

МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 621.867.33

В. М. БОГОМАЗ^{1*}, В. Й. НАГАЧЕВСЬКИЙ², М. В. ПРИЙМАК³

^{1*}Каф. військової підготовки спеціалістів Державної спеціальної служби транспорту, Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (096) 472 14 04, ел. пошта wbogomas@i.ua, ORCID 0000-0001-5913-2671

²Каф. інженерної техніки, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, вул. Героїв Майдану, 32, Львів, Україна, 79012, тел. +38 (067) 790 79 28, ел. пошта slavik.inaq@gmail.com, ORCID 0000-0003-3362-5210

³Каф. військової підготовки спеціалістів Державної спеціальної служби транспорту, Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (093) 478 65 16, ел. пошта m.v.pryimak@ust.edu.ua, ORCID 0000-0003-4885-1931

Аналіз впливу параметрів експлуатації машин на технічні характеристики елеватора в пункті чищення та миття парку техніки

Мета. Дослідження спрямовано на визначення характеру впливу параметрів експлуатації машин підприємства (кількості гусеничних та колісних машин, річних норм витрати їх моторесурсів) на технічні характеристики елеватора для очищення брудовідстійника пункту чищення та миття парку техніки, зокрема висоту елеватора та його продуктивність, а також побудову аналітичних та графічних залежностей зазначених величин від параметрів експлуатації техніки. **Методика.** Для досягнення мети використано алгоритми розрахунків, представлені в сучасній технічній літературі, та проведено аналіз факторів і величин, які впливають на значення висоти та продуктивності елеватора пункту. Установлено, що для визначення проектних параметрів елеватора необхідно мати статистичні дані щодо експлуатації техніки на підприємстві та провести детальний розрахунок, який передбачає: математичне очікування середньодобової кількості машиновиходів із парку для різних типів техніки, а також сумарне значення, кількість номерних обслуговувань машин, кількість постів зовнішнього миття машин, геометричні параметри брудовідстійника. **Результати.** Для елеватора пункту чищення та миття парку машин конкретного підприємства, який призначено для очищення брудовідстійника, проведено графічний аналіз впливу кількості гусеничних та колісних машин та їх річних норм витрат моторесурсів на величину його висоти та продуктивності. Установлено, що функції зміни продуктивності та висоти є лінійними зростаючими (за фіксованих інших параметрів). **Наукова новизна.** Авторі вперше дослідили залежності проектних параметрів (висоти та продуктивності) елеватора, побудували аналітичні залежності математичного очікування середньодобової кількості машиновиходів для колісної та гусеничної техніки від кількості відповідних машин та річних норм витрат моторесурсів, а також висоти та продуктивності елеватора. Для прикладів парків підприємств із параметрами експлуатації техніки, узятими зі статистичних даних, проведено графічний аналіз побудованих залежностей. **Практична значимість.** Використання побудованих залежностей дає можливість визначити загальний характер та діапазон зміни вищезазначених проектних параметрів у разі варіювання показників експлуатації техніки на конкретному підприємстві. Запропоновані залежності можуть бути використані для швидкого визначення необхідних проектних параметрів елеватора за конкретних даних з експлуатації техніки.

Ключові слова: парк техніки; пункт чищення та миття; транспортер; продуктивність; висота; моторесурс

Вступ

В умовах сьогодення велика кількість промислових та транспортних підприємств задіяна в ліквідації наслідків обстрілу критичної та транспортної інфраструктури України. Для цього підприємства залучають значну кількість автомобільної та інженерної техніки. Щоб забезпечити її правильну експлуатацію та підтримувати у справному та працездатному стані, організують та проводять технічне обслуговування.

Однією зі складових усіх видів технічного обслуговування техніки є операція миття, для виконання якої в парках техніки передбачено пункт чищення та миття. Він призначений для проведення прибирально-мийних робіт техніки, яка повернулась у парк. Будова різних парків машин та методика їх розрахунку детально описана в джерелах [7, 8].

У разі інтенсивного використання наявної техніки, особливо в польових умовах, у брудовідстійнику пункту після миття машин накопичується велика кількість бруду, який необхідно вичищати для подальшої діяльності.

Щоб підвищити пропускну здатність та ефективність роботи, пункт чищення та миття машин обладнують елеватором для очищення брудовідстійника та механізованого навантаження бруду з нього в транспортні засоби для подальшого його вивезення. Схема встановлення такого елеватора зображена на рис. 1.

Основними публікаціями, які описують будову, конструктивні особливості, експлуатаційні та розрахункові параметри сучасних машин безперервного транспорту, до яких належить елеватор, є [1, 4–6, 9–13, 15].

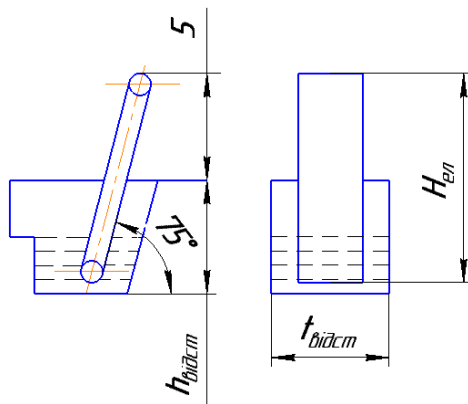


Рис. 1. Схема встановлення елеватора

Fig. 1. Elevator installation diagram

Порядок проведення розрахунків різних типів машин безперервного транспорту детально описано в літературі, зокрема в роботах [4–6]. Але наявні також роботи, у яких описано дослідження, пов'язані з впливом проектних параметрів машин безперервного транспорту на їх технічні характеристики, зокрема потужність приводу та параметри траси транспортування [2, 3, 14].

