

М.П. Ремарчук, д-р техн. наук  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
С.І. Овсянніков, канд. техн. наук  
Харківський національний технічний університет сільського господарства

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МІНІАГРОТЕХНІКИ НА УСІХ СТАДІЯХ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ

*Рассмотрены основные направления повышения эффективности миниагротехники на всех стадиях жизненного цикла.*

*In the article the main directions of improving miniagrotechniki at all stages of life cycle.*

### Вступ

Відомо, що з розвитком потреб людини розвиваються також і засоби виробництва. Задоволення суспільних потреб людства базується на появі нових технічних засобів, виникнення і використання яких можливе завдяки проходженню ними всіх стадій життєвого циклу, основними з яких є проектування, конструювання, виготовлення та експлуатація [1].

### Аналіз літератури

Оцінку ефективності роботи створених засобів виробництва, що пройшли стадії проектування, конструювання та виготовлення, визначають на базі комплексу числових характеристик, які характеризують, за даними наукових робіт [2, 3], ступінь їх пристосованості для виконання поставлених практичних завдань. До таких показників автормобілів [2, 3] та дослідники інших наукових шкіл відносять питому потужність  $N_{num}$ , та матеріалоемність  $G_{num}$ , а взагалі (металоемність), які визначаються за формулами:

$$N_{num} = N / P_e, \quad (1)$$

$$G_{num} = G / P_e, \quad (2)$$

де  $N$ — потужність двигуна;  $P_e$  — експлуатаційна продуктивність машини;  $G$  — вага машини.

За даними тих же досліджень, оцінка ефективності машин може також визначатись по узагальненому показнику  $P_{NG}$ . Автори стверджують, що мінімальне значення показника  $P_{NG}$  вказує на потенційні можливості по встановленню оптимальних параметрів для аналізованої машини на різних етапах її створення.

$$P_{NG} = N_{num} G_{num} = \frac{N G}{P_e^2}. \quad (3)$$

На основі показників, які визначаються залежностями (1), (2) і (3), як рекомендують у [2, 3], обґрунтовано необхідність урахування відповідних зв'язків і обмежень, завдяки яким ці показники при дослідженнях можуть найповніше характеризувати ефективність створених машин. Крім показників, запропонованих у [2, 3], відомі інші, що

заслужують на увагу [4– 9]. Так, на підставі [4] до керованих людиною технічних засобів відноситься мініагротехніка, взагалі назвемо її «технікою».

У відповідності до функціонального призначення мініагротехніки і при достатній кваліфікації оператора виникають умови для взаємодії техніки з навколишнім середовищем. Наприклад, при обробці ґрунту, такі складові утворюють систему «оператор–техніка–середовище» (ОТС). Роль оператора у наведеній системі досить впливова в порівнянні з іншими системами і на цій основі її можна розглядати як організовану кібернетичну систему, в якій присутні вхідний  $X$ , вихідний  $Y$  та внутрішній  $S$  параметри. Систему у спрощеному вигляді представлено на рисунку 1.

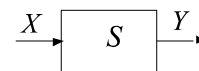


Рисунок 1 — Кібернетична модель системи досліджуваної техніки.

У кібернетичній моделі вхід системи  $X$  за наявності деякої «інформації» перетворюється у вихід  $Y$ . Поняття «інформація» належить до числа фундаментальних властивостей кібернетики. Вхідною інформацією для ОТС є паливо або електроенергія, а вихідною — продуктивність техніки. В основі класифікації кібернетичних систем використовуються два критерії за рівнем складності та рівнем визначення стану. За рівнем складності їх підрозділяють на три групи: прості, складні, дуже складні, а за іншим критерієм — на детерміновані і вірогідні. У роботі [5] стверджується, що внутрішній стан досліджуваної кібернетичної системи, зображеної на рисунку 1, визначається як

$$S = Y / X. \quad (4)$$

Для кібернетичної системи, за даними [5], параметр  $S$  — це пропорційне перетворення інформації, яке називають посиленням, якщо  $S > 1$ , або послабленням, якщо  $S < 1$  і, тому такі системи називають, відповідно, підсилювачами або ослаблювачами. Згідно теорії системного аналізу [4], параметр називають властивістю системи.

У кібернетиці [5] параметр називають пропускною спроможністю систем. Параметр  $S$  згідно теорії автоматичного управління [6] називаються статичною передатною функцією. У відповідності до соціологічних досліджень [7], його також називають ступенем відкритості системи. Для досить складних систем, стан яких визначається множиною параметрів, вони утворюють багатомірні вектори, зокрема: вхідні у вигляді

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\},$$

вихідні —

$$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$$

і внутрішні параметри

$$S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}.$$

Згідно системних досліджень [8] внутрішні параметри називають «структурними». У залежності від стану невизначеності підмножин [8] для досліджуваної системи їх поділяють на різні рівні наукової складності. Зокрема, фундаментальні дослідження характеризуються за невизначеності трьох підмножин, пошукові дослідження або науково-дослідні роботи — при невизначеності будь-яких двох із наведених підмножин, а третій є відомим.

