

## Алгоритми оптимального проектування колісних сільгоспагрегатів на основі дискретно-континуальних моделей фізичних полів

Богдан Дівеєв<sup>1</sup>, Ігор Вікович<sup>2</sup>, Наталія Гісовська<sup>3</sup>, Юрій Ройко<sup>4</sup>

<sup>1</sup> к. т. н., доцент, Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, Львів, 79000, e-mail: divboglviv@yahoo.com

<sup>2</sup> д. т. н., Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, Львів, 79000

<sup>3</sup> к. т. н., Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, Львів, 79000

<sup>4</sup> Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, Львів, 79000

*Розглядається питання моделювання фізико-механічних процесів у сільськогосподарських машинах. Досліджуються пружні тіла — конструктивні елементи агрегатів. Розглядаються гідродинамічні процеси в баках з рідиною, розповсюдження краплинно-повітряних сумішей. Як основний інструмент дослідження застосовувалися дискретно-континуальні розрахункові схеми. На їх основі побудовані малопараметричні математичні моделі динамічних процесів в агрегатах. Ці моделі дозволили створити комплекси програм оптимального проектування сільськогосподарських машин щодо функціональних, ресурсних і технологічних параметрів. Наведено приклади застосування цих алгоритмів оптимального проектування до ряду агрегатів.*

**Ключові слова:** фізико-механічні процеси, сільськогосподарські машини, дискретно-континуальні розрахункові схеми, малопараметричні математичні моделі, оптимальне проектування.

**Вступ.** Розглянемо на прикладі деяких сільськогосподарських машин проблематику розробки їх математичних моделей та оптимального проектування на основі цих моделей. На відміну від більш розповсюджених описових імітаційних моделей, зупинимось детальніше на складніших фізичних, які дають змогу ущільнити множину параметрів до небагатьох конструктивно та функціонально значимих. З кожним агрегатом, у тому числі з колісним сільгоспагрегатом, пов'язані фізичні процеси, які підпорядковуються законам механіки деформівного твердого тіла, гідравліки, динаміки багатофазних середовищ, електродинаміки. Ці дисципліни на даний час мають розроблені усталені числові схеми та алгоритми для математичного моделювання в техніці. Основним алгоритмом є дискретизація часово-просторових процесів та наступне дослідження малопараметричних моделей. Таким чином, з використанням підходів та методів механіки деформівного твердого тіла отримуються дискретні моделі динаміки машин — набір масивних жорстких елементів, з'єднаних пружними елементами [1, 2]. Однак такі моделі малоінформативні щодо визначення напруженого стану в елементах агрегату. Для визначення функціональних властивостей агрегатів необхідно розглянути взаємодію

різного роду субстанцій: твердого пружного тіла, рідини, газу, газорідних сумішей. При моделюванні динаміки та розрахунку на довготривалу міцність агрегатів бажано застосовувати розрахункові схеми дискретно-континуального типу [3-11].

На основі апроксимації гідродинамічних процесів деякою кількістю форм коливань досліджуються процеси коливань у баках з рідиною [12, 13]. Для турбулентного струменя у зносячому потоці використовуються гіпотези обтікання струменя, як твердого тіла, та закони збереження механіки суцільних середовищ [14]. Складною є задача поширення частинок препаратів, наприклад, крапель або біопрепаратів, при застосуванні вентиляторних чи штангових обприскувачів. Вона належить до задач газової динаміки: турбулентний багатофазний струмінь у зносячому потоці повітря. З використанням деяких напівемпіричних гіпотез така задача розглядалася в [14] для процесу внесення препаратів при поверхневому обприскуванні штанговими чи вентиляторними агрегатами.

З метою оптимального проектування складних конструкцій їх математичні моделі слід будувати із врахуванням фізичних процесів у їх взаємозв'язку. Важливо досліджувати функціональні властивості агрегату із врахуванням взаємовпливу полів різної фізичної природи. Наше завдання полягає в параметризації цих процесів, пов'язаних із технологією проектування. Математичні моделі для адекватного опису динамічних процесів у машинах повинні задовольняти таким основним вимогам.

