

Міністерство освіти і науки України

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНОДОРОЖНІЙ
УНІВЕРСИТЕТ**



ЗБІРКА НАУКОВИХ ПРАЦЬ

***88-ї Міжнародної студентської наукової конференції
Харківського національного автомобільно-дорожнього
університету***

Секція:

«Експлуатації, випробувань, сервісу будівельних і дорожніх машин»

31 березня 2026 року

***Харків
ХНАДУ 2026***

УДК 621.879:621-7:621.01+УДК 621.22: 681.5+УДК 621.873.2+УДК
629.341+УДК 624.132.3+УДК 621.873.067+УДК 621.22:621.879:62-7:620.1:62-
192+УДК 621.22:629.3.018:631.3+УДК 621.22:621.879:62-7:62-192+УДК
621.879:62-182.8:621.01+УДК 620.178.152.341:004.42:621.878+УДК
624.132.3+УДК 621.22:621.879:629.3.018:62-5+УДК 621.879+УДК
621.891+УДК 621.87+УДК 621.22:621.879:62-7:62-192:621.6+УДК
621.873.067+УДК 621.873.067

Збірка наукових праць 88-ї Міжнародної студентської наукової конференції Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (31 березня 2026р.) Харків, ХНАДУ, 2025. 96 с.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

СУПОНЄВ Володимир Миколайовича – професор, доктор технічних наук;

МОЩЕНОК Василь Іванович – професор, кандидат технічних наук;

ПІМОНОВ Ігор Георгійович – доцент, кандидат технічних наук;

ЯРИЖКО Олександр Володимирович - доцент, кандидат технічних наук;

КОСОЛАПОВ Віктор Борисович - доцент, кандидат технічних наук.

	Стор.
Вступ	5
1. Андрій АБАКУМОВ (Науковий керівник: Ігор ПІМОНОВ) ДОСЛІДЖЕННЯ ТА УНІФІКАЦІЯ РОБОЧОГО ОБЛАДНАННЯ ЕКСКАВАТОРІВ ШЛЯХОМ РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ЗМІННОГО ГРЕЙФЕРНОГО ТА БУРОВОГО ОБЛАДНАННЯ	6
2. Ельдар БАЙРАМОВ (Науковий керівник: Ігор ПІМОНОВ) АНАЛІЗ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ТА АЛГОРИТМІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ БОРТОВОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ГІДРОПРИВОДА АВТОГРЕЙДЕРА ДЗК-250 ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГІДРОСИСТЕМ	10
3. Дмитро БОНДАРЕНКО (Науковий керівник: Олександр ЯРИЖКО) АНАЛІЗ НОМЕНКЛАТУРИ МОБІЛЬНИХ ПІДЙОМНИКІВ НА БАЗІ ГУСЕНИЧНОГО ШАСІ	17
4. Павло ГАПОНЕНКО (Науковий керівник: Леонід РАЗАРЬОНОВ) ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОРОГОВИХ ПЕРЕШКОД МАЛОГАБАРИТНИМ НАВАНТАЖУВАЧОМ	23
5. Андрій ГЕРМАН (Науковий керівник: Володимир СУПОНЄВ) ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОКОЛУ ҐРУНТУ ГОЛОВКОЮ З АСИМЕТРИЧНИМ НАКОНЕЧНИКОМ	25
6. Микола ГОЛОВЯШКІН (Науковий керівник: Олег ІВАНЕНКО) УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАХИСНОЇ СИСТЕМИ ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ КРАНІВ ВІД ГОРИЗОНТАЛЬНИХ УДАРІВ	30
7. Сергій ЗАДОРЖНИЙ (Науковий керівник: Олег ІВАНЕНКО) АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОСТА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ГІДРОПРИВОДІВ БДМ	33
8. Владислав ЗАЙКА (Науковий керівник: Ігор ПІМОНОВ) АНАЛІЗ АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ЗАСОБІВ ДІАГНОСТИКИ ПАРАМЕТРІВ ГІДРОПРИВОДА ТРАКТОРА «СЛОБОЖАНЕЦЬ» ХТА-200-10	38
9. Олег КІЗИМОВ (Науковий керівник: Юрій САЛІЙ) РОЗРОБКА ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ПОСТІВ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ГІДРОПРИВОДІВ БУДІВЕЛЬНО-ДОРОЖНІХ МАШИН З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ДОВГОВІЧНОСТІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ	43
10. Ольга КІЗИМОВА (Науковий керівник: Юрій САЛІЙ) ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ШВИДКОЗМІННИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОЇ ЗАМІНИ РОБОЧОГО	50

- ОБЛАДНАННЯ МАЛОГАБАРИТНИХ ЕКСКАВАТОРІВ З
МЕТОЮ СКОРОЧЕННЯ ПРОСТОЇВ ТЕХНІКИ
- 11 **Микола Мариновський** (Науковий керівник: Василь 55
МОЩЕНОК) РОЗРОБКА АВТОРСЬКОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ
ОЦІНКИ ЯКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ДОРОЖНІХ МАШИН ЗА
МЕТОДОМ БРІНЕЛЛЯ
- 12 **Едуард ОВСЯННИКОВ** (Науковий керівник: Володимир 61
СУПОНЄВ) МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
ВІДХИЛЕННЯ ГРУНТОПРОКОЛЮЮЧОЇ ГОЛОВКИ ВІД ОСІ
ПРИ СТАТИЧНОМУ ПРОКОЛІ НРУНТУ
- 13 **Сергій СЕНЬКО** (Науковий керівник: Наталія ПЕНКІНА) 65
ФУНКЦІОНУВАННЯ БОРТОВОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ
ГІДРОПРИВОДА АВТОГРЕЙДЕРА ДЗК-250 ДЛЯ
ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ МАШИННОГО КОНТРОЛЮ
ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГІДРОСИСТЕМ
- 14 **Сандей СЛЕДЬ** (Науковий керівник: Олександр ЯРИЖКО) 69
ОСОБЛИВОСТІ РОБОЧОГО УСТАТКУВАННЯ
ЕКСКАВАТОРА ДЛЯ ДЕМОНТАЖУ ЗРУЙНОВАНИХ
СПОРУД
- 15 **Антон СТЕПАНОВ** (Науковий керівник: Віктор КОСОЛАПОВ) 74
ТЕХНОЛОГІЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ТА ОБКАТКИ НА
СТЕНДІ
АКСІАЛЬНО-ПОРШНЕВИХ МОТОРІВ ДОРОЖНІХ ТА
ЗЕМЛЕРІЙНО-ТРАНСПОРТНИХ МАШИН
- 16 **Гліб СТЕЛЬМАХ** (Науковий керівник: Леонід РАЗАРЬОНОВ) 80
МОБІЛЬНІ МАШИНИ ДЛЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА
РЕМОНТУ БУДІВЕЛЬНОЇ І ДОРОЖНЬОЇ ТЕХНІКИ
- 17 **Михайло ФОМЕНКО** (Науковий керівник: Наталія ПЕНКІНА) 84
РОЗРОБКА МЕТОДІВ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ГІДРОПРИВОДІВ
БУДІВЕЛЬНО-ДОРОЖНІХ МАШИН НА ПОСТАХ
ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ШЛЯХОМ
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ КОНТРОЛЮ ТА
ПІДГОТОВКИ РОБОЧОЇ РІДИНИ
- 18 **Андрій ЧУНТУ** (Науковий керівник: Заур МУСАЄВ) 88
ЗАСТОСУВАННЯ І ОГЛЯД ГРЕЙФЕРНИХ МЕХАНІЗМІВ
- 19 **Данило ЯРОШ** (Науковий керівник: Заур МУСАЄВ) 92
ЗАСТОСУВАННЯ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ЗАХИСТУ
ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ КРАНІВ ВІД УДАРІВ ПРИ
ЗІТКНЕННЯХ

Шановні учасники, колеги та гості!

31 березня 2026 року кафедра експлуатації, випробувань, сервісу будівельних і дорожніх машин (ЕВСБДМ) Харківського національного автомобільно-дорожнього університету стала центром наукового пошуку молоді. Традиційна, вже 88-а за рахунком, Міжнародна конференція цьогоріч перетворилася на майданчик для обговорення стратегічних рішень, критично важливих для відбудови України.

Колектив кафедри висловлює щире вдячність молодим науковцям та їхнім керівникам. У цей непростий для нашої держави час ваша відданість науці є запорукою майбутнього інтелектуального прориву. Попри всі виклики сьогодення, близько 20 молодих дослідників представили свої напрацювання, обравши шлях професійного зростання та інженерних інновацій.

Програма конференції охопила найбільш актуальні виклики сучасної інженерії. Доповідачі зосередилися на питаннях підвищення ефективності експлуатації та довговічності техніки, впроваджуючи передові технології проектування. Особливу увагу наукової спільноти привернули такі напрями:

- цифровізація та сервіс: застосування концепції «цифрових двійників» для високоточного прогнозування ресурсу техніки;
- екологічна трансформація: розробка рішень для переходу спецтехніки на альтернативні види палива та оптимізація енергоефективності;
- інтелектуалізація випробувань: автоматизація стендових і натурних досліджень, що дозволяє значно прискорити шлях інновації від креслення до реальної експлуатації.

Кращі матеріали конференції, що мають високу наукову та практичну цінність, рекомендовані до публікації у провідних фахових виданнях та будуть інтегровані у реальні дипломні проекти.

Ця збірка вкотре підтверджує: школа ХНАДУ - це гармонійне поєднання глибоких традицій та інноваційного майбутнього. Напрацювання наших молодих учених вже сьогодні стають фундаментом для відновлення інфраструктури та технологічної незалежності України.

Разом до наукових звершень!