Мета

Основною метою роботи є дослідження впливу параметрів експлуатації машин (кількості гусеничних та колісних машин, річних норм витрати їх моторесурсів) на технічні характеристики елеватора для очищення брудовідстійника пункту чищення та миття парку техніки, зокрема на висоту елеватора та його продуктивність, а також побудова аналітичних та графічних залежностей зазначених величин від параметрів експлуатації техніки.

Методика

Інтенсивність експлуатації техніки на підприємствах має змінний характер залежно від періоду експлуатації, днів тижня і т. ін. Зазвичай для отримання раціональних варіантів елементів парків надзвичайно важливо правильно вибрати розрахунковий період експлуатації. Для цього звертаються до статистичної обробки даних, що характеризують експлуатацію машин підприємства протягом останніх декількох років.

Кількісні значення можуть бути отримані з фактичним виконанням місячних і річних планів експлуатації машин. При цьому місяці з малою інтенсивністю експлуатації до розрахунку не беруть, а більш інтенсивну експлуатацію машин у розрахунках враховують відповідним поправковим коефіцієнтом [8].

Як розрахункові показники інтенсивності експлуатації техніки звичайно беруть реальні статистичні дані від підприємств.

Одним із таких розрахункових показників є математичне очікування витрат моторесурсу однією машиною за один вихід (день). Візьмемо, що він складає:

- для гусеничної інженерної техніки – $p_T = 5 - 6$ м/г;
- для колісної техніки – $p_K = 100 - 130$ км.

МАШИНОБУДУВАННЯ

Для розрахунку моторесурсів одну годину роботи двигуна під навантаженням беруть рівною:

- 25 км – для машин на автомобільній базі;
- 15 км – для машин на гусеничній базі і на базі колісних тягачів;
- 5 км – для машин на базі гусеничних тракторів.

Основним показником інтенсивності експлуатації техніки є математичне очікування середньодобової кількості машиновиходів із парку підприємства.

Розглянемо методику його визначення, яка детально описана в [8]. Показник обчислюємо за формулою для i -ої марки машини:

$$N_{Ci} = 1,3 \cdot \frac{N_i \cdot \Phi_i}{12 \cdot 24 \cdot p_i}, \quad (1)$$

де 1,3 – коефіцієнт, що враховує збільшення інтенсивності експлуатації машин у літній період навчання; N_{Ci} – кількість машин i -ої марки на підприємстві, шт.; Φ_i – річна норма витрати моторесурсу машиною i -ої марки (м/г); 12 – кількість місяців у році; 24 – розрахункова кількість робочих днів у місяці.

Сумарне математичне очікування середньодобової кількості машиновиходів із парку підприємства для різних видів машин розраховуємо за формулою:

$$N_{Cs} = 1,3 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot \Phi_i}{12 \cdot 24 \cdot \sum_{i=1}^n p_i}, \quad (2)$$

де n – кількість марок машин на підприємстві. Кількість номерних обслуговувань машин ТО–2, проведених за один місяць (N_{TO-2}^i), визначаємо за такою залежністю:

$$N_{TO-2}^i = \frac{N_C^i \cdot \Phi_C^i}{12 \cdot T_{TO-2}^i}, \quad (3)$$

де T_{TO-2}^i – періодичність технічного обслуговування ТО–2 машини i -ої марки, км (м/г).

Кількість номерних обслуговувань машин ТО–1, проведених за один місяць (N_{TO-1}^i), розраховуємо за формулою:

$$N_{TO-1}^i = \frac{N_C^i \cdot \Phi_C^i}{12 \cdot T_{TO-1}^i} - N_{TO-2}^i, \quad (4)$$

де T_{TO-1}^i – періодичність технічного обслуговування ТО–1 машини i -ої марки, км (м/г).

Середню кількість щоденних технічних обслуговувань, проведених на підприємстві, визначаємо за формулою:

$$N_{щГО}^i = 24 \cdot N_C^i - (N_{TO-1}^i + N_{TO-2}^i). \quad (5)$$

У пункті чищення та миття техніки можна обладнати декілька постів.

Кількість постів зовнішнього миття машин визначаємо за формулою:

$$X_H = \frac{N_C \cdot t_H}{T_M \cdot \eta_H}, \quad (6)$$

де t_H – час миття однієї машини у разі шлангового миття і тиску води 0,5–0,6 МПа; для гусеничних машин беремо $t_{HG} = 40–55$ хв, а для колісних – $t_{HK} = 20–30$ хв; T_M – час роботи пунктів попереднього очищення і миття машини протягом доби, хв.; беремо $T_M = 120–180$ хв; η_H – коефіцієнт використання робочого часу поста миття, $\eta_H = 0,9–0,95$.

Для запобігання засміченню водостоків каналізаційної системи і попередження потрапляння нафтопродуктів зі стічними водами в природні чи штучні водойми пости миття обладнують брудовідстійниками і маслоуловлювачами. Принцип дії брудовідстійника і маслобензоуловлювача ґрунтується на різниці в питомій вазі води, бруду і палива (бруд осідає, а масло і паливо спливають).

Для видалення бруду швидкість руху води у водостоках до брудовідстійника повинна бути в межах 4,8–5,6 м/хв. Для забезпечення такої швидкості руху води водостоки роблять з нахилом 3–5°.

Варіант найпростішого брудовідстійника наведено на рис. 2.

