

## АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО РОЗВИТКУ МАЛОГАБАРИТНИХ НАВАНТАЖУВАЧІВ ІЗ БОРТОВОЮ СИСТЕМОЮ ПОВОРОТУ

Разарьонов Л. В., Розенфельд М. В., Вороновский Д. В.  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

***Анотація.** Представлено результати оцінки впливу класифікаційних ознак та експлуатаційних параметрів малогабаритних навантажувачів з бортовою системою повороту на їх рівень технічного розвитку. На підставі проведеного статистичного аналізу було отримано загальну характеристику розвитку малогабаритних навантажувачів у залежності від їх основних технічних характеристик та отримано рівняння регресії.*

***Ключові слова:** малогабаритний навантажувач з бортовою системою повороту, експлуатаційні параметри, рівняння регресії.*

### Вступ

Малогабаритний навантажувач з бортовою системою повороту (МНБП), завдяки значній кількості змінного робочого обладнання та малому розміру, може виконувати практично будь-який вид робіт навіть там, де це, здавалося б, неможливо. Володіючи невеликим розміром та здатністю розвертатися «на місці», він досить легко маневрує на будівельному майданчику, в порівнянні з машинами класичного компоновання.

Сьогодні можна використовувати малогабаритні навантажувачі на будівництві та під час ремонту автомобільних шляхів, у цивільному будівництві, в комунальній сфері, сільському господарстві та інших сферах. Використання цих навантажувачів допомагає не тільки скоротити витрати на людську працю, а й оптимізувати сам процес роботи, отже скоротити матеріальні витрати.

Широке застосування таких машин у багатьох сферах діяльності людини пояснюється їх універсальністю, мобільністю та різноманітними видами змінного робочого обладнання.

### Аналіз публікацій

Питанню дослідження малогабаритних навантажувачів із бортовою системою повороту присвячено значну кількість робіт, спрямованих на розгляд процесів, що відбуваються при взаємодії робочого обладнання з матеріалом, динамічні навантаження в робочому обладнанні, трансмісії, ходовому обладнанні, об'ємному гідроприводі [1–5]. При цьому слід зазначити, що більшість із них розглядають конкретні процеси робочого циклу, особливості конструкції, що не відо-

бражають всього спектру номенклатури машин [5].

Статистична вибірка з цілого ряду машин від провідних фірм виробників малогабаритних навантажувачів приведена в роботах [5–8], проте у представлених роботах відсутній аналіз тенденцій розвитку таких машин.

### Мета і постановка завдання

Сьогодні у світі налічується близько 100 виробників малогабаритних фронтальних навантажувачів із бортовою системою повороту, що постійно створюють та впроваджують у виробництво нові машини, з розширеними можливостями. Тому виникає потреба у визначенні рівня технічного розвитку МНБП, що не є можливим без аналізу статистичних даних з номенклатури МНБП в залежності від класифікаційних ознак та експлуатаційних показників [6].

Мета роботи полягає у проведенні аналізу впливу класифікаційних ознак та експлуатаційних параметрів малогабаритних навантажувачів на їх рівень технічного розвитку. Відповідно до поставленої мети роботи були визначені завдання дослідження: провести аналіз номенклатури машин від сучасних фірм-виробників МНБП та на основі отриманих даних скласти рівняння регресії залежності параметрів машин від їх основних технічних показників.

### Вирішення проблеми

Сучасні МНБП класифікують за основними технічно-технологічними ознаками, а саме:

- за видом ходового обладнання;
- за типом повороту машини;
- за конструкцією робочого обладнання;
- за потужністю двигуна;

- за масою машини;
- за вантажопідйомністю.



а



б



в

Рис. 1. Конструкція стріли малогабаритного навантажувача: а – класичне компонування робочого обладнання; б – реактивне виконання стріли; в – однобалкове



а



б

Рис. 2. Ходове обладнання малогабаритного навантажувача: а – колісний малогабаритний навантажувач з керованими колесами; б – малогабаритний навантажувач з гусеничним ходовим обладнанням

Фірми, що виробляють фронтальні короткобазові машини з бортовою системою повороту, створюють власні конструкції, але зберігають загальну ідею фірми «BOBCAT» (стандартне компонування) – рис. 2, а. Наприклад, у навантажувачів фірми «JCB» своя конструкція стріли, а фірми «New Holland», «John Deere», «GENL» та інші запропонували оригінальну схему кріплення робочого обладнання до остова машини.

Взагалі всі фірми, що виробляють малогабаритні фронтальні навантажувачі, проектують класичне компонування (рис 1, а) та реактивне компонування (рис 1, б), зокрема фірма «JCB», яка компонує свої машини однобалковою стрілою (рис 1, в). Всі навантажувачі бувають колісні так і гусеничні (рис. 2).