З повагою, Оргкомітет конференції та колектив кафедри ЕВСБДМ ХНАДУ.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА УНІФІКАЦІЯ РОБОЧОГО ОБЛАДНАННЯ ЕКСКАВАТОРІВ ШЛЯХОМ РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ЗМІННОГО ГРЕЙФЕРНОГО ТА БУРОВОГО ОБЛАДНАННЯ

Андрій Абакумов, студент групи М-41-22
Науковий керівник: Ігор ПІМООНОВ,
завідувач кафедри експлуатації,
випробувань, сервісу будівельних і
дорожніх машин,
Харківський національний автомобільно-
дорожній університет

В роботі розглянуто питання підвищення універсальності та ефективності використання екскаваторів шляхом уніфікації їх робочого обладнання. Проведено аналіз конструкцій змінних робочих органів та досліджено можливість встановлення грейферного та бурового обладнання на базову машину без суттєвих змін її конструкції. Запропоновано конструктивні рішення швидкозмінних пристроїв, що забезпечують оперативну заміну робочих органів та підвищують технологічну гнучкість екскаваторів. Наведено структурні схеми, математичні залежності та рекомендації щодо впровадження уніфікованих систем кріплення.

Сучасні будівельні та дорожні роботи характеризуються значною різноманітністю технологічних операцій. Для їх виконання використовуються універсальні машини, серед яких важливе місце займають гідравлічні екскаватори. Одним із напрямків підвищення ефективності використання таких машин є розширення функціональних можливостей робочого обладнання.

Традиційно екскаватори оснащуються ковшем, призначеним для розроблення ґрунтів. Проте у багатьох випадках виникає необхідність виконання спеціалізованих операцій, зокрема:

- перевантаження сипучих матеріалів;
- очищення котлованів;
- буріння свердловин;
- монтажні роботи.

Для виконання таких операцій використовують змінні робочі органи, зокрема грейферні захвати та бурове обладнання.

Однією з важливих проблем є відсутність уніфікованих конструкцій, що ускладнює встановлення різних типів обладнання на базову машину. Тому актуальним є дослідження та розроблення уніфікованих конструктивних рішень, які дозволять встановлювати різні типи робочого обладнання на екскаватор без суттєвих конструктивних змін.

Робоче обладнання гідравлічного екскаватора складається з: стріли; рукояті; робочого органу; гідроциліндрів; системи кріплення.

Основні типи змінного обладнання

1. Ковші різного призначення
2. Грейферні захвати
3. Гідромолоти
4. Бурове обладнання
5. Планувальні ковші

Особливістю більшості сучасних машин є використання швидкозмінних адаптерів, які дозволяють виконувати заміну робочих органів без використання додаткових механізмів.

Уніфікація робочого обладнання передбачає створення єдиної системи кріплення, що дозволяє встановлювати різні типи робочих органів.

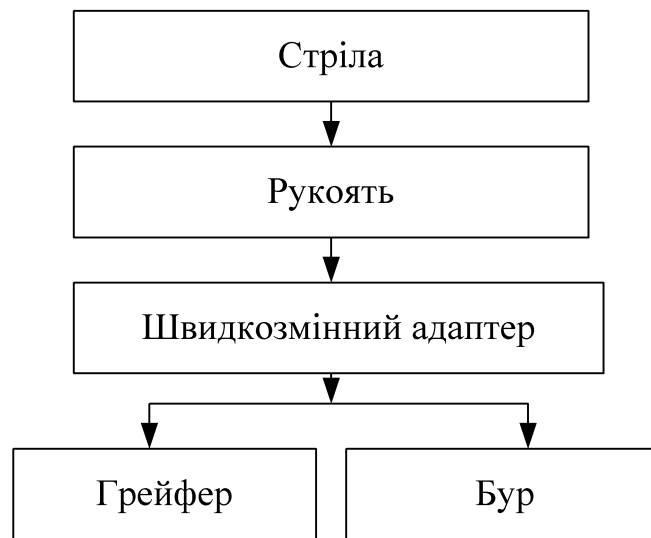


Рисунок 1 – Структурна схема уніфікованого робочого обладнання

Такий підхід дозволяє: скоротити час заміни робочих органів; зменшити витрати на модернізацію машин; підвищити універсальність екскаватора.

Грейферне обладнання використовується для захоплення та переміщення сипучих і кускових матеріалів.

Основними елементами грейфера є: щелепи; гідроциліндр; шарнірні з'єднання; рама кріплення.

Зусилля стискання грейфера визначається залежністю:

$$F = P \cdot A \quad (1)$$

де F - сила затискання; P - тиск робочої рідини; A - площа поршня гідроциліндра.

Застосування уніфікованого кріплення дозволяє використовувати грейфер без значної модернізації стріли екскаватора.

Бурове обладнання застосовується для:

- буріння свердловин;
- встановлення опор;
- монтажу пальових конструкцій.

Бур складається з:

- редуктора;
- гідромотора;
- шнека;
- системи кріплення.

Момент обертання бура визначається:

$$M = \frac{P \cdot V}{2\pi} \quad (2)$$

де M - крутний момент; P - тиск у гідросистемі; V - робочий об'єм гідромотора.

Використання уніфікованого адаптера дозволяє встановлювати бурове обладнання на стандартну рукоять екскаватора.

При використанні змінного обладнання виникають додаткові навантаження на вузли кріплення.

Сумарне навантаження визначається:

$$F_{\Sigma} = F_p + F_d \quad (3)$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \leq [\sigma] \quad (4)$$

де F_p - робоче навантаження; F_d - динамічне навантаження; $[\sigma]$ - допустиме напруження матеріалу.

Результати розрахунків показують, що використання високоміцних сталей дозволяє зменшити масу адаптера на 15–20 %.

Алгоритм заміни робочого обладнання (рис. 2).

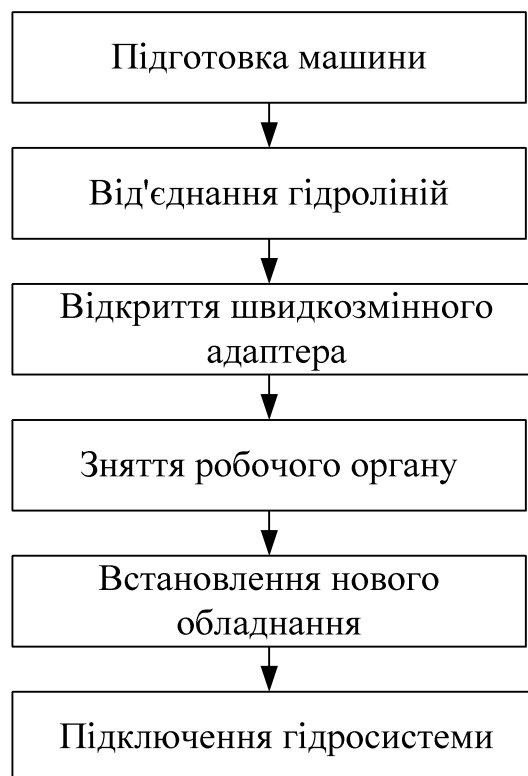


Рисунок 2 – Схема процесу заміни обладнання

Використання швидкозмінних пристроїв дозволяє скоротити час заміни обладнання з 30–40 хв до 5–10 хв. Запровадження уніфікованого робочого обладнання забезпечує такі переваги:

1. підвищення продуктивності машин;
2. зменшення простоїв техніки;
3. скорочення витрат на обслуговування;
4. підвищення універсальності екскаватора.

Економічний ефект від застосування швидкозмінного обладнання може становити до 20–25 % підвищення ефективності використання техніки.

Основні напрямки розвитку уніфікованих систем:

- застосування автоматичних систем фіксації;
- використання сенсорів навантаження;
- інтеграція систем моніторингу.

Такі рішення дозволять створити інтелектуальні робочі системи екскаваторів, що адаптуються до різних умов роботи.

Висновки

1. Проведено аналіз існуючих конструкцій робочого обладнання екскаваторів.
2. Запропоновано конструктивну схему уніфікованого адаптера для встановлення змінного грейферного та бурового обладнання.
3. Виконано аналіз навантажень на вузли кріплення та визначено умови забезпечення міцності конструкції.
4. Встановлено, що використання швидкозмінних пристроїв дозволяє значно скоротити час заміни робочих органів.
5. Запропоновані рішення забезпечують підвищення універсальності та ефективності використання екскаваторів.

Література

1. Jasiński Ryszard. Problems of the starting and operating of hydraulic units and systems in low ambient temperature (Part I). Polish Maritime Research, vol. 15, no. 4, Sciendo, 2008, pp. 37-44.
2. Kosolapov V. Results of modelling the effect of temperature on the thickness of the surfactants layer. Bulletin of Kharkov National Automobile and Highway University, 2023, no.101, pp. 81–85.
3. Pimonov I.G., Kernitsky Ya.O. Studying the system of diagnostic parameters of the hydraulic drive taking into account the measurement error. Bulletin of Kharkov National Automobile and Highway University, 2023, no.101, pp. 86–91.

АНАЛІЗ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ТА АЛГОРИТМІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ БОРТОВОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ГІДРОПРИВОДА АВТОГРЕЙДЕРА ДЗК-250 ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГІДРОСИСТЕМ

Ельдар БАЙРАМОВ, студент гр. Мз-51-25
Науковий керівник: Ігор ПІМООНОВ,
завідувач кафедри експлуатації,
випробувань, сервісу будівельних і
дорожніх машин,
Харківський національний автомобільно-
дорожній університет

Сучасні будівельно-дорожні машини характеризуються високою складністю гідравлічних систем, які забезпечують роботу робочого обладнання та механізмів керування. Однією з найбільш відповідальних машин у дорожньому будівництві є автогрейдер ДЗК-250, гідропривід якого забезпечує функціонування відвалу, системи повороту, підйому, перекошу та інших робочих органів.

