

УДК 629.3.01

ВИБІР ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ МАШИН ДЛЯ ЗЕМЛЯНИХ РОБІТ НА ОСНОВІ СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ

О.В. Єфименко, доц., к.т.н., Т.В. Плуґіна, доц., к.т.н., З.Р. Мусаєв, асп.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Досліджено тенденції розвитку виробництва машин для земляних робіт в Україні, близькому зарубіжжі та на прикладах зарубіжних виробників. Обумовлено вибір їх оптимальних параметрів на основі статистичного аналізу в мережі Internet.

Ключові слова: статистика, аналіз, продуктивність, оптимальні параметри, техніко-економічні показники.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАШИН ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

А.В. Ефименко, доц., к.т.н., Т.В. Плугина, доц., к.т.н., З.Р. Мусаев, асп.,
Харковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. Исследованы тенденции развития производства машин для земляных работ в Украине, ближнем зарубежье и на примерах зарубежных производителей. Обусловлен выбор их оптимальных параметров на основе статистического анализа в сети Internet.

Ключевые слова: статистика, анализ, производительность, оптимальные параметры, технико-экономические показатели.

CHOISE OF OPTIMAL PARAMETERS OF EARTH MOVING MACHINES BASED ON STATISTICAL ANALYSIS

A. Yefymenko, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.), T. Pluhina, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.),
Z. Musaiev, P. G., Kharkiv National Automobile and Highway University

Abstract. This article examines the trends in production of earth-moving machines in Ukraine, the neighboring countries and on examples of foreign manufacturers. The choice of their optimal parameters is stipulated by the study of statistical analysis using the Internet.

Key words: statistics, analysis, efficiency, optimal parameters, technical and economic indices.

Вступ

У будівництві автомобільних доріг і залізниць, гідротехнічному і водогосподарському, як і в інших галузях будівництва, знайшли широке застосування машини для земляних робіт та дорожні машини – бульдозери, скрепери, автогрейдери, катки, автогудронатори, асфальтоукладальники, машини для поверхневої обробки, укладальники бетону, бітумовози, цементовози. Деякі з цих машин випускаються заводами будівельного і дорожнього

машинобудування України, інші потребують розробки конструкцій. Та всі вони повинні відповідати сучасним вимогам, тобто бути малої матеріалоемності, енергоємності, мати високі показники продуктивності та надійності, повинні бути конкурентоспроможними. Стандартизація й уніфікація є основою глибокої спеціалізації виробництва, що сприяють різкому скороченню термінів створення нової техніки. Уніфіковані стандартні елементи, що закладаються в конструкцію машин, ще на стадії проектування забезпечують

більш високий технічний рівень і економічну ефективність машин і устаткування, сприяють вирішенню проблеми підвищення ефективності експлуатації та ремонту машин, підвищують продуктивність праці за умови значного зниження вартості робіт [1].

Однак можливості широкої уніфікації машин-знарядь і автотранспортних засобів практично не використовується за відсутності серійного виробництва. Це не дозволяє одержати економічної вигоди від міжгалузевої уніфікації у виробництві настільки важливого для розвитку технічного прогресу устаткування, використовуваного для механізації масових трудомістких і важких технологічних і транспортних робіт у цілій низці галузей – будівництві, меліорації, сільському, лісовому і комунальному господарствах, на відкритих гірських і інженерних роботах. В останні роки, незважаючи на занепад економіки, на заводах України створено низку нових конструкцій машин, на кафедрах автомобільно-дорожніх ВНЗ виконуються роботи, спрямовані на вдосконалення конструкцій будівельних і дорожніх машин, розвиток теорії та методів розрахунку і проектування машин. Проблеми підвищення ефективності землерийно-транспортних машин, їх надійності та продуктивності потребують значної уваги ще й тому, що відповідні показники в цих машин вітчизняного виробництва значно гірші, ніж у машин провідних фірм світу. Одночасно матеріалоемність машин закордонного виробництва менша в 1,5–1,6 разів. Щоб суттєво підвищити показники ефективності, зробити машини конкурентоспроможними, необхідно вирішити цілий комплекс наукових, технічних і організаційних проблем.