Для проведення статистичного аналізу були використані дані 58 моделей відомих фірм («BOBCAT», «Caterpillar», «Volvo», «JCB», «Komatsu», «GENL», «Mustang», «Case», «John Deere», «New Holland», «Locust» та ін.), які розглядалися в одній групі машин.

При аналізі отриманих даних щодо технічного рівня МНБП було розглянуто наступні параметри: потужність двигуна, вантажопідйомність, робоча швидкість та маса машини. У результаті проведеного аналізу виявлено загальний тренд технічного рівня малогабаритних навантажувачів за потужністю двигуна в залежності від вантажопідйомності машини (рис. 3).

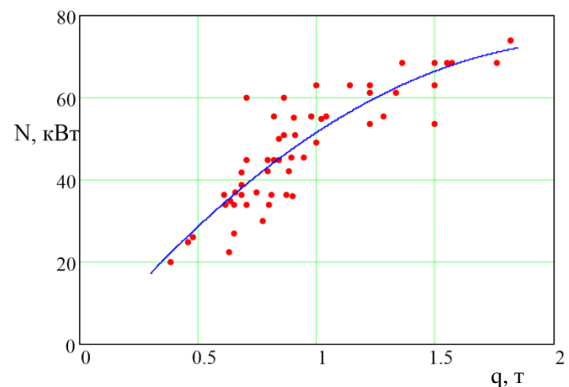


Рис. 3. Графік залежності потужності навантажувача від вантажопідйомності

Аналіз загального тренду розвитку технічного рівня малогабаритних навантажувачів, в залежності від вантажопідйомності машини (рис. 3), вказує, що переважна кількість виробників зосереджені на випуску машин із середньою вантажопідйомністю від 0,6 до 1

тонни та потужністю від 35 до 65 кВт. Зазначені навантажувачі мають дизельні двигуни фірм «Yanmar», «Camins», «Parker», «Case», «Caterpillar», «John Deere» та обладнані гідробудовними такими компаніями, як «Parker», «Bosch Rexroth», «Haldex», «Marzocchi», «Vickers», «Linde», «Kawasaki», «Sauer Danfoss» і представлені у великому виборі за своїми функціями, типами, видами і технічними характеристиками.

На основі статистичних даних (рис. 3) отримано рівняння регресії.

$$N = -2.236 + 0.07q - 1.603 \cdot 10^{-5} \cdot q^2, \text{ кВт},$$

де  $N$  – потужність двигуна, кВт;  $q$  – вантажопідйомність, т.

Слід відзначити квадратичну закономірність, залежності вантажопідйомності від потужності навантажувача.

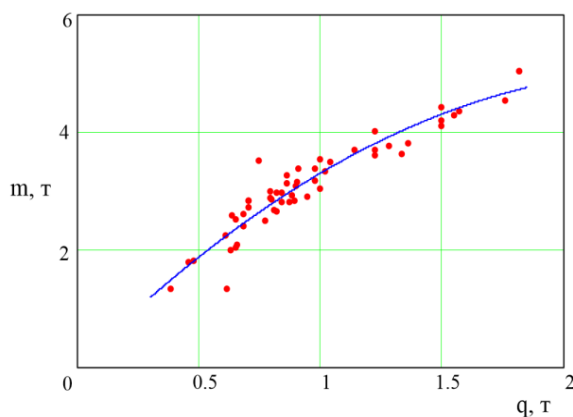


Рис. 4. Графік залежності маси навантажувача від вантажопідйомності

При обробці статистичних даних (рис. 4) отримано рівняння регресії залежності маси навантажувача від вантажопідйомності

$$m = 32.08 + 4.12q - 8.463 \cdot 10^{-4} \cdot q^2,$$

де  $m$  – маса машини, т.

Були визначені середні значення маси МНБП, його середньої вантажопідйомності й середньої потужності.

$$m_{\text{ср}} = 3,15 \text{ т}; q_{\text{ср}} = 0,88 \text{ т}; N_{\text{ср}} = 52 \text{ кВт}.$$

Одним з рекордсменів серед МНБП є фірма «BOBCAT», яка зберігає лідерство серед конкурентів завдяки широкому модельному ряду (18 моделей компактних навантажувачів

з бортовим поворотом, з яких 5 моделей на гусеницях і 1 навантажувач із керованими колесами). Вантажопідйомність машин відповідно до моделі змінювалась від 343 до 1850 кг, а потужність двигуна збільшувалась від 16,8 до 68,6 кВт.

Аналіз графіків на рис. 3 і 4 дозволяє припустити, що в перспективі буде збільшено випуск малогабаритних навантажувачів з вантажопідйомністю до 1,5 т, потужністю 60–70 кВт і масою до 5 т.

