

УДК 624.132.1

Аналіз конструкцій та концепції розвитку компактного екскаваційного обладнання

Олександр Тетерятник¹, Олександр Костенюк², Анатолій Фомін³

Київський національний університет будівництва і архітектури
пр-т Повітрофлотський, 31; Київ, Україна, 03037

¹tetryatnik@ua.fm, orcid.org/0000-0002-9983-0551

²kostenyukOO@i.ua, orcid.org/0000-0002-3281-6747

³fomin.av@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0002-5990-4384

Отримано 21.10.2018; прийнято 20.12.2018

DOI: 10.31493/gbdmm1892.0401

Анотація. Збільшення земляних робіт незначних об'ємів, особливо в межах великих міст та передмістях, обумовлює зростання кількості фірм, які мають у своєму модельному ряду такий клас техніки як мініекскаватори. Цю компактну та маневрену техніку вже достатньо широко використовують різноманітні структури та служби для виконання допоміжних робіт з екскавації невеликих об'ємів ґрунту. Часто такі роботи виконуються причіпним (навісним) екскаваційним обладнанням, яке агрегатується з тракторами загального призначення.

Для виконання таких робіт необхідну техніку можна придбати або взяти в оренду. Основними недоліками такого шляху є достатньо велика вартість нової техніки та вартість її оренди. Якщо частина землерийних робіт по відношенню до загальних робіт є незначна, то такий напрямок вирішення ситуації буде економічно недоцільним.

У випадку використання навісного обладнання існує необхідність в переобладнанні базового трактора, що зумовлює втрату функціональних можливостей машини саме як трактора або необхідність періодичного проведення демонтажу і монтажу цього обладнання.

При використанні причіпного обладнання базова машина не втрачає своєї функціональності і може у будь-який момент бути використана за своїм основним призначенням. При цьому для зменшення маси та підвищення маневреності причіпного обладнання його живлення здійснюється від базової машини через вал відбору потужності.

Провівши аналіз представлених на ринку тракторів загального призначення, можна про-

рахувати робочі зусилля екскаваційного обладнання та визначити об'єм ковша, який найбільш оптимально відповідатиме застосуванню його як універсального причіпного обладнання з можливістю агрегування на більшу частину сучасних тракторів загального призначення.

Ключові слова: екскаваційне обладнання, вал відбору потужності, мініекскаватор, причіпне обладнання, трактор загального призначення.

ВСТУП

В межах великих міст та передмістях проводиться достатньо велика кількість земляних робіт невеликих об'ємів. Ці роботи потребують проведення екскаваційних робіт в межах 5...30м³. Причому в умовах економічної кризи дуже часто на перший план виходить не час виконання цих робіт, а їх собівартість.

Іноземні виробники землерийної техніки вже достатньо давно відреагували на ці потреби, значно розширивши модельний ряд техніки, що випускається. Дуже часто виникає необхідність не в придбанні окремої спеціалізованої одиниці техніки, а в причіпному (навісному) обладнанні, яке може бути агрегатоване з уже існуючим у наявності трактором загального призначення.

МЕТА РОБОТИ

Мета роботи – розгляд концепції розвитку компактного екскаваційного обладнання з можливістю уніфікації з тракторами загального призначення.

Задачею даного дослідження є проведення аналізу конструкцій компактного екскаваційного обладнання та техніки і синтез раціональної конструкції причіпного екскаваційного обладнання.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

В сучасному мегаполісі існує велика кількість різноманітних структур та служб, виконання безпосередніх обов'язків яких потребує проведення допоміжних (підготовчих) робіт з екскавації невеликих об'ємів ґрунту. Якщо не приймати до уваги підрозділи і служби аварійного реагування та ліквідації наслідків аварій, які, зазвичай, укомплектовані штатними одиницями землерийної техніки (екскаваторами, мініекскаваторами, малогабаритними універсальними навантажувачами тощо (Рис. 1, 2)), то залишаються служби, які для проведення таких земляних робіт використовують наявну техніку, а якщо вона відсутня – засоби малої механізації і навіть ручну працю. Велика кількість цих підрозділів мають у своєму складі трактори загального призначення, які використовуються здебільшого як транспортні засоби [1, 2].