Однією з таких проблем є визначення напрямів розвитку будівельних та дорожніх машин, зокрема машин для земляних робіт, в Україні та в усьому світі. Розроблення методів визначення раціональних показників низки машин, підвищення їх конкурентоздатності, зниження енерговитрат є найважливішими напрямами розвитку машин в Україні.

Аналіз публікацій

Сучасний стан промисловості та будівництва в Україні ставлять завдання створення будівельних машин, які б, маючи високу продуктивність, були достатньо надійними, мали низьку енергоемність, матеріалоемність. Та-

кими властивостями можуть володіти машини, робочий процес яких інтенсифікований на основі науково-технічних досягнень сучасності.

Мета і постановка завдання

Метою цієї роботи є аналіз статистичних зв'язків між головними параметрами машин з метою визначення оптимальних параметрів потужності, тягових зусиль, ваги тощо в номенклатурі продукції виробників дорожніх машин та машин для земляних робіт.

Методика вибору оптимальних параметрів землерийно-транспортних машин

Як в Україні, так і в державах СНД існує чимало машинобудівних підприємств, які випускають МЗР, але виділити та розглядати будь-яке з них окремо неможливо. Це пояснюється тим, що жодне підприємство не має достатньої номенклатури продукції, а також кількості типорозмірів машин одного типу. Тому було вирішено розглядати техніку, не розділяючи її за фірмами-виробниками, а за даними Internet проаналізувати деякі типи машин, такі як бульдозери (рис. 1, а), скрепери (рис. 1, б), автогрейдери (рис. 1, в).



а



б



в

Рис. 1. Бульдозер ДЗ 124 (а), скрепер ДЗ 107 (б) та автогрейдер ДЗ 122 (в)

Одним з найважливіших показників ефективності машини є продуктивність. До факторів, які безпосередньо впливають на продуктивність належать:

- питома потужність;
- місткість;
- швидкість;
- розміри робочого органа та інші.

Розглянемо розрахункові залежності продуктивностей для різних видів машин. Експлуатаційна годинна продуктивність бульдозера, м³/г [3]

$$P_{\text{е.г}} = \frac{3600 \cdot V_{\text{пр}} \cdot K_{\text{укл}} \cdot K_{\text{в}}}{t_{\text{ц}} \cdot K_{\text{р}}}, \quad (1)$$

де $V_{\text{пр}}$ – об'єм призми волочіння, який залежить від характеру ґрунту (зв'язності, коефіцієнта розпушування), відношення висоти H і ширини B відвалу,

$$V_{\text{пр}} = \frac{B \cdot H^2}{2 \cdot K_{\text{пр}}}, \quad (2)$$

де $K_{\text{пр}}$ – коефіцієнт, залежний від відношення H/B і виду ґрунту; $K_{\text{укл}}$ – коефіцієнт, який враховує вплив нахилу на продуктивність; $K_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання бульдозера в часі (0,75–0,8); $t_{\text{ц}}$ – час робочого циклу бульдозера.

Продуктивність скрепера, м³/г;

$$P = \frac{3600 \cdot V \cdot K_{\text{н}} \cdot K_{\text{в}}}{t_{\text{ц}} \cdot K_{\text{р}}}, \quad (3)$$

де V – місткість ковша скрепера, м³; $K_{\text{н}}$ – коефіцієнт наповнення ковша; $K_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання скрепера в часі за зміну, який приймається в середньому 0,8; $K_{\text{р}}$ – коефіцієнт розпушування ґрунту; $t_{\text{ц}}$ – час робочого циклу, с.