- Адекватно відтворювати динамічні процеси в конструкціях.
- Включати у множину розрахункових параметрів визначальні конструктивні та технологічні параметри.
- Бути адаптованими до наступної алгоритмізації та перетворення на машинні коди.
- Бути сумісними з відомими пакетами прикладних програм комп'ютерного проектування та комп'ютерного забезпечення виробництва.

У даній роботі розглядаються методи декомпозиції та синтезу уточнених розрахункових схем для конструкцій різних типів машин з урахуванням динамічних навантажень. Вибір конкретного методу зумовлений, насамперед, конструктивними особливостями об'єктів моделювання, а також цілями моделювання. Це, зокрема, малопараметричний метод модального синтезу (різновид напівдискретного методу Бубнова-Гальоркіна), в якому проводиться дискретизація за просторовими координатами (повний вибір координатних функцій, що охоплює часові та просторові функції) [3-12]. На прикладах моделювання деяких технічних об'єктів та технологічних процесів проілюструємо застосування таких алгоритмів.

## 1. Штанговий обприскувач

Для аналізу динамічної поведінки складних колісних сільськогосподарських агрегатів з приєднаними подовгастими елементами (одним з яких є штанговий обприскувач) запропоновано два способи пониження розмірності систем рівнянь математичної моделі. Перший — зменшення розмірності завдяки врахуванню симетрії конструкції машини та низькочастотного характеру збурень, що передаються

через шасі на робочі органи агрегату. Другий — варіант динамічної конденсації — зменшення порядку ключової системи рівнянь динамічної рівноваги шляхом апріорного врахування формозміни елементів. Конденсовані моделі дозволяють оперувати з конструктивними параметрами, що безпосередньо впливають на якість функціонування агрегату та його міцність. На основі цих моделей та алгоритмів нелінійної оптимізації з використанням генетичних методів розроблено комплекс програм, який застосовано для розрахунку штангового обприскувача та віброструшувача.

У роботі [13] записані рівняння динамічної рівноваги системи рама-бак з рідиною-штанга (див. рис. 1).

$$\begin{aligned} J\ddot{\psi} - x_G mg\psi + \lambda_0 \ddot{s}_1 + \lambda_{0S} \ddot{\chi}_1 &= k_\psi (\psi - \psi_0), \\ \mu [\ddot{s}_1 + \beta \dot{s}_1 + \omega^2 s_1] + \lambda_0 \ddot{\psi} &= 0, \\ \mu_S [\ddot{\chi}_1 + \beta_S \dot{\chi}_1 + \omega_S^2 \chi_1] + \lambda_{0S} \ddot{\psi} &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Тут  $\psi$  — кутове відхилення рами (розглядається лише одна площина коливань — ортогональна до поздовжньої осі обприскувача),  $s_1$  — кутове відхилення рівня рідини у баці,  $\chi_1$  — кутове відхилення штанги. Ці рівняння є наслідком рівнянь балансу моментів, спричинених інерційними та пружними силами, кутовими коливаннями штанги та рідини в баці відносно поздовжньої осі обприскувача  $ou$  [11-13]. Методика визначення коефіцієнтів рівнянь базується на розгляді першої форми коливань пружних рами націпного обладнання, штанги обприскувача, першої форми коливань рідини в баці та нелінійно-пружних і дисипативних характеристик з'єднань (див. рис. 1). Ми обмежилися першою формою коливань, оскільки саме такі коливання найбільше впливають на міцність, якість і надійність функціонування обприскувача.

Бачимо, що друге та третє рівняння ідентичні, оскільки штанга розглядається як фізичний маятник, а для рідини використовуємо механічну аналогію до фізичного маятника.

