

## Методика дослідження та розрахунку універсальних машин для підготовчих робіт – навантажувачів

Вадим Мариніч, студент<sup>1</sup> (ORCID: 0009-0006-1500-476X),  
Микола Ручинський, проф., канд. техн. наук<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0002-9362-292X)

<sup>1</sup> Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

### АНОТАЦІЯ

У роботі розглянуто класифікацію, конструктивні особливості та сфери застосування навантажувачів у будівельному виробництві. Подано базові формули для розрахунку продуктивності та приклад інженерного обчислення для підготовчих робіт.

*Ключові слова:* навантажувач, підготовчі роботи, продуктивність, цикл, ковш, логістика будівництва.

### 1. ВСТУП

Навантажувачі забезпечують механізацію вантажно-розвантажувальних операцій та внутрішньооб'єктної логістики на підготовчому етапі. Їх ефективність визначається правильно підібраними параметрами та режимами роботи.

### 2. ЛОГІСТИКА БУДІВНИЦТВА

Ефективне використання навантажувачів у будівельному виробництві неможливе без організації внутрішньооб'єктної логістики. Логістика будівництва передбачає оптимізацію матеріальних потоків на будівельному майданчику, включаючи подачу, складування, транспортування та розподіл будівельних матеріалів.

Навантажувачі виконують ключову роль у цій системі, оскільки забезпечують швидке завантаження та розвантаження транспорту, подачу матеріалів безпосередньо до зони виконання робіт, а також переміщення будівельних елементів між зонами. Рациональне планування маршрутів їх руху, вибір місць тимчасового складування і синхронізація роботи з іншими видами техніки дозволяють зменшити простой та втрати часу. Це підвищує продуктивність, скорочує тривалість підготовчого етапу та знижує загальні витрати будівництва. У сучасних умовах логістика будівництва все більше інтегрується з цифровими технологіями: GPS-навігацією, системами моніторингу парку машин та програмами управління матеріальними потоками, що забезпечує підвищення ефективності використання навантажувачів.

### 3. ОГЛЯД НАВАНТАЖУВАЧІВ, ПРЕДСТАВЛЕНИХ НА РИНКУ

Огляд здійснено за типами машин та основними класами вантажопідйомності.

- Фронтальні колісні навантажувачі (1,5–5 м<sup>3</sup> ковш, 6–20 т).
- Телескопічні навантажувачі (висота підйому 6–18 м; вантажопідйомність 2,5–6 т).
- Вилкові (складські) навантажувачі (електричні/ДВЗ, 1,5–8 т).
- Міні-навантажувачі (skid-steer) з навісним обладнанням (0,3–1,0 м<sup>3</sup>).

Зарубіжні виробники (типові представники ринку): Caterpillar, Komatsu, Volvo CE, JCB, Liebherr, Develon (Doosan). Ці виробники охоплюють увесь спектр вантажопідйомності та пропонують широкий вибір навісного обладнання, а також електрифіковані та гібридні модифікації.

Вітчизняний ринок переважно представлений імпортними машинами через офіційні дилерські мережі, а також локальними рішеннями на базі тракторів із фронтальними навантажувачами та навісним обладнанням. Для вибору машин на підготовчі роботи доцільно враховувати наявність сервісу, доступність запчастин та відповідність параметрів (ковш/висота/радіус) логістичній схемі майданчика.

### 4. КЛАСИФІКАЦІЯ ТА КОНСТРУКЦІЯ

Колісні та гусеничні навантажувачі мають різні сфери застосування. Колісні відзначаються високою маневровістю та швидкістю пересування, що робить їх ефективними для роботи на облаштованих майданчиках з твердим покриттям. Гусеничні ж навантажувачі забезпечують стійкість і прохідність на слабких ґрунтах і нерівних поверхнях. Фронтальні навантажувачі широко використовуються для переміщення сиких матеріалів та завантаження транспорту, вилкові – для роботи зі складськими вантажами і піддонними конструкціями, а телескопічні – для подачі вантажів на висоту. Сучасні машини обладнуються змінними робочими органами: ковшами, вилами, захватами, планувальними відвалами, що значно розширює їх функціональні можливості. Важливими параметрами, які визначають ефективність, є місткість ковша ( $V_k$ ), коефіцієнт наповнення ( $k_n$ ), вантажопідйомність, висота підйому, швидкість руху і радіус повороту.