Придбання техніки є найкращим варіантом, бо надає певної незалежності при її застосуванні та при плануванні робіт на довготривалий період. Майже всі великі виробники будівельної та землерийної техніки в останній час значно розширили модельний ряд техніки, що випускається. Цим кроком виробники забезпечують собі розширення ринків збуту, до яких відносяться невеликі будівельні компанії, різноманітні служби та підрозділи, приватні підприємці, тобто всі, для кого придбання екскаваторів 4-ї, 3-ї та 2-ї розмірних груп є економічно недоцільним. Позитивним моментом є можливість підбору цих машин під необхідну продуктивність, що дозволяє оптимізувати робочий процес на будівель-

ному майданчику (зменшувати простої та перенавантажування техніки). Ці переваги зумовлюють стабільне зростання кількості цих машин на ринку [3].



Рис. 1. Мініекскаватор

Fig. 1. Mini excavator



Рис. 2. Малогабаритний універсальний навантажувач

Fig. 2. Small-sized universal loader

Ще одним цікавим напрямком розвитку техніки, що може зацікавити покупців, є так звані спайдер-екскаватори (Рис. 3). Завдяки оригінальній конструкції ходової частини ці машини позиціонуються як дуже мобільні, малогабаритні, але достатньо потужні екскаватори для роботи в важкодоступних місцях [4]. Виробники такої техніки намагаються розширити як модельний ряд запропонованих машин, так і тех-

нічне оснащення екскаваторів, пропонуючи як змінне обладнання гідромолот та грейферний ківш. Збільшення модельного ряду приводить до появи як повнопривідних модифікацій (в найбільш потужному виконанні та з максимальною комплектацією), так і модифікацій, які не мають приводу для переміщення машини і транспортуються додатковими засобами транспортування. При цьому ця техніка має недолі-



Рис. 3. Спайдер-екскаватор за роботою

Fig. 3. Spider-excavator at work

ки, що притаманні мініекскаваторам, а саме – достатньо висока ціна, висока вартість технічного обслуговування та необхідність в підготовці висококваліфікованих кадрів для керування екскаватором.

Альтернативою придбання нової техніки є її оренда. Орендувати техніку можна на необхідний термін роботи та необхідної попередньо визначеної продуктивності.

В останні декілька років намітилася позитивна тенденція в напрямку збільшення пропозиції в цій сфері, але слід зазначити, що попит в цій області значно залежить від загальної ситуації в будівельній галузі [5].

Крім того, значна вартість оренди такої техніки може значно підвищувати собівартість розробки ґрунту по відношенню до, наприклад, ручної праці, що значно гальмує збільшення пропозиції в цьому сегменті ринку.

Ще одним напрямком розвитку екскаваторного обладнання є використання навісного та причіпного його типів.

При застосуванні навісного обладнання виникає необхідність в переобладнанні базової машини (встановлення додаткової тягової або несучої рами, встановлення додаткової противаги тощо). Недоліком буде втрата функціональних можливостей переробленої машини саме як трактора, або виникне необхідність в постійному демонтажі та наступному монтажі навісного обладнання, що пов'язано з додатковими витратами.

При використанні причіпного обладнання базова машина не втрачає своєї функціональності і може у будь-який момент бути використана за своїм основним призначенням (як звичайний трактор). Ця перевага перед навісним екскаваторним обладнанням у деяких випадках може бути вирішальною.

Відомі компанії – виробники землерийної техніки – не вкладають великі гроші в розробку та створення причіпного обладнання. Відсутність виробників причіпного обладнання призвела до того, що в США та інших країнах створюється таке обладнання самостійно споживачами для індивідуального використання (Рис. 4, 5).