Параметри брудовідстійника визначають за умови максимального випадіння часток ґрунту в осад. Для досягнення цієї умови необхідно знизити швидкість руху води у брудовідстійниках до 0,18–0,6 м/хв. Тривалість перебування

МАШИНОБУДУВАННЯ

води у відстійнику при цьому повинна бути 5–10 хв. Відповідно до цих вимог визначають габаритні розміри відстійника.

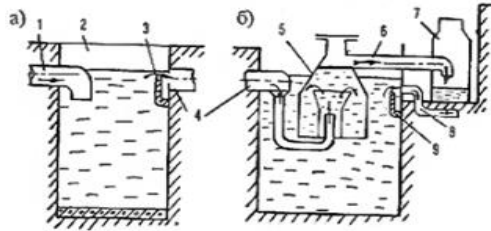


Рис. 2. Схема брудовідстійника з маслобензоуловлювачем:

a – брудовідстійник, *b* – маслобензоуловлювач,
1 – трубопровід, 2 – ємність, 3 – водозлив,
4 – трубопровід, 5 – ковпак, 6 – трубопровід,
7 – ємність, 8 – труба зливу, 9 – водозлив

Fig. 2. The scheme of the sludge tank with oil and gas trap:

a – dirt sump, *b* – oil and gasoline trap,
1 – pipeline, 2 – tank, 3 – spillway,
4 – pipeline, 5 – capsule, 6 – pipeline,
7 – tank, 8 – drain pipe, 9 – drain

Об'єм осадової частини (глибина) відстійника беруть залежно від періодичності і способів очищення брудовідстійника.

У брудовідстійнику (рис. 2) вода з пункту миття по трубі 1 потрапляє в ємність 2. Зважені і тверді частки, потрапляючи до брудовідстійника, втрачають свою швидкість і осідають на дно. Очищена вода через водозлив 3 стікає по трубі 4 у маслобензоуловлювач під ковпак 5, заповнюючи уловлювач до рівня верхньої кромки водозливу 9, переливаючись через яку, вода тече по трубі 8 у каналізаційну сітку. Масло і бензин унаслідок малої густини (в середньому 0,85) накопичуються у верхній частині ковпака, розміщуючись на рівні, який вищий за рівень води в уловлювачі. Накопичена в горловині ковпака суміш масла і бензину стікає по трубі 6 у ємність 7, яку періодично спорожнюють [8].

Площу поперечного перерізу відстійника визначаємо за формулою:

$$S_{\text{відст}} = \frac{q_{\text{в}} \cdot X_{\text{н}}}{L_{\text{відст}}}, \quad (7)$$

де $L_{\text{відст}}$ – довжина відстійника, м.

Довжину брудовідстійника обчислюємо за виразом:

$$L_{\text{відст}} = V_{\text{відст}} \cdot T_{\text{відст}}, \quad (8)$$

де $V_{\text{відст}}$ – швидкість руху води в брудовідстійнику, $V_{\text{відст}} = 0,18 - 0,6$ м/хв; $T_{\text{відст}}$ – час перебування води у відстійнику, $T_{\text{відст}} = 5 - 10$ хв.

Мінімальний об'єм маслобензоуловлювача визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{му}} = 0,5 \cdot \frac{q_{\text{в}} \cdot X_{\text{н}}}{t_{\text{му}}}, \quad (9)$$

де $Q_{\text{му}}$ – об'єм маслобензоуловлювача, м³; 0,5 – дослідний коефіцієнт, що має розмірність, хв; $t_{\text{му}}$ – час перебування води в маслобензоуловлювачі, хв; $q_{\text{в}}$ – кількість води, необхідної для миття однієї машини, л.

У розрахунках беруть для миття з двох шлангів, за витрати води через кожен шланг 30–40 л/хв і робочого тиску 0,5–0,6 МПа, загальну витрату на одну гусеничну машину $q_{\text{в}} = 900 - 1\,600$ л, а на одну колісну машину $q_{\text{в}} = 600 - 1\,000$ л. У разі душевого миття витрата води збільшується для гусеничних машин у 10 разів, а для колісних у 3–4 рази.

Для відділення нафтопродуктів від води необхідно, щоб час перебування води в маслобензоуловлювачі ($t_{\text{му}}$) був не менше 5 хв. Відповідно до цієї вимоги довжину маслобензоуловлювача визначаємо за формулою:

$$L_{\text{му}} = U_{\text{му}} \cdot t_{\text{му}}, \quad (10)$$

де $L_{\text{му}}$ – довжина маслобензоуловлювача, м; $U_{\text{му}} = 0,3$ – швидкість руху води в маслобензоуловлювачі, м/хв.

Результати

Для якісного аналізу впливу параметрів експлуатації машин на технічні характеристики елеватора в пункті чищення та миття парку техніки побудуємо залежність математичного очікування середньодобової кількості машиновиходів парку техніки та висоти елеватора пункту чищення та миття від кількості машин різного виду та норм витрат моторесурсів для них.

Для подальших досліджень візьмемо можливі діапазони зміни величин для колісних та

МАШИНОБУДУВАННЯ

гусеничних машин підприємства (для спрощення візьмемо, що для всіх колісних та гусеничних машин різних марок однакові норми):
 $N_K = 20 \dots 50$, $N_\Gamma = 10 \dots 30$, $p_K = 100$ км,
 $\Phi_K = 10\,000 \dots 45\,000$ км, $p_\Gamma = 6$ м/г,
 $\Phi_\Gamma = 1\,000 \dots 5\,000$ км.

