

СИСТЕМА ПОКАЗНИКІВ ДЛЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ МАШИН ДЛЯ ЗЕМЛЯНИХ РОБІТ

У даний час в будівництві і виробництві будівельних матеріалів і виробів практично не залишилося немеханізованих, важких і трудомістких робіт. Тому основою і першорядною задачею, що стоїть перед творцями і виробниками будівельних і дорожніх машин (БДМ) у нашій країні на найближче десятиліття, буде підвищення їхньої якості і конкурентоспроможності на світовому ринку.

Основні показники якості БДМ - матеріалоемність, енергоємність, надійність, соціальна пристосованість (безпека, ергономічні, естетичні й екологічні властивості), у підсумку, вартість створюваної продукції і виконуваних робіт.

У сучасних умовах будівельне і дорожнє машинобудування особливо має потребу в аналізі маркетингу БДМ.

Сучасний ринок складається з 3-х складових (рис.1).

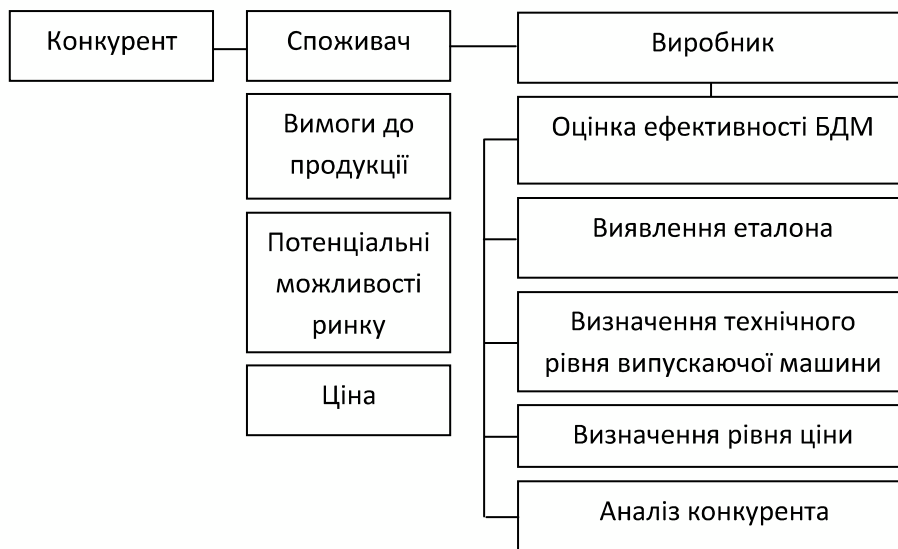


Рис. 1. Принципова структура ринку будівельних машин.

Для виробника будівельних і дорожніх машин дуже важливо оцінити ефективність БДМ. Це включає: виявлення еталона, визначення технічного рівня що випускаються БДМ, визначення рівня ціни і аналіз конкурента.

Використання нових технічних рішень є найважливішим напрямком підвищення ефективності будь-яких об'єктів техніки, в тому числі і землерийних машинах. При використанні нових конструкцій важливо на етапі експлуатації оцінити ефективність можливих конструктивних рішень. Однією з важливих умов одержання такого рішення є розробка і використання для оцінки отриманих варіантів конструктивних рішень теоретично і експериментально обґрунтованої цільової функції оптимізації, в якості якої використовують показники, що визначають ефективність роботи проектуючого об'єкта техніки.

Оцінка ефективності застосування на землерийних машинах різних інтенсифікаторів по зниженню сил опору ґрунту копанню може бути виконана за формулою:

$$k_{\text{ефi}} = \frac{P_{\kappa}^m - P_{\kappa}^n}{P_{\kappa}^m}, \quad (1)$$

де P_{κ}^m - опір ґрунту копанню робочим органом традиційного типу; P_{κ}^n - те ж з інтенсифікатором.

Співвідношення сил опору копанню ґрунту традиційним робочим органом, оснащеним відповідним інтенсифікатором, визначається коефіцієнтом:

$$k = \frac{P_{\kappa}^n}{P_{\kappa}^m}. \quad (2)$$

Для бульдозерного обладнання відповідні сили розраховуються за формулами:

$$P_{\kappa}^m = P_1 + P_2 + P_3; \quad P_{\kappa}^n = P_1^n + P_2^n + P_3^n, \quad (3)$$

де P_1, P_2, P_3 - відповідно сили опору ґрунту різанню, підйому шару вверх по відвалі і переміщенню призми волочіння; P_1^n, P_2^n, P_3^n - те ж для робочого органа з інтенсифікатором.

Оцінка ефективності застосування інтенсифікаторів може бути виконана для одного, двох і більше інтенсифікаторів. Причому інтенсифікатори можуть бути того самого і різних ефектів.

Під одноплановими будемо розуміти такі інтенсифікатори, що сприяють зниженню однієї і тієї ж складової або одночасно декількох складових загального опору ґрунту копанню. До різнопланових відносяться такі, які впливають на різні складові загального опору ґрунту копанню, що мають різну фізичну природу.

Застосування одного інтенсифікатора, спрямованого на зниження сил тертя ґрунту, наприклад, за рахунок газоповітряного змащення визначається наступними обмеженнями:

$$P_1 = P_1^H; \quad P_2^H = k_2^{2a3} \cdot P_2; \quad P_3 = P_3^H, \quad (4)$$

де k_2^{2a3} - коефіцієнт пропорційності зниження складової сили P_2 в умовах дії, наприклад, газоповітряного змащення.

Тоді коефіцієнт ефективності:

$$k_{ef} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 - P_1^H - k_2^{2a3} \cdot P_2 - P_3^H}{P_1 + P_2 + P_3}. \quad (5)$$

З урахуванням отриманих виразів при умові, що $P_1 = P_1^H$, $P_3 = P_3^H$,

$$k_{ef} = \frac{P_2(1 - k_2^{2a3})}{P_1 + P_2 + P_3}. \quad (6)$$

Застосування двох інтенсифікаторів, різних за фізичним процесом, наприклад, один спрямований на зниження сил тертя, а другий на зменшення сил різання, тобто застосування різнопланових інтенсифікаторів, характеризують обмеження:

$$P_1^H = k_1 P_1; \quad P_2^H = k_2 \cdot P_2; \quad P_3 = P_3^H. \quad (7)$$

Тоді коефіцієнт ефективності буде мати вигляд:

$$k_{ef}^H = \frac{P_1(1 - k_1) + P_2(1 - k_2)}{P_1 + P_2 + P_3}. \quad (8)$$

За аналогією для трьох інтенсифікаторів в умовах, коли два із них являються одноплановими:

$$k_{ef}^{III} = \frac{P_2(1 - k_2^{BCH}) + P_2(1 - k_2) + P_3(1 - k_3)}{P_1 + P_2 + P_3}. \quad (9)$$

Застосування двох однопланових інтенсифікаторів, спрямованих, наприклад, на зниження сил тертя, обумовлено обмеженнями. За умовою застосування, наприклад газоповітряного змащення і виступаючого наступного ножа, коефіцієнт ефективності для розглянутого ви-падку буде дорівнювати:

$$k_{ef.ОДН}^H = \frac{P_2(1 - k_2^{BCH} k_2^{2a3})}{P_1 + P_2 + P_3}, \quad (10)$$

де k_2^{BCH} - коефіцієнт пропорційності зниження сили P_2 від дії виступаючого середнього ножа.