Експлуатаційна годинна продуктивність автогрейдера під час будівництва земляного полотна дороги, м³/г [2]

$$P = \frac{l \cdot F_{\text{н}} \cdot K_{\text{в}}}{0,001 \cdot l \cdot \left(\frac{n_3}{V_3} + \frac{n_n}{V_n} + \frac{n_0}{V_0} \right) + t_n \cdot (n_3 + n_n + n_0)}, \quad (4)$$

де l – довжина захватки, м; $F_{\text{н}}$ – коефіцієнт використання машини в часі (0,8–0,9); n_3, n_n, n_0 – кількість проходів автогрейдера в одному напрямку відповідно під час зарізання, переміщення й опорядження насипу; $V_3, V_n, V_{\text{оц}}$ – робочі швидкості руху автогрейдера у процесі виконання відповідних операцій, км/г; t_n – час, який витрачається на розворот автогрейдера в кінці захватки (0,008–0,01 г).

Для великих обсягів земляних робіт у світовій практиці головним напрямом зростання ефективності залишається підвищення одиначної потужності машин (і як наслідок, збільшення розмірів їх робочих органів і швидкостей руху), автоматизація керування ЗТМ (що також дозволяє підвищити робочі швидкості) [4]. Разом з цим, одним з основних напрямів підвищення ефективності є інтенсифікація робочих процесів, зниження енергоємності копання ґрунту. Для досягнення цього необхідно вдосконалення робочих органів ЗТМ, створення нових принципів дії на ґрунт. Особливо важливий цей напрям у період розвитку порівняно невеликих будівельних організацій, фермерських господарств, де машини великої одиначної потужності непотрібні, економічно не вигідні.

За допомогою мережі Internet було отримано графіки залежностей продуктивності від потужності, вигляду $P = f(N)$ та продуктивності від експлуатаційної маси, вигляду $P = f(m)$. Залежність продуктивності від потужності та маси за видами машин наведено на рисунках: бульдозери (рис. 3, а, б); автогрейдери (рис. 3, в, г); скрепери (рис. 3, д, е).

Для багатьох машин і зняряд власна маса є настільки ж, а іноді й більш характерним показником і знаходиться з ним у постійній, що мало змінюється, залежності.

Так, за зведеннями [2], відношення маси до ємності ковша для будівельних екскаваторів дорівнює 36–38, для навантажувачів 6,8–7,3 (за умови, що ємність ковша відповідає стандартній для важких робіт). Для гусеничних промислових тракторів питома потужність на 1 т маси становить 11–12,5 л.с. Звичайно фірми використовують ці показники в рекламних матеріалах.