Сумарне математичне очікування середньодобової кількості машиновиходів для гусеничної та колісної техніки обчислюємо за формулою:

$$N_{Cs} = 1,3 \cdot \frac{N_K \cdot \Phi_K}{12 \cdot 24 \cdot p_K} + 1,3 \cdot \frac{N_\Gamma \cdot \Phi_\Gamma}{12 \cdot 24 \cdot p_\Gamma}. \quad (11)$$

Побудуємо графіки залежності математичного очікування середньодобової кількості машиновиходів для гусеничної та колісної техніки від кількості відповідних (колісних або гусеничних) машин та річних норм витрат моторесурсів. Відповідні графіки подано на рис. 3 та 4.

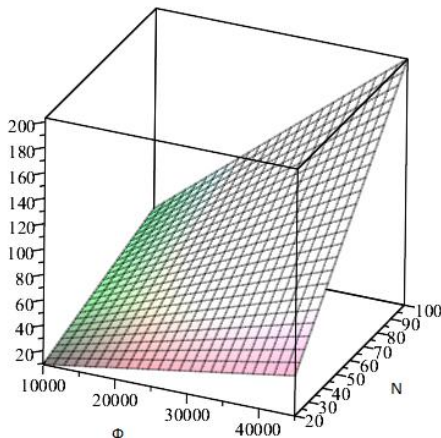


Рис. 3. Графічна залежність математичного очікування середньодобової кількості машиновиходів для колісної техніки від кількості відповідних машин та річних норм витрат моторесурсів

Fig. 3. Graphical dependence of the mathematical expectation of the average daily number of machine outputs for wheeled machinery on the number of relevant machines and the annual rates of consumption of motor resources

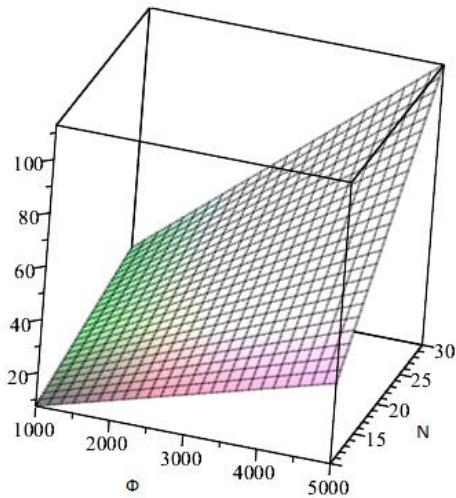


Рис. 4. Графічна залежність математичного очікування середньодобової кількості машиновиходів для гусеничної техніки від кількості відповідних машин та річних норм витрат моторесурсів

Fig. 4. Graphical dependence of the mathematical expectation of the average daily number of machine outputs for tracked machinery on the number of corresponding machines and the annual rates of consumption of motor resources

Ураховуючи припущення $\Phi_K = 20\,000$ км, $p_K = 100$ км, $\Phi_\Gamma = 3\,000$ км, $p_\Gamma = 6$ м/г, із формули (11) маємо залежність сумарного математичного очікування середньодобової кількості машиновиходів від кількості гусеничної та колісної техніки:

$$N_{Cs} = 0,9 \cdot N_K + 2,3 \cdot N_\Gamma. \quad (12)$$

Графік залежності математичного очікування середньодобової кількості машиновиходів для гусеничної та колісної техніки від кількості відповідних (колісних або гусеничних) машин подано на рис. 5.

Беремо для подальших розрахунків: для гусеничних машин $t_{НГ} = 50$ хв, для колісних $t_{НК} = 30$ хв, а також $T_M = 180$ хв, $\eta_H = 0,95$, $V_{відст} = 0,5$ м/хв; $T_{відст} = 10$ хв.

Підставляючи взяті припущення у (8), маємо:

$$L_{відст} = 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ м.}$$

МАШИНОБУДУВАННЯ

Виходячи із (6), за визначених вище припущень маємо залежність для обчислення кількості постів зовнішнього миття машин:

$$X_{\text{НК}} = \frac{N_{\text{СК}} \cdot 30}{180 \cdot 0,9} = 0,19 N_{\text{СК}}; \quad (13)$$

$$X_{\text{НГ}} = \frac{N_{\text{СГ}} \cdot 50}{180 \cdot 0,9} = 0,31 N_{\text{СГ}}. \quad (14)$$

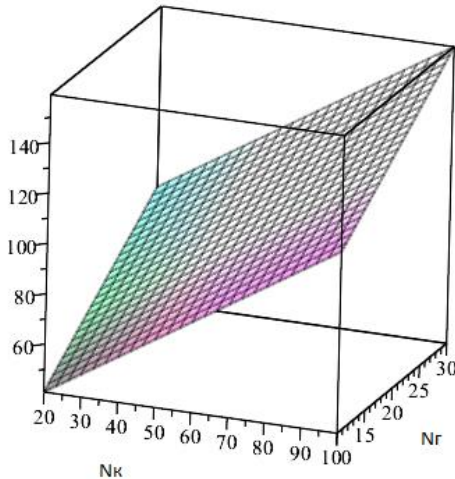


Рис. 5. Графік залежності математичного очікування середньодобової кількості машиновиходів для гусеничної та колісної техніки від кількості відповідних машин

Fig. 5. Graph of the dependence of the mathematical expectation of the average daily number of machine outputs for tracked and wheeled machinery on the number of the corresponding machines

Беремо кількість води, необхідної для миття однієї гусеничної машини, $q_{\text{вг}} = 1\,200$ л, та колісної – $q_{\text{вк}} = 800$ л.