Аналогічно для трьох інтенсифікаторів в умовах, коли два з них є одноплановими:

$$k_{ef}^{III} = \frac{P_2(1 - k_2^{BCH} k_2^{2a3}) + P_3(1 - k_3)}{P_1 + P_2 + P_3}. \quad (11)$$

При дії комбінованого інтенсифікатора, наприклад, при одночасному прояві ефектів, від двох і більше інтенсифікаторів коефіцієнт ефективності:

$$k_{ef.K} = \frac{P_{\kappa}^m - P_{\kappa}}{P_{\kappa}^m} = 1 - \frac{P_{\kappa}}{P_{\kappa}^m}, \quad (12)$$

де P_{κ} - опір ґрунту копанню робочим органом, обладнаний комбінованим інтенсифікатором.

Коефіцієнти k_{efi} і $k_{ef\kappa}$ змінюються в межах $0 < k_{efi} < 1$; $0 < k_{ef\kappa} < 1$.

Вважаючи, що вплив кожного інтенсифікатора пропорційний іншим,

$$\frac{P_{\kappa}}{P_{\kappa}^m} = \frac{P_1}{P_{\kappa}^m} \cdot \frac{P_2}{P_1} \cdot \frac{P_3}{P_2} \dots \frac{P_i}{P_{i-1}}; \quad (13)$$

$$\frac{P_1}{P_{\kappa}^m} = 1 - k_{efi}; \quad \frac{P_{\kappa}}{P_{\kappa}^m} = 1 - k_{ef\kappa}. \quad (14)$$

Відповідно до отриманих виразів, маємо:

$$1 - k_{ef\kappa} = (1 - k_{efi1})(1 - k_{efi2}) \dots (1 - k_{efii}) = \prod_1^i (1 - k_{efi}). \quad (15)$$

Звідки коефіцієнт ефективності приймає вид:

$$k_{ef} = 1 - \prod_1^i (1 - k_{efi}), \quad (16)$$

де \prod_1^i - добуток i -х множників.

З урахуванням тієї обставини, що коефіцієнт ефективності кожного методу інтенсифікації окремо k_{efi} змінюється у межах $0 < k_{efi} < 1$, виконується умова: загальний ефект від застосування на землерийній машині комбінованого методу інтенсифікації, тобто при прояві на робочому органі одночасно різних інтенсифікаторів, не дорівнює сумі ефектів від застосування кожного методу інтенсифікації окремо, а менше цієї суми. При цьому можна записати:

$$k_{ef\kappa} < k_{efi1} + k_{efi2} + \dots + k_{efii}. \quad (17)$$

Формули оцінки ефективності застосування на землерийних машинах різних методів інтенсифікації приведені в табл. 1.

Система показників для оцінки ефективності машини для земляних робіт.

Показники, що визначають ефективність машини, підрозділяються на три групи: 1 - визначальну якість технічного об'єкта; 2 - економічні; 3 - показники конкурентноздатності. Ця методика оцінки ефективності дорожньо-будівельних машин розроблена Заслуженим діячем науки і техніки РФ д.т.н., професором В.І. Баловнєвим.

Таблиця 1.

Формули оцінки ефективності застосування на землерийних машинах різних методів інтенсифікації

Характеристика інтенсифікатора	Формула для визначення ефективності застосування
Один інтенсифікатор	$k_{ef} = \frac{P_2(1-k_2)}{P_1 + P_2 + P_3}$
Два інтенсифікатори різного призначення	$k_{ef} = \frac{P_1(1-k_1) + P_2(1-k_2)}{P_1 + P_2 + P_3}$
Два інтенсифікатори одного і того ж призначення	$k_{ef} = \frac{P_2(1-k_2^I k_2^{II})}{P_1 + P_2 + P_3}$
Три інтенсифікатори, два із яких мають одне і теж призначення	$k_{ef} = \frac{P_2(1-k_2^I k_2^{II}) + P_3(1-k_3)}{P_1 + P_2 + P_3}$
Інтенсифікатори, ефект від застосування кожного із яких окремо відомий	$k_{ef} = 1 - \prod_1^i (1 - k_{efi})$

Показники якості технічного об'єкта і його економічності включають ряд приватних показників.

Класифікаційні показники визначають приналежність машини до тієї або іншої типорозмірної групи. При оцінці технічного рівня машин ці показники використовують при виборі машини - аналога. Класифікаційні показники містять головний і кілька основних параметрів машини, а також показники, що визначають конструктивний різновид машини (тип базового трактора, базового шасі та ін.).

Показники призначення характеризують експлуатаційно-виробничі можливості машини і рівень технічної досконалості її конструкції: потужність привода, швидкості, висоту підйому, масу, кількість видів змінного робочого обладнання, продуктивність, узагальнені питомі показники, матеріалоемність, енергоємність та ін.

Показники надійності характеризують ресурс до першого капітального ремонту (або до списання, якщо машина не піддається капітальним ремонтам); наробіток на відмовлення; трудомісткість періодичного технічного обслуговування і ремонту та ін. Ці показники впливають на величину продуктивності та інші показники.

Показники технологічності характеризують ефективність і раціональність конструктивних рішень, закладених у конструкцію машини. У цю групу обов'язково включається показник питомої маси.

Показники стандартизації й уніфікації характеризують насиченість машини стан-дартними і уніфікованими складовими частинами і визначаються коефіцієнтом застосовності і повторюваності.

Патентно-правові показники характеризують патентну чистоту і величину терито-ріального поширення. Показник патентної чистоти визначає можливість безперешкодної реалізації виробу за рубежом. У випадку відсутності патентної чистоти машина не є конку-рентноспроможною.

Показники технічної естетики по композиційній цілісності форми, функціональній доцільності форми і товарному вигляду визначаються в балах експертним методом.

Ергономічні показники характеризують відповідність машини нормованим санітарно-гігієнічним умовам роботи машини при її експлуатації (вібрації, рівневі шуму в кабіні та ін.).

Показники безпеки характеризують забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу при експлуатації машини і оцінюються у балах для конкретних видів машин. Вони вибираються, виходячи з вимог міжнародних і національних стандартів і норм, а також чинних законодавств країн, де експлуатується машина.

Економічні показники характеризують витрати споживача на придбання машини (ціна, транспортування, монтаж, налагодження та ін.) і експлуатаційні витрати, що включають витрати на оплату обслуговуючого персоналу, на паливо, енергію, основні і допоміжні матеріали та ін.

Конкурентоспроможність машини визначають, на додаток до зазначених показників, умови продажу і сервісного обслуговування Вони характеризують можливість продажу машини у кредит, на основі товарообміну та ін., престижно-рекламні показники і забезпечуваний рівень сервісного обслуговування. Показники умов продажу і сервісного обслуговування визначаються у балах експертним методом.

При оцінці нових конструктивних рішень їхню ефективність доцільно здійснювати на основі показників технічного призначення, тому що вони можуть бути визначені теоретичними розрахунками і експериментально.

Для оцінки техніко-експлуатаційних властивостей машини, що характеризуються по-казниками, об'єднаними у групу показників призначення, запропонований ряд показників різного виду. Різноманіття показників, що у ряді випадків не мають чітко визначених зв'язків із призначенням машини і з відповідними приватними показниками, затрудняє їх практичне застосування. Це положення підтверджує аналіз показника питомої потужності N/G (N - потужність і G - сила ваги (маса) машини).

З аналізу питомих показників енергоємності N/P і G/P матеріалоемності (P – продуктивність) випливає, що кращому об’єкту відповідає менше значення кожної з цих двох величин.

Співвідношення N/P -min; G/P -min, вказують, що при фіксації G/P величина N/G з підвищенням технічної ефективності машини повинна зменшуватися, а при фіксації N/P випливає протилежна рекомендація про необхідність збільшення відношення N/G . Відсутність чітких рекомендацій з формування і характеру зміни показників оцінки ефективності затрудняє виявлення шляхів удосконалювання техніки.