Рис. 4. Саморобне причіпне екскаваторне обладнання

Fig. 4. Self-made refractory excavation equipment



Рис. 5. Причіпне екскаваційне обладнання

Fig. 5. Refractory excavation equipment



Рис. 6. Причіпне двовісне обладнання

Fig. 6. Refractory biaxial equipment

В останні роки започатковано виробництво причіпного обладнання на базі двовісного причепа (Рис. 6). Основною перевагою цього обладнання є повна автономність. Це дає змогу використовувати його з будь-яким транспортним засобом. Головною умовою є можливість його транспортування (за силою тяги). Наявність потужного позашляховика може бути достатньою умовою для використання його як транспортувальної машини [6].

Недоліком переліченого екскаваторного обладнання є значна маса причепа та досить великі габарити, що зменшує його маневреність.

Для зменшення маси та підвищення маневреності причіпного обладнання його живлення забезпечується від базової машини (Рис. 7).

Аналіз наявних на даний час тракторів загального призначення (Табл. 1) показує невелику розбіжність в їх номінальних потужностях [7, 8]. Це зумовлено тим, що велика кількість виробників використовує базові моделі тракторів, що успішно зарекомендували себе під час експлуатації.

Таблиця 1. Основні характеристики сучасних тракторів загального призначення

Table 1. Main features of modern general purpose tractors

Параметри	Індекс машини								
	Пневмоколісні							Гусеничні	
	MT3-82	ХТЗ-150К	MT3-102	ЮМЗ-10264Н	КІЙ-14102	Zetor Proxima Plus 90	New Holland TD5	ДТ-75Н	Т-4АП
Тяговий клас	1,4	4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	3	4
Номінальна потужність, кВт	55	132	74,3	73,55	77,2	81	81	66	96
Трансмісія	Механічна	Механічна	Механічна	Механічна	Механічна	–	–	Механічна	Механічна
Габаритні розміри, мм (ДхШхВ)	3930х1970х2470	6596х2460х3490	4205х1970х2808	4180х1990х2680	4090х1970х2530	4180х1940х2800	4200х2000х2710	4240х1850х2730	4345х1952х2565
Експлуатаційна маса, кг	3580	8460	3950	4300	3890	4050	4170	6610	9050

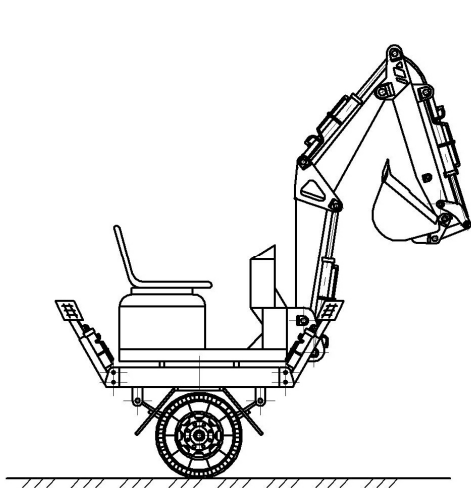


Рис. 7. Причіпне екскаваційне обладнання

Fig. 7. Refractory excavation equipment

Майже всі трактори мають вал відбору потужності, який стандартизовано за частотою обертання. Ці частоти мають дві величини: 540 та 1000 об/хв. Взявши за основу цей параметр, можна прорахувати робочі зусилля екскаваційного обладнання та визначити об'єм ковша, який найбільш оптимально можна застосовувати як універсальне причіпне обладнання з можливістю агрегування на більшу частину сучасних тракторів загального призначення.

Крім того, можна передбачити можливість підключати гідророзподільник причіпного обладнання до гідравлічної системи трактора (для тракторів, що мають відповідні виходи). Це надасть можливість виключити з процесу роботи привідний гідронасос, а також вал відбору потужності, так як екскаваційне обладнання буде працювати напряму від гідросистеми трактора. Це призведе до збільшення ККД приводу та зменшення витрати пального.