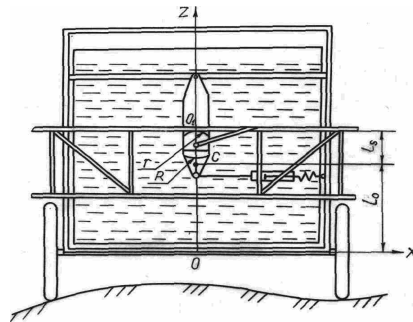


Рис.1. Схема рама-бак-підвіска-штанга обприскувача

Дослідимо детальніше динаміку штанги обприскувача. Розглянемо секцію штанги обприскувача. Для штанги, як пружного стержня, кінематичні гіпотези для прогину  $W$  візьмемо у такому вигляді

$$W = q_1(t)Y_1(x) + q_2(t)Y_2(x) + U_0. \quad (2)$$

Тут  $q_1, q_2$  — часові функції,  $Y_1, Y_2$  — координатні функції у локальних координатах,  $U_0$  — задане кінематичне поперечне зміщення. Підставляючи формулу (2) у варіаційний принцип Гамільтона-Острогадського

$$\int_0^t \left\{ \int_0^l \left[ \rho(x)\ddot{W}(x)\delta W + EI(x) \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right) \delta \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right) \right] dx \right\} dt = F_0 \delta W,$$

(тут  $\rho(x)$  — густина,  $EI(x)$  — жорсткість стержня на згин,  $F_0$  — зовнішні зусилля) отримуємо систему двох звичайних диференціальних рівнянь для визначення  $q = \{q_1, q_2\}$ . Для розрахунку багатосекційної штанги необхідно врахувати дискретні пружно-дисипативні елементи з'єднань секцій та елементів підвіски. В результаті отримуємо систему звичайних (у загальному випадку нелінійних) ключових рівнянь, яку запишемо у матричній формі (методи її отримання та визначення конденсованих коефіцієнтів жорсткості дано в [3-12])

$$\mathbf{M}\ddot{q} + \mathbf{K}q = b. \quad (3)$$

Для задання матриці інерційних членів  $\mathbf{M}$  та матриці жорсткості  $\mathbf{K}$  треба задати форми коливань ділянок штанги  $Y_1(x), Y_2(x)$  та зовнішню силу  $F_0$ . Звичайно, однією формою важко описати всю гаму коливань секцій штанги фермової конструкції — континуального подовгастого елемента. Однак у розглядуваному тут випадку низькочастотних коливань можна скористатися деякими спрощеними виразами для  $Y_1, Y_2$ , зокрема, використавши криві статичного прогину від власної ваги конструкції.

## 2. Струшувач

Розглянемо віброструшувач плодкових дерев. Дослідимо обернену задачу — задачу підвищення рівня вібрацій деяких елементів (плодів). На рис. 2 показана його дискретно-континуальна розрахункова схема. Штриховою лінією виділено дискретну частину схеми конструкції. Ця частина складається з двох послідовно та однієї паралельно з'єднаних за допомогою пружних та демпфуючих елементів мас. До маси  $M_1$  прикладається навантаження. Друга частина системи є консольно закріпленою балкою змінного перерізу з приєднаною масою на вільному краї. Складову  $A_1$  конструкції можна подати у вигляді об'єднання континуального елемента  $A_2$  балки та дискретного — маси  $M_a$ . Рівняння динамічної рівноваги віброструшувача дано в [9]. Для моделювання штамба та гілок дерева використано модель балки Тимошенка

$$\begin{aligned} U(x, y, z, t) &= U_0(x, t) + \gamma(x, t)z, \\ W(x, y, z, t) &= W_0(x, t). \end{aligned} \quad (4)$$

де  $U_0(x, t)$  і  $W_0(x, t)$ ,  $\gamma(x, t)$  — поздовжні, поперечні та кутові переміщення балки (дерева). З використанням варіаційного принципу Гамільтона-Остроградського, співвідношень (4) та умови  $U_0(x) = 0$  одержано рівняння коливань системи дерево-віброструшувач-плід у такій формі [9]

$$\begin{aligned} \int_0^L \left( EI \frac{\partial \gamma}{\partial x} \delta \frac{\partial \gamma}{\partial x} + GF \left( \gamma + \frac{\partial W_0}{\partial x} \right) \delta \gamma + \rho I \frac{\partial^2 \gamma}{\partial t^2} \delta \gamma + \right. \\ \left. + GF \left( \gamma + \frac{\partial W_0}{\partial x} \right) \delta \frac{\partial W_0}{\partial x} + \rho F \frac{\partial^2 W_0}{\partial t^2} \delta W_0 \right) dx = F \delta W_0, \end{aligned} \quad (5)$$

