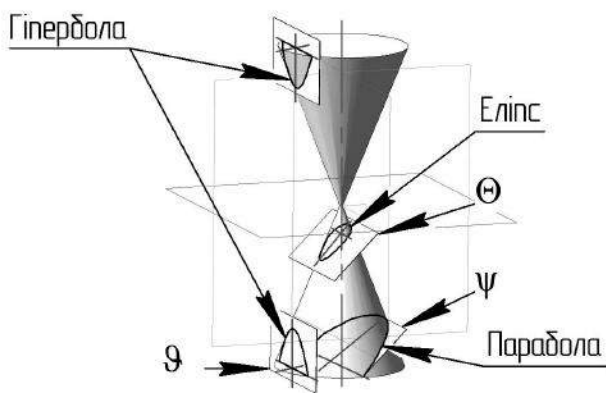
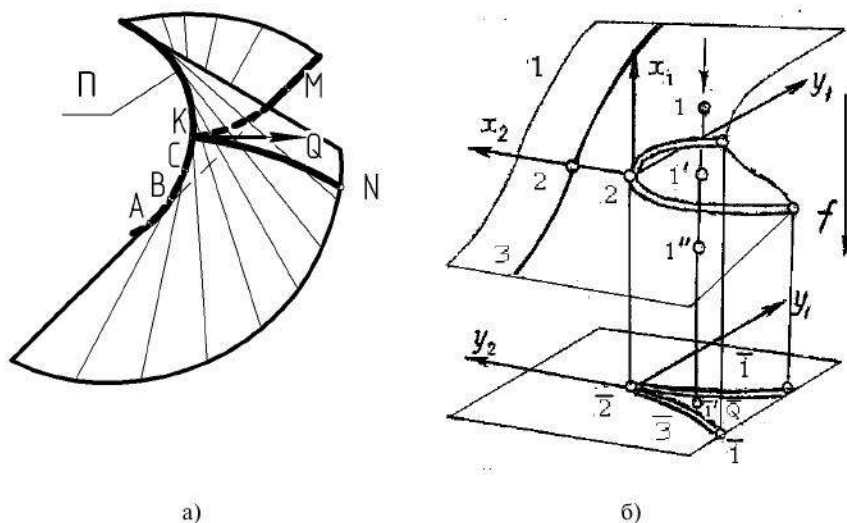


Рис. 2. Плоскі криві як конічні перерізи прямого кругового конусу (еліпс, гіпербола і парабола) та їх канонічні рівняння



перегину, то на двоїстій кривій (кривій «катастрофи») їй відповідає точка звороту, що саме і забезпечує цю «катастрофу» — руйнівну деформацію: стрибкоподібну якісну зміну стану ґрунту; взагалі засоби математичної теорії катастроф дають універсальний метод дослідження всіх стрибкоподібних переходів, розривів, раптових якісних змін (рис. 3).

- 4) власні дослідження показали, що процес АТВ ґрунту з ГДП має дві стадії: типовою фізичною ситуацією першої стадії є утворення випереджуючої тріщини, яку за допомогою диференційних рівнянь описати і отже врахувати в конструкції форми ГДП не можна, оскільки такі рівняння описують тільки плавні, неперервні процеси; саме такий процес є характерним для другої стадії АТВ — деформаційного ковзання ґрунту, яке характеризується фазовою кривою типу тангенсоїди або арктангенсоїди; між наведеними фізичними ситуаціями має бути перехідний процес, який описується складною функцією, або суперпозицією двох функцій — розривною одиничною функцією —  $e(x)$ , в якій отримуємо стрибок при  $x = 0$  і графіком якої є «сходінка» і функцією з різними знаками на кінцях відрізка, яка розглядається як вихідна, тоді функція, що описує перехідний процес від першої стадії до другої, може бути замінена відображенням — графіком інтеграла  $I = 1/n \arctg mx + 1/2$ ; це відображення розглядається як суперпозиція функції  $e(x)$  та пов'язаної з нею функції Дірака, де  $m$  — коефіцієнт масштабу.
- 5) ЗРМ знаходиться зараз на етапі зведення отриманих за останні роки результатів до багаторівневої системи знань, що дає можливість перейти до теорії ГДП нового покоління як логіко-математичної теорії, предметом вивчення якої слугують відповідності між системними поняттями, закономірностями і нелінійними моделями різних дисциплін (математичних і нематематичних) і на цій основі звести їх до певної системи опису реальних об'єктів (ГДП). Таку систему складає композиція або клас нелінійних моделей, що представляють різні аспекти (формальні і неформальні) цих об'єктів (як деяка категорія системних властивостей), що саме і дозволяє усунути розрив між потребами сучасного опису ГДП з використанням ЕОМ та існуючим в ЗРМ математичним апаратом.



