

УДК 631.812

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОСТІ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН

І.П. Вігрук, канд. техн. наук

Національний транспортний університет;

С.Г. Білик, канд. техн. наук

Бережанський агротехнологічний інститут НУБіП України;

П.І. Вігрук, асп.

ННЦ «ІМЕСГ»

Розроблено елементи методики екологічної оцінки транспортно-технологічних машин для підвищення родючості ґрунтів і хімізації на стадіях проектування та експлуатації.

Ключові слова: *методи оцінки екологічності, показник екологічності, добрива, фактори, транспортно-технологічні машини, проектування, експлуатація.*

Постановка проблеми. Підвищення екологічності при збільшенні родючості в рослинництві і хімізації землеробства повинно стати одним з найголовніших напрямів технічного прогресу при розробці і удосконаленні розкидачів добрив, обприскувачів та інших транспортно-технологічних машин. Для цього необхідно розробити методи оцінки екологічності, обґрунтувати проектні стратегії досягнення необхідного рівня показників екологічності, а також суворі правила експлуатації технічних засобів для приготування і внесення органічних та мінеральних добрив та машин хімізації.

Необхідною умовою підвищення екологічності машин є розробка системи оціночних показників і спеціальних ґрунтовних досліджень з позиції системотехніки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання екологічності виконання транспортних і технологічних операцій і машин у технологічних процесах у рослинництві досліджувалися кількома науковими установами та окремими дослідниками. При цьому вивчалися питання підвищення ефективності створення і освоєння нової техніки [1]. Цілеспрямований розвиток технологічних систем

рослинництва та визначення показників функціонування системотехнічних комплексів у залежності від режимів роботи досліджувалися авторами робіт [2,3]. Питання екологічності і обґрунтування параметрів колісного ходу машин досліджено в роботі [4].

Екологічна якість ґрунтів, сучасні стратегії удобрення, теорія систем і системний аналіз в екології вивчено авторами робіт [5,6].

Проте вивчались вони порізно, не систематизовано, тому методологічна основа системного проектування сільськогосподарських машин і виробничих процесів ще повністю не сформована.

Постановка завдання. Завдання досліджень — опрацювати теоретичні передумови і встановлення основних чинників, що визначають екологічність машин.

Мета дослідження — створення науково обґрунтованої методики оцінки екологічності машин та обладнання для застосування (приготування та внесення) органо-мінеральних добрив та хімікатів.

Виклад основного матеріалу. Показник екологічності в широкому розумінні повинен враховувати кількість природної сировини і енергії, яка використовується на всіх етапах життєвого циклу системи від розробки до ліквідації, кількість неутилізованих відходів і ступінь їх агресивності, час експлуатації системи, об'єм простору, який займає система і її відходи. Показник екологічності системи можна визначити за формулою [7]:

$$\mu = K \frac{2T^2 \psi}{a_1 V_1 (2T + T) + a_2 V_2 T_2 + (a_3 V_3 + a_4 V_4)(T + T)} \quad (1)$$

де μ — показник екологічності; T і T — час використання і ліквідації системи; ψ — показник використання матеріально-енергетичних ресурсів; V_1 — об'єм, який займає система; V_2 — об'єм неутилізованих речовин системи; V_3 — об'єм ресурсів, що використовуються на етапах експлуатації (використання) і ліквідації системи; V_4 — об'єм неутилізованих відходів на тих же етапах; a_1, a_2, a_3, a_4 — коефіцієнти, які характеризують агресивність відповідних складових; K — нормуючий множник ($K \approx 10^{-10} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$).

$$\psi = \frac{\sum \tau_i m_i}{\sum (\tau_i m_i + \tau'_i m'_i)} \cdot \frac{\sum \eta_i Q_i}{\sum Q_i} \quad (2)$$

де τ_i, τ'_i — відповідно потрібна(розрахункова) і фактична тривалість i -тої фази існування системи; m_i і m'_i — відповідно кількість речовини, яка надхо-

дить від попередньої фази і знову поступає на i -тій фазі; Q_i — кількість енергії, затраченої на i -тій фазі; η_i — коефіцієнт використання енергії.

Ці залежності приведені лише в якості прикладу, що демонструє один з можливих підходів до оцінки екологічності системи. Для кількісної оцінки показників μ і ψ необхідні спеціальні дослідження кожної із фаз життєвого циклу системи.

Крім того для мобільних сільськогосподарських агрегатів необхідно додатково враховувати і ступінь негативного впливу ходових агрегатів на ґрунт, що викликає так звану машинну деградацію ґрунту.

