

УДК 631. 33. 33. 816.

І.П. Вітрух, доц., канд. техн. наук

Національний транспортний університет

С.Г. Білик, доц., канд. техн. наук

Бережанський агротехнологічний інститут НУБІП

Деякі системні аспекти оптимізації параметрів транспортно-технологічних машин для внесення органічних та органо-мінеральних добрив

Викладено методичні підстави, встановлено порядок та розроблено алгоритм синтезу визначення оптимальної робочої ширини захвату і місткості кузова чи ємкості цистерни транспортно-технологічної машини, параметрів розподільчих робочих органів та штанг.

Оптимізація параметрів машин для внесення добрив розглядається як складне системотехнічне завдання, яке враховує як умови експлуатації, екологічність, функціональну технологічність, так і їх вартість та корисність.

Розглянуті аспекти системного проектування, які мають важливе значення при виборі оптимальних параметрів машин: робоча ширина захвату швидкості агрегату місткості кузова. При системному підході їх вибір відбувається по антагоністичних критеріях.

транспортно-технологічні машини, розкидачі добрив, параметри, критерії оптимальності, системні аспекти, розподільчі органи, штанги

И.П. Витрух

Национальный транспортный университет

С.Г. Билык

Бережанский агротехнологический институт НУБІП

Некоторые системные аспекты оптимизации параметров транспортно-технологических машин для внесения органических и органо-минеральных удобрений

Изложены методические основания, установлен порядок и разработан алгоритм синтеза определения оптимальной рабочей ширины захвата и вместимости кузова или емкости цистерны транспортно-технологической машины, параметров распределительных рабочих органов и штанг.

Оптимизация параметров машин для внесения удобрений рассмотрена как сложное системотехническое задание, которое учитывает как условия эксплуатации, экологичность, функциональную технологичность, так и их стоимость и полезность.

Рассмотрены аспекты системного проектирования, которые имеют важное значение при выборе оптимальных параметров машин: рабочая ширина захвата скорости агрегата вместимости кузова. При системном подходе их выбор происходит по антагонистичным критериям.

транспортно-технологические машины, разбрасыватели удобрений, параметры, критерии оптимальности, системные аспекты, распределяющие органы, штанги

Постановка проблеми та завдання дослідження. Органічні добрива поділяються на тверді й рідкі. Тверді органічні добрива (ТОД) вносяться транспортно-технологічними машинами, які називають розкидачами. Рідкі органічні добрива (РОД) можуть вноситись разом з рідкими органо-мінеральними добривами (РОМД). Існують два способи внесення цих добрив у ґрунт-поверхневе внесення з наступним приорюванням добрив і підґрунтового. Відповідно до цього відбувається розвиток конструкцій машин. Розробкою і випуском цих машин займається у Європі понад 32, а в США - понад 20 фірм. Машини для внесення РОМД випускають фірми «Alfa Laval»,

«Bauer», «Benken», «Bri ri», «Duport», «Eisele», «Joskin», «Kotte», «Meyer - Lohne», «Kaweco» та інші, а в СНД «Бобруйськагромаш». Основні напрями розвитку конструкцій машин зводяться до збільшення вантажопідйомності й ширини захвату, підвищення якості внесення добрив, застосування суцільно зварних кузовів та пристроїв і механізмів, які забезпечують рівномірну подачу добрив до розподільних робочих органів.

Основною частиною транспортно-технологічної машин є кузов і цистерна місткістю від 3000 до 20000 л, які обладнуються рядом систем і розподільними органами. Для поліпшення якості внесення рідких добрив більшість фірм застосовують штангові розпилювачі рідких добрив. Штангові розподільники націплюються на цистерну. На штангах установлюють різні за конструкцією розпилювачі. Ширина внесення добрив машинами фірми «Eisel» становить 8,5...18 м, а фірми «Meyer-Lohne»-12...24м маса навісних штангових робочих органів - 550 -600 кг. [1].

Визначальним етапом в процесі розробки і впровадження нових чи удосконаленні існуючих машин є обґрунтування параметрів конструкцій, які б забезпечували підвищення технічного рівня машин, їх технологічність та ефективність використання.