У процесі експлуатації гідропривод піддається значним навантаженням, що призводить до зношування гідроагрегатів, погіршення параметрів робочої рідини, появи витоків та падіння тиску в системі. Відсутність своєчасної діагностики може спричинити зниження продуктивності машини або аварійні відмови. Тому актуальним завданням є створення бортової системи діагностики гідропривода, яка дозволяє в режимі реального часу контролювати основні параметри гідросистеми та оцінювати технічний стан агрегатів. Метою роботи є аналіз структурної схеми та алгоритмів функціонування бортової системи діагностики гідропривода автогрейдера ДЗК-250 для забезпечення оперативного контролю технічного стану гідросистеми.

Гідравлічна система автогрейдера включає: гідравлічний насос; бак робочої рідини; гідророзподільники; гідроциліндри; фільтри очищення; трубопроводи; запобіжні клапани.

Основні контрольовані параметри: тиск у напірній магістралі; температура робочої рідини; витрата робочої рідини; ступінь забруднення; рівень рідини в баку.

Надійність роботи гідросистеми визначається стабільністю цих параметрів.

Бортова система діагностики складається з датчиків, електронного блоку обробки сигналів та інтерфейсу відображення інформації.

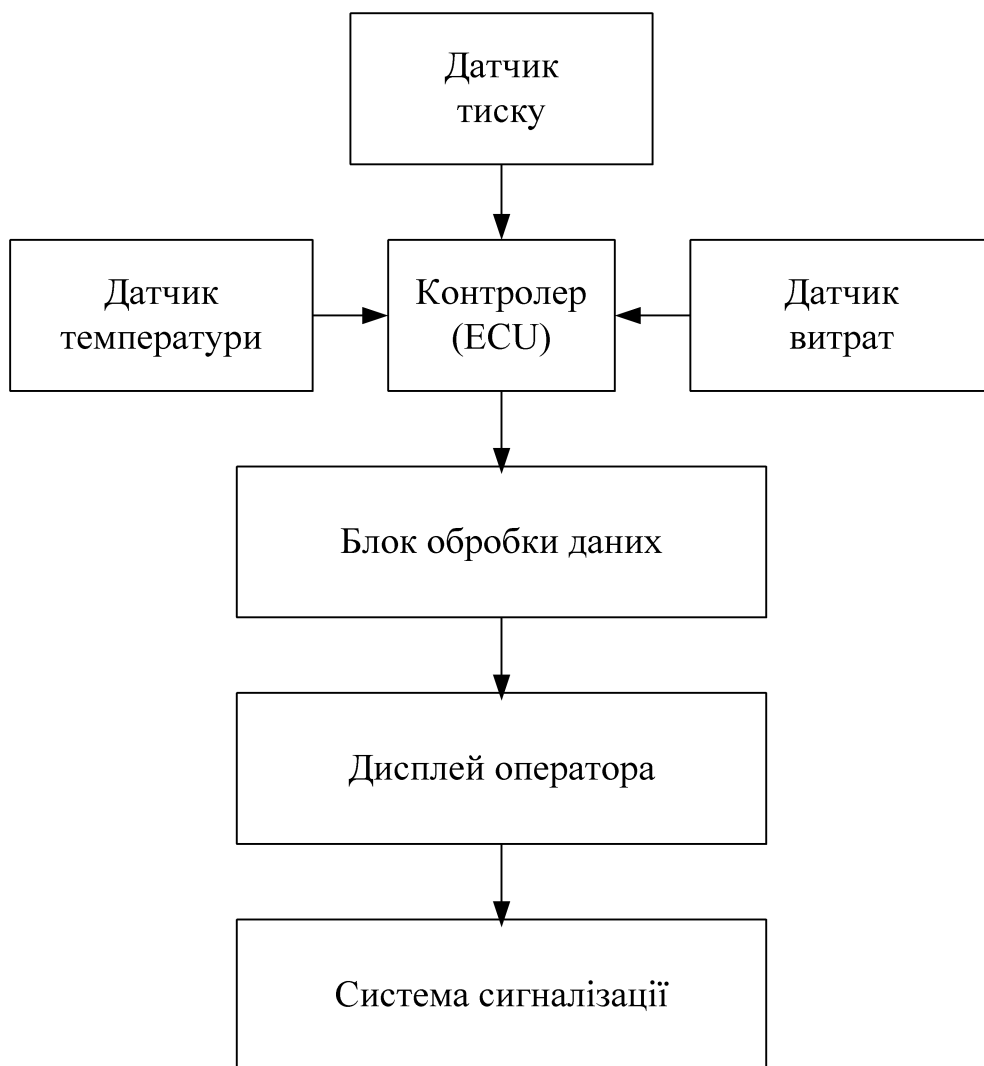


Рисунок 1 – Структурна схема системи

До складу системи входять:

1. Датчики параметрів
2. Електронний контролер
3. Програмний алгоритм обробки даних
4. Інтерфейс оператора

Робота системи базується на безперервному контролі параметрів гідросистеми. Алгоритм роботи системи можна представити на рис.2.

Для аналізу технічного стану гідросистеми використовуються математичні моделі. Тиск у гідросистемі визначається:

$$P = \frac{F}{A} \quad (1)$$

де P – тиск робочої рідини, Па; F – сила, що створюється гідроциліндром, Н; A – площа поршня, м²

Відхилення тиску визначається:

$$\Delta P = P_{\phi} - P_{ном} \quad (2)$$

де P_{ϕ} – фактичний тиск; $P_{ном}$ – номінальний тиск.

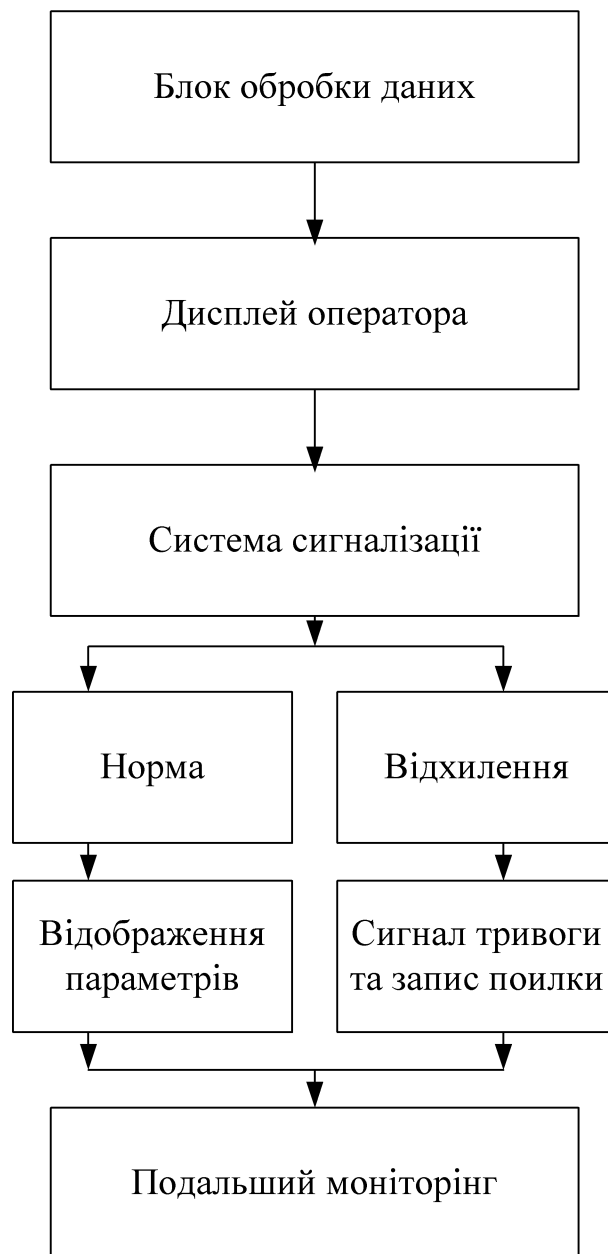


Рисунок 2 – Алгоритм функціонування

Температура робочої рідини є важливим параметром, оскільки перегрів призводить до зниження в'язкості.

$$T_{кр} = T_{ном} + \Delta T \quad (3)$$

де $T_{кр}$ – критична температура; $T_{ном}$ – номінальна температура.

Якщо $T > T_{кр}$ система генерує сигнал попередження.

Витрата визначається:

$$Q = v A \quad (4)$$

де Q – витрата рідини, м³/с; v – швидкість потоку; A – площа перерізу трубопроводу.

Зменшення витрати свідчить про:

- засмічення фільтра;

- зношування насоса;
- витіки в системі.

Для визначення технічного стану гідросистеми використовується логічний алгоритм.

Таблиця 1- Алгоритми діагностики несправностей

Параметр	Ознака	Можлива несправність
Низький тиск	$\Delta P < 0$	Зношення насоса
Висока температура	$T > T_{кр}$	Перевантаження
Низька витрата	$Q < Q_{ном}$	Засмічення фільтра
Коливання тиску	ΔP колив.	Повітря в системі