Використовуючи (7) та підставляючи в неї (13) і (14), отримаємо залежність площі поперечного перерізу відстійника від кількості машин:

$$S_{\text{відст}} = 0,03 \cdot N_{\text{К}} + 0,074 \cdot N_{\text{Г}}. \quad (15)$$

Підставляючи (12) у (15), маємо:

$$S_{\text{відст}} = 0,027 \cdot N_{\text{К}} + 0,171 \cdot N_{\text{Г}}. \quad (16)$$

Для подальших розрахунків беремо ширину відстійника $t_{\text{відст}} = 1$ м.

Висоту відстійника розраховуємо за формулою:

$$h_{\text{відст}} = \frac{S_{\text{відст}}}{t_{\text{відст}}}. \quad (17)$$

Отже, підставляючи (16) у (17), маємо:

$$h_{\text{відст}} = 0,027 \cdot N_{\text{К}} + 0,171 \cdot N_{\text{Г}}. \quad (18)$$

Проектну висоту елеватора розраховуємо за формулою:

$$H_{\text{ел}} = 5 + h_{\text{відст}}. \quad (19)$$

Підставляючи (18) у (19), отримаємо залежність висоти елеватора від кількості гусеничної та колісної техніки в парку:

$$H_{\text{ел}} = 5 + 0,027 \cdot N_{\text{К}} + 0,171 \cdot N_{\text{Г}}. \quad (20)$$

Графік залежності висоти елеватора пункту від кількості колісних та гусеничних машин подано на рис. 6.

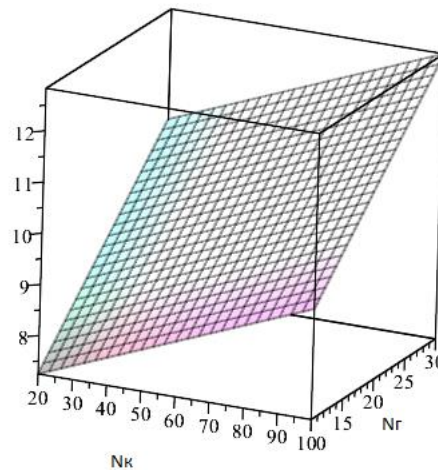


Рис. 6. Графік залежності висоти елеватора пункту від кількості колісних та гусеничних машин

Fig. 6. Graph of the dependence of the height of the elevator on the number of wheeled and tracked vehicles

В умовах сьогодення внаслідок збільшення інтенсивності використання техніки річні витрати моторесурсу машин можуть суттєво варіюватися. Для дослідження залежності висоти елеватора від річних норм витрат моторесурсу гусеничними та колісними машинами беремо: $N_{\text{К}} = 50$, $N_{\text{Г}} = 20$.

За таких припущень із формули (2) маємо залежність величини математичного очікування середньодобової кількості машиновиходів із парку підприємства від річних норм витрат моторесурсів:

МАШИНОБУДУВАННЯ

$$N_{Cs} = 0,002 \cdot \Phi_K + 0,015 \cdot \Phi_\Gamma. \quad (21)$$

Підставляючи (21) у (7), маємо:

$$S_{\text{відст}} = 0,0006 \cdot \Phi_K + 0,0011 \cdot \Phi_\Gamma. \quad (22)$$

Ураховуючи (22) та (19), маємо:

$$H_{\text{ел}} = 5 + 0,0006 \cdot \Phi_K + 0,011 \cdot \Phi_\Gamma. \quad (23)$$

Графік залежності висоти елеватора пункту від річної витрати моторесурсу машин подано на рис. 7.

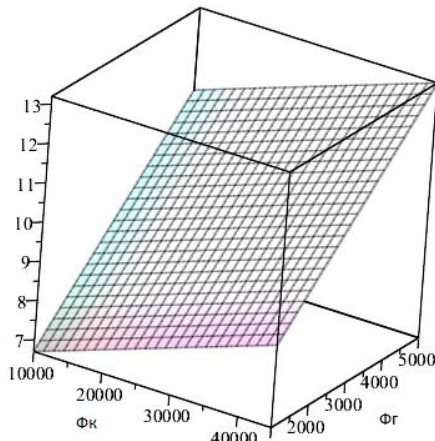


Рис. 7. Залежність висоти елеватора пункту від річних витрат моторесурсу машин

Fig. 7. Dependence of the height of the point elevator on the annual consumption of motor resource of machines

Для подальших досліджень припустимо, що продуктивність має дорівнювати вазі бруду, який з'являється в брудовідстійнику за середньодобовою кількістю виїздів колісної та гусеничної техніки, яку необхідно прибрати за півгодини в кінці робочого дня. Отже, для розрахунку необхідної проектної продуктивності елеватора беремо залежність:

$$P = 2 \cdot \mu_K \cdot \lambda_K \cdot 1,3 \cdot \frac{N_K \cdot \Phi_K}{12 \cdot 24 \cdot p_K} + 2 \cdot \mu_\Gamma \cdot \lambda_\Gamma \cdot 1,3 \cdot \frac{N_\Gamma \cdot \Phi_\Gamma}{12 \cdot 24 \cdot p_\Gamma}, \quad (24)$$

де μ_K та μ_Γ – кількість бруду, який потрапляє до брудовідстійник від однієї колісної та гусеничної машини відповідно, кг; λ_K та λ_Γ – коефіцієнт забруднення, який характеризує погод-

ні умови та умови експлуатації для колісної та гусеничної машини відповідно.

Зі статистичних даних експлуатації техніки беремо в середньому $\mu_K = 50$ кг та $\mu_\Gamma = 70$ кг.