Оптимізація параметрів машин для внесення добрив є складне системотехнічне завдання, яке повинне враховувати як умови експлуатації, екологічність, функціональну технологічність, так і їх вартість та корисність. У вартість входить і такий важливий компонент, як витрати на проектування. Всі ці питання вимагають окремого розгляду, тут будуть розглянуті тільки ті аспекти системного проектування, які мають важливе значення при виборі оптимальних параметрів машин: робоча ширина захвату швидкості агрегату місткості кузова. При системному підході їх вибір, як буде показано нижче, відбувається по антагоністичних критеріях.

Задачі досліджень. Для вирішення даної задачі необхідно провести аналітичні дослідження і узагальнення існуючих методів і системних аспектів оптимізації параметрів транспортно – технологічних машин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання обґрунтування та оптимізації параметрів гноєрозкидачів вивчалися і досліджувалися науковими установами України (УНДІМЕСГ, с.м.т. Глеваха; КТІСМ м. Запоріжжя), Росії (ВИМ, НИПТИМЭСХ) та ін. Цим питанням присвячені роботи [2,3]. У цих роботах приведені деякі залежності оптимальної робочої ширини захвату від місткості кузова V_K , швидкості і інших параметрів. Проте слід зазначити, що більшість вказаних досліджень та розроблюваних конструкцій машин не в повній мірі задовольняють існуючі вимоги, а технічний рівень існуючих транспортно-технологічних машин ще низький.

Мета досліджень. Удосконалення і подальший розвиток методів оптимізації параметрів транспортно-технологічних машин для внесення органічних та органо-мінеральних добрив

Науково-методичні підстави дослідження. Для швидкого введення критеріїв оптимальності розглянемо наступну спрощену схему. Процес внесення гною компостів та інших органо-мінеральних добрив можна схематично представити як наступну задачу: задана множинна M технічних засобів для внесення добрив, множинна Z запасів добрив – N_z сховищ чи буртів місткістю V_{i_z} , $i_z = 1, 2, \dots, N_z$ задано множину ділянок поверхонь Σ певної конфігурації і величини. Введемо критерій якості роботи

$$F_o = F_o(Q_s, Q_{s_q}). \quad (1)$$

Він представляє функціонал від Q_s – щільність розподілу добрив по

оброблюваній поверхні і Q_{s_q} – по прилеглій поверхні S_q . Вид функціонала буде конкретизований нижче. Можна відзначити, що він володітиме такими очевидними властивостями

$$1) \quad F_0^1(Q_s^1, Q_{s_q}^1) > F_0^2(Q_s^2, Q_{s_q}^2), \quad (2)$$

якщо розподіл щільності Q_s^1 – ближче до потрібного по агротехнічних нормах.

$$V_{ar}(Q_s^1 - Q_s^{opt}) < V_{ar}(Q_s^2 - Q_s^{opt}). \quad (3)$$

Тут функціонал характеризує величину відхилення функції від нуля і може бути вибраний у вигляді певного інтеграла від величини відхилення, так і за допомогою статистичних методів оцінювання [3].

$$2) \quad F_0^1(Q_s, Q_{s_q}^1) > F_0^2(Q_s, Q_{s_q}^2) \quad V_{ar}(Q_{s_q}^1) < V_{ar}(Q_{s_q}^2). \quad (4)$$

Це співвідношення має сенс як економії препарату так і головним чином виконання такого екологічного критерію, як відсутність занесень препарату на прилеглу територію.

Для кожного елементу множини $m \in M$, – множини $z \in Z$ і елементу множини $e \in E$ заданий критерій якості функціонування

$$K_\phi = K_\phi(m, z, e, F_0, E_s). \quad (5)$$

Це багатокритеріальна величина, яка залежить як від якостей обробки, так і від сумарних експлуатаційних затрат E_s [4]. Розглядатимемо наступний системний підхід – багатокритеріальну оптимізацію на множині по наступних

$$Q = M \times Z \quad (6)$$

цільових функціях: E_s – економічно обґрунтований критерій вартості експлуатації, при прийнятій раніше певній величині якості обробки F_0 , яка включає і екологічний чинник нерозповсюдження добрив за межі оброблюваної ділянки S_e . В критерій якості функціонування можуть бути включені і інші екологічні і ергономічні величини, наприклад величина тиску агрегату на ґрунт, поєднання різних умов експлуатації (операцій внесення органічних, внесення мінеральних добрив, пристосованість до рельєфу, конфігурації ділянок до метеорологічних умов, пристосованість до виконання додаткових функцій).