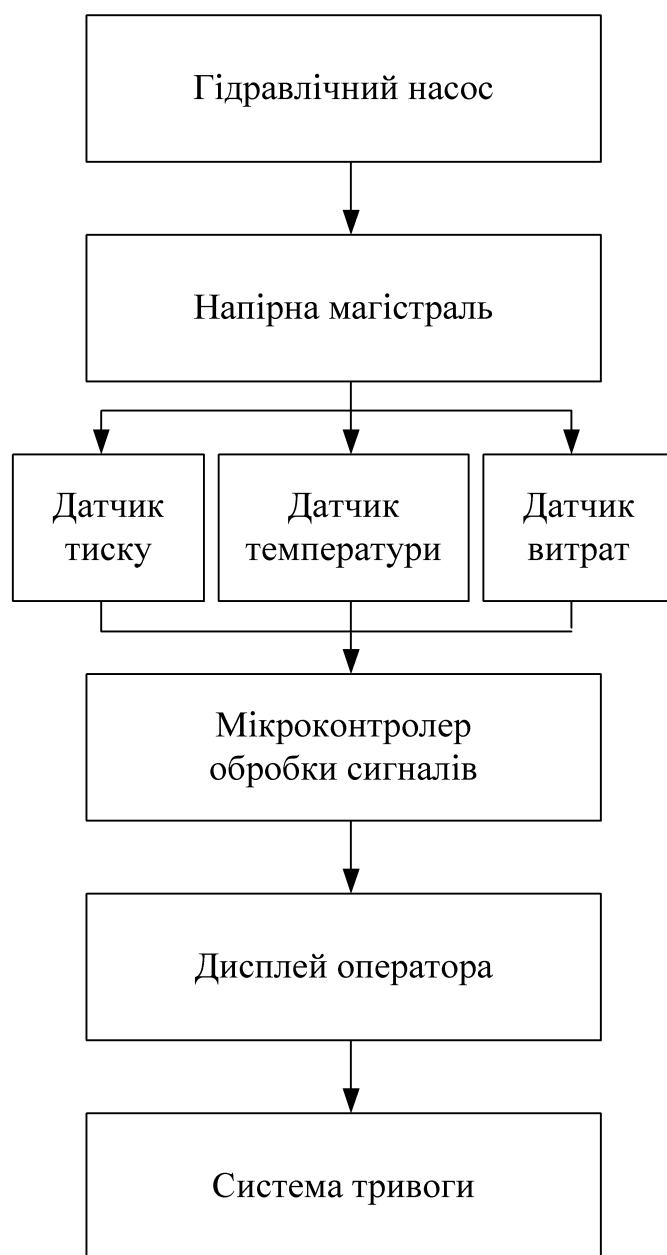


Рисунок 3 – Функціональна схема бортової системи діагностики гідропривода

Для автоматичної діагностики застосовується критерій:

$$K = \frac{P}{P_{ном}} + \frac{Q}{Q_{ном}} + \frac{T_{ном}}{T} \quad (5)$$

Якщо $K < 2$ стан системи вважається незадовільним.

Використання бортової системи діагностики забезпечує:

- зниження аварійності техніки;
- підвищення ресурсу гідроагрегатів;
- зменшення витрат на ремонт;
- підвищення ефективності експлуатації.

Система забезпечує безперервний моніторинг параметрів гідросистеми.

Дані від датчиків передаються до контролера, де виконується їх фільтрація, аналіз і порівняння з допустимими значеннями.

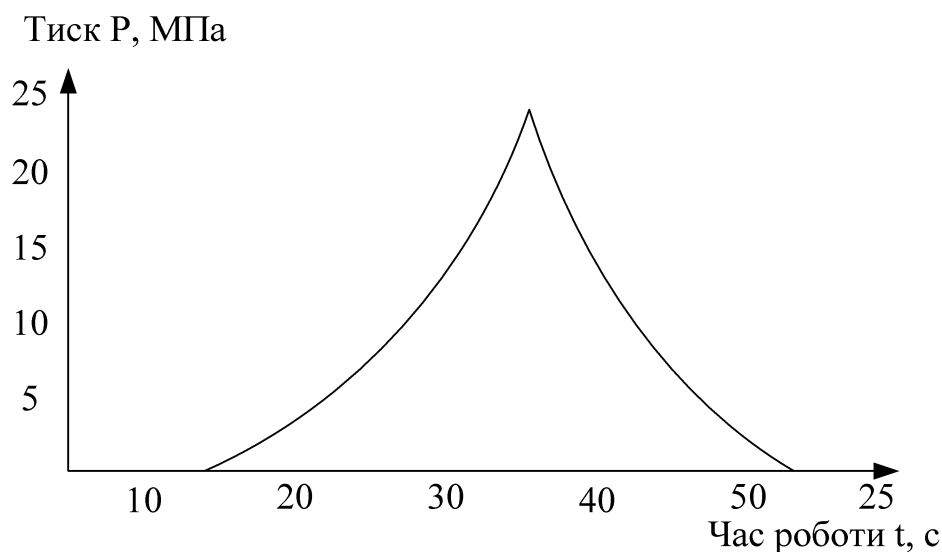


Рисунок 4 – Графік зміни тиску гідросистеми під час робочого циклу автогрейдера

Графік демонструє зміну тиску в гідросистемі під час виконання робочого циклу. Різке падіння тиску може свідчити про:

- зношування гідравлічного насоса;
- внутрішні витоки;
- засмічення фільтрів.

Моніторинг таких змін дозволяє системі діагностики своєчасно формувати попереджувальні сигнали.

Алгоритм дозволяє виконувати оперативну діагностику стану гідросистеми та автоматично визначати можливі відмови.

Практичні дослідження показують, що впровадження системи моніторингу дозволяє знизити кількість відмов гідросистеми на 25–35 %.

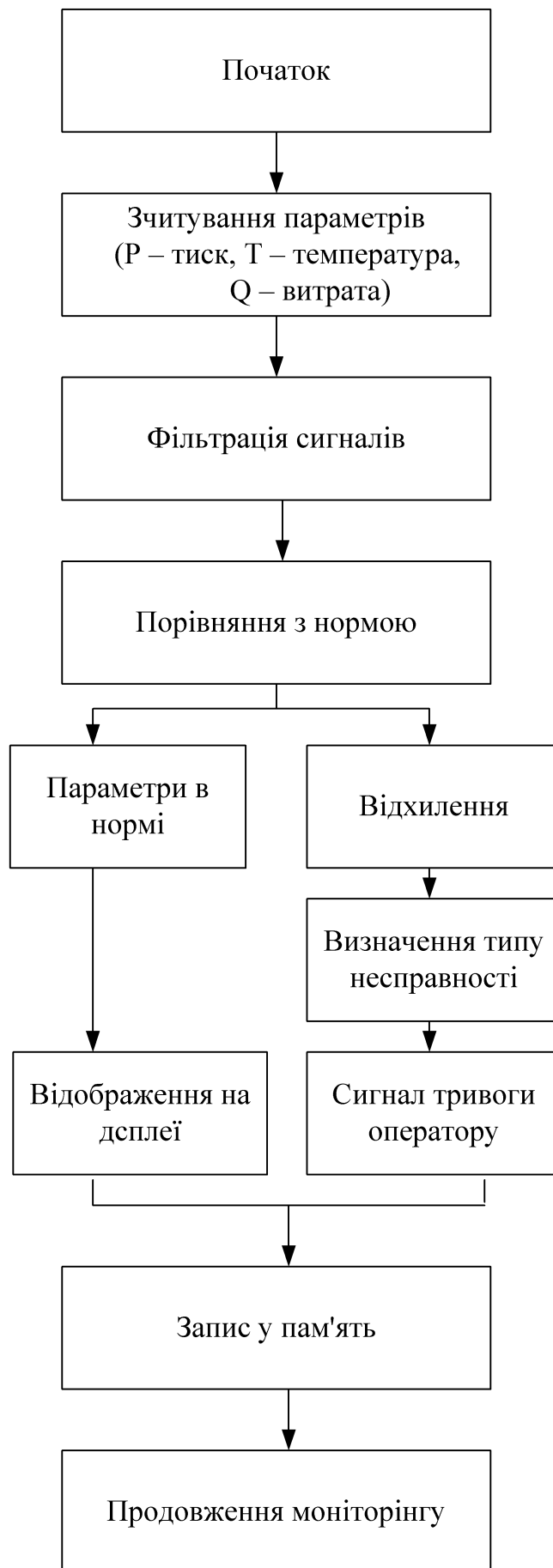


Рисунок 5 – Логічна модель алгоритму діагностики гідросистеми

Висновки

1. Проведено аналіз структурної схеми бортової системи діагностики гідропривода автогрейдера ДЗК-250.
2. Запропоновано алгоритм функціонування системи оперативного контролю технічного стану гідросистеми.
3. Розроблено математичні моделі контролю основних параметрів гідропривода.
4. Встановлено, що застосування бортової системи діагностики дозволяє підвищити надійність роботи автогрейдера та своєчасно виявляти несправності гідроагрегатів.
5. Подальші дослідження доцільно спрямувати на використання методів штучного інтелекту для прогнозування відмов гідравлічних систем будівельно-дорожніх машин.

Література

1. Косолапов В. Б. Результати моделювання впливу температури на товщину адсорбованого на мікронерівності шару поверхнево-активних речовин. Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету: Збірник наукових праць Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. 2023. Т. 1, № 101. С. 81–85. DOI: <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2023.101.0.81>
2. Пімонов І.Г., Керницький Я. Дослідження системи діагностичних параметрів гідропривода з урахуванням похибки вимірювань. Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. 2023. Том 1. №101. С.86-91. DOI: <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2023.101.0.86>
3. Косолапов В. Б. Визначення фізичних засад безконтактної взаємодії поверхонь рухомих сполучень гідроприводів машин у граничному режимі змащення Наукові вісті Далівського університету №25 2023 р. С 12
DOI: <https://doi.org/10.33216/2222-3428-2023-25>
4. Increase the operation of excavators of the fourth size group / Nikita Medvedev, Igor Pimonov // ISSN 3572-2436 /Annali d'Italia (науковий журнал Італії). –Florence, Italy– № 61 (2024). —TECHNICAL SCIENCES p.85-87 DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14232015>
5. Аналіз сучасних технічних засобів для обслуговування аеродромів і літаків / Аврунін Г.А., Пімонов І.Г., Щербак О.В, Ярижко О.В., Мороз І.І. // Збірник нау-кових праць. – Вісник ХНАДУ. – Вип. 99. – 2022. – С. 34 –41 DOI: <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2022.99.0.34>
6. Practice of visual diagnostics using endoscopes / Yuriy Saliy, Nikita Petrushev, Natalia Penkina, Igor Pimonov // ISSN 3572-2436 /Annali d'Italia (науковий журнал Італії). –Florence, Italy– № 63 (2025). —TECHNICAL SCIENCES p.72-76 DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14726829>

АНАЛІЗ НОМЕНКЛАТУРИ МОБІЛЬНИХ ПІДЙОМНИКІВ НА БАЗІ ГУСЕНИЧНОГО ШАСІ

Дмитро БОНДАРЕНКО, ст. гр. М-45-22
Науковий керівник: Олександр ЯРИЖКО,
доцент кафедри експлуатації,
випробувань, сервісу будівельних і
дорожніх машин,
Харківський національний автомобільно-
дорожній університет

Розвиток сучасної інженерної думки в галузі мобільних підйомних механізмів (Mobile Elevated Work Platforms - MEWP) призвів до формування специфічного сегмента техніки, що поєднує в собі високу прохідність гусеничного рушія з компактністю та функціональністю підйомних систем. Гусеничні підйомники, які в міжнародній класифікації часто фігурують під термінами "Spider Lifts" (підйомники-павуки) або "Compact Track Lifts", представляють собою складні електромеханічні системи, спроектовані для виконання робіт на висоті в умовах обмеженого простору, слабких ґрунтів або складного ландшафту [1]. Актуальність дослідження їхньої номенклатури зумовлена стрімкою диверсифікацією моделей, впровадженням інтелектуальних систем стабілізації та переходом на екологічно чисті джерела енергії, що розширює сфери їхнього застосування від класичного будівництва до обслуговування інтер'єрів об'єктів культурної спадщини [2].