Система показників, взаємозалежна з цільовим призначенням машини і характером виконуваних технологічних процесів, визначається на основі аналізу інтегрального техніко-економічного показника, що порівнює вироблені витрати з одержуваним у народному господарстві ефектом від застосування відповідної техніки і прибуток споживача.

Узагальнений показник енерго-, матеріалоемності і виробітку на одного робітника

$$P_{NG_n} = \frac{N_{num}n}{P_{T_{num}} \cdot P}. \quad (18)$$

Ця величина представляє відношення енергоємності N_{num} до питомої продуктивності, що приходить на одиницю виробітку. Величина P_{NG_n} також може бути записана у формі зв’язку від натуральних показників:

$$P_{NG_n} = \frac{NGn}{P^3}. \quad (19)$$

Звідси випливає, що з урахуванням виробітку на одного робітника величина узагальненого показника ефективності обернено пропорційна продуктивності у третьому ступені. Це вказує на важливість у системі оцінки ефективності машин такого показника, як продуктивність.

Якщо не враховувати виробітку на одного робітника, то узагальнений показник може бути представлений у наступному вигляді:

$$P_{NG} = \frac{N_{num}}{P_{T_{num}}} \text{ або } P_{NG} = N_{num} \cdot G_{num}; \quad P_{NG} = N \cdot G / P^2. \quad (20)$$

Аналіз отриманих виразів для інтегрального показника дозволяє одержати систему узагальнених, питомих, відносних і натуральних показників.

Оцінка якості виготовлення машини оцінюється показником надійності:

$$K_{HD} = \frac{t_{cp}}{t_{cp} + t_{усун} + t_{проф}}, \quad (21)$$

де t_{cp} - середній час роботи машини до відмовлення; $t_{усун}$ - час на усунення несправності (по-ломки); $t_{проф}$ - час на проведення профілактичних заходів.

Кожний з показників знаходиться в ієрархічному зв'язку з іншими. Всі параметри і показники нижнього рівня входять у показники більш високого рівня. Математичні вирази і область застосування показників приведені в табл. 2.

Показники 1-ї групи інтегральні, прибуток C , собівартість одиниці продукції $C_{ед}$, доцільні для оцінки комплексів систем і машин.

Показник 2-ї групи Π_{NG_n} узагальнений, має те ж призначення, що показник інтегральний першої групи, але за умови, що для нового об'єкта коефіцієнти приведених питомих витрат на експлуатацію і основні фонди не змінюються істотно у порівнянні з еталоном. Цей показник доцільно використовувати в якості базового для оцінки технічного рівня машин і комплексів.

Синтез цього показника з коефіцієнтами якісних показників цільового і обмежувального призначення дозволяє одержати узагальнений показник технічного рівня системи. Узагальнений показник дозволяє оцінити за значенням натуральних показників N , G , Π , економію енергетичних, матеріальних і трудових витрат у комплексі.

Показник 3-ї групи Π_{NG} також узагальнений. Він дозволяє оцінити економію енергетичних і матеріальних витрат у комплексі.

Показники 4-ї і 5-ї груп можуть бути використані для оцінки основних груп підсистем машин або комплексів енергетичного і технологічного призначення. За допомогою показника N_{num} оцінюється економія енергетичних витрат, а показника G_{num} - матеріальних витрат.

Показники 6-ї групи призначаються для оцінки економії трудових ресурсів при роботі нових комплексів і машин з урахуванням показників надійності систем.

Показник 7-ї групи дозволяє оцінити ефективність системи по збільшенню продуктивності при використанні нової машини. Цей показник є одним з найважливіших у системі показників. Усі показники більш високого рівня можуть бути встановлені тільки при відомому значенні продуктивності.

Показники 8-ї і 9-ї груп можуть бути використані для оцінки рівня окремих характеристик системи при незмінних величинах, що входять у показники більш високого рівня.

Показники 10-ї групи дозволяють оцінити рівень надійності машини і окремих елементів машини, робочих процесів при незмінних параметрах, що входять у показники більш високого рівня, визначити якість машини.

Порівняльна оцінка технічного рівня дорожніх машин і комплексів у цілому, окремих підсистем і робочих процесів при усереднених умовах експлуатації і з обліком їх вірогідної інтерпретації може бути виконана на базі запропонованої системи показників.

Для машин того самого призначення досить повне відображення техніко-економічних характеристик об'єкта на етапі формування нового рішення дають узагальнені показники P_{NG_n} і P_{NG} .

Загальновідому систему показників, що оцінюють ефективність будівельних машин, варто доповнити рядом нових показників:

$K_{num}=R_N/B$ - показник, що характеризує здатність розвивати відповідний тиск на одиниці довжини робочого органа, Н/м; $K_T(q)=(T/N)(q/N)$ - питомий показник сили тяги (місткості) робочого органа, що приходить на одиницю потужності, Н/кВт ($\text{м}^3/\text{кВт}$); $K_G=G/N$ - питомий показник, що характеризує кількість маси машини, що приходить на одиницю потужності, кг/кВт.

У приведених виразах прийняті наступні позначення: R_N - вертикальна складова, що розвивається робочим органом, Н; B - довжина робочого органа, м; T - стискальне зусилля базової машини, кН; q - місткість робочого органа, м^3 ; N - потужність двигуна базової машини, кВт; G - маса робочого органа базової машини, кг.

Варто ввести також показник, що дозволяє оцінювати кількісно комфортабельність машини,

$$K_{KFT} = K_R + K_V + K_{КДЦ} + K_{ОТП} \rightarrow \max, \quad (22)$$

де $K_R = 1/R \rightarrow \max$ - коефіцієнт, що відображає маневреність машини через радіус R її повороту; $K_V = 1/(50 - V) \rightarrow \max$ - коефіцієнт, що відображає здатність машини пересуватися у робочому (транспортному) режимі; $K_{КДЦ} = 20^\circ \dots 22^\circ / (40^\circ - t^\circ) \rightarrow 1$ коефіцієнт, що відображає наявність у кабіні машиніста кондиціонера, який в жаркий період забезпечує підтримку заданої температури; $K_{ОТП} = 20^\circ \dots 22^\circ / (-40^\circ - t^\circ) \rightarrow 1$ коефіцієнт, що відображає наявність у кабіні машиніста опалення і забезпечує підтримку в холодний період заданої температури.

Звівши розглянуті показники у загальновідомий, ієрархічний зв'язок з іншими представлений в таблиці 2.

Запропонована система показників (див. табл. 2) взаємозалежна з конструкцією машин, їхніми властивостями, що забезпечує рішення задач по удосконалюванню організації керування якістю продукції.

допомогою ЕВМ на основі відомих математичних виражень, що встановлюють зв'язки між показниками і визначальними параметрами.

На етапі експериментальних досліджень показники можуть бути визначені за допомогою фізичного або комбінованого моделювання з масштабними моделями нових конструктивних рішень. Якщо маємо повнорозмірний експериментальний зразок, показники визначаються шляхом прямого виміру.

Розрахунок показників 1-7 груп, в які входить продуктивність, може бути проведений на основі значень теоретичної, технічної і експлуатаційної продуктивності. Через експлуатаційну продуктивність в розрахунок вводять показники надійності проектованої машини.