Оптимізація по одному параметру – розподілу маси при заданих елементах являє важку транспортну задачу [5], як і пряме транспортне завдання вибору оптимальної траєкторії руху агрегату при фіксованих елементах.

Проведемо деталізацію множин M, Z, E , необхідну для подальшого розгляду. Візьмемо спочатку множину M технічних засобів. У найширшому сенсі воно може включати нескінченне число елементів. Будь-яку незначну зміну конструкції агрегату можна розглядати як новий агрегат. Тому введемо розбиття M на підмножини і редукцію числа елементів в кожній підмножині за допомогою введення параметричних рядів головних конструктивних параметрів. Множина M може включати наступні підмножини:

M_1 – тракторні транспортно-технологічні причіпні;

M_2 – тракторні транспортно-технологічні кузовні;

M_3 – тракторні безкузовні;

M_4 – тракторні технологічно-бункерні.

Кожна підмножина може бути розбита, у свою чергу, теж на підмножини. Наприклад, M_1 – на тракторні причіпні кузовні M_{11} , і тракторні причіпні цистерни M_{12} . Можлива і подальша деталізація, причіпні можна розбити на розкидачі з

горизонтальним і вертикальним розміщенням розкидальних валів M_{III} , M_{II2} відповідно.

Розглянемо тепер множини E і Z . Вони представляють карти континуальних і відповідно дискретних розподілів на площині. Для опису їх може бути застосований статистичний підхід [4]. Розглянемо тут дещо спрощений прийом – попередню гомогенізацію елементів E і Z .

Суть її полягає в тому, що довільний за формою, взаємному розташуванню набір ділянок (рис.1) замінюється на регулярну структуру, набір однакових по конфігурації ділянок з однаковими відстанями між ними (рис.2).

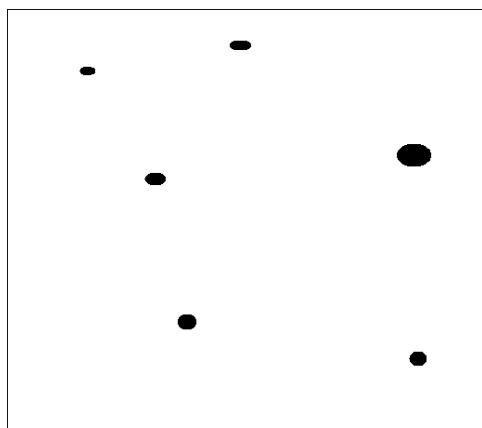


Рисунок 1- Реальний розподіл добрив

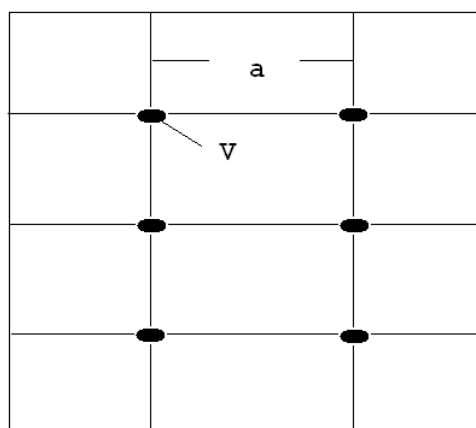


Рисунок 2 - Ідеалізований розподіл

Як ситуацію, що найбільш часто зустрічається на практиці, природно розглянути ділянки прямокутної форми. Їх розміри і співвідношення сторін а також взаємні відстані повинні бути приведені у відповідність з середньостатистичними даними. Таким же чином проводиться гомогенізація множини Z . Воно перетворюється в решітку з наступними параметрами: a_z - відстань між вузлами, V_z – середній об'єм запасу добрив в кожному з вузлів. Величина цих параметрів, як і для множини E , може бути знайдена статистичними методами. Відзначимо простий зв'язок між a_z, V_z рекомендованою щільністю розподілу добрив даного внесення q_r . Для цього введемо величину