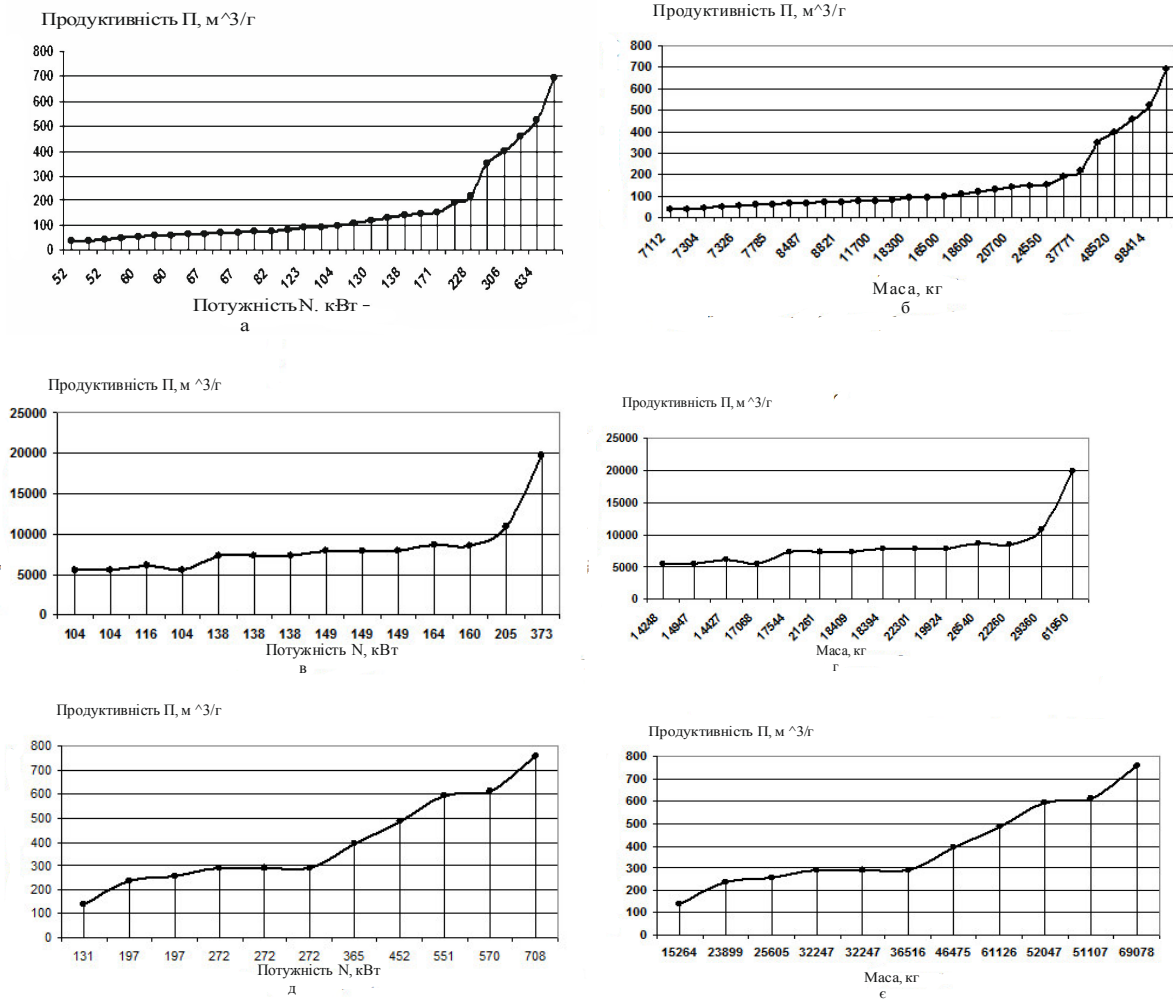


Рис. 3. Графік залежності продуктивності від потужності для бульдозера вигляду $P = f(N)$ (а), графік залежності продуктивності від експлуатаційної маси для бульдозера вигляду $P = f(m)$ (б), графік залежності продуктивності від потужності для автогрейдера вигляду $P = f(N)$ (в), графік залежності продуктивності від експлуатаційної маси для автогрейдера вигляду $P = f(m)$ (г), графік залежності продуктивності від потужності для скрепера вигляду $P = f(N)$ (д), графік залежності продуктивності від маси для скрепера вигляду $P = f(m)$ (є)

Аналіз подібних характеристик колісних машин-знарядь і автотранспортних засобів, що виготовляються провідними фірмами, показує, що головний і основний параметри чітко визначають не тільки типорозмір і найважливіші параметри конструкції, але і слугують засобом, що визначає базу і можливість уніфікації вузлів і агрегатів [5, 6]. Далі дослідимо зв'язок маси та потужності й побудуємо графіки залежностей вигляду $m = f(N)$. Також не менш важливим показником є зв'язок маси, потужності з вартістю машини. Як розглядалося вище, потужність та маса зв'язані між собою дуже жорсткою характеристикою. Відношення

маси до потужності різних видів машин не виходять за межі: бульдозери – (6,7–7,2) кВт/т; скрепери – (6,8–8,7) кВт/т; автогрейдери – (7,06–8,2) кВт/т.