При різноманітті параметрів, що враховуються, ефективність формованого конструктивного рішення оцінюється за величиною комплексного показника K_k за формулою:

$$K_k = \sum_i^n K_i P_i, \quad (23)$$

де K_i - відносні i - ті частки показника ефективності по варіантах нових рішень; p_i - коефіцієнт вагомості i -го відносно частки показника ефективності. Відносні частні показники ефективності визначаються за формулами:

$$K_i = \mathcal{E}_{mp} / \mathcal{E}_n \text{ при } \mathcal{E}_n < \mathcal{E}_{mp}; \quad (24)$$

$$K_i = \mathcal{E}_{mp} / \mathcal{E}_n \text{ при } \mathcal{E}_n > \mathcal{E}_{mp},$$

де \mathcal{E}_n - значення i -го показника варіанта нового рішення; \mathcal{E}_{mp} - значення i -го показника традиційного рішення, прийнятого за еталон.

Коефіцієнти вагомості відповідних приватних показників визначаються методом експертних оцінок. Для наближених розрахунків можуть бути прийняті значення, приведені в табл. 3.

Зіставлення змінюваних показників здійснюється шляхом їхнього розрахунку за рекомендованими залежностями і співвідношення їхніх якісних значень. Зіставлення показників, оцінюваних експертами, здійснюється відношенням бальних оцінок.

Таблиця 2.

Система показників для оцінки ефективності нових конструктивних рішень

Група оцінки	Найменування показника	Загальна форма запису показників	Умови оптимізації	Умови застосування
1	2	3	4	5
1.	Прибуток. Собівартість одиниці продукції	C $C_{ED} = C_{M.CM} / \Pi$	$C \rightarrow \max$ $C_{OD} \rightarrow \min$	Інтегральна оцінка техніко-економічної ефективності
2	Узагальнений показник енергоємності і матеріалоємності, що відноситься до виробітку на одного робітника	$\Pi_{NGn_p} = N_{y\delta} / \Pi_{m_{y\delta}} n_{y\delta}$ $\Pi_{NGn_p} = NGn / \Pi^3$	$\Pi_{NGn_p} \rightarrow \min$	Узагальнена оцінка технічного рівня по економії енергетичних, матеріальних і трудових затрат при відомих натуральних показниках N, G, n_p, Π
3.	Узагальнений показник енергоємності і матеріалоємності	$\Pi_{NG} = NG / \Pi^2$ $\Pi_{NG} = N_{num} / \Pi_{m_{num}}$	$\Pi_{NG} \rightarrow \min$	Узагальнена оцінка технічного рівня по економії енергетичних і матеріальних затрат
4.	Енергоємність	$N_{num} = N / \Pi$	$N_{num} \rightarrow \min$	Оцінка економії енергетичних затрат
5.	Матеріалоємність	$G_{num} = G / \Pi$	$G_{num} \rightarrow \min$	Оцінка економії матеріальних затрат
6.	Виробіток на одного робітника	$n_{num} = \Pi / n$	$n_{num} \rightarrow \max$	Оцінка економії трудових затрат
7.	Продуктивність (теоретична, технічна, експлуатаційна)	Π	$\Pi \rightarrow \max$	Оцінка збільшення продуктивності
8.	Час циклу і робочих операцій	t_{Π} t_{pi}	$t_{\Pi} \rightarrow \min$ $t_{pi} \rightarrow \min$	Оцінка продовжуваності і часу робочих операцій
9.	Показник надійності, наприклад, K_{HD} та ін. (ГОСТ 27.202-83)	$K_{HD} = \frac{t_{CP}}{t_{CP} + t_{УСТР} + t_{ПРОФ}}$	$t_{CP} \rightarrow \max$ $t_{УЕУН} \rightarrow \min$ $t_{ПРОФ} \rightarrow \min$	Оцінка якості виготовлення машини і надійності
10.	Окремі технічні параметри	P, N, G, l		Оцінка окремих параметрів

Продовження таблиці 2.

1	2	3	4	5
11.	Показник, що характеризує можливість розвивати відповідний тиск на одиницю довжини робочого органа	$K_{num} = R_N / B$	$K_{num} \rightarrow max$	Оцінка можливості занурюватися в ґрунт
12.	Показник сили тяги, місткості, що припадає на одиницю потужності	$K_T(q) = \frac{T}{N} \left(\frac{q}{N} \right)$	$K_T(q) \rightarrow max$	Узагальнений показник затрат T , q , що припадає на одиницю потужності N
13.	Показник, що відображає кількість маси, яка припадає на одиницю потужності	$K_G = \frac{G}{N}$	$K_G \rightarrow min$	Узагальнений показник затрат G , що припадає на одиницю потужності N
14.	Комфортабельність машини	$K_{КФТ} = K_R + K_V + K_{КДЦ} + K_{ОТП} \rightarrow max$	$K_R = \frac{1}{R} \rightarrow max$ $K_V = \frac{1}{50 - V} \rightarrow max$ $K_{КДЦ} = \frac{20 \dots 22^\circ}{40^\circ - t^\circ} \rightarrow 1$ $K_{ОТП} = \left| \frac{20 \dots 22^\circ}{-40^\circ + t^\circ} \right| \rightarrow 1$	Оцінка комфортабельності машини: маневрування, швидкість, наявність кондиціонера, системи опалення

Таблиця 3.

Коефіцієнти вагомості приватних показників ефективності нових технічних рішень

Показники	Значення коефіцієнта вагомості
Показника технічного рівня	0,4
У тому числі:	
✓ класифікаційні	0,016
✓ призначення (Π_{NGn} , Π_{NG} , $N_{y\delta}$, $G_{y\delta}$)	0,072
✓ надійності (K_e , K_n)	0,076
✓ технологічності	0,036
✓ стандартизації і уніфікації	0,4
✓ ергономічні	0,056
✓ патентно-правові	0,036
✓ технічної естетики	0,068
✓ Економічні показники	0,34
✓ Показники умов продажу і сервісного обслуговування	0,26

Значення показника для традиційного рішення, якщо таких рішень декілька, необхідно розраховувати за величиною середнього значення показника ефективності \mathcal{E}_{TRcp} за формулою:

$$\mathcal{E}_{TRcp} = \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{TR_i} / n, \quad (25)$$

де \mathcal{E}_{TR} - значення показника для i -го традиційного конструктивного рішення; n - число традиційних конструктивних рішень в одній групі.

Для оцінки розкиду показників вводять у розрахунок величину допоміжного коефіцієнта - K_{TRcp} :

$$K_{TRcp} = \mathcal{E}_{TRo} / \mathcal{E}_{TRcp} \text{ при } \mathcal{E}_{TRo} < \mathcal{E}_{TRcp}; \quad (26)$$

$$K_{TRcp} = \mathcal{E}_{TRo} / \mathcal{E}_{TRcp} \text{ при } \mathcal{E}_{TRo} > \mathcal{E}_{TRcp},$$

де \mathcal{E}_{TRo} - базове значення показника в групі традиційних конструктивних рішень.

Рівень ефективності конструктивного рішення визначається за величиною коефіцієнта ефективності нового конструктивного рішення:

$$K_{HOB\mathcal{E}} = \mathcal{E}_{TRo} / \mathcal{E}_{HOB\mathcal{E}}, \quad (27)$$

де \mathcal{E}_{HOB} - показник i -го варіанту нового технічного рішення.

Виявлення базового показника \mathcal{E}_{TRo} визначається за мінімальним (максимальним) значенням показника ефективності для традиційних конструктивних рішень. Варіанти оцінки конструктивних рішень на базі коефіцієнтів K_{TRcp} і K_{HOB} приведені в табл. 4.

Таблиця 4.