На підставі теорії складних систем [9], у залежності від рівня визначеності підмножин досліджуваної системи їх поділяють дещо по-іншому. Наприклад, якщо на вхід системи надсилаються довільні сигнали, то спостерігається як вхід-вихід, так і внутрішній стан такої системи.

Аналіз [2–9] свідчить про неоднозначний підхід до визначеності вхідних, вихідних і внутрішніх параметрів досліджуваних систем (соціологічних, технічних і інших). Слід зазначити, що погляди дослідників з теорії кібернетики [4–9] суттєво відрізняються від поглядів, сформованих у роботах [2, 3], а в призначенні показників погляди їх співпадають. Виявлені розбіжності в підходах при розгляді показників, що визначаються залежностями (1)–(4) потребують всебічного їх обґрунтування. Для цього необхідно виконати додаткові дослідження, базуючись на реальних фізичних явищах. З урахуванням значного розвитку засобів малої механізації і мініагротехніки на даний час, для забезпечення інтенсифікації розробки, виготовлення і експлуатації слід розглядати тільки складові системи ОТС.

### Постановка задачі

За результатами виявлених різних поглядів на показники, що використовуються для встановлення рівня ефективності мініагротехніки визначено мету даної наукової роботи на базі теоретичних досліджень мініагротехніки на основі математичного і імітаційного моделювання процесів як кібернетичної системи [10]. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі [11, 12]:

- обґрунтувати показники ефективності мініагротехніки в складі кібернетичної системи на стадії використання в умовах експлуатації;
- для зменшення втрат енергоресурсів мініагротехніки на стадіях її життєвого циклу обґрунтувати заміну механічної трансмісії на гідравлічну.

### Рішення задачі

Розглянемо систему ОТС зі змінним внутрішнім станом, який впливає як на вхід, що характеризує витрати палива ДВЗ, так і на вихід — продуктивність мініагротехніки. Структуру такої системи ОТС представимо у вигляді основних складових, що показано на рисунку 2.

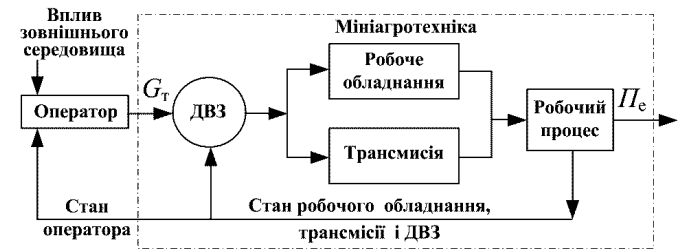


Рисунок 2 — Структурна схема системи ОТС.

Функціонування ОТС — це процес послідовного переходу системи з одного стану в інший через зміну внутрішнього стану, входом якої є споживання палива (вхідний показник, позначимо як  $G$ ) і перетворення його у продуктивність (вихідний показник, позначений як  $P_c$ ).

На основі [4–8] для кібернетичної системи або чорного ящика запишемо відношення продуктивності  $P_c$  до витрат палива  $G_T$  яке є коефіцієнтом підсилення  $k_{отс}$ , або пропускну спроможність

$$k_{отс} = P_c / G_T. \quad (5)$$

Оскільки система ОТС є динамічною, то приймемо за малий проміжок часу, як припущення, її незмінною.

У той же час [10], якщо помножити чисельник на питомий опір ґрунту  $K_r$  при обробці його мініагротехнікою, а знаменник — на теплотворну здатність палива  $I_{II}$  (які як допустиме припущення є сталими величинами), то на підставі цього запишемо залежність, що визначає величину загального коефіцієнта корисної дії (ККД) системи ОТС (без урахування розмірності), яка матиме вигляд

$$\eta_{отс} = \frac{(P_c + P_{оп}) K_r}{G_T I_{II}} = \frac{N_k + N_{оп}}{N}, \quad (6)$$

де  $P_{оп}$  — експлуатаційна продуктивність мініагротехніки, яка створюється завдяки додаткових витрат енергії оператором на заданій площі або заданий проміжок часу;  $N_k$ ,

$N_{оп}$  — енергія системи ОТС, яка визначається через експлуатаційну продуктивність техніки і продуктивності, що створюється оператором з урахуванням питомого опору обробки ґрунту. Залежність (6) показує величину загального ККД системи ОТС як долю корисно використаної енергії цією системою. ККД системи ОТС (6), не дозволяє встановити складові в його структурі та визначити вплив різних чинників на ці складові. Для цього необхідно виконати ряд спеціальних теоретичних досліджень. Аналіз залежності (6) показує, що при зміні місцями чисельника і знаменника у відповідності до залежності (1) втрачається для (6) фізичне обґрунтування отриманого результату.