Розглянемо найбільш значимі елементи екологічності транспортно-технологічних машин (розкидачів добрив).

На стадії проектування розкидачів в екологічному аспекті мають значення такі фактори як час розробки конструкції від дослідницького етапу до передачі на виробництво, застосування САПР, відповідні затрати роботи, енергії матеріальних ресурсів. Величина цих затрат суттєво залежить від рівня складності конструкції, матеріало-енергоємності рівня уніфікації.

Витрати на підготовку виробництва і самі затрати виробництва також залежать від складності і технологічності конструкції, матеріалоємності і енергоємності виготовлення, використання САПР та безвідходних технологій й інших факторів, котрі характеризують рівень розвитку виробничої бази.

Показник екологічності на стадії експлуатації розкидачів залежить від величини приведених експлуатаційних витрат терміну використання, річного наробітку коефіцієнта використання добрив, питомого тиску на ґрунт, співвідношення площі колії до площі обробленої за один цикл, нейтралізації або ліквідації продуктів миття машин після зміни.

На стадії списання машин має значення утилізація відходів, а також повернення на повторне використання окремих агрегатів (наприклад, ходової частини причіпних розкидачів, редукторів та ін.).

Таким чином, тільки на основі принципів системотехніки, коли технічні засоби розглядаються при взаємодії з іншими елементами СТК і над системою, враховується організація процесів і всі стадії життєвого циклу, можна оцінити екологічність розкидача і обґрунтувати шляхи його підвищення. До фундаментальних критеріїв екологічності слід віднести затрати часу, енергії і технологічної сировини. Ці категорії є загальними для всіх етапів існування систем.

Використовуючи їх в якості основних фізичних величин, можна оцінити не тільки ступінь удосконалення конструкції, але й методику проектування технологічності конструкції, рівень організації використання техніки та ін. Так, наявність добре відпрацьованої методики проектування, в основу якої покладені принципи і методи системотехніки, котрі доступні для конструкторів, діалоговій процедурі обґрунтування проектних рішень у рамках САПР дає можливість підвищити рівень і скоротити час проектування машин, затрати праці та енергії.

Із перелічених вище багатьох факторів, котрі визначають значення показника екологічності, виділимо ті, які залежать від проектних параметрів і характеристик машин. До них належать такі: маса машини, енергоємність, ширина захвату, питомий тиск на ґрунт, термін використання, коефіцієнт корисного використання добрив, продуктивності. Всі ці характеристики впливають на затрати технологічної сировини, енергії і часу, і знаходяться в тісному взаємозв'язку, однак, їх об'єднання в один узагальнений критерій екологічності потребує попереднього аналізу часткових критеріїв.

Негативний вплив ходових агрегатів на ґрунт може бути виражений затратами енергії на деформацію ґрунту, основною складовою яких є робота на подолання опору перекочування [4]. Нехтуючи затратами на деформацію шини, можна записати:

$$Af = \frac{(Ff_{TP} + Ff_0) \cdot L_s}{2b_{cx}} = \frac{0,5 \cdot 10^4 (F_{TP} \cdot G_{TP} \cdot f_0 \cdot G_0)}{Bp \cdot b_{cx}}, \quad (3)$$

де Af — робота, затрачена на формування колій при оброботку 1 га площі, віднесена до ширини сліду, $\frac{\text{КДж}}{\text{м} \cdot \text{га}}$; Ff_{TP} і Ff_{PM} — відповідно, сила опору перекочування трактора і робочої машини, кН; L_s — шлях, який проходить МТА при оброботку 1 га; f_{TP} і f_{PM} — коефіцієнт опору перекочування трактора і робочої машини; G_{TP} і G_{PM} — експлуатаційна вага трактора і робочої машини (середнє значення), кН; b_{cx} — ширина сліду колії, м.

Для оцінки екологічності зручніше користуватися відносним показником, який характеризує ступінь перевищення допустимої деформації ґрунту:

$$a_f = \frac{Af}{Af_0}, \quad (4)$$

де Af_0 — робота, що відповідає гранично допустимій деформації ґрунту.

Коефіцієнт опору перекочування залежить, в основному, від глибини колії h_k , при цьому вважається, що Af_0 відповідає $h_k = 3$ см. Слід відзначити, що глибина колії є більш загальним показником, ніж питомий опір на ґрунт, тому що залежить не тільки від маси машини і площі контакту коліс з опорною поверхнею, але й від характеристик ґрунту (твердості, опору стиску, вологості та ін.).