Враховуючи досвід закордонних фірм, можна розвинути можливості уніфікації причіпного екскаваційного обладнання ще далі. Це можна досягнути забезпеченням можливості роботи робочого обладнання без застосування енергії базової машини. Для цього можна передбачити можливість комплектувати обладнання додатковими елементами (Рис. 8), а саме ДВЗ або дизельним двигуном приводу гідронасосу робочого обладнання та навіть окремими гідро-

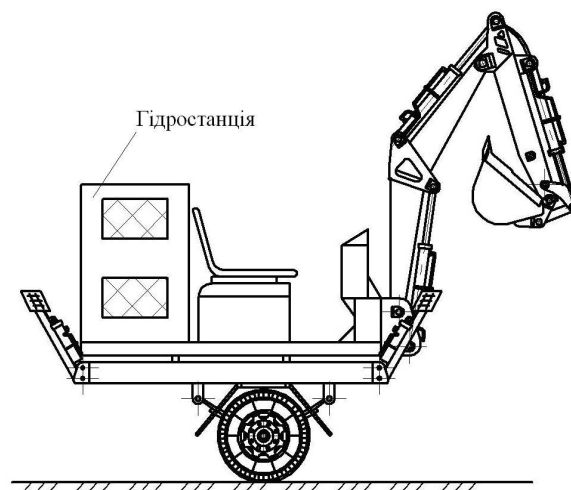


Рис. 8. Незалежне екскаваційне обладнання

Fig. 8. Independent excavation equipment

станціями. Це надасть причіпному екскаваційному обладнанню незалежності від базової машини.

ВИСНОВКИ

Були розглянуті існуючі конструкції екскаваторів невеликої продуктивності. Проведено аналіз та порівняння конструкцій та можливих технічних рішень для проведення екскаваційних робіт невеликих об'ємів. Основним напрямком розвитку такої техніки є мініекскаватори та універсальні навантажувачі. Для агрегування на трактори загального призначення майже не виготовляється обладнання, що може забезпечити виконання екскаваційних робіт без зміни функціональності самого трактора.

Представлене причіпне екскаваційне обладнання дозволяє охопити цей сегмент ринку і, врахувавши порівняльні характеристики тракторів, забезпечити під їх базові потужності відповідну потужність робочого обладнання.