Номенклатура гусеничних підйомників не є гомогенною і поділяється на кілька ключових підкатегорій залежно від конструкції підйомного механізму та призначення. Систематизація цих машин дозволяє виділити основні конструктивні схеми, кожна з яких має унікальні експлуатаційні характеристики.

Телескопічні підйомники прямих стріл. Телескопічні системи базуються на принципі висування секцій стріли одна з одної, аналогічно до телескопа. Така конструкція забезпечує максимальну жорсткість та стабільність при значних горизонтальних вильотах (рис. 1(а)). У гусеничному сегменті ці машини часто використовуються там, де потрібен прямий доступ до об'єкта без необхідності огинання перешкод. Використання високоміцних сталей марки дозволяє виробникам зменшувати власну вагу стріли при збереженні високої вантажопідйомності. Прикладом високотехнологічного втілення цієї схеми є моделі німецької компанії Teupen, зокрема серія LEO T, де телескопічна стріла забезпечує точне позиціонування на висотах до 50 метрів [3].

Колінчасто-телескопічні підйомники. Колінчасті підйомники мають складну конструкцію стріли з однією або декількома точками згину (рис. 1(б)). Це дозволяє платформі переміщатися за траєкторією "вгору і через",

забезпечуючи доступ до важкодоступних місць над дахами, вентиляційними системами або гілками дерев. В номенклатурі гусеничних машин цей тип є найбільш поширеним завдяки своїй універсальності. Багато моделей, таких як Hinowa Lightlift 20.10, використовують пантографний механізм для забезпечення вертикального підйому паралельно стіні, що є критично важливим при обслуговуванні фасадів [4].



а)

б)

Рисунок 1 – Телескопічні (а) та колінчасто-телескопічні (б) підйомники

Гусеничні ножичні платформи. Сегмент гусеничних ножичних підйомників (scissor lifts) відрізняється від стрілових машин значно більшою площею робочої поверхні та вищою вантажопідйомністю, що подекуди сягає 450–750 кг (рис. 2). Традиційно ножичні підйомники вважалися технікою для рівних поверхонь, проте інтеграція гусеничного шасі з системами динамічного вирівнювання (bi-leveling) дозволила використовувати їх на пересіченій місцевості. Компанія Almac Crawler є лідером у цьому напрямку, пропонуючи моделі, здатні самостійно нівелювати нахили поверхні без використання аутригерів [5].



Рисунок 2 – Гусеничні ножичні платформи

Спеціалізовані мобільні підйомники для сходів займають окрему нішу компактних гусеничних підйомників, призначених для транспортування маломобільних груп населення або невеликих вантажів по сходових маршах. Ці пристрої відрізняються мінімальними габаритами, розбірною конструкцією для легкого транспортування та використанням електромагнітного гальмування для забезпечення безпеки на похилих поверхнях [6].

Фундаментальною відмінністю гусеничних підйомників від колісних аналогів є характер розподілу мас та взаємодія з ґрунтом. Це визначає не лише прохідність, а й можливість експлуатації машини всередині будівель з обмеженим навантаженням на покриття.

Гусеничні підйомники створюють тиск у діапазоні від 0.2 до 0.6 кг/см², що співмірне або навіть менше за тиск, який створює стопа дорослої людини. Гусеничне шасі забезпечує високий коефіцієнт зчеплення, що дозволяє підйомникам долати ухили до 30–40% (приблизно 16–22 градуси). Більшість моделей преміум-сегмента оснащені системою гідравлічного розширення колії гусениць. Наприклад, у моделі Hinowa Lightlift 20.10 ширина шасі в складеному стані становить 795 мм для проїзду крізь двері, а в робочому режимі вона може розширюватися до 1095 мм для підвищення стабільності при русі по нерівностях.

Сучасний ринок гусеничних підйомників сформований навколо декількох ключових брендів, кожен з яких розвиває власну унікальну філософію проектування.

Hinowa (Італія) є одним із найбільш впізнаваних брендів у сегменті "spider lifts". Їхня номенклатура базується на серії Lightlift Performance, яка охоплює висоти від 13 до 40 метрів.

Модель Lightlift 20.10 МК3 є репрезентативним прикладом сучасного середньовисотного підйомника. Машина забезпечує робочу висоту 20.15 м та горизонтальний виліт 9.7 м при повному навантаженні кошика 230 кг. Впровадження системи PIS (Performance PIS) дозволило автоматизувати процес розгортання опор та нівелювання одним натисканням кнопки, що суттєво знижує ризик помилки оператора [4]. Крім того, Hinowa активно впроваджує літій-іонні технології, пропонуючи версії з акумуляторами ємністю 7.7 кВт·год, що забезпечують 4–5 годин автономної роботи без викидів та шуму.

Компанія Teupen (Німеччина) [3] спеціалізується на створенні машин для складних індустріальних завдань. Їхня номенклатура включає серію LEO, моделі якої здатні досягати висоти 50 метрів.

Модель LEO 30T є бестселером завдяки балансу між вагою (4225 кг) та робочими характеристиками (висота 30 м, виліт 15.7 м). Особливістю Teupen є використання інтелектуальної системи керування "Fuzzy IV", яка автоматично регулює швидкість рухів стріли залежно від положення платформи, забезпечуючи плавність ходу та точність позиціонування до міліметра. Машини Teupen часто обладнуються білими гумовими гусеницями (non-marking), що робить їх ідеальними для роботи в аеропортах та торгових центрах з делікатним покриттям підлоги.

Palazzani (Італія) відома своїми багатофункціональними підйомниками серії XTJ. Ці машини відрізняються великим кутом повороту башти (до 660°) та можливістю встановлення змінного обладнання [7].

Palazzani XTJ 37+ демонструє концепцію "Area Manager" - інтелектуальну систему контролю робочої зони, яка безперервно аналізує вагу в кошику та конфігурацію виносних опор, дозволяючи оператору використовувати максимальні можливості вильоту стріли в кожному конкретному положенні. Машина може комплектуватися гідравлічною лебідкою на 500 кг, перетворюючись на компактний кран, що значно розширює її номенклатурну цінність для будівельних організацій.

Номенклатура Almac (Італія) (серії VIBI та JIBVI) стоїть окремо через відмову від традиційних аутригерів у багатьох моделях [5].

Технологія Vi-Leveling, застосована в моделі VIBI 1090-BL EVO, базується на використанні паралелограмної системи підвіски гусениць. Кожна гусениця може незалежно змінювати висоту відносно шасі, що дозволяє підйомнику підтримувати горизонтальне положення платформи при русі по схилах до 20° у поздовжньому та 14° у поперечному напрямках. Це робить VIBI незамінним на сільськогосподарських угіддях, виноградниках та при будівництві в гірській місцевості.

Американська корпорація JLG пропонує серію Compact Crawler Boom (моделі X13J, X17J, X20J, X26J, X33J), яка розробляється в партнерстві з Hinoва. Машини JLG адаптовані під жорсткі стандарти безпеки ANSI та CE [8].

Серія X-Series відрізняється використанням системи SkyGuard, яка забезпечує захист оператора від защемлення між кошиком та сторонніми предметами. При контакті з сенсором система миттєво зупиняє всі рухи підйомника та виконує реверсивний маневр. JLG також робить акцент на простоті обслуговування, інтегруючи LCD-дисплеї з бортовою діагностикою, що дозволяє виявляти несправності без підключення зовнішнього сервісного обладнання.

Італійські виробники CTE та Multitel Paglierо пропонують номенклатуру, орієнтовану на високу швидкість операцій та ергономіку [9].

Серія CTE Traccess (наприклад, моделі 170 та 270) відрізняється дизайном "Clean Top Boom", де всі гідравлічні шланги та електричні кабелі прокладені всередині стріли, що захищає їх від пошкоджень та впливу навколишнього середовища.

Multitel SMX 300 HD [10] у свою чергу пропонує вражаюче співвідношення ваги та робочого вильоту (14.7 м при вазі 5.5 т), що є результатом використання алюмінієвих сплавів у конструкції стріли для зниження центру мас та покращення динамічної стійкості.

Розвиток номенклатури гусеничних підйомників нерозривно пов'язаний з прогресом у галузі автоматизації та енергозбереження. Сучасна техніка відходить від виключного використання двигунів внутрішнього згоряння. Номенклатура сьогодні включає нові типи приводів: Hybrid - використання ДВЗ разом з блоком акумуляторів, де двигун заряджає батареї під час роботи

та Full Electric (Lithium) - повністю акумуляторні машини. Використання літій-іонних акумуляторів (Li-ion) дозволило зменшити вагу акумуляторного блоку на 33% порівняно зі свинцево-кислотними аналогами та забезпечити до 2000–5000 циклів заряду-розряду.