**Рис. 3.** а) поверхня торса дотичних з ребром звороту та її переріз площиною, перпендикулярною до ребра звороту —  $Q$ ; б) форма загальної поверхні математичної теорії катастроф та її проекція на площину як фігура математичної «катастрофи» —  $Q$ , що подібна до перерізу площиною  $Q$  поверхні торса дотичних

Найпростіший приклад нелінійних моделей — звичайні квадратні рівняння (рис.2). Основною властивістю нелінійних моделей, які описуються квадратними рівняннями є властивість нелінійності, яка означає можливість якісних змін їх розв'язків при неперервній зміні («ворушінні») параметрів. Це дає змогу вивчати властивості складних систем, що описуються нелінійними рівняннями як аналітико-геометричними моделями.

Однією з таких властивостей є здатність до самоорганізації, що отримала найбільш яскравий вираз у систем природного походження. Такі системи мають не випадкову форму, а оптимальне рішення, знайдене природою. Отже, можуть бути запозичені у природи в якості функціональних аналогів технічних систем, що створюються людиною на основі синергетичних моделей з використанням ЕОМ.

**Висновки.** В умовах сьогодення вкрай необхідним для прийняття оптимального рішення в проектуванні є використання математичних моделей.

Складання прийнятної математичної моделі базується на трьох основних правилах:

- врахування головних властивостей і рис типової «ситуації» реальної дійсності, яка моделюється в даному випадку;
- нехтування другорядними властивостями і рисами;
- вміння відділити головне від другорядного.

Завершальна стадія прикладного математичного дослідження складається із аналізу і реальної інтерпретації отриманого математичного результату. В даному випадку таким результатом є використання систем природного походження для створення прийнятної математичної моделі з метою оптимізації форм виконавчих органів ґрунтообробної і посівної техніки.

Поняття моделі, що приймається в прикладному математичному дослідженні носить виключно раціональний характер: об'єкт  $M$  є моделлю об'єкта  $A$  (де об'єктом, зокрема, може бути будь-яка типова «ситуація») відносно деякої системи  $Q$  характеристик (властивостей), якщо  $M$  створюється для імітації  $A$  за цими характеристиками.

Модель спочатку будується для вивчення (дослідження) вибраних характеристик на спеціально створеній експериментально-експлуатаційній установці, а потім переходить в категорію безпосереднього використання як робоча модель на кшталт автопілота або протеза.

## Бібліографія

1. Калетнік Г. М., Заришник А. С., Адамчук В. В., Булгаков В. М. Землеробська механіка — теоретична база сучасної сільськогосподарської техніки// Механізація та електрифікації сільського господарства. — Глеваха, 2013. — Вип. 98. — С. 31-43.
2. Павлоцький А. С., Савченко І.Ф. Використання ґрунтодеформуючої поверхні у проектуванні робочих органів. Вісник аграрної науки, — 2000. — № 8, С. 51-53.

3. *Вознюк В. А., Павлоцький А. С., Савченко І.Ф.* Метод проектування і моделювання з визначенням рівнянь робочих поверхонь ґрунтообробних знарядь мінімальної енергодостатності// *Механізація та електрифікації сільського господарства*. — Глеваха, 2005. — Вип. № 89. — С. 220-226.
4. *Павлоцький А. С., Савченко І.Ф. Вознюк В. А.* Методи чисельного моделювання робочих поверхонь ґрунтообробних знарядь. *Вісник аграрної науки*, 2007. — № 2. — С. 58-61.
5. *Павлоцький А. С., Вознюк В. А., Савченко І.Ф.* Робоча гіпотеза теорії ґрунтодеформуючої поверхні нового покоління// *Механізація та електрифікації сільського господарства*. — Глеваха, 2009. — Вип. № 93. — С.106-120.
6. *Павлоцький А. С., Вознюк В. А., Савченко І.Ф.* Змістовна геометрична теорія розгортних ґрунтодеформуючих поверхонь: основні положення і визначення// *Механізація та електрифікації сільського господарства*. — Глеваха, 2010. — Вип. № 94. — С. 88-100.
7. *Павлоцький А. С., Вознюк В. А., Савченко І.Ф., Кузьменко Л.І.* Системний апарат теорії ґрунтодеформуючої поверхні// *Механізація та електрифікації сільського господарства*. — Глеваха, 2011. — Вип. № 95. — С. 72-80.
8. *Павлоцький А. С., Вознюк В. А., Савченко І.Ф., Рихлівський П. А.* Системна аналітика і системна побудова (з використанням ПК) лемішно-полицевих поверхонь// *Матеріали XX Міжнародної науково-технічної конференції «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві» та VII Всеукраїнської конференції-семінару аспірантів, докторантів і здобувачів у галузі аграрної інженерії (22-24 травня 2012р., Глеваха): Тези доповідей/ ННЦ «ІМЕСГ.– Глеваха, 2012. — С.60.*
9. *Патент 31220 Україна (UA), МПК А01D 25/04.* Робочий орган для викопування коренеплодів/ *Іваненко В. А., Савченко І.Ф.* (Україна); ННЦ «ІМЕСГ» (Україна). — № 98073953; Заявл. 21.07.1998; Опубл. 16.09.2002, Бюл. № 9. — 2 с.: іл..
10. *Патент 45133 Україна (UA), МПК А01D 13/00.* Пристрій для кротування ґрунту/ *Корабельський В.І., Кравчук В.І., Юрчук В. П., Павлоцька В. А.,*