Оцінка ефективності конструктивних рішень на етапі формування

Відношення коефіцієнта ефективності	Оцінка рівня нового конструктивного рішення	Перспективність конструктивного рішення
$K_{HOB\mathcal{E}} < K_{TRcp}$	Нижче середнього рівня	Не перспективно
$K_{HOB\mathcal{E}} = K_{TRcp}$	Відповідає середньому рівню	Не перспективно
$1 > K_{HOB\mathcal{E}} > K_{TRcp}$	Вище середнього рівня	Не перспективно
$K_{HOB\mathcal{E}} = 1$	Відповідає кращим існуючим конструктивним рішенням	Мало перспективно
$K_{HOB\mathcal{E}} > 1$	Вище існуючих конструктивних рішень	Перспективно

Ефективність нового конструктивного рішення на етапі його формування по всій сукупності приватних показників може бути визначена досить умовно. На цьому етапі не можуть бути визначені показники економічного призначення і конкурентноздатності

через крайню невизначеність вихідної інформації. З більшою визначеністю оцінка може бути здійснена за показниками призначення (2-11-ї груп, див. табл.2). У цьому випадку може бути використаний приватний коефіцієнт конструктивного рівня, що розраховується по одному із зазначених у таблиці показників:

$$K_K = P_{TP} / P_H \text{ при } P_{TP} > P_H; \quad (28)$$

$$K_K = P_{TP} / P_H \text{ при } P_{TP} < P_H,$$

де P_H - показник із системи, приведеної в табл.2; для одного з варіантів нового рішення; P_{TP} - той же показник для існуючого традиційного рішення.

Приймаючи до уваги, що на етапі формування нових конструктивних рішень ефективність його визначається за одним показником, коефіцієнт вагомості у цьому випадку приймається рівним одиниці ($p_i=1$).

Якщо для традиційного рішення існує кілька варіантів, то розрахунок коефіцієнтів технічного рівня ведуть за середнім значенням показника ефективності

$$P_{TP_{cp}} = \sum_1^n P_{TP_i} / n, \quad (29)$$

де P_{TP_i} - значення показника для i -го традиційного конструктивного рішення; n - число традиційних конструктивних рішень, прийнятих для аналізу.

Важливо у цьому випадку врахувати статистичний розкид величини коефіцієнтів технічного рівня шляхом введення у розрахунок допоміжного коефіцієнта.

$$K_{TP_{cp}} = P_{TP_o} / P_{TP_{cp}} \text{ при } P_{TP_o} < P_{TP_{cp}}; \quad (30)$$

$$K_{TP_{cp}} = P_{TP_o} / P_{TP_{cp}} \text{ при } P_{TP_o} > P_{TP_{cp}},$$

де P_{TP_o} - базове значення показника у групі традиційних конструктивних рішень.

У цьому випадку рівень нового конструктивного рішення визначається за величиною коефіцієнта ефективності:

$$K_{NOB} = P_{TP_o} / P_{NOB_i}, \quad (31)$$

де P_{NOB_i} показник i -го варіанта нового технічного рішення.

Виявлення базового показника P_{TP_o} здійснюється за аналізом розрахункових показників для традиційних конструктивних рішень, що складають аналізовану групу P_{TP_i} . Показники розташовуються у ранжирований ряд

$$P_{TP_{min}} < \dots P_{TP_{(k-1)}} < \dots P_{TP_k} < \dots < P_{TP_i}.$$

Мінімальному значенню показника присвоюється індекс базового або нормативного показника, що відповідає кращому традиційному конструктивному рішенню, що визначається як базове рішення.

Розглянуті положення дозволяють розробити систему оцінки нового конструктивного рішення. Варіанти оцінки приведені в табл. 4 у залежності від величин коефіцієнтів ефективності.

Вихідними даними для оцінки конструктивних рішень є параметри, що визначають значення відповідних показників: очікувані параметри умов експлуатації; значення ККД створюваного об'єкта. Для нового конструктивного рішення ці величини визначаються розрахунком на основі теоретичної моделі формованого конструктивного рішення. Для традиційного конструктивного рішення важливо з наявної групи рішень визначити базове. Для цього необхідно виконати наступні дії: систематизувати вихідну інформацію (технічну документацію, каталоги, проспекти та ін.); визначити параметри, що входять у показники ефективності; розрахувати відповідні показники ефективності; ранжувати показники і встановити кращий об'єкт техніки.

Визначення ефективності техніки на основі розглянутої методики здійснюють в такій послідовності: визначають параметри нового конструктивного рішення, необхідні для розрахунку показників ефективності; визначають відповідні показники ефективності традиційних конструктивних рішень; визначають базове традиційне конструктивне рішення; розраховують середнє значення коефіцієнта ефективності конструктивного рішення $K_{ТРСР}$; розраховують коефіцієнт ефективності нового конструктивного рішення $K_{НОВЭ}$; здійснюють оцінку нового конструктивного рішення; здійснюють оцінку нового конструктивного рішення у відповідності з рекомендаціями, приведеними в табл.3 і 4.

Оцінка ефективності землерийних машин з робочим обладнанням багатоцільового призначення.

Розроблена методика може бути використана при визначенні параметрів будівельних машин з багатоцільовими робочими органами та устаткуванням, а також багатоцільових будівельних маніпуляторів різного призначення і типу.

Для визначення ефективності використання різних типів машин розроблені теоретичні моделі визначення показників ефективності (матеріалоємність, енергоємність), показника ступеня економії енергетичних, матеріальних і трудових ресурсів (табл.5).

Для вибору состава будівельних машин для виконання І-го технологічного процесу *, використовуючи показники ефективності будівельних машин (див. табл. 5),

можна скласти теоретичні моделі визначення показників ефективності всього цього процесу, у виконанні якого беруть участь вузькоспеціалізовані машини, машини багатоцільового призначення з швидкоз'ємними робочими органами, машини багатоцільового призначення маніпуляторного типу та машини багатоцільового призначення маніпуляторного типу з додатковим комплектом змінних швидкоз'ємних робочих органів (зі шлейфом швидко захоплюваних робочих органів).

Матеріалоемність виконання всього 1-го технологічного процесу:

$$G_{уд1} = \frac{\sum_1^a G_{il}}{\sum_1^a \Pi_{\varepsilon il} p_{il}} + \frac{\sum_1^f G_{\text{баз}il}^{лс} + \sum_1^b G_{p.o il}}{\sum_1^b \Pi_{\varepsilon il} p_{il}} + \frac{\sum_1^h (G_{\text{баз}il}^{MT} + G_{p.o il}^{MT})}{\sum_1^c \Pi_{\varepsilon il} p_{il}} + \frac{\sum_1^q (G_{\text{баз}il}^{MT} + G_{p.o il}^{MT}) + \sum_1^{d''} G_{p.o il}}{\sum_1^d \Pi_{\varepsilon il} p_{il}} .$$

Енергоємність виконання всього 1-го технологічного процесу:

$$N_{уд1} = \frac{\sum_1^{a'} N_{il}}{\sum_1^a \Pi_{\varepsilon il} p_{il}} + \frac{\sum_1^{b'} N_{il}}{\sum_1^b \Pi_{\varepsilon il} p_{il}} + \frac{\sum_1^c N_{il}}{\sum_1^c \Pi_{\varepsilon il} p_{il}} + \frac{\sum_1^{d'} N_{il}}{\sum_1^d \Pi_{\varepsilon il} p_{il}} .$$

Умовний узагальнений показник, що показує ступінь економії енергетичних, матеріальних і трудових ресурсів:

$$\Pi_{NGn} = \frac{\sum_1^d N_{il} G_{il} n_{p_{il}}}{\sum_1^a (\Pi_{\varepsilon il} p_{il})^3} + \frac{\left(\sum_1^f G_{\text{баз}il} + \sum_1^b G_{p.o il} \right) \sum_1^f n_{p_{il}}^{лс} \sum_1^{b'} N_{il}}{\sum_1^b (\Pi_{\varepsilon il} p_{il})^3} + \frac{\sum_1^h (G_{\text{баз}il}^{MT} + G_{p.o il}^{MT}) \sum_1^h n_{p_{il}}^{MT} \sum_1^c N_{il}}{\sum_1^c (\Pi_{\varepsilon il} p_{il})^3} + \frac{\left[\sum_1^q (G_{\text{баз}il}^{MT} + G_{p.o il}^{MT}) + \sum_1^{d''} G_{p.o il} \right] \sum_1^q n_{p_{il}}^{MTc} \sum_1^{d'} N_{il}}{\sum_1^d (\Pi_{\varepsilon il} p_{il})^3} .$$

* Під 1-м технологічним процесом розуміється процес, складаючийся з 1,2,3,..., j,...,m операцій.