де  $EI$ ,  $GF$  — відомі параметри жорсткості балки Тимошенка,  $\rho F$ ,  $\rho I$  — розподілені масові параметри,  $F$  — зусилля в з'єднаннях. Для переміщень були прийняті такі розвинення

$$W_0 = \sum_i q_i^w(t) x^i \quad \gamma = \sum_i q_i^r(t) x^{(i-1)}. \quad (6)$$

При підстановці (6) у (5) отримуємо систему звичайних диференціальних рівнянь на функції  $q_i^w(t)$ ,  $q_i^r(t)$  та зміщення дискретних елементів-мас. На рис. 3 показано амплітудно-частотну характеристику (АЧХ) у кроні дерева залежно від сили затиснення штамба в подушках (пружний вузол з'єднання штамба дерева з віброструшувачем, рис. 2).

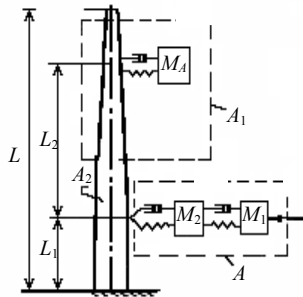


Рис. 2. Дискретно-континуальна модель системи дерево-віброструшувач-плід

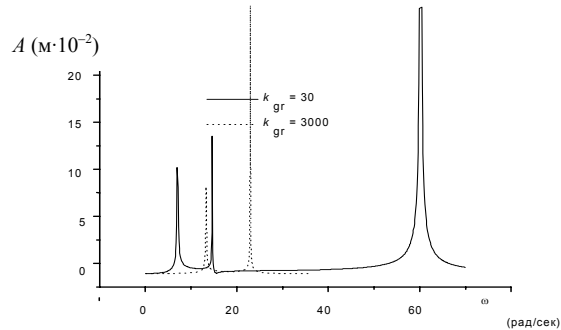


Рис. 3. АЧХ у кроні дерева залежно від сили затиснення штамба

### 3. Вентиляторний обприскувач

Основним фізичним процесом, який визначає якість внесення препаратів вентиляторними та штанговими обприскувачами (авіатехнікою у тому числі), є процес поширення крапельно-повітряної суміші. Для моделювання цього процесу застосуємо теорію малонаповненого турбулентного струменя у зносячому потоці [14]. Для деякого об'єму  $\tau$  речовини струменя крапельно-повітряної суміші запишемо рівняння балансу маси

$$\frac{dm}{dt} = \frac{d}{dt}(\rho\tau) = \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{\tau} \rho d\tau + \iint_{\sigma} \rho V_n d\sigma = 0, \quad (7)$$

рівняння балансу імпульсу

$$\frac{d\vec{N}}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{\tau} \rho \vec{V} d\tau + \iint_{\sigma} \rho \vec{V} V_n d\sigma = \iiint_{\tau} \rho \vec{F} d\tau - \iint_{\sigma} p \vec{n} d\sigma + \iint_{\sigma} \vec{\tau}_n d\sigma = 0, \quad (8)$$

рівняння збереження енергії  $E$

$$\begin{aligned} \frac{dE}{dt} = & \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{\tau} \rho \left( U + \frac{V^2}{2} \right) d\tau + \iint_{\sigma} \rho \left( U + \frac{V^2}{2} \right) V_n d\tau = \iiint_{\tau} \rho \left( \vec{F} \vec{V} \right) d\tau - \\ & - \iint_{\sigma} p V_n d\sigma - \iint_{\sigma} s V_t d\sigma - \iiint_{\tau} \rho \varepsilon d\tau. \end{aligned} \quad (9)$$