Задачею подальших досліджень є визначення можливості модульного компонування причіпного екскаваційного обладнання, що забезпечить можливість роботи на ньому за допомогою машин різних класів та призначення.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Лаговський В.В., Паянок Т.М.** Моделювання динаміки розвитку будівельної галузі України / електронне наук. фахове видання «Глобальні та національні проблеми економіки», - № 23, - 2018. - С.710-716.
2. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>
3. Mini Excavators Market by End-user Industry (Construction, Agriculture, and Others) - Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2018-2025. URL: <https://www.alliedmarketresearch.com/mini-excavators-market>.
4. The most versatile series in the world of spider excavators. URL: <http://www.euromach.com/eng/walking-excavator-production.php>.
5. Оренда спецтехніки будівельної в Києві. URL: <https://police-press.info/tehnika/20-arenda-spectehniki.html>.
6. Homemade diggers and backhoes. Digger plans and current manufacturers. URL: http://www.oilyhands.co.uk/Build_your_own_digger.htm.
7. Будівельна і причіпна техніка на виставці KyivBuild Ukraine 2017. URL: <http://www.avtocentre.ua/ua/kommercheskie/so-bytie-kommercheskie/ctroitelnaya-i-pritsepnaya-tehnika-na-vystavke-kyivbuild-ukraine-2017-344958.html>.
8. Найцікавіші моделі сільгосптехніки виставки AGROEXPO-2018. URL: <https://www.ukragroexpo.com/exhibition/news/naitsikavishi-modeli-silhosptekhniky-vystavky-agroexpo2018-foto>.
9. **Kuprienko P.** Nanomodified natural aluminum silicates in technology treatment of industrial waste and the production of building materials / P. Kuprienko, S. Lapowska, N. Kuprienko // – Underwater Technologies – Iss.05, – 2017. – P. 74-83.
10. **Nadutyi V.** Analysis of the integrated dewatering of fine fractions of granite / V. Nadutyi, V. Chelyschkina, S. Kostyrya // Underwater Technologies, Iss.03, – 2016. – P. 41-46.
2. Official site of the State statistics service of Ukraine. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (in Ukrainian).
3. Mini Excavators Market by End-user Industry (Construction, Agriculture, and Others) - Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2018-2025. URL: <https://www.alliedmarketresearch.com/mini-excavators-market>.
4. The most versatile series in the world of spider excavators. URL: <http://www.euromach.com/eng/walking-excavator-production.php>.
5. Rent of construction equipment in Kyiv. URL: <https://police-press.info/tehnika/20-arenda-spectehniki.html> (in Ukrainian).
6. Homemade diggers and backhoes. Digger plans and current manufacturers. URL: http://www.oilyhands.co.uk/Build_your_own_digger.htm.
7. Konstruktion and trailer machinery at the exhibition KyivBuild Ukraine 2017. URL: <http://www.avtocentre.ua/ua/kommercheskie/so-bytie-kommercheskie/ctroitelnaya-i-pritsepnaya-tehnika-na-vystavke-kyivbuild-ukraine-2017-344958.html> (in Ukrainian).
8. The most interesting models of agricultural machinery exhibition AGROEXPO-2018. URL: <https://www.ukragroexpo.com/exhibition/news/naitsikavishi-modeli-silhosptekhniky-vystavky-agroexpo2018-foto> (in Ukrainian).
9. **Kuprienko P., Lapowska S., Kuprienko N, 2017.** Nanomodified natural aluminum silicates in technology treatment of industrial waste and the production of building materials. Underwater Technologies, Iss.05, 74-83.
10. **Nadutyi V., Chelyschkina V., Kostyrya S., 2016.** Analysis of the integrated dewatering of fine fractions of granite. Underwater Technologies, Iss.03, 41-46 (in Russian).

Analysis of constructions and development concepts compact excavating equipment

*Aleksandr Teteryatnik, Aleksandr Kostenyuk,
Anatoly Fomin*

Abstract. The increase in earthworks of small volumes, especially within large cities and suburbs, causes an increase in the number of firms that have such a class of equipment as mini excavators in its lineup. This compact and maneuvering technique is already widely used by various structures and services to perform auxiliary work on excavating small amounts of soil. But very often there is a ne-

REFERENCES

1. **Lagovsky V.V., Payanok T.M., 2018.** Modeling the dynamics of the construction industry in Ukraine. / electronic scientific professional edition «Global and national problems of the economy», № 23, с.710-716 (ISSN: 2413-3965), (in Ukrainian)/

cessity not to purchase a special specialized unit of technology, and in a trailer (mounted) equipment, which can be aggregated with an already existing tractor of general purpose.

To perform such types of work, the necessary equipment can be purchased or leased. The main drawbacks of this way are the high cost of new equipment and the cost of renting it. If the share of excavation work in relation to general works is insignificant, then such a direction of the solution of the situation will be economically inexpedient.

Another direction of development of excavation equipment is the use of hinged and trailer types. In the first case, there is a need to rebuild the base machine, which causes the loss of functional capabilities of the machine as a tractor or the need for periodic dismantling of this equipment.

In the second case, that is, when using trailer equipment, the base machine does not lose its functionality and can at any moment be used for its main purpose. In order to reduce the mass and increase the maneuverability of the trailer equipment, its power supply is carried out from the base machine through the power take-off shaft.

After analyzing the general purpose tractors presented on the market, one can calculate the workload of excavating equipment and determine the bucket size, which will best suit its application as a universal trailer equipment with the ability to aggregate for most of modern general purpose tractors.

Key words: excavation equipment, power take-off shaft, mini excavator, trailer equipment, general purpose tractor.