$$\lambda = S_c / S_q, \quad (7)$$

де λ - коефіцієнт, що характеризує відношення площі оброблюваних ділянок до площі розміщення. Тоді має місце співвідношення

$$\frac{a^2}{\lambda} q_r = V. \quad (8)$$

Для великих розмірів в порівнянні з a_z ділянок або для достатньо частого розміщення точок ($a_z < \sqrt{S_e}$) параметр λ в (8) можна прийняти рівним одиниці. Для подальших розрахунків введемо ще величину середньої віддаленості елементу e від z . Для усереднених величин це буде

$$r = r(a_z, S_e, \lambda). \quad (9)$$

Для достатньо малих і рідко розташованих ділянок буде

$$r = a_z / 2,$$

а для великих ділянок r можна прийняти фактично рівним нулю. Тепер кожен елемент множини Z можна повністю охарактеризувати наступним набором

параметрів: a_z – відстань між пунктами завантажень, V_z – середня величина накопичення добрив на кожному пункті. Ця остання величина, якщо відомий елемент множини E , може бути визначена на підставі співвідношення (9). А топологія оброблюваних ділянок спільно з топологією розподілу запасів може бути визначена в першому наближенні трійкою чисел a_z, S_e, r . Тут S_e – середня площа ділянок (як однорідний елемент усереднювання розглядається квадратна ділянка).

Співвідношення (5) тепер прийме вигляд

$$K_\phi = K_\phi(a_z, S_e, r, F_o, E_e). \quad (10)$$

Функціонал експлуатаційної вартості при зроблених вище припущеннях може бути записаний у вигляді

$$E_s = E_s(a_z, s_e, r, b, V_p, V_t, T, V_k), \quad (11)$$

де a_z, s_e, r – геометричні параметри, визначені раніше;

b – ширина захоплення при обробці ділянки послідовно-паралельним способом;

V_p – робоча швидкість;

V_t – транспортна швидкість пересування агрегату для завантаження;

T – період безперервного функціонування;

V_k – об'єм кузова.

Для періоду безперервного функціонування маємо

$$T = \frac{V_k}{b \cdot V_p \cdot q}. \quad (12)$$

Для визначення часу повного циклу роботи визначимо час пересування агрегату для завантаження

$$T_{nz} = r / V_t. \quad (13)$$

Продуктивність агрегату без урахування таких чинників як технічне обслуговування, сезонного завантаження і інших буде рівна

$$P_A = b \cdot V_p \cdot q \cdot \left(\frac{T}{T + T_{nz}} \right) = b \cdot V_p \cdot q \cdot \left(\frac{V_k}{V_k + b \cdot r \cdot (V_p / V_t) \cdot q} \right) = P_T \cdot \left(\frac{V_k}{V_k + b \cdot r \cdot (V_p / V_t)} \right),$$

де P_T – витрата добрива за одиницю часу. Оброблювана за одиницю часу площа буде рівна

$$S = b \cdot V_p \cdot \left(\frac{V_k}{V_k + b \cdot r \cdot (V_p / V_t) \cdot q} \right). \quad (14)$$

Перш ніж перейти до визначення оптимальних параметрів для кузовних розкидачів розглянемо одну загальну властивість схеми оптимізації. Покажемо, що вона завжди має рішення.

Для цього введемо на множині M відношення часткового впорядкування, вважаючи

$$m_1 \leq m_2. \quad (15)$$

Тоді експлуатаційна вартість агрегату m_1 за умов завдання елементів Z і e вище чим експлуатаційна вартість агрегату m_2 . Доведемо твердження:

Функціонал експлуатації вартості приймає мінімальне значення на деякому „внутрішньому елементі множини m_0 , для якого існують „більший” і „менший” елемент

$$m \leq m_0 \leq \bar{m}. \quad (16)$$

Дійсно, якби це було не так, тоді не існувало б елементу з найбільшою продуктивністю при мінімальній експлуатаційній вартості. Але тоді можна було б чисто

формально поповнити множинну M елементом m_0 з як завгодно великою продуктивністю, наприклад шляхом збільшення його геометричних параметрів ширини захвату, швидкості. Природно, що такий агрегат не може бути оптимальним внаслідок великої експлуатаційної вартості.