Тут  $\tau, \sigma$  — відповідно об'ємна та поверхнева змінні інтегрування,  $U$  — енергія деформації,  $\vec{V}$  — вектор швидкості,  $\vec{F}$  — вектор масових сил,  $p$  — тиск,  $s$  — сила тертя,  $\vec{\tau}_n$  — поверхневі зусилля,  $V_n, V_t$  — нормальна та дотична до поверхні тіла складові швидкості,  $\varepsilon$  — внутрішня дисипація енергії,  $\rho$  — густина. Для вивчення поширення крапель турбулентним повітряним струменем застосовуємо балансові рівняння та гіпотезу про твердотільну модель струменя в поперечному потоці [14] (рис. 4). Розглянемо рівновагу елементарного об'єму ділянки струменя з площею поперечного перерізу  $S_n$  довжини  $dl$ . Для визначення траєкторії струменя використаємо рівняння (8). Приймаючи  $U = 0, \varepsilon = 0$ , в ортогональній проекції отримаємо таке співвідношення

$$dN + dP = 0. \quad (10)$$

Тут  $N$  — кількість руху,  $P$  — зовнішні поверхневі сили. Приймаючи, що проекція моменту кількості руху струменя на напрям, ортогональний до повітряного потоку, є постійною величиною, отримаємо таке співвідношення

$$\int_{S^-} p^- V^{-2} dS = \int_{S^+} p^+ V^{+2} dS + dP_n + ds + dQ. \quad (11)$$

Тут  $S^-$  і  $S^+$  — площі перерізів об'єму струменя довжини  $dl$ ,  $p^-, p^+$  — тиски на цих перерізах,  $V^-, V^+$  — відповідні швидкості,  $dP_n$  — нормальна складова зовнішньої сили,  $ds$  — приріст сили тертя на ділянці контакту з поверхнею струменя,  $dQ$  — приріст сили тертя на вільній поверхні струменя. У роботі [14] проведено оцінку складових  $ds, dQ$ . Показано, що їх сумарний вклад у робочому діапазоні параметрів не перевищує 2,5%, тому в першому наближенні обмежимося рівнянням (11) у класичній формі

$$\int_{S^-} p^- V^{-2} dS = \int_{S^+} p^+ V^{+2} dS + dP_n = \int_{S^+} p^+ V^{+2} dS + \mu S_b V_n^2. \quad (12)$$

Тут  $dP_n = \mu S_b V_n^2$  — класична аеродинамічна сила впливу зовнішнього потоку зі швидкістю  $V_n$ , нормальною до його траєкторії, на ефективну площу перерізу  $S_b$  з відповідним аеродинамічним коефіцієнтом  $\mu$ . Цих рівнянь, як показано в [14], достатньо для знаходження траєкторії руху струменя. На рис. 4 показано схему струменя вентиляторного обприскувача. На рис. 5 наведено траєкторії руху струменя для різних значень його початкового діаметра та швидкості повітряного потоку. Початкова швидкість струменя вибиралася такою, як у серійних вентиляторних обприскувачів: 20 м/с. Поперечна швидкість повітряного потоку задавалася 20 м/с (суцільні лінії на рис. 5) та 2 м/с (штрихові — на рис. 5). Кут інжекції  $\alpha = 0$ . Криві, які відповідають значенням діаметра сопел вентилятора  $D = 0,8; 1,0; 1,5$  м, відзначені відповідно трикутничками, ромбиками та квадратами. Бачимо, що навіть при відносно незначній швидкості зносу  $V_n$  траєкторія струменя стає дуже нахиленою при малому вихідному діаметрі сопла обприскувача. Тому для збільшення далекобійності струменя треба збільшувати його початковий діаметр.