Таким чином, залежність (1) може бути показником питомої потужності, але для використання її в структурі системного аналізу залежність (1) є непридатною.

Якщо скористатись залежністю (2) та змінити у ній місцями чисельник і знаменник у відповідності до залежності (4) і помножити чисельник на питомий опір обробки ґрунту  $K_{\Gamma}$  при використанні мініагротехніки, а знаменник — на коефіцієнт зчеплення  $f_c$  і на швидкість руху в робочому процесі мініагротехніки  $\mathcal{G}_M$ , тоді отримаємо формулу, що визначає величину коефіцієнта корисної дії (ККД) робочого процесу системи ОТС, яка в діапазоні припущень, без урахування фізичних можливостей оператора може бути представлена у вигляді

$$\eta_{\text{рп}} = \frac{P_e K_{\Gamma}}{G f_c \mathcal{G}_M} = \frac{P_e K_{\Gamma}}{N_M} = \frac{N_K}{N_M}, \quad (7)$$

де  $N_M$  — потужність, що витрачається на рух мініагротехніки.

Якщо скористатись залежністю (7) і помножити чисельник і знаменник на вираз  $G f_c \mathcal{G}_M$  і перегрупувати її складові, то в діапазоні малого часового інтервалу такий показник є незмінним як припущення. У результаті наведеного отримаємо ККД мініагротехніки  $\eta_{\text{ккд ат}}$

$$\eta_{\text{ккд ат}} = \frac{P_e K_{\Gamma}}{G f_c \mathcal{G}_M} \frac{G f_c \mathcal{G}_M}{G_T I_{\text{п}}} = \eta_{\text{рп}} \eta_{\text{двз тт}}, \quad (8)$$

де  $\eta_{\text{двз тт}}$  — сумісна величина загального ККД двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) та трансмісії мініагротехніки.

На підставі отриманих результатів (7) і (8) можна зробити висновок, що показники, які визначаються за залежностями (2) і (3) теж не можуть застосовуватись для проведення досліджень на рівні системного аналізу для засобів виробництва. У цілому мініагротехніка, як елемент підсистеми ОТС, може забезпечити перетворення ефективної потужності первинного двигуна в продуктивність від 30–95 %.

З цього витікає, що чим більша частка ефективної потужності двигуна використовується в робочому процесі, тим більший вплив її на продуктивність ОТС. Коли потужність від ДВЗ використовується тільки трансмісією або одночасно витрачається на робочий процес і на трансмісією, то однаковий стан трансмісії не впливає на продуктивність ОТС, а залежатиме від особливостей робочого процесу і від психофізіологічного стану оператора та стану зовнішнього середовища [13–15].

Визначення впливу наведених факторів потребує проведення додаткових досліджень. Характерною ознакою ОТС при збільшенні напруження є постійне зростання внутрішніх втрат потужності ДВЗ, у результаті чого знижується продуктивність і збільшуються неефективні витрати його енергії, які можуть бути визначені через  $\eta_{\text{ккд ат}}$  цикловим ККД. Система ОТС (рисунк 2), в якій створено внутрішній позитивний зворотний зв'язок, належить до цілеспрямованих систем, яка здатна керувати станом своїх підсистем.

У нашому випадку компенсування зниження ККД, яке визначатиметься при діагностуванні, забезпечить за рахунок заміни зношених елементів підсистем на нові, що призведе до підвищення (відновлення) ККД системи ОТС у цілому. Для штучно створених систем, у тому числі і ОТС, до складу яких входить мініагротехніка, існують такі стадії [1], як проектування (основа для конструювання — опис функціонування технічного засобу), конструювання (розробка технічного завдання, технічної пропозиції, ескізного проекту, технічного проекту і робочої документації), виготовлення та експлуатація технічного засобу. Життєвий цикл мініагротехніки починається і завершується на користувачеві, тобто «користувач—мініагротехніка—користувач» [4–8]. Таким чином, для «користувача» є бажаним знання фактичного стану різних підсистем ОТС на основі величини циклового ККД та ресурсу роботи, до яких раціонально використовувати мініагротехніку.