На підставі аналізу Internet-даних показано, як маса машини пов'язана з вартістю. Для цього побудовано графіки залежностей $C = f(N)$, $C = f(m)$ та розраховано вартість однієї тонни металоконструкції, та вартість 1 кВт потужності залежно від фірм та видів машин:

де C – ціна (орієнтовна), грн (гривні) чи \$ (долари США); N – потужність машини, кВт; m – маса машини, кг.

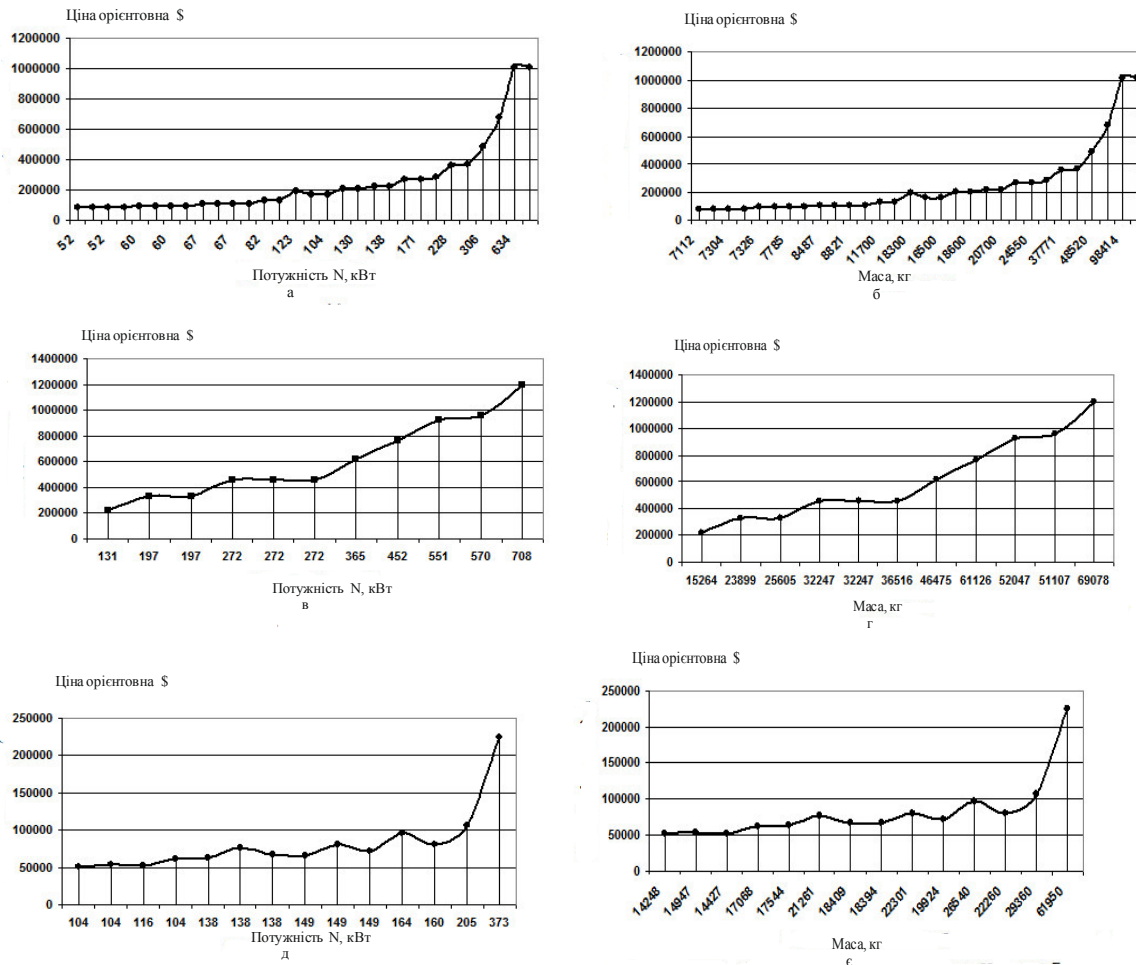


Рис. 4. Графік залежності ціни бульдозера від його потужності вигляду $\Pi = f(N)$ (а), графік залежності ціни бульдозера від його маси вигляду $\Pi = f(m)$ (б), графік залежності ціни скрепера від його потужності вигляду $\Pi = f(N)$ (в), графік залежності ціни скрепера від його маси вигляду $\Pi = f(m)$ (г), графік залежності ціни автогрейдера від його потужності вигляду $\Pi = f(N)$ (д), графік залежності ціни автогрейдера від його маси вигляду $\Pi = f(m)$ (е)

Усі ціни дуже умовні, оскільки кінцева ціна повністю залежить від комплектації машини, умов, в яких вона буде працювати, та її устаткування, і є комерційною таємницею фірми виробника.

Залежність ціни машини від потужності $\Pi = f(N)$ та ціни машини від маси $\Pi = f(m)$ за видами машин наведена на рисунках: бульдозери (рис. 4, а, б); скрепери (рис. 4, в, г); автогрейдери (рис. 4, д, е).

Для землерийно-транспортних машин, робочі процеси яких розглянуті вище, рішення вказаних завдань насамперед пов'язані з підвищенням продуктивності ЗТМ за рахунок

підвищення об'ємів набраного ґрунту, зниження його втрат, підвищення робочих швидкостей у процесі копання та транспортування.

Висновки

Таким чином, з метою підвищення надійності та продуктивності проєктованих машин доцільно використовувати наведені дані, отримані на підставі статистичного аналізу техніко-економічних показників з мережі Internet, таких як:

– класифікаційні показники – визначають належність машини до визначеної типорозмірної групи, містять головний і основний параметри машини, опис її конструктивного різновиду;