Значення коефіцієнтів λ_K та λ_Γ умовно розділимо на чотири групи залежно від умов експлуатації:

– у сухих умовах та по асфальтній дорозі: $\lambda_K = 0,2$ та $\lambda_\Gamma = 0,3$;

– у сухих умовах та по ґрунтовій дорозі: $\lambda_K = 0,5$ та $\lambda_\Gamma = 0,7$;

– у сухих польових умовах: $\lambda_K = 1$ та $\lambda_\Gamma = 1,5$;

– у вологих польових умовах: $\lambda_K = 2,5$ та $\lambda_\Gamma = 3$.

Ураховуючи вищевикладене, залежність (24) для різних умов експлуатації буде такою:

– у сухих умовах та по асфальтній дорозі:

$$P_1 = 0,16 \cdot \frac{N_K \cdot \Phi_K}{p_K} + 0,19 \cdot \frac{N_\Gamma \cdot \Phi_\Gamma}{p_\Gamma}; \quad (25)$$

– у сухих умовах та по ґрунтовій дорозі:

$$P_2 = 0,4 \cdot \frac{N_K \cdot \Phi_K}{p_K} + 0,44 \cdot \frac{N_\Gamma \cdot \Phi_\Gamma}{p_\Gamma}; \quad (26)$$

– у сухих умовах у полі:

$$P_3 = 0,8 \cdot \frac{N_K \cdot \Phi_K}{p_K} + 0,94 \cdot \frac{N_\Gamma \cdot \Phi_\Gamma}{p_\Gamma}; \quad (27)$$

– у вологих польових умовах:

$$P_4 = 2 \cdot \frac{N_K \cdot \Phi_K}{p_K} + 1,88 \cdot \frac{N_\Gamma \cdot \Phi_\Gamma}{p_\Gamma}. \quad (28)$$

Побудуємо для прикладу залежність необхідної продуктивності елеватора від кількості машин та річних норм витрат моторесурсів у разі роботи у вологих польових умовах.

Візьмемо $\Phi_K = 20\,000$ км, $p_K = 100$ км, $\Phi_\Gamma = 3\,000$ км, $p_\Gamma = 6$ м/г, із формули (28) маємо залежність продуктивності елеватора від кількості гусеничної та колісної техніки:

$$P_4 = 400 \cdot N_K + 1150 \cdot N_\Gamma. \quad (29)$$

Графік залежності необхідної продуктивності елеватора від кількості колісних та гусеничних машин подано на рис. 8.

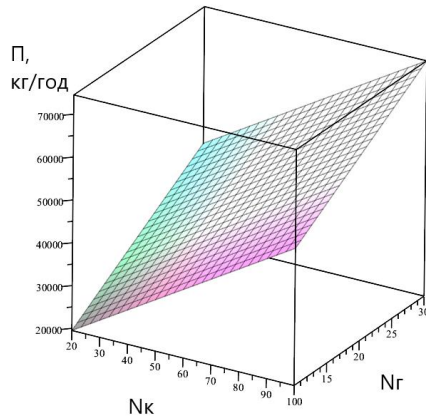


Рис. 8. Графік залежності необхідної продуктивності елеватора від кількості колісних та гусеничних машин

Fig. 8. Graph of the dependence of the required productivity of the elevator on the number of wheels and tracks cars

Для дослідження залежності продуктивності елеватора від річних норм витрати моторесурсу гусеничними та колісними машинами візьмомо: $N_k = 50$ та $N_r = 20$.

Із залежності (28) маємо:

$$P_4 = \Phi_k + 6,3 \cdot \Phi_r. \quad (30)$$

Графік залежності необхідної продуктивності елеватора від річних норм витрат моторесурсів машин подано на рис. 9.

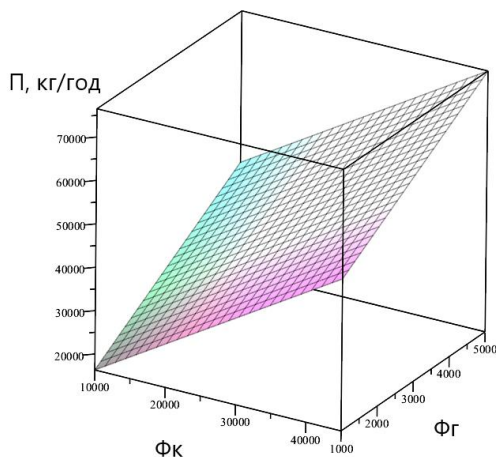


Рис. 9. Графік залежності необхідної продуктивності елеватора від річних витрат моторесурсів машин

Fig. 9. Graph of the dependence of the required productivity of the elevator on the annual cost of motor resources of the machines

Наукова новизна та практична значимість

Досліджено залежність проектних параметрів (висоти, продуктивності) елеватора для очищення брудовідстійника пункту чищення та миття парку техніки підприємства від параметрів експлуатації машин (кількості гусеничних та колісних машин, річних норм витрати їх моторесурсів). Побудовано аналітичні залежності математичного очікування середньодобової кількості машиновиходів для колісної та гусеничної техніки від кількості відповідних машин та річних норм витрат моторесурсів, а також висоти та продуктивності елеватора. Для прикладів парків підприємств із параметрами експлуатації техніки, узятими зі статистичних даних, проведено графічний аналіз побудованих залежностей.

Використання побудованих залежностей дає можливість визначити загальний характер та діапазон зміни вищезазначених проектних параметрів за варіювання показників експлуатації техніки на конкретному підприємстві. Запропоновані залежності можуть бути використані для швидкого визначення необхідних проектних параметрів елеватора за конкретних даних щодо експлуатації техніки.