Системи автоматичного вирівнювання базуються на інтеграції акселерометрів та інклінометрів. Використання класичних PID-регуляторів забезпечує стабільність, проте нові моделі впроваджують алгоритми прогнозування на основі тензOMETричних датчиків на кожній опорі. Система безперервно моніторить тиск у гідроциліндрах опор: якщо тиск на одній з опор падає нижче критичного значення (сигналізуючи про просідання ґрунту), система автоматично блокує рухи стріли в небезпечному напрямку.

Системи на кшталт GPRS-GPS інтеграції (наприклад, R.A.H.M. у Hinowa або PAL-Connect у Palazzani) дозволяють здійснювати віддалену діагностику. Сервісні центри можуть бачити стан машини, рівень заряду, тиск у гідросистемі та навіть допомагати оператору налаштувати параметри роботи дистанційно, що є критично важливим для орендного бізнесу.

Висновки.

Аналіз номенклатури мобільних підйомників на базі гусеничної машини свідчить про глибоку технологічну трансформацію цього сегмента. Від простих механічних пристроїв галузь перейшла до створення інтелектуальних роботів-маніпуляторів на гусеничному ході. Системи автоматичного вирівнювання та телематики мінімізують вплив людського фактора на безпеку, що робить гусеничні підйомники пріоритетним вибором для орендного сектору. Сучасна номенклатура успішно закриває потреби у висотах від 10 м (Almac) до 52 м (Palazzani), що раніше було доступно лише для важких автовишок.

У майбутньому слід очікувати подальшого впровадження систем автономного пересування та інтеграції підйомників у системи BIM (Building Information Modeling), що дозволить автоматично обмежувати робочі зони підйомника на основі цифрової моделі будівлі. Гусеничні підйомники залишаться незамінним інструментом для складних архітектурних та ландшафтних завдань, де традиційна техніка виявляється занадто важкою або недостатньо маневреною.

Література

1. Spider lift overview. *Osprey Industries*. URL: <https://www.ospreyindus.com/spider-lifts/spider-lifts-overview>
2. Lightlift 20.10 MK3 : Technical sheet. *Hinowa*, 2023. URL: <https://www.hinowa.com/en/products/aerial-platforms/from-15-to-40-meters-performance-series/lightlift-20-10-mk3>
3. LEO 30T : Compact tracked boom lift. *Teupen*. URL: https://rentrise.com.tr/wp-content/uploads/2023/11/Brochure_LEO30T_EN.pdf

4. Lightlift 20.10 MK3 : Technical sheet. *Hinowa*, 2023. URL: <https://www.hinowa.com/en/products/aerial-platforms/from-15-to-40-meters-performance-series/lightlift-20-10-mk3>
5. Hoogwerker Almac BIBI 1090-BL EVO. *Weterings*. URL: <https://webshop.weterings.com/en/product/0850049/hoogwerker-almac-bibi-1090-bl-evo/scissor-lifts>
6. Мобільні сходові підйомники на гусеничному ході. *Simbo*. URL: <https://simbo.ua/ua/podemniki-i-pandusy/mobilni-shodovi-pidjomniki-na-gusenichnomu-hodu1>
7. Spider lift XTJ 37+. *Palazzani Industrie*. URL: <https://www.palazzaniindustrie.com/spider-aerial-platforms-manufacturers/ragno-xtj-37-bi-energy/>
8. JLG X13J Plus Compact Crawler Boom. *Skyreach Access*. URL: <https://skyreachaccess.com/product/jlg-x13j-plus-compact-crawler-boom/>
9. CTE TRACCESS 170 : Versatile boom configuration. *CPS Lift*. URL: https://cpslift.com/wp-content/uploads/CTE_TRACCESS_170_2016-04_EN1.pdf
10. Multitel SMX 250. *Multitel Pagliero*. URL: <https://multitelgroup.com/en/Piattaforme/smx-250/>

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОРОГОВИХ ПЕРЕШКОД МАЛОГАБАРИТНИМ НАВАНТАЖУВАЧОМ

Павло ГАПОНЕНКО, студент гр. М-42-22
Науковий керівник: Леонід
РАЗАРЬОНОВ, доцент кафедри
експлуатації, випробувань, сервісу
будівельних і дорожніх машин,
Харківський національний автомобільно-
дорожній університет

Завдання оцінки стійкості малогабаритного навантажувача з урахуванням подолання порогових перешкод є деякими труднощами, оскільки базується на дослідженні системи «рушій – опорна поверхня» в сукупності з аналізом відповідних тягово-зчіпних характеристик машини. Подолання навантажувачем бар'єрних перешкод, якими на ділянці транспортного режиму, напливи, вибоїни та інші тверді включення ґрунту є найбільш характерним та складним видом руху, що супроводжується інтенсивною зміною навантажень на ходове та робоче обладнання навантажувача.

Перераховані вище перешкоди викликають як зниження швидкості, так вихід на повне буксування машини. Умовно перешкоди класифікують за довжиною: до 0,3 м – імпульсні, 0,3 – 0,6 м – вибоїни, 6 – 25 м – великі вибоїни. По висоті розподіл наступне: шорсткості – до 1 см, западини та виступи – 1 – 30 см, понад 30 – перешкоди. Дана класифікація застосовується до дорожнього рухомого складу і позашляхових транспортних засобів, що мають великий радіус коліс, в даній статті автор залишає за собою право називати виступи перешкодами для руху малогабаритної машини, що вивчається, так як радіус коліс становить 47 см. За характером розміщення перешкод виділяють періодично чергуються, відокремлені та випадковий мікропрофіль. Профіль дороги ділиться на три складові - макропрофіль (довгі і плавні нерівності з довжиною хвилі від 100 м і більше), мікропрофіль (довжина хвилі 0,1 - 100 м), шорсткості (довжина хвилі менше 0,1 м) [4]. Мікропрофіль викликає помітні коливання машини та не містить тривалих спусків та підйомів, що змінюють режим роботи двигуна.

Досліджувана в роботі малогабаритний фронтальний навантажувач має 4 ступені свободи кістяка машини. У поздовжній площині обертання відбувається за рахунок просідання передніх та задніх коліс, кут повороту навантажувача досягають ± 360 градусів, що дозволяє маневрувати та розвертатися «на місті».

Ведучі колеса, які менш навантажені, долають граничну перешкоду краще, ніж більш навантажені. Це тим, що перше колесо прагне подолати вертикальну перешкоду, а друге тільки впирається в нього. У процесі подолання перешкоди колесом з пневматичною шиною її деформація на ребрі

порога полегшує подолання перешкоди, тому що в цьому випадку вісь колеса піднімається над порогом на висоту. Проте аналітичне дослідження цього чинника дуже важко [1].

Здатність навантажувача долати перешкоди значною мірою залежить від розважування. Під час руху без вантажу, як правило, передній міст має велике навантаження, і тому розрахунковим випадком слід вважати подолання порогової нерівності переднім мостом ненавантаженого навантажувача. Гранична величина порога, що долається машиною, визначається або тягово-зчіпними можливостями або геометричними параметрами машини.

Існує такі варіації змінних факторів, виходячи з яких, слід проводити розрахунок: колеса – ведучі та ведені, кількість осей – в основному від 2, вантажна машина – із завантаженням ковша або без неї, подолання перешкоди може бути з місця, тобто статичне або в процесі постійного руху - тобто динамічний. Причому кінетична енергія руху малогабаритної машини може бути єдиним джерелом сили, що штовхає, або додатковою до сили тяги коліс. З точки зору динамічних навантажень на машину та оператора більш прийнятний варіант – це долати перешкоду, попередньо зупинившись перед ним. Однак машини, що працюють на ґрунтових поверхнях з малими значеннями коефіцієнта зчеплення колеса з опорною поверхнею (для ґрунту $\varphi=0,35 - 0,40$, для асфальтобетону $\varphi=0,6 - 0,7$), повинні бути повнопривідними, а подолання перешкод можливе лише у динамічному режимі.

Процес динамічного подолання перешкоди двовісною машиною починається з удару колеса об ребро порога та різким зниженням швидкості. Кінетична енергія витрачається на деформування шини та на підйом машини.

Подолання порогу відбувається за рахунок накопиченої кінетичної енергії, після чого машина зупиняється. Даний випадок зручно розглядати для розрахунку швидкості, необхідної для подолання перешкоди та висоти порога.

Література

1. Кузенко Л.М Дорожньо-будівельні машини. Навчальний посібник /Л.М Кузенко, З. З. Вантух, Д. В.Кузенко, Я.Й. Панюра - Видавничий дім «Кондор: 2021. - 236 с.
2. Біліченко, В. В. Б61 Виробничо-технічна база підприємства автомобільного транспорту: навчальний посібник / В. В. Біліченко, В. Л. Крещенецький,С. О. Романюк, Є. В. Смірнов. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 182 с.
3. ДБН В.2.8-3-95 - «Технічна експлуатація будівельних машин». Основний документ, що визначає правила утримання техніки.
4. Полянський С. К. Технічна експлуатація будівельно-дорожніх машин та автомобілів. / С. К. Полянський, М. О. Білякович./ Підручник в 3-х частинах частина III. Діагностування, керування роботою та підвище

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОКОЛУ ГРУНТУ ГОЛОВКОЮ З АСИМЕТРИЧНИМ НАКОНЕЧНИКОМ

Андрій ГЕРМАН, студент групи М-41-21
 Науковий керівник: Володимир СУПОНЄВ, професор кафедри експлуатації, випробувань, сервісу будівельних і дорожніх машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Методи безтраншейного прокладання інженерних комунікацій знаходять широке застосування в усіх країнах світу. В силу своєї простоти конструкції та технології застосування при створенні свердловин у ґрунті – метод статичного проколу особливо популярний. Головним недоліком цього методу проколу є недостатня точність траєкторії руху в ґрунті головки, що його проколює. Цей недолік значно обмежує його застосування в межах коротких ділянок підземних прольотів до 15 - 20м. Цього явно недостатньо, коли мова іде про прокладання інженерних мереж під діючими дорогами I та II категорії, коли довжина проколу повинна складати до 80-100 метрів. Ефективна робота при такої довжині можлива шляхом застосування пристроїв для корекції траєкторії руху головки, що проколює, в ґрунті. Створення установок для статичного проколу ґрунту з можливістю корекції руху її головки є актуальною задачею.