Також можна очікувати збільшення випуску невеликих МНБП вантажопідйомністю до 0,5 т, потужністю 20–30 кВт і масою до 2 т, які широко застосовуються у процесі благоустрою міських територій.

### Висновки

1. На основі аналізу технічних характеристик отримано дані про зв'язок різних характеристик малогабаритних навантажувачів з бортовою системою повороту.

2. Аналіз обробки статичних даних параметрів вказує, що маса машини визначається вантажопідйомністю, а потужність двигуна – масою машини.

2. Переважна кількість виробників зосереджені на випуску машин середньої вантажопідйомності як найбільш затребуваних.

3. Слід вважати, що навантажувачі фірм «Bobcat», «GEHL», «MUSTANG» мають найбільшу потужність двигуна приблизно на 15–20 % відсотків від середньостатичного навантажувача.

4. Аналіз графіків на рис. 3 і 4 дозволяє припустити, що в перспективі буде збільшено випуск малогабаритних навантажувачів з вантажопідйомністю до 1,5 т, потужністю 60–70 кВт і масою до 5 т.

5. Можна очікувати збільшення випуску невеликих МНБП вантажопідйомністю до 0,5 т, потужністю 20–30 кВт і масою до 2 т, які широко застосовуються під час благоустрою міських територій.

### Література

1. Кириченко И.Г. Объёмный гидропривод в мобильных подъемниках с рабочими платформами : монография / И.Г. Кириченко, Г.А. Аврунин, В.Б. Самородов, А.В. Ярыжко. – Харьков: ХНАДУ, 2018. – 295 с.
2. Холодов А.М., Руднев В.К., Гарнец В.Н. / Технические основы створения машины – У.К.: НКМ ВО. 1992. – 300 с
3. Назаров Л.В., Шевченко В.А., Разарёнов Л.В., Определение траектории движения и радиус-

- са поворота короткобазового погрузчика с гидрообъемными трансмиссиями. // Сб. науч. тр. Интенсификация рабочих процессов строительных и дорожных машин. / Сб. науч. тр. / Днепропетровск: ПГАСА №10. – С. 74–79.
4. Назаров Л.В. Особенности поворота малогабаритного погрузчика типа ПМТС 1200 / Л.В. Назаров, В.П. Исто-мин, Л.В. Разарёнов // Вестник ХНАДУ. –2004. –№25. – С. 54–58.
  5. Разарёнов Л.В. Повышение эффективности работы короткобазовых колесных погрузчиков с бортовой системой поворота: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук: спец. 05.05.04 «Машины для земляных, дорожных та лесотехнических работ» / Л.В. Разаренов. – Х., 2011. – 22 с.
  6. Вороновский Д.В. Анализ показателей малогабаритных погрузчиков с бортовой системой поворота / Вороновский Д.В. Автомобильный транспорт в аграрном секторе: проектирования, дизайн та технологична експлуатація // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції – Харків: ХНТУСГ, 2020. – С.116–118.
  7. Разаренов Л.В. Методика и результаты испытаний фронтального погрузчика ПМТС 1200 / Л.В. Разарёнов // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. - Харьков: ХНАДУ. – 2003. – Вып. 11. – С. 105–108.
  8. Семёнов В. Особый класс техники [Электронный ресурс] / В. Семенов // Основные средства. - Режим доступа: <http://www.os1.ru/article/6822-osobiy-klass-tehniki>. - 20.09.2021
- ta lesotekhnicheskikh rabot» / L.V. Razarenov. – H., 2011. – 22 s.
6. Voronovskij D.V. Analiz pokazatelej malogabaritnyh pogruzchikov s borotovoj sistemoj povorota / Voronovskij D.V. Avtomobil'nyj transport v agrarnomu sektori: proektuvannya, dizajn ta tekhnologichna ekspluataciya. Materiali Mizhnarodnoї nauko-vo-praktichnoї konferencii – Harkiv: HNTUSG, 2020. – 116-118 s.
  7. Razarenov L.V. Metodika i rezul'taty is-pytanij frontal'nogo pogruzchika PMTS 1200 / L.V. Razaryonov // Avtomobil'nyj transport: sb. nauch. tr. - Har'kov: HNADU. – 2003. – Vyp. 11. - S. 105-108.
  8. Semyonov V. Osobyj klass tekhniki [Elek-tronnyj resurs] / V. Semenov // Osnovnye sredstva. - Rezhim dostupu: <http://www.os1.ru/article/6822-osobiy-klass-tehniki>. - 20.09.2021

**Разарёнов Л. В.**, к.т.н. (PhD), Харківський національний автомобільно-дорожній університет, доцент кафедри будівельних та дорожніх машин ім. А. М. Холодова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7597-2053>; e-mail: [lrazarenof@gmail.com](mailto:lrazarenof@gmail.com).