- Яблонський П. М. (Україна); ННЦ «ІМЕСГ» (Україна). — № 2001053552; Заявл. 25.05.2001; Опубл. 15.03.2002, бюл. № 3. — 3 с.: іл.
11. *Патент на корисну модель 58062 Україна (UA), МПК A01D 25/04.* Пристрій для викопування коренеклубнеплодів/ Павлоцький А. С., Юрчук В. П., Вознюк В. А., Грубич М. В., Григоренко О. В. (Україна);— № 201011496; Заявл. 27.09.2010; Опубл. 25.03.2011, бюл. № 6. — 2 с.: іл.
  12. *Патент на корисну модель 73466 Україна (UA), МПК A01B 33/02.* Пристрій для обробки ґрунту/ Коновал О. О., Дешко В.І., Адаменко О.І. Павлоцький А. С. Рихлівський П. А. (Україна);— № 201202719; Заявл. 06.03.2012; Опубл. 25.09.2012, бюл. № 18. — 3 с.: іл.
  13. *Патент 100803 Україна (UA), МПК A01D 25/04.* Робочий орган копача коренеплодів/ Павлоцький А. С., Вознюк В. А., Савченко І.Ф., Іваненко В. А. (Україна); ННЦ «ІМЕСГ» (Україна). — № 201110958; Заявл. 13.09.2011; Опубл. 25.01.2013, бюл. № 4. — 2 с.: іл.
  14. *Кук Д., Бейз Г.* Компьютерная математика. Пер. с англ. — М.: Наука. Гл. ред. физ. мат. лит., 1990. — 384 с.
  15. *Надолинный В. А.* Основы теории проективных рациональных поверхностей/ автореф. дис. ... докт. техн. наук. — М., 1989. — 32 с.

### **ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКАЯ МЕХАНИКА СОВРЕМЕННОГО УРОВНЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ (ИНЖЕНЕРНЫЙ КОМПЬЮТЕРНЫЙ ДИЗАЙН КРИВЫХ И ПОВЕРХНОСТЕЙ)**

*Определена реализация уже сделанных теоретических и практических шагов одного из возможных путей выхода из кризисного состояния в направлениях фундаментальных и прикладных исследований с использованием научной теории, которая решает технические, конкретные задачи земледельческой механики (ЗДМ) на основе применения нелинейных моделей объектов вычислительной техники, характеризующихся математическим обеспечением ЭВМ.*

**Ключевые слова:** инженерный компьютерный дизайн, функциональные кривые и поверхности, нелинейные модели, объекты вычислительной техники, математическое обеспечение ЭВМ.

**AGRICULTURAL MECHANICS OF CURRENT LEVEL  
OF AGRICULTURAL MACHNERY (ENGINEERING  
COMPUTER-AIDED DESIGN OF CURVES AND SURFACES)**

*Outlined is the implementation of the theoretical and the practical steps having been made of one of the possible ways out of the crisis situation in the areas of basic and applied researches using a scientific theory to solve technically specific problems of agricultural mechanics (AM) based on the use of nonlinear models of objects of computer engineering characterized by software of computers.*

**Key words:** *engineering computer design, functional curves and surfaces, nonlinear models, objects of, computer engineering, computers software.*