На густину осадження домішки суттєво впливають такі чинники, як далекобійність струменя, розподіл швидкісних потоків у площині поперечного перерізу та в напрямку осі струменя, форма і розмір поперечного перерізу струменя, форма траєкторії у вертикальній і в горизонтальній площинах. Ці параметри, у свою

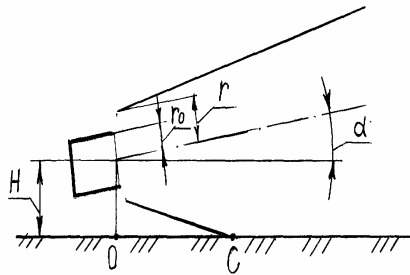


Рис. 4. Схема струменя

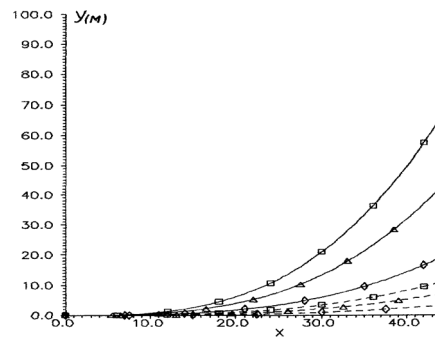


Рис. 5. Траєкторії струменя

чергу, залежать від метеорологічних умов, характеру переміщення розпилювача, аеродинамічних характеристик краплин тощо.

**Висновки.** На основі проведених досліджень розроблені оптимальні конструкції штанг обприскувачів, вказані оптимальні конструктивні та технологічні параметри для віброструшувачів і вентиляторних обприскувачів. За результатами досліджень оформлено низку патентів [15-17]. Розроблено також деякі елементи автоматизованих систем проектування таких агрегатів. Запропоновано дискретно-континуальні моделі колісних сільгоспагрегатів та процесів, пов'язаних з їх функціонуванням. Ці моделі реалізовані в ряді програмних комплексів. На їх основі отримані алгоритми оптимального проектування штангових обприскувачів, віброструшувачів та ряду інших колісних сільгоспмашин. На даний час розв'язується проблема розробки автоматизованих комплексів проектування такого типу машин. Розроблені для даного класу машин математичні моделі, числові алгоритми та програмні засоби адаптуються і для інших машин, наприклад, для пересувних бурових установок, пожежних автопіднімачів тощо.

### Література

- [1] *Дмитриченко С. С., Гусев А. С., Илинич И. М.* Расчет усталостной долговечности деталей с использованием различных методов информации о нагруженности // Вестник машиностроения. — 1971. — № 3. — С. 12-17.
- [2] *Динамика системы дорога-шина-автомобиль-водитель*; под ред. *Хачатурова А. А.* — М.: Машиностроение, 1976. — 530 с.
- [3] *Дівеєв Б., Вікович І., Сухорольський М., Дубневич О.* Розрахунок та оптимізація причепа з підвіскою змінної жорсткості // Матеріали I міжнар. наук.-техн. конф. «Динаміка, міцність і надійність сільськогосподарських машин». — Тернопіль, 2004. — С. 458-463.
- [4] *Дівеєв Б.* Інженерні проблеми оптимального проектування обприскувачів // Матеріали I міжнар. наук.-техн. конф. «Динаміка, міцність і надійність сільськогосподарських машин». — Тернопіль, 2004. — С. 451-457.
- [5] *Дівеєв Б., Хом'як В., Хом'як Й.* Технологічні процеси та надійність штангових агрегатів для захисту рослин // Вісник Львів. держ. аграрн. ун-ту. Агроінженерні дослідження. — № 8. — С. 200-214.
- [6] *Дівеєв Б., Хом'як В., Хом'як Й.* Вплив коливань штанги обприскувача на рівномірність розподілу робочої рідини // Вісник Львів. держ. аграрн. ун-ту. Агроінженерні дослідження. — № 8. — С. 215-219.
- [7] *Вікович І. А., Дівеєв Б. М.* Розробка конденсованих моделей підвісок штангових елементів сільськогосподарських агрегатів // Вібрація в техніці і технологіях. — Вінниця: ВДАУ. — 2001. — № 2 (18). — С. 19-23.
- [8] *Вікович І. А., Дівеєв Б. М.* Конденсована модель поперечних коливань багатосекційної штанги обприскувача // Вісник ДУ «Львівська політехніка». Динаміка, міцність та проектування машин і приладів. — 2001. — № 434. — С. 19-22.
- [9] *Дівеєв Б., Миронюк О., Шевчук Р.* Дискретно-континуальна модель для розрахунку динамічних характеристик струшувача плодів // Машинознавство. — 1998. — № 8. — С. 15-19.