Висновки

Для елеватора пункту чищення та миття парку техніки виконано:

- аналіз сучасної методики розрахунку елементів пункту чищення та миття парку техніки підприємства;
- аналіз величин, які впливають на значення параметрів експлуатації техніки підприємства;
- побудову залежності проектної продуктивності елеватора від параметрів експлуатації техніки для різних умов;
- побудову аналітичної залежності математичного очікування середньодобової кількості машиновиходів для колісної та гусеничної техніки від кількості відповідних машин та їх річних норм витрат моторесурсів;
- побудову аналітичної залежності для визначення висоти та продуктивності елеватора від кількості різних видів техніки та їх річних норм витрат моторесурсів;

МАШИНОБУДУВАННЯ

– графічний аналіз впливу параметрів експлуатації техніки на значення математичного очікування середньодобової кількості машиновиходів для колісної та гусеничної техніки від кількості відповідних машин та річних норм витрат моторесурсів та проектні параметри елеватора.

Установлено, що функції зміни проектних параметрів елеватора від кількості відповідних машин та річних норм витрат моторесурсів є лінійною зростаючою (за фіксованих інших параметрів).

Для продовження роботи передбачено побудувати алгоритм прискореного розрахунку технічних характеристик елеватора від параметрів експлуатації техніки підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білостоцький В. О., Мазоренко Д. І., Тищенко Л. М., Міняйло А. В. *Атлас конструкцій підйомно-транспортних машин. Частина II. Транспортні машини*. Харків : ХНТУСГ, 2009. 98 с.
2. Богомаз В. М. Аналіз впливу проектних характеристик елеватора на параметри його приводу. *Наука та прогрес транспорту*. 2015. № 3 (57). С. 162–175. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2015/46076>
3. Богомаз В. М., Анофрієв П. Г. Дослідження впливу проектних параметрів вібраційного конвеєра на його технічні характеристики. *Наука та прогрес транспорту*. 2023. № 3 (103). С. 60–68. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2023/292718>
4. Бондарев В. С., Дубинець О. І., Колісник М. П., Бондарев С. В., Горбатенко Ю. П., Барабанов В. Я. *Підйомно-транспортні машини: розрахунки підймальних і транспортувальних машин* : підручник. Київ : Вища школа, 2009. 734 с.
5. Дереза О. О. *Машини безперервного транспорту*. Мелітополь : Таврійський державний агротехнологічний університет, 2016. 108 с.
6. Іванченко Ф. К. *Підйомно-транспортні машини* : підручник. Київ : Вища школа, 1993. 413 с.
7. Каленик М. М., Кривцун В. І., Колос О. Л. *Організація експлуатації та ремонту інженерного озброєння* : навчальний посібник. Львів : НАСВ, 2016. 192 с.
8. Каленик М. М., Нанівський Р. А., Гембарський О. С. *Основи проектування парків техніки* : методичний посібник. Львів : НАСВ, 2017. 105 с.
9. *Транспортні системи електромеханічних комплексів* : конспект лекцій / уклад. С. В. Зайченко, В. А. Побігало, В. Г. Дубовик. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 136 с.
10. Al-Kodmany K. Smart Elevator Systems. *Journal of Mechanical Materials and Mechanics Research*. 2023. Vol. 06. Iss. 01. P. 41–54. DOI: <https://doi.org/10.30564/jmmmr.v6i1.5503>
11. Kougawa Y., Omachi A., Iwase S., Sakurai K. Hitachi's core concept for elevator and escalator products and services, and concept model. *Hitachi Review*. Vol. 66. P. 197.
12. March J., Rupe E., Baker R. *Vertical Transportation and Logistics in Mixed-Use High-Rise Towers*. CTBUH : Chicago, IL, USA, 2014. P. 861–865.
13. Marsong S., Plangklang B. Implementation Analysis of an Elevator Energy Regenerative Unit (EERU) For Energy Saving in a Building. *2016 13th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)* (Chiang Mai, 28 June 2016–01 July 2016). Chiang Mai, 2016. P. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.1109/ecticon.2016.7561421>
14. Raksha S., Bohomaz V., Shcheka I., Stefanov V., Nesterenko A. Research of the dependence of pneumatic conveyor compressors power on project parameters of transport machines. *MATEC Web of Conferences*. 2018. Vol. 230. P. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823001009>
15. Sachs H., Misuriello H., Kwatra S. *Advancing Elevator Energy Efficiency*. American Council for an Energy-Efficient Economy : Washington, DC, USA, 2015. 26 p.

V. M. BOHOMAZ^{1*}, V. J. NAGACHEVSKYI², M. V. PRYIMAK³

^{1*}Dep. Military Training of Specialists of the State Special Service of Transport, Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (096) 472 14 04, e-mail wbogomas@i.ua, ORCID 0000-0001-5913-2671

²Dep. of Engineering Equipment, Hetman Petro Sagaidachnyi National Army Academy, Heroes of Maidan Str., 32, Lviv, Ukraine, 79012, tel. +38 (067) 790 79 28, e-mail slavik.inaq@gmail.com, ORCID 0000-0003-3362-5210

³Dep. Military Training of Specialists of the State Special Service of Transport, Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (093) 47865 16, e-mail m.v.pryimak@ust.edu.ua, ORCID 0000-0003-4885-1931

Analysis of the Influence of Machine Operation Parameters on the Technical Characteristics of the Elevator in the Point of Cleaning and Washing of the Equipment Park