Зворотне обмеження

$$m \leq m_0 \quad (17)$$

завжди має місце, оскільки теж формально (теоретично) існує агрегат з нульовою продуктивністю.

Результати досліджень. На основі викладених методичних підстав можна встановити порядок та розробити алгоритм синтезу визначення оптимальної робочої ширини захвату і місткості кузова чи ємкості кузова чи цистерни розкидача, параметрів розподільчих робочих органів.

Алгоритм пошуку оптимального рішення в постановці (1)-(17) повинен дати, згідно вище вказаному твердженню, деяке теоретичне оптимальне рішення. Аналогічне твердження може бути доведене для кожної підмножини M_i множини M . Але навіть якщо обмежитися тільки однією підмножиною M_i , то перебір всіх типів і розмірів практично неможливий. Тому природно обмежитися деяким набором фіксованих типорозмірів машин, ранжирувавши їх з деяким кроком по ширині захоплення

$$M_i = \sum_{i=1}^{N_g} M_{ik} \quad (18)$$

Тут M_{ik} – клас кузовних розкидачів з фіксованою шириною захоплення. Проведемо подальше зменшення числа елементів m . Для цього розглянемо кожну машину з класу M_{ik} як таку, що складається з кузовного причепа і робочого органу – барабанного розкидача. Агрегат може складатися з трактора і машини для навісних, або з трактора і причепа для причіпних гноєрозкидачів. Зазвичай компоновка кузова і розподільного механізму здійснюється через раму (шасі). Функціональне призначення розкидального механізму – підтримка фіксованого просторового розташування розподільної системи. Як буде показано надалі, для кожної розподільної системи існує деякий оптимальний проект бітерних валів та штангових розподільників, параметри якої залежать від вибору решти частин агрегату. Тим самим немає необхідності розглядати множини M_{sk} як добуток множин

$$M_{sk} = M_{sk}^T \times M_{sk}^{KIII} \times M_{sk}^P \quad (19)$$

(тут M_{sk}^T – множина тягачів, M_{sk}^{KIII} – множина кузовних шасі, M_{sk}^P – множина розподільних механізмів розміру l_k), а достатньо його розглядати у вигляді

$$M_{sk} = M_{sk}^T \times M_{sk}^n \times m_k^{opt},$$

де m_k^{opt} – оптимальний розкидальний елемент розміру l_k . $m_k^{opt} \in M_{sk}^u$.

Співвідношення (14) дає монотонно зростаючу залежність продуктивності від ширини захоплення. Проте, очевидно, що при деякому b_p продуктивність почне зменшуватися внаслідок збільшення часу на транспортування і завантаження по відношенню до часу розподілу (розкидання). Відмітимо, що величина r в (10), яка вважалася фіксованою, насправді починаючи з деякого значення $b > b_p^1$ починає монотонно зменшуватися, причому характер зменшення залежить від конфігурації ділянок, розташування пунктів завантаження. Для усередненої прямокутної форми ділянки, з пунктом завантаження на одній з її сторін для деякого $b > b_p^1$ матиме місце співвідношення

$$r = \sqrt{S_e - V_K} / (b_0 \cdot q). \quad (20)$$

При такому уточненні співвідношення (9) значення продуктивності має екстремальне значення по параметру b .

Визначене на підставі (20) значення ширини захоплення і об'єму кузова може служити тільки як верхня межа, вище за яку значення параметра брати не має сенсу. Але воно у жодному випадку не може служити точним оптимальним значенням, оскільки не враховано багато важливих чинників, головним чином це якість функціонування (рівномірність розподілу по площі) і динамічна міцність розкидального елемента. Із збільшенням ширини розкидань природно повинна зростати місткість кузова, а тим самим вага агрегату. Але вирішальним чинником виявляється все таки динамічна стійкість, що зменшується.