Можливість керувати питомим тиском на ґрунт у відповідності з фізико-механічними властивостями і станом ґрунту може бути досягнута централізованою зміною тиску в шинах з кабіни трактора.

Стан деформації ґрунту при роботі технологічних машин є основною складовою загальних затрат енергії, котрі включають також затрати енергії на привід робочих органів.

Особливо важливе значення в екологічному аспекті має підвищення коефіцієнта корисного використання добрив (хімікатів). Значимість цього фактора пояснюється високим ступенем їх агресивності по відношенню до зовнішнього довкілля, великими затратами дефіцитної сировини і енергії, а також наявністю агресивних відходів у процесі виробництва пестицидів та ін.

Коефіцієнт корисного використання добрив (хімікатів) на i -тій операції можна визначити як відношення біологічно необхідної кількості добрив (хімпрепаратів) для досягнення необхідного ефекту обробітку ($q_{x.n.}^i$) до загальної їх кількості (q_x^i), що витрачається на одиницю площі, тобто:

$$\Phi_x^i = \frac{q_{x.n.}^i}{q_x^i} = \frac{q_{x.n.}^i}{q_{x.n.}^i + \sum_{j=1}^{j=m} q_{n.x.}^i}; \quad (5)$$

де $q_{n.x.}^i$ — втрати технологічної сировини на j -тому етапі масопереносу від сховища до поля.

Чисельник відношення (5) залежить від ступеня виснаження ґрунтів, біологічної активності добрив та препаратів і способу їх дії. Знаменник відображає потрібну норму витрат добрив та препаратів для фіксованого рівня ефективності обробітку, а також їх втрат при підготовці до видачі зі сховища, приготуванні робочих сумішей, внесенні, технічному обслуговуванні машин.

До числа ефективних заходів, направлених на підвищення коефіцієнта Φ_x , відноситься стрічкове внесення добрив та препаратів, внутрішньо-ґрунтове внесення, використання засобів знаходження об'єктів обробітку і дискретного внесення добрив, засобів підвищення рівномірності їх розподілу та ін.

В зниженні витрат добрив і препаратів важливе значення має своєчасність внесення, від якої залежить ступінь ураження сільськогосподарських культур. Кількісно ступінь своєчасності можна оцінити відношенням:

$$T_{\phi.i.} = \frac{\sum_i^k T_{н.к.}}{\sum_i^m T_{\phi.i.}}; \quad (6)$$

де $T_{н.к.}$ — нормативний календарний час проведення операцій k -того періоду, який встановлюється в співвідношенні з прогнозом вносу поживних речовин і виснаження ґрунту, розвитку рослин та ін., днів; $T_{\phi.i.}$ — фактичний час проведення операцій, який враховує тривалість операції і величину відхилення від нормативного часу $\Delta T_{\phi.i.}$, тобто:

$$T_{\phi.i.} = T_{н.к.i.} + \Delta T_{\phi.i.}. \quad (7)$$

Своєчасність проведення робіт з удобрення ґрунтів та підживлення рослин залежить як від продуктивності машин, так і від організації їх використання, рівня управління виробничими процесами СТК.

При оцінці екологічності машин, крім використання добрив і хімпрепаратів, важливо також визначити рівень використання інших матеріалів за залежністю:

$$\Phi_M = \frac{\sum Y M_i T_{екi}}{M_0 T_{ек.м} + \sum Y_i M_{zi} T_{zi} - \sum Y_i M_{ni} T_{ni}}, \quad (8)$$

де $M_0, M_i, M_{z,i}, M_{n,i}$ — відповідно, маса машини, i -того вузла або агрегату, запасних частин i -того виду, вузлів або агрегатів, повторно використаних після виходу нормативного терміну використання машини, кг; $T_{ек.i}, T_{ек.м}, T_{z,i}, T_{n,i}$ — відповідно час експлуатації машини (нормативний), i -того складового елемента, запасної частини, повторно використаних елементів.

Вагові коефіцієнти Y_i можна визначити за співвідношенням вартості одиниці маси i -тої складової частини до вартості одиниці маси машини в цілому.

Як видно з (8), збільшити значення Φ_M можна шляхом підвищення терміну використання машини в цілому та окремих її агрегатів, зниження витрат запасних частин, повторного використання окремих складових частин (наприклад, ходових коліс та ін.).