### 5. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ НАВАНТАЖУВАЧІВ

Для оцінювання ефективності використання навантажувачів проведемо дослідження залежності продуктивності від відстані транспортування матеріалу.

Загальна формула продуктивності:

$$Q = (3600 \cdot m_{\text{ц}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{в}}) / t_{\text{ц}}, \quad (1)$$

де  $m_{\text{ц}} = \rho \cdot V_k \cdot k_n$  — маса матеріалу за цикл;

$t_{\text{ц}} = t_{\text{набір}} + 2L/v_{\text{ср}} + t_{\text{розвант}} + t_{\text{маневр}}$  — тривалість циклу;  
 $K_{\text{т}}$  — коефіцієнт використання часу;  
 $K_{\text{в}}$  — коефіцієнт технічної готовності.

Якщо прийняти середню швидкість руху  $v_{\text{ср}} = (2 \cdot v_{\text{завант}} \cdot v_{\text{порож}}) / (v_{\text{завант}} + v_{\text{порож}})$ , тоді час циклу можна подати як функцію від відстані  $L$ :

$$t_{\text{ц}}(L) = t_{\text{набір}} + (2L / v_{\text{ср}}) + t_{\text{розвант}} + t_{\text{маневр}} \quad (2)$$

Отже, продуктивність як функція відстані:

$$Q(L) = (3600 \cdot \rho \cdot V_k \cdot k_n \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{в}}) / [t_{\text{набір}} + (2L / v_{\text{ср}}) + t_{\text{розвант}} + t_{\text{маневр}}] \quad (3)$$

Приклад: для  $V_k=1.5 \text{ м}^3$ ,  $\rho=1.8 \text{ т/м}^3$ ,  $k_n=0.9$ ,  $v_{\text{завант}}=1.67 \text{ м/с}$ ,  $v_{\text{порож}}=2.22 \text{ м/с}$ ,  $t_{\text{набір}}=10 \text{ с}$ ,  $t_{\text{розвант}}=8 \text{ с}$ ,  $t_{\text{маневр}}=6 \text{ с}$ ,  $K_{\text{т}}=0.85$ ,  $K_{\text{в}}=0.95$ , отримуємо залежність  $Q(L)$ . При  $L=20 \text{ м}$ ,  $Q \approx 148 \text{ т/год}$ ; при  $L=40 \text{ м}$ ,  $Q \approx 111 \text{ т/год}$ ; при  $L=60 \text{ м}$ ,  $Q \approx 89 \text{ т/год}$ . Це демонструє зворотну залежність продуктивності від довжини плеча транспортування.

На рисунку 1 подано циклограму роботи навантажувача для підготовчих робіт (на прикладі транспортування щебеню).

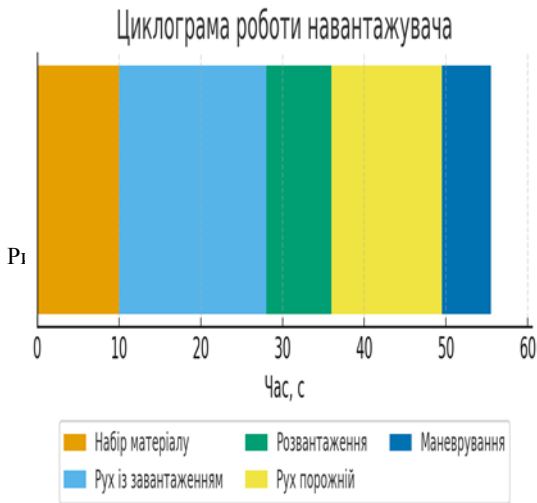


Рисунок 1. Циклограма роботи навантажувача

На рисунку 2 подано графік зміни продуктивності навантажувача  $Q(L)$  при зміні довжини плеча транспортування.