Одним із напрямів зниження вартості та підвищення якості робіт при застосуванні мініагротехніки у складі ОТС, є заміна механічної трансмісії на гідравлічну з використанням [16] гідромотор—колесо, яке дозволить зменшити витрати ресурсів і енергії на всіх стадіях життєвого циклу систем ОТС. Наукове обґрунтування таких показників граничного стану підсистем мініагротехніки має важливе надродногосподарське значення.

## Висновки

Трансмісія, ДВЗ, робоче обладнання, оператор із самостійними підсистемами складної системи ОТС. З аналізу системи ОТС витікає, що зменшення продуктивності мініагротехніки в складі ОТС виникає внаслідок збільшення внутрішніх втрат потужності в трансмісії, робочому обладнанні, ДВЗ та від зміни психофізіологічного стану оператора. Встановлення допустимого рівня зниження продуктивності ОТС і визначення допустимого зростання внутрішніх втрат енергії можна досягти на основі вирішення наведеної наукової проблеми. Враховуючи подорожчання палива та зменшення природних запасів, питання підвищення продуктивності при зменшенні втрат енергії при застосуванні мініагротехніки стає на сьогодні однією з важливих науково-прикладних проблем України.

## Література

1. Сьомкін, С.В. Основи проектування та конструювання: Навчальний посібник. — К.: Альтерпрес, 2007. — 283 с.
2. Наукові основи створення високоефективних землерийно-транспортних машин / І.Г. Кириченко, Л.В. Назаров, В.В. Нічке, В.Д. Демішкан та ін. — Харків: ХНАДУ, 2003. — 588 с.
3. Демішкан, В.Ф., Нічке, В.В. Підвищення якості землерийно-транспортних машин удосконаленням робочого процесу. — Харків: ХНАДУ, 2007. — 272 с.
4. Системный анализ и структуры управления. (Книга восьмая) / Под общ. ред. В.Г. Шорина. — М.: Знание, 1975. — 304 с.

5. Ланге, О. Введение в экономическую кибернетику: Перевод с польск. / Под ред. Е.З. Майминаса. — М.: Прогресс, 1968. — 208 с.
6. Кононыхин, Б.Д. Методика оценки конкурентоспособности строительной и инженерной техники // Строительные и дорожные машины. — 2001. — №6. — С.14—19.
7. Старіш, О.Г. Системологія: Підручник. — К.: Центр навч. літ., 2005. — 232 с.
8. Пальчевский, Б.А. Научное исследование: объект, направление, метод. — Львов: Вища шк., изд. при Львов. ун-те, 1979. — 180 с.
9. Бусленко, Н.П., Калашников, В.В., Коваленко, И.Н. Лекции по теории сложных систем. — М.: Сов. радио, 1973. — 440 с.
10. Ремарчук, М.П. Енергозберігаючі силові передачі будівельно-дорожніх машин: автореф. дис... докт. техн. наук: 05.05.04 «машини для земляних, дорожніх і лісо-технічних робіт» / М.П. Ремарчук. — Харків, 2008. — 36 с.
11. Карпунин, М.Г. и др. Жизненный цикл и эффективность машин / М.Г. Карпунин, Я.Г. Любинецкий Б.И. Майданчик. — М.: Машиностроение, 1989. — 312 с.
12. Ремарчук, М.П. Методологія підвищення продуктивності будівельних і дорожніх машин на всіх стадіях життєвого циклу / М.П. Ремарчук // Вестник ХНАДУ. Сб. науч. тр., Вып. 38. — Харьков: ХНАДУ. — 2007. — С. 296—300.
13. Методи проектування технологічних процесів та обладнання: Навчальний посібник для студентів за напрямком «Машинобудування» спеціальностей «Обладнання лісового комплексу» та «Машини та обладнання с.-г. виробництва» / О.А. Науменко, С.І. Овсянніков, Т.О. Баньковська та ін. — Харків: ТОВ «ЕДЕНА», 2010. — 199 с.
14. Фролов, К.В., Фурман, Ф.А. Прикладная теория виброзащитных систем. — М.: Машиностроение, 1980. — 276 с.
15. Кабанова, Н.В. Методы тестирования состояния здоровья. Учебное пособие. — Харьков: ХГОО «Фонд Истоки», 2008. — 14 с.
16. Ремарчук, М.П. Створення гідромоторів на основі використання стандартних силових гідроциліндрів / М.П. Ремарчук, А.П. Холодов, Я.В. Чмуж, Т.Т. Байрамшвілі, С.І. Овсянніков // Науковий вісник будівництва. Зб. наук. пр., Вып. 57. — Харків: ХДТУБА — 2010. — С. 95—100.

*Надійшла 28.09.2010 р.*