Таблиця 5.

Теоретичні моделі показників ефективності будівельних машин

Показники	Комплект вузько-спеціалізованих машин	Машина з легко-з'ємними робочими органами	Машина багато-цільового призначення маніпуляторного типу	Машини багатоцільового призначення маніпуляторного типу з додатковим комплектом змінних швидко-захоплюваних робочих органів
Матеріалоємність, $G_{уд}$	$\frac{\sum_1^m G_i}{\sum_1^m \Pi_{\varnothing_i} p_i}$	$\frac{G_{баз} + \sum_1^m G_{р.о_i}}{\sum_1^m \Pi_{\varnothing_i} p_i}$	$\frac{G_{баз} + G_{р.о}}{\sum_1^m \Pi_{\varnothing_i} p_i}$	$\frac{G_{баз} + G_{р.о} + \sum_1^l G_{р.о_i}}{\sum_1^m \Pi_{\varnothing_i} p_i}$
Енергоємність, $N_{уд}$	$\frac{\sum_1^{n'} N_i}{\sum_1^m \Pi_{\varnothing_i} p_i}$	$\frac{\sum_1^{n'} N_i}{\sum_1^m \Pi_{\varnothing_i} p_i}$	$\frac{\sum_1^{n'} N_i}{\sum_1^m \Pi_{\varnothing_i} p_i}$	$\frac{\sum_1^{n'} N_i}{\sum_1^m \Pi_{\varnothing_i} p_i}$
Показник ступіня економії енергетичних, матеріальних і трудових ресурсів, Π_{NGn}	$\frac{\sum_1^m N_i G_i n_{p_i}}{\sum_1^m (\Pi_{\varnothing_i} p_i)^3}$	$\frac{(G_{баз} + \sum_1^m G_{р.о_i}) n_p \sum_1^{n'} N_i}{\sum_1^m (\Pi_{\varnothing_i} p_i)^3}$	$\frac{(G_{баз} + G_{р.о}) n_p \sum_1^{n'} N_i}{\sum_1^m (\Pi_{\varnothing_i} p_i)^3}$	$\frac{(G_{баз} + G_{р.о} + \sum_1^l G_{р.о_i}) n_p \sum_1^{n'} N_i}{\sum_1^m (\Pi_{\varnothing_i} p_i)^3}$

Примітка. У таблиці прийняті такі умовні позначки: $G_{баз}$ -маса базової машини; $G_{р.о}$ маса робочого органа машини багатоцільового призначення маніпуляторного типу; $G_{р.о_i}$ - маса змінного робочого органа і-го виду до машини багатоцільового призначення; G_i маса вузькоспеціалізованої машини; N_i - потужність двигунів, встановлених на машинах; Π_{\varnothing_i} -експлуатаційна продуктивність при виконанні відповідних операцій; p_i - імовірність появи відповідних видів робіт, операцій і умов експлуатації; n_{p_i} -кількість робітників, зайнятих на обслуговуванні вузькоспеціалізованої машини і-го виду; n_p -кількість робітників, зайнятих на обслуговуванні машини багатоцільового призначення; m - кількість видів робіт або операцій; n – кількість двигунів, встановлених на машині; l - кількість змінних швидкозахоплюючих робочих органів у додатковому комплекті до машини багатоцільового призначення маніпуляторного типу.

У наведених формулах прийняті наступні позначення кількість — маса вузькоспеціалізованої машини і-го типу, що брали участь у виконанні 1-го технологічного процесу; $G_{баз_{11}}^{лс}$, $G_{баз_{11}}^{мт}$ - маси базових машин

багатоцільового призначення i -го типу відповідно з легкоз'ємними робочими органами і маніпуляторного типу, у виконанні i -го технологічного процесу; $G_{p.oi}$ — маса змінного робочого органа i -го типу до машини багатоцільового призначення, що брали участь у виконанні i -го технологічного процесу; $G_{p.oi}^{MT}$ — маса робочого органа машини багатоцільового призначення маніпуляторного типу i -го типу, що брали участь у виконанні i -го технологічного процесу; N_{ii} — потужність двигунів, встановлених на машинах i -х типів, що брали участь у виконанні i -го технологічного процесу; n_{pi} — кількість робітників, зайнятих на обслуговуванні вузькоспеціалізованої машини i -го типу, що брала участь у виконанні i -го технологічного процесу; n_{pi}^{DC} , n_{pi}^{MT} , n_{pi}^{MTC} — кількість робітників, зайнятих на обслуговуванні відповідно машин багатоцільового призначення відповідно з легкоз'ємними робітниками органами i -го типу, маніпуляторного i -го типу і маніпуляторного з додатковим комплектом змінних швидкозахоплюючих робочих органів i -го типу, що брали участь у виконанні i -го технологічного процесу; a — кількість операцій i -го технологічного процесу, виконуваних вузькоспеціалізованими машинами; b — кількість операцій i -го технологічного процесу, виконуваних машинами багатоцільового призначення з легкоз'ємними робочими органами; c — кількість операцій i -го технологічного процесу, виконуваних машинами багатоцільового призначення маніпуляторного типу, d — кількість операцій i -го технологічного процесу, виконуваних машинами багатоцільового призначення маніпуляторного типу з додатковим комплектом змінних швидкозахоплюючих робочих органів; a' — кількість двигунів, встановлених на вузькоспеціалізованих машинах; b' — кількість двигунів, встановлених на машинах багатоцільового призначення з легкоз'ємними робочими органами; c' — кількість двигунів, встановлених на машинах багатоцільового призначення маніпуляторного типу; d' — кількість двигунів, встановлених на машинах багатоцільового призначення маніпуляторного типу з додатковими комплектами змінних швидкозахоплюючих робочих органів; f — кількість машин багатоцільового призначення з легкоз'ємними робочими органами, що беруть участь у виконанні i -го технологічного процесу; h — кількість машин багатоцільового призначення маніпуляторного типу, що брали участь у виконанні i -го технологічного процесу; q — кількість машин багатоцільового призначення маніпуляторного типу з додатковими комплектами змінних швидкозахоплюючих робочих органів, що брали участь у виконанні i -го технологічного процесу; d''

кількість змінних швидкозахоплюючих робочих органів до машин багатоцільового призначення, що брли участь у виконанні 1-го технологічного процесу; $P_{эil}$ - експлуатаційна продуктивність при виконанні відповідних операцій машинами, що беруть участь у виконанні 1-го технологічного процесу; p_{il} — імовірність появи відповідних операцій і умов експлуатації при виконанні 1-го технологічного процесу.

При будівництві різних об'єктів необхідно виконувати технологічні процеси, що полягають із певної кількості операцій, за допомогою будівельних машин послідовно один за одним або сполучати деякі з них частково або повністю. У провадженні робіт на кожній операції можуть брати участь різні типи машин. Тому для ефективного виконання всього технологічного процесу необхідно підібрати оптимальний состав машин, що забезпечує максимальну економію матеріальних, енергетичних і трудових ресурсів.