Ціль роботи полягає у підвищенні ефективності роботи установок для статичного проколу ґрунту при безтраншейному прокладанні інженерних комунікацій шляхом збільшення дистанції підземних прольотів за рахунок керованості рухом головки в ґрунті.

Схематично процес корекції проколу ґрунту відобразити наступним чином, див. рис.1.

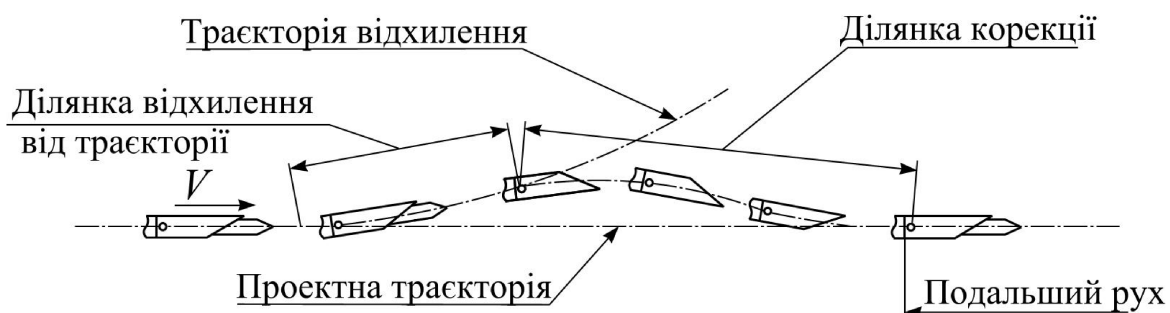


Рисунок 1 - Схема статичного проколу ґрунту з корекцією траєкторії руху.

Конструкція проколюючої головки для витримування заданої проектом траєкторії свердловини повинна забезпечувати можливість корекції руху

головки, максимально наближаючи її до заданої траєкторії. В даному випадку рух по прямій на ділянках 1 і 4 може реалізуватися головкою, що проколює, з конічним наконечником з кутом загострення $\gamma = 30^{\circ} \dots 45^{\circ}$. А при корекції траєкторії робоча частина голівки повинна бути у вигляді скошеної асиметричної зрізаної під кутом до осі циліндру площини, яка повинна бути повернена в протилежний бік від можливого відхилення.

Це уявлення про корекцію проколу було покладено в основі запропонованої експериментальної установки (рис. 2). Особливістю силового приводу цієї установки для проколу ґрунту є наявність усередині силового циліндра штоку з гвинтовою несамогальмованою парою. Схема такого циліндру пояснюється наступною схемою (рис. 3). Таке технічне рішення забезпечує, як поступальний рух штоку гідроциліндру, так і обертальний.

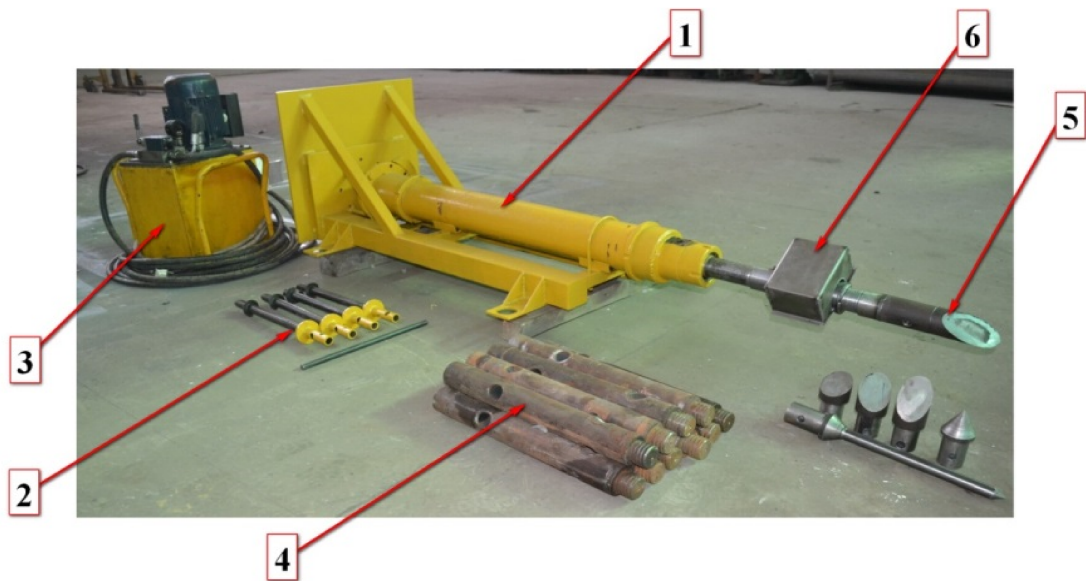


Рисунок 2 - Експериментальна установка для дослідження процесів проколу ґрунту: 1 - силова проколююча установка; 2 – гвинтові якорі; 3 – гідравлічна станція; 4 – набірні штанги; 5 - проколююча головка; 6 - пристрій для виміру крутного моменту

Суть запропонованої конструкції гідроциліндру пояснюється схемою на рисунку 3. На штоку гідроциліндра (1) закріплюється штанга (2), яка у свою чергу через такі ж штанги з'єднується з прокольною головкою (3). Усередині циліндру вбудований блок обертання для осьового переміщення штока. Як перетворювач поступального руху поршня (4) у обертально-поступальний рух робочого органу використана гвинтова пара (5). Особливістю конструкції гідроциліндра є наявність центрального гвинта (6), встановленого в опорному вузлі і має стопорний пристрій (7). При включенні в роботу стопорного пристрою проводиться загвинчування та викручування прокольної головки, а при відключенні – поступальне переміщення, тобто створення тягового та тягового навантаження.

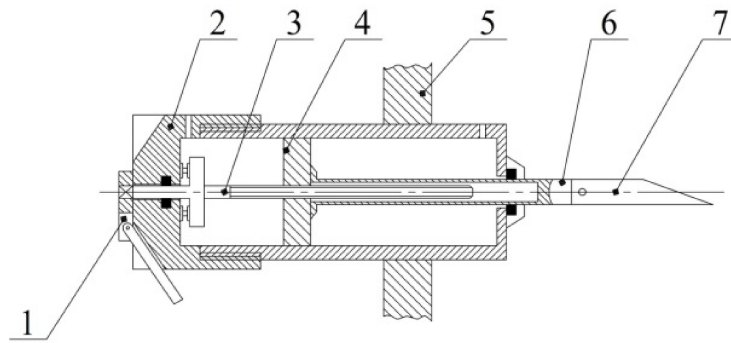


Рисунок 3 - Схема гідроциліндра, що забезпечує поступальний та обертово-поступальний рух штоку

Осьове зусилля визначається опосередковано через відомі робочі площі штокової та поршневої порожнин гідроциліндра та робочий тиск у системі подачі гідравлічної рідини, що визначається за допомогою вбудованого в неї перетворювача тиску WIKA ECO-1.

Для дослідження процесів проколу ґрунту гвинтовими робочими органами, а також встановлення моментів обертання робочої головки зі скошеною поверхнею, необхідною для корекції траєкторії проколу ґрунту, було виготовлено спеціальний бездротовий динамометричний блок.

Щоб відхилитися наконечнику від траєкторії прямолінійного руху на відстань S , йому необхідно пройти шлях без передачі крутного моменту (без обертання) довжиною L , тому

$$L = \frac{SE_{зг} D^3 \frac{v^4 - 1}{v^4} \beta^3}{0,9E_{гр} (1 - f \cdot \operatorname{tg} \beta)}. \quad (1)$$

де f – коефіцієнт зовнішнього тертя ґрунту; β – кут нахилу зрізаної площини циліндра до горизонту; L та S - величини горизонтального і вертикального переміщення;

$v = \frac{D}{d}$ – відношення відповідно зовнішнього діаметра наконечника до внутрішнього діаметра; $E_{зг}$ – модуль пружності штанги при згині ($E_{зг} = 2 \cdot 10^7$ Н/см²);

$E_{гр} = \frac{(1 - \omega) \rho_{тв}}{C_k \rho_{пр}}$ – компресійний модуль деформації ґрунту; ω – вологість ґрунту; $\rho_{тв}$ – щільність твердої фази ґрунту (щільність ґрунту при умові, що в ньому відсутні пори); C_k – коефіцієнт компресії ґрунту.

Залежність відношення L / S від кута нахилу площадки наконечника до горизонту β приведена на рис. 4.

З отриманого графіка видно, що з ростом значення кута нахилу площини наконечника відхилення траєкторії зменшується. Найбільшого відхилення від прямої траєкторії руху проколююча головка досягає при меншому куту нахилу площини, тобто у межах 30–40° в залежності від типу ґрунту. При куті нахилу більш ніж 60–70° рух ґрунту на площині припиняється, про що свідчать умови управління траєкторією руху головки, які відображені на графіку, рис. 4. При цьому на похилій поверхні виникає ядро ущільнення, яке за своєю формою

приближається до симетричного конуса, на якому врівноважуються сили в просторі і які не можуть вплинути на процес відхилення наконечника.