Розглянувши процес експлуатації двох розкидачів конгруентної конфігурації розмірів l_1 і l_2 ($l_2 > l_1$), прийнемо припущення, що рівень кінематично заданих навантажень у підвісках розкидачів однаковий. Покажемо, що рівень напруженості, амплітуда коливань матимуть набагато більший градієнт наростання, чим градієнт зростання продуктивності із збільшенням об'єму кузова і ширини розкидання. Візьмемо розрахункову схему штангового розкидача рідких органічних добрив [8,9] у вигляді симетричного поперечного збудженого в центрі стрижня змінного значення жорсткості (рис.3).

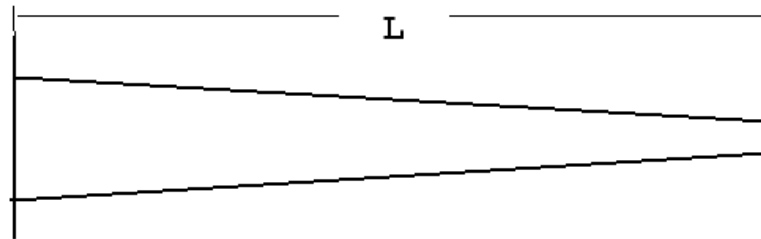


Рисунок 3 - Стержень змінного перерізу

Можна зауважити, що в області першого резонансу ця схема ідентична по динамічних властивостях консольно закріпленій половині штанги.

Рівняння динамічної рівноваги буде мати вигляд :

$$\frac{d^2(EI \frac{d^2 x}{dx^2})}{dx^2} - \omega^2 \rho F_1 y = 0. \quad (21)$$

Граничні умови будуть

$$y(0) = a, \quad y'(0) = 0, \quad y''(e) = 0, \quad y'''(e) = 0. \quad (22)$$

Якщо розкидачі конгруентні, то проводячи заміну

$$\bar{x} = x l_2 / l_1, \quad (23)$$

з рівняння (21), яке записане для першого розкидача, отримуємо ідентичне рівняння для другого

$$\frac{d^2(EI \frac{d^2 x}{dx^2})}{dx^2} - \omega^2 \left(\frac{l_2}{l_1}\right) \rho F_2 = 0. \quad (24)$$

З (24) можна відмітити, що перша резонансна частота другого розкидач рівна

$$\omega_{рез}^2 = \omega_{рез}^1 \cdot \frac{l_1}{l_2}, \quad (25)$$

тобто зменшується пропорційно розміру. Відомо, що зовнішні дії на елемент мають чітко виражений максимум в області $2_{ци}$. Штанги природно проектується з умови

$$\omega_{рез} < 2_{ци}.$$

На рис.4. приведені амплітудно-частотні характеристики (АЧХ) двох штанг різної довжини згідно розрахунковим схемам (21) і (24).

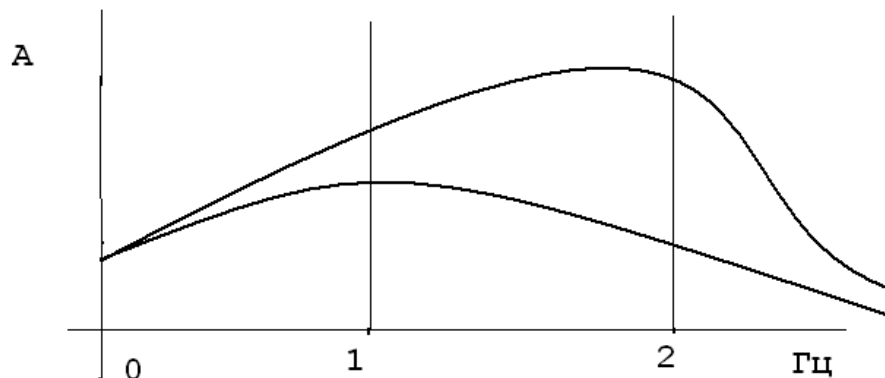


Рисунок 4 - АЧХ штанг різної довжини

Видно, що амплітуда коливань краю штанги може зрости на порядок при наближенні $\omega_{рез}$ до $2_{ци}$. Ще більше зростуть вібронапруження, які будуть відноситися як

$$b_2 / b_1 = (\int_0^{l_2} \rho_2 F_2 Y_2 dx) / (\int_0^{l_1} \rho_1 F_1 Y_1 dx). \quad (26)$$

Тим самим значно зменшиться запас міцності на багато циклов втомну напругу. Оскільки зазвичай при зростанні об'єму кузова і розмірів розкидальних механізмів не зберігаються умови конгруентності, а маса конструкції зростає вищими темпами, ніж її жорсткість (зростає число і вага вузлів розкладання, обмежений габаритний розмір, найбільша висота розкидального механізму).