У табл. 6 наведений 1-й будівельний технологічний процес, що полягає з операцій 1, 2, ..., j, ..., m, для виконання якого є можливість виділити певну кількість будівельних машин різних типів 1, 2, 3, ..., i, ..., n. Букви вказують на приналежність машини до групи вузькоспеціалізованих машин (С) і машин багатоцільового призначення (М), а номер після букви визначає тип машини, що ставиться до відповідної групи.

Можливість виконання і-й машиною j-й операції 1-го технологічного процесу визначається порівнянням параметрів j-операції в проектній документації на споруджуваній об'єкт із технологічними можливостями і-й машини, узятих з її технічної характеристики. Якщо технологічні можливості і-й машини здатні виконати j-ю технологічну операцію, то в клітці ij ставиться знак « + », а якщо немає — знак «—» і в цьому випадку і-я машина для j-й операції не розглядається. Далі визначають показники ефективності виконання кожної будівельної операції з їхньої послідовності 1, 2, 3, ..., j, ..., m 1-го будівельного технологічного процесу машинами різних типів.

Мінімальні значення матеріалосємності, енергоємності та узагальненого показника економії енергетичних, матеріальних і трудових ресурсів при виконанні j-й операції 1-го технологічного процесу відповідає оптимальним значенням показників:

$$G_{уд\ j\ opt} = \min G_{уд\ ij\ l}; \quad N_{уд\ ij\ l\ opt} = \min N_{уд\ ij\ l}; \quad \Pi_{NGn\ ij\ l\ opt} = \min \Pi_{NGn\ ij\ l}.$$

Кожному оптимальному значенню показників $G_{уд_{ij}^{opt}}$, $N_{уд_{ij}^{opt}}$, $\Pi_{NGn_{ij}}$ відповідає певний тип машини. Виходячи із цього підбирається состав машини для виконання 1-го технологічного процесу з максимальною економією матеріальних, енергетичних і трудових ресурсів у сукупності.

Продуктивність при підсумовуванні в умовах виконання різних видів виражається в одній розмірності.

Таблиця 6.

Вибір складу будівельних машин для виконання 1-го технологічного процесу з максимальною економією матеріальних, енергетичних і трудових ресурсів

		Номер операції											
		1	2	3	...	j	...	m					
Номер машини	M_1	+	$G_{уд_{11}}$ $N_{уд_{11}}, \Pi_{NGn_{11}}$	-		+	$G_{уд_{13}}$ $N_{уд_{13}}, \Pi_{NGn_{13}}$	...	+	$G_{уд_{1j}}$ $N_{уд_{1j}}, \Pi_{NGn_{1j}}$	...	+	$G_{уд_{1m}}$ $N_{уд_{1m}}, \Pi_{NGn_{1m}}$
	M_2	-		+	$G_{уд_{22}}$ $N_{уд_{22}}, \Pi_{NGn_{22}}$	-		...	+	$G_{уд_{2j}}$ $N_{уд_{2j}}, \Pi_{NGn_{2j}}$...	-	

	M_i	+	$G_{уд_{i1}}$ $N_{уд_{i1}}, \Pi_{NGn_{i1}}$	+	$G_{уд_{i2}}$ $N_{уд_{i2}}, \Pi_{NGn_{i2}}$	+	$G_{уд_{i3}}$ $N_{уд_{i3}}, \Pi_{NGn_{i3}}$	...	+	$G_{уд_{ij}}$ $N_{уд_{ij}}, \Pi_{NGn_{ij}}$	...	+	$G_{уд_{im}}$ $N_{уд_{im}}, \Pi_{NGn_{im}}$

M_n	-		-		+	$G_{уд_{n3}}$ $N_{уд_{n3}}, \Pi_{NGn_{n3}}$	...	+	$G_{уд_{nj}}$ $N_{уд_{nj}}, \Pi_{NGn_{nj}}$	...	+	$G_{уд_{nm}}$ $N_{уд_{nm}}, \Pi_{NGn_{nm}}$	
$G_{уд_{ij}^{opt}}$		$\min G_{уд_{i1}}$	$\min G_{уд_{i2}}$	$\min G_{уд_{i3}}$	...	$\min G_{уд_{ij}}$	...	$\min G_{уд_{im}}$					
$N_{уд_{ij}^{opt}}$		$\min N_{уд_{i1}}$	$\min N_{уд_{i2}}$	$\min N_{уд_{i3}}$	...	$\min N_{уд_{ij}}$	...	$\min N_{уд_{im}}$					
$\Pi_{NGn_{ij}^{opt}}$		$\min \Pi_{NGn_{i1}}$	$\min \Pi_{NGn_{i2}}$	$\min \Pi_{NGn_{i3}}$	...	$\min \Pi_{NGn_{ij}}$	...	$\min \Pi_{NGn_{im}}$					

Характер зміни узагальненого показника від впливаючих факторів.

Узагальнений показник Π_{NG} змінюється залежно від розміру машини й істотно залежить від принципу дії. Для традиційних об'єктів техніки має місце тенденція зменшення показника Π_{NG} у часі або його стабілізації.

На сучасному етапі як показник ефективності, що є основою встановлення зв'язків між окремими приватними показниками є показник наведених питомих витрат. Наведені витрати розглядаються як цільова функція, а потужність, маса та ін. як визначальні фактори.

Розрахункові залежності для визначення наведених витрат для традиційних машин і групи перспективних стосовно до бульдозерів на колісному і гусеничному ході, будівельних навантажувачів, скреперів, розпушувачів, екскаваторів приведені в таблиці 7.

Наведені витрати представлені у вигляді суми, кожне з доданків якої характеризує витрати на певну групу підсистем машини: перша група включає витрати, пропорційні ергономічним показникам: зручність, безпека, елементи бортових ЕОМ та ін. (для всіх типорозмірів машин ці властивості в основному однакові);

Коефіцієнти підвищення продуктивності землерийно-транспортних машин із інтенсифікаторами приведені у таблиці 8.

Друга група становить витрати на створення енергетичної підсистеми, величина яких у першому наближенні пропорційна величині потужності встановленого двигуна - N ; третя група становить витрати на створення технологічної або функціональної підсистеми машини, які пропорційні масі (силі ваги) машини.

Ефективність машин може бути оцінена коефіцієнтом зниження наведених витрат:

$$K_{efz} = \frac{Z_{np}^{mp} - Z_{np}^n}{Z_{np}^{mp}},$$

де Z_{np}^{mp} - наведені витрати, визначені за допомогою регресивних моделей для машин традиційного виконання (табл. 7); Z_{np}^n - те ж для машин, оснащених інтенсифікаторами, наприклад, із двоножовою системою із застосуванням ВСН та ін. (див. табл.7);

Примітка: 1. У розрахункових моделях підвищення продуктивності при зменшенні опорів ґрунтів копанню враховано за рахунок зміни швидкості процесу, маси ґрунту, що набирається, тривалості циклу та ін.

2. До інтенсифікаторів традиційного типу ставляться такі інтенсифікатори, які забезпечують підвищення ефективності робочого процесу без додаткового підведення енергії до робочого органа (ВСН, що виступають, бічні ножі, двоножові системи копання, раціональна форма або конфігурація робочого органа та ін.).

Таблиця 7.