Таким чином у рівняннях (3-8) відображені найбільш вагомі складові екологічності машин для внесення добрив і хімікатів, які відображають рівень використання добрив і хімікатів, енергії і часу у взаємозв'язку з проектними параметрами. Однак, дослідження в цьому напрямку слід продовжувати як в питаннях обґрунтування узагальнених критеріїв оцінки екологічності конструкцій машин і їх використання, так і оцінки всіх стадій життєвого циклу системо-технічного комплексу. Кінцевою метою таких досліджень є розробка і реалізація комплексу заходів з підвищення ефективності і екологічності СТК від передпроектної стадії до ліквідації системи.

В значній мірі екологічність технічних засобів і системи в цілому формується на етапі проектування. Затрати часу, енергії матеріалів залежить від факторів, які визначають рівень технології проектування і методик обґрунтування проектних рішень, досконалості конструкції за критеріями продуктивної і експлуатаційної технологічності, раціональній пристосованості до умов використання, комплексності проектування технічних засобів і продуктивності процесів з урахуванням екологічності СТК та інше.

Важливість надійної методологічної основи досліджень екологічності СТК родючості ґрунтів зумовлена взаємозалежністю розвитку середовища і системи. Властива розвитку біологічних систем експансія середовища є одним із факторів перебудови морфології технічної системи [8]. Зокрема, інтенсивний винос поживних елементів з ґрунту потребує підсилення функції підвищення родючості ґрунту. З іншого боку цілеспрямована інтенсивна функціональна діяльність може призвести до повної ліквідації шкідливих явищ у середовищі, внаслідок якого необхідність у функціях системи може поступово зникнути (деградація системи). Підтвердженням цього служать, наприклад, екологічне органічне землеробство та технології вирощування сільськогосподарських культур, які є результатом інтенсивної функціональної діяльності підвищення родючості ґрунтів і високої культури землеробства.

Висновки. Підвищення екологічності СТК родючості ґрунтів вимагає комплексного підходу і спеціальних системних досліджень.

Розглянуті елементи екологічності можуть використовуватися як окремі елементи системи оціночних показників у методиках обґрунтування узагальнених критеріїв оцінки екологічності конструкцій машин і їх використання, так і оцінки всіх стадій життєвого циклу СТК.

Бібліографія

1. Анишкин Ю. П., Моисеева Н.К., Проскураков А.В. Новая техника: повышение эффективности создания и освоения. [Текст]. — М.: Машиностроение, 1984. — 192 с.
2. Нагірний Ю. П. Цілеспрямований розвиток технологічних систем рослинництва. Вісник ХДТУСГ [Текст] : [Зб. наук. пр.]. Вип. № 12: Механізація сільськогосподарського виробництва. — Х.: ХДТУСГ, 2002. — С. 202-206.
3. Нагірний Ю. П. Обґрунтування інженерних рішень. Навч. посібник / Ю.П. Нагірний. [Текст]. — К.: Урожай, 1994. — 216 с.
4. Сиротюк В.Н. Исследование взаимодействия колеса с дерниной и обоснование основных параметров колесного хода машин. //Авто реф. дис. Сиротюк В.Н. канд. техн. наук. [Текст]. — Харьков, 1981. — 18 с.
5. Якість ґрунтів та сучасні стратегії удобрення/За ред. Д. Мельничука, Дж. Хофмана, М. Городнього[Текст]. — К.: Арістей, 2004, — 488 с.
6. Гнатів П.С., Хірівський П.Р. Теорія систем і системний аналіз в екології[Текст]. — Львів: Камула, 2010. — 204 с.
7. Николаев В.И. Брук В.М. Системотехника: методы и приложения. [Текст]. — Л.: Машиностроение, 1985. — 245 с.
8. Дружинин В.В., Конторов Д.С. Системотехника. [Текст]. — М.: Радио и связь, 1985. — 280 с.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧНОСТИ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Розроблено елементи методики екологічної оцінки транспортно-технологічних машин для підвищення плодороддя ґрунтів та хімізації на стадіях проектування та експлуатації.

Ключевые слова: *методи оцінки екологічності, показателі екологічності, удобрення, фактори, транспортно-технологічні машини, проектування, експлуатація.*

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF TRANSPORT-TECHNOLOGICAL MACHINES

Developed the technique for environmental assessment of transport-technology machines to improve soil fertility and chemicals in the stages of design and operation.

Key words: *methods for assessing environmental, ecological indicator hichnosti, fertilizers, factors of transport-car technology, design, operation.*