Таким чином при пошуку оптимальних розмірів кузова і розмірів механізмів розкидання не можна обмежитися тільки міркуваннями його найбільшої продуктивності, виходячи із завдання елементів множини і конфігурації ділянок E і множини Z розподілу запасів добрив, але і в першу чергу – динамічними характеристиками розкидача – віброміцністю і віброзбудимістю.

Висновки. На основі системного підходу досліджено машинний процес внесення добрив. Досліджено вплив множини параметрів на цей процес. В тому числі досліджено взаємозв'язок конструктивних параметрів машин та їх транспортних характеристик в залежності від первісного розподілу добрив на ділянці поля.

Список літератури

1. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки/ за ред.В.І.Кравчука, М.І. Грицишина, С.М. Ковалю. - К.: Аграрна наука, 2004. - 396с.
2. Шебалкин А.Е. Выбор типа и обоснования параметров дозирующих и распределяющих устройств большегрузных машин для внесения твердых органических удобрений: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05. 20. 01. – М., 1986. – 16с.

3. Скурятин Н.Ф. Разработка метода оптимизации грузоподъемности разбрасывателей органических удобрений в связи с их унификацией: Дисс. ... канд. тех. наук: 05.20.03. – Воронеж, 1976. – 169с.
4. Смирнов Н.В. и Душин – Барковский И.В. Краткий курс математической статистики для технических приложений. Физматиздат, М.: 1959. 378с.
5. Вольф В.Г. Статистическая обработка опытных данных. М.: Колос, 1966. 255с.
6. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Регсдел К. Оптимизация в технике: В 2 кн. – М.: Мир, 1986. – Кн. 1. – 350с.; Кн. 2. – 310с.
7. Шушански Я. Методология рационализации. – М.: Экономика, 1987. – 248с.
8. B.Diveyev, I.Vikovich, I.Kernysky, I.Butyter, M.Kernyska. Prospects of application of modern methods for optimum designing of technological machines. VI Konferencija naukowo-praktyczna. Energia w nauce i technice. Streszczenia referatow. Suwalki 2007, pp.23.
9. Кузьо І.В., Дівеев Б.М., Коваль Т.Б. Динаміка великогабаритного подовгастого елемента мобільних машин. Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та
10. Дівеев Б.М., Вітрух І.П., Смольський А.Г. Проектування системи гасників коливань для транспортних засобів. Вібрації в техніці та технологіях. №3(48), 2007.-С.37-41.

Igor Vitrukh

National transport university

Stephania Bilyk

Berezhansky agroinstitute of technology NUBIP

Some system aspects of optimization of parameters transport - technological cars for introduction organic and body - mineral fertilizers

Article purpose. Improvement and further development of methods of optimization of parameters transport - technological cars for introduction organic and body - mineral fertilizers. The methodical bases are stated, the order is established and the synthesis algorithm of determination of optimum working width of capture and capacity of a body or tankage is developed is transport - the technological car, parameters of distributive workers of bodies and bars. Optimization of parameters of cars for application of fertilizers is considered as a difficult system task which considers as service conditions, environmental friendliness, functional technological effectiveness, and cost and usefulness.

Aspects of system design which are important at a choice of optimum parameters are considered: working width of capture of speed of the unit of capacity of a body. At system approach their choice occurs by antagonistic criteria.

Conclusions. On the basis of system approach machine process of introduction of body - mineral fertilizers is investigated. Influence of a set of factors on this process is investigated. In that the number investigated interrelation of design data of cars and their transport characteristics depending on initial distribution of fertilizers on a field site.

transport - technological cars, spray of fertilizers, parameters, criteria of an optimality, system aspects, distributive bodies, bars

Одержано 27.10.13