Регресійні моделі, що визначають залежність наведених витрат від потужності й маси машин

Тип машини	Залежність наведених витрат грн/год. від потужності, кВт і маси машини, <i>m</i>		
	Традиційне виконання (В.І.Баловнєв)	Із двоножовою системою копання (Л.А.Хмара)	Обладнання із ВСН (Л.А.Хмара)
Бульдозери гусеничні	$Z_{np}=4,0+0,07N+0,38G$	$Z_{np}=4,0+0,06N+0,33G$	$Z_{np}=4,0+0,06N+0,29G$
Бульдозери колісні	$Z_{np}=9,0+0,05N+0,41G$	$Z_{np}=9,0+0,05N+0,39G$	$Z_{np}=9,0+0,05N+0,37G$
Скрепери	$Z_{np}=3,8+0,11N+0,57G$	$Z_{np}=3,8+0,10N+0,51G$	$Z_{np}=3,75+0,10N+0,52G$
Навантажувачі однокішєві фронтальні пневмоколісні	$Z_{np}=9,2+0,13N+0,49G$	$Z_{np}=9,2+0,12N+0,46G$	-
Розпушувачі на гусеничному ході	$Z_{np}=4,0+0,05N+0,35G$	$Z_{np}=4,0+0,05N+0,31G$	-
Екскаватори з канатно-блоковою системою керування	$Z_{np}=8,2+0,11N+0,43G$	$Z_{np}=8,2+0,10N+0,36G$	-
Екскаватори гідравлічні	$Z_{np}=7,9+0,1N+0,40G$	$Z_{np}=7,9+0,10N+0,35G$	-

Таблиця 8.

Регресійні моделі для визначення коефіцієнтів підвищення продуктивності ЗТМ із інтенсифікаторами традиційного типу при розробці різних ґрунтів

№ п/п	Тип ґрунту	Бульдозер	Скрепер
1.	Пісок	$K_{ЕП} = 0,08 + 0,251K_{ef} + 0,787K_{ef}^2$	$K_{ЕП} = 0,078 + 0,683K_{ef} - 0,068K_{ef}^2 - 0,032K_{ef}^3$
2.	Супісок	$K_{ЕП} = 0,08 + 0,33K_{ef} + 0,748K_{ef}^2$	$K_{ЕП} = 0,064 + 0,531K_{ef} + 6,79K_{ef}^2 + 16,21K_{ef}^3 - 12,288K_{ef}^4$
3.	Суглинок	$K_{ЕП} = 0,07 + 0,64K_{ef}$	$K_{ЕП} = 0,102 + 0,5K_{ef} + 0,053K_{ef}^2$
4.	Глина	$K_{ЕП} = 0,07 + 0,26K_{ef} + 2,978K_{ef}^2 - 4,73K_{ef}^3$	$K_{ЕП} = 0,147 + 0,215K_{ef} + 0,43K_{ef}^2$

Для робочих органів багатоцільового призначення, наприклад, переналаджених в умовах зміни технології робіт, видів робіт та ін. наведені питомі витрати визначаються виразом

$$Z_{num} = \sum_{i=1}^n Z_{num_i} = \frac{Z_{np1}}{\Pi_1 \cdot p_1} + \frac{Z_{np2}}{\Pi_2 \cdot p_2} + \dots + \frac{Z_{npn}}{\Pi_n \cdot p_n},$$

де $Z_{np1}, Z_{np2}, \dots, Z_{npn}$ - наведені витрати, пов'язані з витратами відповідно при копанні ґрунту, навантаженню матеріалу, захвату вантажу, його установці, роботі грейфером та ін.; P_1, P_2, \dots, P_n - продуктивності відповідно при різних видах робіт – копанні, навантаженні матеріалу, захвату вантажу, його установці, роботі грейфером та ін.; p_1, p_2, \dots, p_n - статистична ймовірність відповідних видів робіт.

Розгляд різних методів оцінки ефективності БДМ дозволяє зробити висновок, що застосування одного або декількох інтенсифікаторів, для оцінки об'єкта варто використати отримані вираження, що забезпечують розрахунок відповідного коефіцієнта K_{ef} .

Машину багатоцільового призначення доцільно оцінювати на базі аналізу узагальнених показників P_{NG} .

Орієнтовно значення наведених питомих витрат для ряду традиційних і нових машин можна здійснювати на базі залежностей, наведених у таблиці 7.

Установлено взаємозв'язок між значеннями коефіцієнтів ефективності по зниженню опорів ґрунтів копанню K_{ef} при оснащенні робочих органів різними інтенсифікаторами і значеннями коефіцієнтів підвищення продуктивності K_{EP} .

Регресійні моделі, що визначають залежність коефіцієнта підвищення продуктивності K_{EP} від коефіцієнтів зменшення опорів копанню K_{ef} для робочих органів бульдозерів, скреперів, оснащених різними інтенсифікаторами при їхній експлуатації у різних ґрунтах і появи, що мають найбільшу ймовірність, у Європейській частині країни, наведені в таблиці 8.

Отримані регресійні моделі дозволяють за матеріалами експериментів з масштабними фізичними моделями або теоретичної залежності по зниженню опорів копанню оцінити очікуване підвищення продуктивності машин при оснащенні їх різними інтенсифікаторами. Це забезпечує можливість визначення ступеня підвищення продуктивності землерийних машин на етапі пошукових лабораторних досліджень, на підставі тільки інформації про зниження опорів на робочому органі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баловнев. В. И. Определение параметров и выбор землеройных машин: учеб. пособие / В. И. Баловнев. – М., Омск: ЗАО «Полиграф», 2010. – 224 с.

2. Машины для земляных работ: конструкция, расчет, потребительские свойства: в 2 кн. Кн. 1. Экскаваторы и землеройно-транспортные машины: учебное пособие для вузов / В. И. Баловнев, С. Н. Глаголев, Р. Г. Данилов и др.; под общ. ред. В. И. Баловнева. – Белгород: БГТУ, 2011. – 401 с.

3. Машины для земляных работ: конструкция, расчет, потребительские свойства: в 2 кн. Кн. 2. Погрузочно-разгрузочные и уплотняющие машины: учебное пособие для вузов / В. И. Баловнев, С. Н. Глаголев, Р. Г. Данилов и др.; под общ. ред. В. И. Баловнева. – Белгород: БГТУ, 2011. – 464 с.

4. Машины для содержания городских и автомобильных дорог: Кн. 1. Содержание дорог в летний период: учебное пособие для вузов / В. И. Баловнев, Р. Г. Данилов, А. Г. Савельев, под общ. ред. В. И. Баловнева. –3-е изд., доп. и перераб. – М.: Техполиграфцентр, 2013. – 333 с.

5. Машины для содержания городских и автомобильных дорог: Кн. 2. Содержание дорог в зимний период: учебное пособие для вузов / В. И. Баловнев, Р. Г. Данилов, А. Г. Савельев, под общ. ред. В. И. Баловнева. –3-е изд., доп. и перераб. – М.: Техполиграфцентр, 2013. – 343 с.

6. Баловнев В. И. Оценка технико-экономической эффективности дорожно-строительных машин на этапе проектирования / В. И. Баловнев, А. Б. Ермилов. – МАДИ. – М.: 1984. – 102с.

7. Баловнев В. И. Интенсификация земляных работ в дорожном строительстве / В. И. Баловнев, Л. А. Хмара. – М.: Транспорт. 1983. – 183с.

8. Баловнев В. И. Повышение производительности машин для земляных работ / В. И. Баловнев, Л. А. Хмара. – К.: Будівельник. 1988. – 152с.

9. Хмара Л. А. Интенсификация рабочих процессов машин для земляных работ. Днепропетровск, ДИСИ, 1989. – 329с.

10. Баловнев В. И. Интенсификация разработки грунтов в дорожном строительстве / В. И. Баловнев, Л. А. Хмара. – М.: Транспорт, 1993. – 383с.

11. Баловнев В. И. Строительные роботы и манипуляторы / В. И. Баловнев, Л.А. Хмара, В. П. Станевский, П. И. Немировский. – К. Будивельник, 1991. – 136 с.