- [10] *Hashtchuk Petro, Diveyev Bohdan, Vayda Igor, Vicovich Igor.* Design of girder booms for sprayers of increased durability and high quality of agent application // *Vibration in physical systems / XIX symposium. Abstract and invited lecture. Poznan-Blazejewko, May, 23-27, 2000.* — P. 44-45.
- [11] *Butiter Igor, Diveyev Bogdan, Vikovych Igor.* Optimization and design of the girder spray booms of increased durability and quality of an agent sprayind // *Vibrations in physical systems / XX jubilee symposium. Abstract and invited lecture. Poznan-Blazejewko, May, 21-25, 2002.* — P. 120-121.
- [12] *Микишев Г. Н., Рабинович Б. И.* Динамика тела с полостями, частично заполненными жидкостью. — М.: Машиностроение, 1968. — 532 с.
- [13] *Вікович І. А., Дівеєв Б. М.* Дослідження і аналіз динамічної поведінки обприскувача для хімічного захисту рослин з комбінованою маятниково-пружною підвіскою та з урахуванням коливань рідини в ємності // *Вісник Львів. держ. аграрн. ун-ту. Агроінженерні дослідження.* — 2002. — № 62. — С. 102-107.
- [14] *Вікович І. А., Дівеєв Б. М.* Математична модель нанесення краплин рідини на рослини обприскувачами // *Вісник ДУ «Львівська політехніка». Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні.* — 2000. — № 394. — С. 6-11.
- [15] Підвіска штанги обприскувача. Деклараційний патент на винахід № 56758А, МПК<sup>7</sup>А01М7/00. *Вікович І. А., Дівеєв Б. М.* Заявлено 3.09.2002 р. Опубл. 15.05.2003. — Бюл. № 5.
- [16] Підвіска штанги обприскувача. Деклараційний патент на винахід № 57396А, МПК<sup>7</sup>А01М7/00. *Вікович І. А., Дівеєв Б. М.* Заявлено 17.09.2002 р. Опубл. 16.06.2003. — Бюл. № 6.
- [17] Динамічний гасник коливань. Деклараційний патент на корисну модель № 7079, Україна 7А01М7/00. *Дівеєв Б. М., Вікович І. А., Дівеєв І. Б.* Заявлено 26.06.2004 р. Опубл. 2005. — Бюл. № 6.

## **Wheel Land Machines Optimization Algorithms on Discrete-Continual Models of Physical Fields**

**Bohdan Diveyev, Ihor Vikovych, Natala Hisows'ka, Yuriy Rojko**

*In the article modelling of physical-mechanical processes in agricultural machines is considered. The elastic bodies being structural elements of the aggregates are studied. The hydrodynamic processes in tanks with liquid and distribution of tiny-air mixtures are also considered. The discrete-continue approach as the basic instrument of the studies is used. On this basis the few-parametric mathematical models of dynamic processes in the aggregates are built. These models allowed to create complexes of programs for optimal designing of agricultural machines with respect to their functional, resource and technological parameters. The examples of application of these optimal designing algorithms for some of aggregates are suggested.*

## **Алгоритм оптимального проектирования колесных сельхозагрегатов на основе дискретно-континуальных моделей физических полей**

Богдан Дивеев, Игорь Викович, Наталия Гисовская, Юрий Ройко

*В статье рассмотрены вопросы моделирования физико-механических процессов в сельскохозяйственных машинах. Исследуются упругие тела, конструктивные элементы агрегатов. Рассматриваются гидродинамические процессы в баках с жидкостью, распространение капельно-воздушных смесей. Как основной инструмент исследования применялись дискретно-континуальные расчетные схемы. На их основе построены малопараметрические математические модели динамических процессов в агрегатах. Эти модели позволили создать комплексы программ оптимального проектирования сельскохозяйственных машин по функциональным, ресурсным и технологическим параметрам. Приведены примеры применения алгоритмов оптимального проектирования ряда агрегатов.*

Отримано 4.05.05