**Розенфельд М.В.**, інж., Харківський національний автомобільно-дорожній університет, інженер кафедри будівельних та дорожніх машин ім. А. М. Холодова, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6397-7319>; e-mail: [nklrznfld0110@rambler.ru](mailto:nklrznfld0110@rambler.ru).

**Вороновський Д.В.**, інж., Харківський національний автомобільно-дорожній університет, інженер кафедри будівельних та дорожніх машин ім. А. М. Холодова, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1682-3055>; e-mail: [voronovskyy.denis@gmail.com](mailto:voronovskyy.denis@gmail.com)

### References

1. Kirichenko I.G. Ob"yomnyj gidroprivod v mobil'nyh pod"yomnikah s rabochimi platformami : monografiya / I.G. Kirichenko, G.A. Avrunin, V.B. Samorodov, A.V. YArzhko. – Har'kov : HNADU, 2018. – 295 s.
2. A.M. Holodov, V.K. Rudnev, V.N. Garnec / Tekhnichni osnovi stvorenniya mashini – U.K.: NKM VO. 1992. – 300 s
3. L.V. Nazarov, V.A. Shevchenko, L.V. Razaryonov, Opredelenie traektorii dvizheniya i radiusa povorota korotkobazovogo pogruzchika s gidroob"yomnymi transmissiyami. // Sb. nauchn. tr, Intensifikaciya rabochih proces-sov stroitel'nyh i dorozhnyh mashin. / Sb nauch. tr. / Dnepropetrovsk: PGASA №10. –S 74-79
4. Nazarov L.V. Osobennosti povorota malogabaritnogo pogruzchika tipa PMTS 1200 / L.V. Nazarov, V.P. Isto-min, L.V. Razaryonov // Vestnik HNADU. –2004. – No25. – S. 54–58 s.
5. Razaryonov L.V. Povyshenie effektivno-sti raboty korotkobazovyh kolesnyh po-gruzchikov s bortovoj sistemoj povorota: avtoref. dis. na soiskanie uchen. stepeni kand. tekhn. nauk: spec. 05.05.04 «Mashiny dlya zemlyanyh, dorozhnyh

### Analysis of technical development of small-sized loaders with on-board swing system

**Abstract.** Due to the spread of small-sized loaders with on-board swing system (SLOS), it has become necessary to determine the level of their technical development. To understand the set task, a review of small-sized loaders, their classifications, performance parameters and implements was made. Modern SLOS manufacturers were analysed; their design features; main operating parameters: engine power, load capacity, speed and vehicle weight. An analysis of recent papers describing SLOS performance was conducted. It should be noted that most of them consider specific workflow processes, design features that do not reflect the full range of such machines. To solve this problem, a statistical analysis of the SLOS nomenclature data was performed depending on the classification features and performance indicators. This article presents the assessment of the impact of SLOS performance parameters and classification features on their level of technical development. Based on statistical data, the regression equations of the dependences were

*obtained: engine power on load capacity; loader weight on load capacity; dependences of performance parameters were plotted. General trends in the technical development of small-sized loaders were established. The vast majority of manufacturers focus on the production of medium-capacity loaders, as they are in the greatest demand. The analysis of the graphs suggests that in the future production of small-sized loaders with the load capacity of up to 1.5 tons, engine power of 60-70 kW and weight of up to 5 tons will increase. We can also predict growing production of compact SLOS with the load capacity of up to 0.5 tons, engine power of 20-30 kW and weighing up to 2 tons, which are widely used in urban landscaping. With the help of the present paper we can predict development trends, establish weaknesses of modern SLOSs and avoid competition when designing new loaders.*

**Key words:** *small-sized loader with on-board swing system, performance parameters, regression equation.*

**Razarenov L. V.**, PhD Assoc. Prof., candidate of Engineering Sciences, Department of Construction and Road-Building Machinery, Kharkiv National Automobile and Highway University, 25 Yaroslava Mudroho, Kharkiv, 61002, Ukraine, tel. +380975987654., [lrazarenof@gmail.com](mailto:lrazarenof@gmail.com).

**Rozenfel'd M.V.**- Department of Construction and Road-Building Machinery, Kharkiv National Automobile and Highway University, 25 Yaroslava Mudroho, Kharkiv, 61002, Ukraine, tel. +380686180584, e-mail: [kr426571@gmail.com](mailto:kr426571@gmail.com)

**Voronovskyy D.V.**, - Department of Construction and Road-Building Machinery, Kharkiv National Automobile and Highway University, 25 Yaroslava Mudroho, Kharkiv, 61002, Ukraine, tel. +380663572304, e-mail: [voronovskyy.denis@gmail.com](mailto:voronovskyy.denis@gmail.com)

---