– показники призначення – характеризують експлуатаційно-виробничі можливості та ступінь технічної досконалості машини (продуктивність, швидкість руху, характеристики робочого устаткування, питомі й узагальнені показники);

– показники надійності (ресурс, наробіток на відмовлення, трудомісткість технічного обслуговування і ремонту);

– показники технологічності – характеризують раціональність і ефективність конструктивних рішень;

– показники стандартизації й уніфікації – визначають застосовність у машині стандартних і уніфікованих деталей, складових частин (характеризуються коефіцієнтом застосовності й повторюваності);

– патентно-правові показники – характеризують патентну чистоту і, отже, можливості поширення машини;

– показники технічної естетики;

– ергономічні показники і показники безпеки характеризують відповідність машини санітарно-гігієнічним нормам і вимогам безпечної експлуатації.

Література

1. Рабинович В.Д. Экономическая эффективность стандартизации в машиностроении / В.Д. Рабинович. – М.: Издательство стандартов, 1968. – 108 с.
2. Бойцов В.В. Межотраслевая унификация и агрегатирование самоходных машин-орудий / В.В. Бойцов. – М.: Издательство стандартов, 1976. – 448 с.
3. Нічке В.В. Робочі процеси землерийно-транспортних машин і їх інтенсифікація / В.В. Нічке, М.А. Антонов, О.А. Єрмакова. – Х.: Вища школа, 1995. – 170 с.
4. Крившин А.П. Повышение эффективности использования дорожных машин / А.П. Крившин. – М.: Транспорт, 1980. – 188 с.
5. Плуцина Т.В. Проектирование интеллектуальных операторских станций распределенных систем управления / Т.В. Плуцина, Д.А. Маркозов // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2013. – Вып. 57. – С. 154–160.
6. Черніков О.В. Комп'ютерне моделювання та аналіз кінематичних особливостей робочого обладнання фронтального навантажувача / О.В. Черніков, І.Г. Кириченко, А.І. Москаленко // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – 2010. – Вип. 86. – С. 107–111.

Рецензент: Є.С. Венцель, професор, д.т.н., ХНАДУ.