Залежність продуктивності навантажувача від відстані транспортування

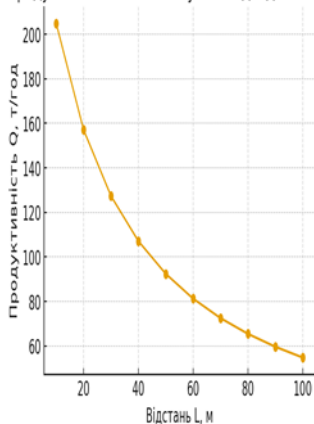


Рисунок 2. Залежність продуктивності навантажувача від відстані транспортування

Загальний розрахунок продуктивності проводиться в наступній послідовності:

1. Маса за цикл:

$$m_{\text{ц}} = \rho \cdot V_k \cdot k_n \quad (4)$$

2. Час циклу:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{набір}} + t_{\text{рух(завант)}} + t_{\text{розвант}} + t_{\text{рух(порож)}} + t_{\text{маневр}} \quad (5)$$

3. Кількість циклів за годину:

$$n = 3600 / t_{\text{ц}} \quad (6)$$

4. Годинна продуктивність (об'ємна):

$$Q_v = n \cdot V_k \cdot k_n \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{в}} \quad (7)$$

5. Годинна продуктивність (масова):

$$Q_m = n \cdot m_{\text{ц}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{в}} \quad (8)$$

Приклад розрахунку:

Вихідні дані:  $V_k=1.5 \text{ м}^3$ ,  $\rho=1.8 \text{ т/м}^3$ ,  $k_n=0.90$ ;  $L=30 \text{ м}$ ,  $v_{\text{завант}}=6 \text{ км/год}$  ( $1.67 \text{ м/с}$ ),  $v_{\text{порож}}=8 \text{ км/год}$  ( $2.22 \text{ м/с}$ );  $t_{\text{набір}}=10 \text{ с}$ ,  $t_{\text{розвант}}=8 \text{ с}$ ,  $t_{\text{маневр}}=6 \text{ с}$ ;  $K_{\text{т}}=0.85$ ,  $K_{\text{в}}=0.95$ .

Розрахунок:

- $m_{\text{ц}}=1.8 \cdot 1.5 \cdot 0.90=2.43 \text{ т}$
- $t_{\text{рух(завант)}}=30/1.67 \approx 18.0 \text{ с}$ ;  $t_{\text{рух(порож)}}=30/2.22 \approx 13.5 \text{ с}$
- $t_{\text{ц}}=10+18+8+13.5+6=55.5 \text{ с}$
- $n=3600/55.5 \approx 64.9 \text{ циклів/год}$
- $Q_v \approx 70.7 \text{ м}^3/\text{год}$
- $Q_m \approx 127.3 \text{ т/год}$

## 6. ВИСНОВКИ

- Подано уніфікований підхід до оцінювання продуктивності навантажувачів за циклограмою..
- Наведені формули та приклад дозволяють швидко адаптувати розрахунок під конкретний майданчик.
- Логістика будівництва потребує узгодження роботи навантажувачів з іншими процесами для скорочення витрат і підвищення ефективності.
- Подальший розвиток можливий завдяки цифровим технологіям управління та автоматизації.

## Список літератури

- [1] Міхлін В. М. Логістика будівельного виробництва. Київ : КНУБА, 2021. 180 с.
- [2] Ковальчук О. В., Петренко М. С. Будівельні та дорожні машини: Конструкція, експлуатація та технічне обслуговування. Львів : Світ, 2019. 356 с.
- [3] Мельник В. П., Сидоренко Ю. Г. Логістика в будівництві: організація та управління матеріальними потоками. Київ : КНУБА, 2020. 224 с.
- [4] Гринько А. О., Шевченко І. М. Машини для земляних і вантажно-розвантажувальних робіт: навчальний посібник. Харків : ХНУБА, 2021. 298 с.