Purpose. The study is aimed at determining the nature of the influence of the operating parameters of the enterprise's machines (the number of tracked and wheeled machines, the annual consumption rates of their motor resources) on the technical characteristics of the elevator for cleaning the dirt settler of the vehicle cleaning and washing equipment park, in particular, the height of the elevator and its productivity, as well as building analytical and graphical dependencies of these values on the operating parameters of the machinery. **Methodology.** To achieve this goal, we used the calculation algorithms presented in the modern technical literature and analyzed the factors and values that affect the height and capacity of the elevator of the station. It has been established that in order to determine the design parameters of the elevator, it is necessary to have statistical data on the operation of machinery at the enterprise and to carry out a detailed calculation, which includes: the mathematical expectation of the average daily number of machine trips from the fleet for different types of machinery, as well as the total value, the number of numbered machine servicing, the number of external machine washing stations, and the geometric parameters of the dirt tank. **Findings.** A graphical analysis of the influence of the number of tracked and wheeled vehicles and their annual consumption rates of motor resources on the value of its height and productivity was carried out for the elevator of the cleaning and washing station of the fleet of a particular enterprise, which is intended for cleaning the sludge tank. It was found that the functions of change in productivity and height are linearly increasing (with other parameters fixed). **Originality.** The authors first investigated the dependencies of the design parameters (height and capacity) of the elevator, built analytical dependencies of the mathematical expectation of the average daily number of machine trips for wheeled and tracked vehicles on the number of relevant machines and annual motor resource consumption rates, as well as the height and capacity of the elevator. For the examples of enterprise fleets with equipment operation parameters taken from statistical data, a graphical analysis of the constructed dependencies was carried out. **Practical value.** The use of the constructed dependencies makes it possible to determine the general nature and range of changes in the above design parameters in the case of varying equipment performance at a particular enterprise. The proposed dependencies can be used to quickly determine the required design parameters of an elevator based on specific data on the operation of equipment.

Keywords: equipment park; cleaning and washing point; conveyor; productivity; height; motor resource

REFERENCES

1. Bilostotskyi, V. O., Mazorenko, D. I., Tishchenko, L. M., & Minyaylo, A. V. (2009). *Atlas konstruktivno-pidomno-transportnykh mashyn. Chastyna II. Transportni mashyny*. Kharkiv: Kharkiv Petro Vasilenko National Technical University of Agriculture. (in Ukrainian)
2. Bohomaz, V. M. (2015). Influence analyses of designed characteristics of the elevator to the parameters of its drive. *Science and Transport Progress*, 3(57), 162-175. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2015/46076> (in Ukrainian)
3. Bohomaz, V. M., & Anofriev, P. G. (2023). Research of the influence of design parameters of a vibrating conveyor on its technical characteristics. *Science and Transport Progress*, 3(103), 60-68. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2023/292718> (in Ukrainian)
4. Bondarev, V. S., Dubinets, O. I., Kolisnyk, M. P., Bondarev, S. V., Gorbatenko, Y. P., & Barabanov, V. Y. (2009). *Pidomno-transportni mashyny: rozrakhunky pidiimalnykh i transportuvalnykh mashyn: pidruchnyk*. Kyiv: Vyshcha shkola. (in Ukrainian)

МАШИНОБУДУВАННЯ

5. Dereza, O. O. (2016). *Mashyny bezperervnogo transportu*. Melitopol: Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University. (in Ukrainian)
6. Ivanchenko, F. K. (1993). *Pidiomno-transportni mashyny: pidruchnyk*. Kyiv: Vyscha shkola. (in Ukrainian)
7. Kalenyk, M. M., Naniivskyi, R. A., & Hembarskyi, O. S. (2016). *Orhanizatsiia ekspluatatsii ta remontu inzhenernoho ozbrovnyia: navchalnyi posibnyk*. Lviv: NASV. (in Ukrainian)
8. Kalenyk, M. M., Naniivskyi, R. A., & Hembarskyi, O. S. (2017). *Osnovy proektuvannya parkiv tekhniky: metodychnyy posibnyk*. Lviv, NASV. (in Ukrainian)
9. Zaichenko, S. V., Pobigailo, V. A., & Dubovyk, V. G. (Comp.). (2022). *Transportni systemy elektromekhanichnykh kompleksiv: konspekt lektsii*. Kyiv: National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute». (in Ukrainian)
10. Al-Kodmany, K. (2023). Smart Elevator Systems. *Journal of Mechanical Materials and Mechanics Research*, 6(1), 41-53. DOI: <https://doi.org/10.30564/jmmmr.v6i1.5503> (in English)
11. Kougawa, Y., Omachi, A., Iwase, S., & Sakurai, K. (2017). Hitachi's core concept for elevator and escalator products and services, and concept model. *Hitachi Review*, 66, 197. (in English)
12. March, J., Rupe, E., & Baker, R. (2014). *Vertical Transportation and Logistics in Mixed-Use High-Rise Towers* (pp. 861–865). CTBUH: Chicago, IL, USA. (in English)
13. Marsong, S., & Plangklang, B. (2016). Implementation Analysis of an Elevator Energy Regenerative Unit (EERU) For Energy Saving in a Building. In *2016 13th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)* (pp. 1-5). Chiang Mai, Thailand. (in English)
14. Raksha, S., Bohomaz, V., Shcheka, I., Stefanov, V., & Nesterenko, A. (2018). Research of the dependence of pneumatic conveyor compressors power on project parameters of transport machines. *MATEC Web of Conferences*, 230, 1-8. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823001009> (in English)
15. Sachs, H., Misuriello, H., & Kwatra, S. (2015). *Advancing Elevator Energy Efficiency*. American Council for an Energy-Efficient Economy: Washington, DC, USA. (in English)

Надійшла до редколегії: 03.05.2024

Прийнята до друку: 19.09.2024