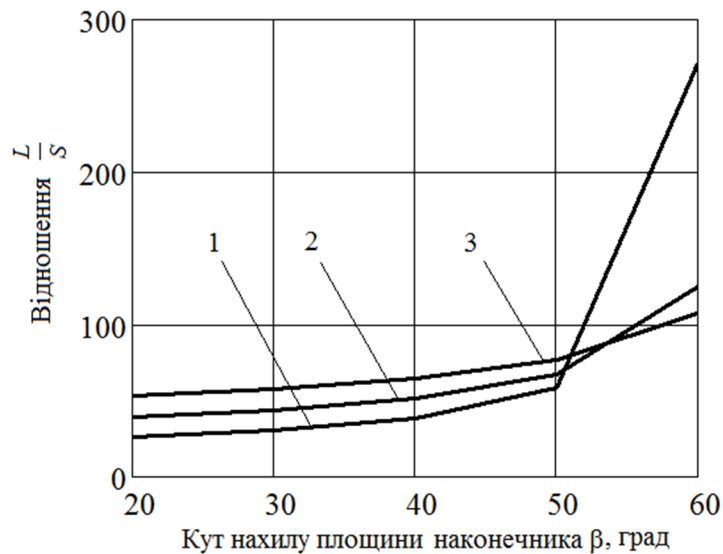


Рисунок 4 - Залежність відношення L/S від кута нахилу площини наконечника до горизонту β для різних ґрунтів: 1 – супісок; 2 – суглинок; 3 – глина

Отримані дані були перевірені при експериментальному проколі ґрунту головкою з плоскими наконечниками у вигляді скошеної поверхні під кутом до осі циліндру, які дорівнювали 25° , 35° , 45° , 55° та 65° . Розходження експериментальних даних з теоретичними не перевищували 14%, що є достатньо високим показником

Ефективність розробки свердловини методом статичного проколу ґрунту під дорогами для подальшого протягування в неї інженерних комунікацій визначається можливістю установки робити корекцію руху ґрунтопрокоючої головки за рахунок вчасного виставлення її асиметричного наконечника у напрямі, протилежному до відхилення від запланованого напрямку руху.

В роботі представлена оригінальна експериментальна установка для безтраншейної прокладки підземних комунікацій, силовий привід якої є гідроциліндром з вбудованою в ньому парою. Його наявність дозволяє реалізувати як поступальний, так і при необхідності обертальний рух. Це є необхідною умовою при корекції траєкторії проколу.

Проведеними теоретичними дослідженнями проколу ґрунту головкою з асиметричним наконечником у вигляді скошеного наконечника циліндру було встановлено закономірність процесу та розрахункова залежність яка дозволила аналітичним способом визначити величину відхилення головки з асиметричним наконечником у вигляді скосу циліндричного корпусу. З урахуванням типів ґрунтів та їх фізико-механічних властивостей та куту нахилу лобової поверхні було встановлено, що з ростом значення кута нахилу площини наконечника відхилення траєкторії зменшується.

Висновки.

Отримано розрахункову залежність для аналітичного визначення величини відхилення ґрунтопроколюючої головки з наконечником у вигляді асиметричного наконечника з пласкою похиленою лобовою поверхнею, що розташована до осі циліндричного корпусу дозволили встановити. Встановлено, що з ціллю збереження штанг від поламки при її згинанні під час проколу для вчасної корекції траєкторії проколу раціональний кут нахилу лобової поверхні повинен бути дорівнювати $60-70^{\circ}$. Запропонована оригінальна установка для проколу ґрунту з можливістю корекції траєкторії руху головки в ґрунті при формуванні свердловини завдяки гідроциліндру у якого в шток вмонтовано гвинтову несамогальмовану пару. Польовими випробуваннями підтверджено працездатність установки та можливість розширення області її ефективного використання, шляхом збільшення дистанції проколу з 20 метрів до 100 метрів.

Література

1. Rudnev V.K., Suponiyv V.N., Saenko N.V. at all. Soil thrust boring plant of static action with ring spacers of horizontal wells. *Magazine of Civil Engineering*. 2015. №2. С. 100–107.
2. Супонев В.М. Керування процесом корекції траєкторії руху робочого органу при статичному проколі ґрунту. *Автомобильный транспорт: сб. науч. тр.* 2018. № 43. С. 125–131.
3. Kravets S., Suponev V., Rieznikov O. at all. Determination of the resistance of the cylindrical-tubular drill for trenchless laying of underground communications. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2018. № 3/7(93). С. 64–71.
4. Пат. 95501 Україна. МПК E02F 5/18 (2006.01). Установка для керованого проколу ґрунту / Пенчук В.О., Белицький Д.Г., Супонев В.М., Олексин В.І., Балесний С.П.; заявитель та патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній ун-тет. № 95501; заявл. 10.07.14; опубл. 25.12.2014, Бюл. № 24. – С. 6.

УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАХИСНОЇ СИСТЕМИ ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ КРАНІВ ВІД ГОРИЗОНТАЛЬНИХ УДАРІВ

Микола ГОЛОВЯШКІН, ст. гр. М-45-22
Науковий керівник: Олег ІВАНЕНКО,
доцент кафедри експлуатації,
випробувань, сервісу будівельних і
дорожніх машин,
Харківський національний автомобільно-
дорожній університет

Практика експлуатації вантажопідійомних машин показує, що наїзди кранів, обладнаних буферами існуючих конструкцій (як правило, пружинними (рис. 1) або гумовими (рис. 2)) приводить до аварійних ситуацій. Це викликано, насамперед, недостатньою енергоємністю кранових буферів [1], які розраховуються на поглинання кінетичної енергії кранів або візків (при гнучкій підвісці – без вантажу, при жорсткій – з вантажем), що рухаються зі швидкістю, яка становить 50% від номінальної.

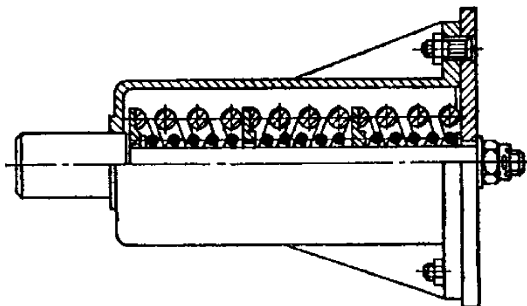


Рисунок 1 - Пружинний буфер

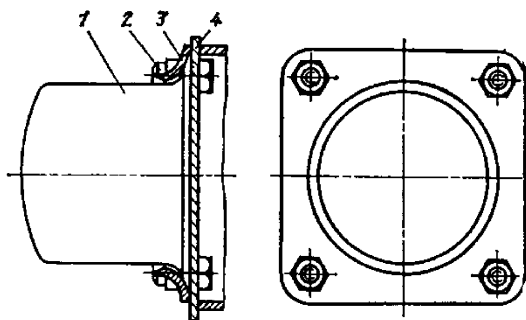


Рисунок 2 - Буфер з гумовим монолітним робочим елементом:
1 – робочий елемент; 2 – болт; 3 – накладка; 4 – щит

Замість традиційних стаціонарних тупикових упорів рейкового шляху вантажопідійомних кранів і візків, при відсутності обмеження габаритної висоти, у експлуатації все частіше використовують спеціальні тупикові пристрої, які одержали назву гравітаційних (рис. 3), у яких наприкінці шляху

рейка має плавний підйом з похилими прямолінійними ділянками, сполученими з горизонтальною робочою ділянкою за допомогою профільованої перехідної ділянки [2]. У цьому випадку кінетична енергія крана, що рухається (або візка) витрачається на підйом однієї сторони крана (центра ваги) на деяку висоту.

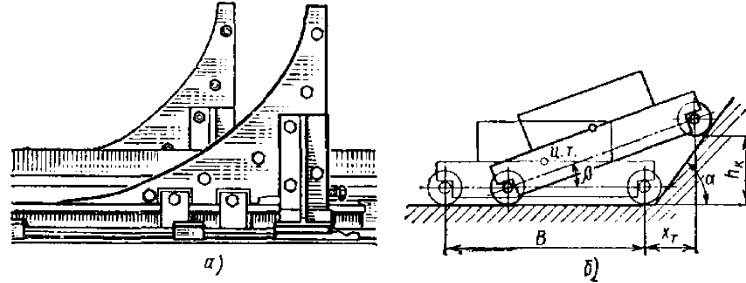


Рисунок 3 - Гравітаційний тупиковий упор

Недоліком гравітаційного упору є те, що він працює тільки у тупикових ділянках підкранової колії і не забезпечує захисту кранів від ударів при зіткненні на будь-якій ділянці.

Питаннями підвищення ефективності захисної системи вантажопідйомних кранів при експлуатації займалися такі вчені як: Петухов П.З., Ксюнін Г.П., Мартинов А.В., Гайдамака В.Ф., Григоров О.В. та ін.

На основі досвіду експлуатації кранів можна сформуванати вимоги до захисної системи:

- система повинна мати невелике число простих деталей;
- забезпечувати надійну зупинку крана, що рухається на номінальній швидкості і з найбільшим вантажем. При цьому уповільнення не повинно перевищувати максимальної припустимої величини;
- система повинна забезпечувати безпечну зупинку некерованого (угін крана вітром, незадовільний фізичний стан кранівника, зварювання контактів контролера або контактора і ін.) крана на кінцевих ділянках шляху й при зіткненні двох кранів;
- вартість системи, габаритні розміри й вага повинні бути невеликі;
- технічне обслуговування повинно забезпечуватися силами чергових слюсарів без залучення спеціалізованих ремонтних груп;
- система повинна бути уніфікованою для кранів мостового типу, а також для їхніх візків;
- система повинна бути працездатна протягом усього терміну служби крана;
- у момент спрацьовування системи не повинно бути ударів, що перевищують максимально припустиму величину.

Цей недолік усувається застосуванням захисних пристроїв гравітаційного типу.

Запропонована конструкція гравітаційного гідробуфера (рис. 4) складається з двох гідробуферів, закріплених на торцях кінцевої балки крана і з'єднаних між собою й двома вертикально встановленими гідроциліндрами, розташованими усередині кінцевої балки, трубопроводами постаченими

клапанами зворотної дії. При цьому магістраль між вертикальними гідроциліндрами не містить зворотнього клапана й з'єднана для керування потоками робочої рідини у замкнутій системі, через регульований дросель із трубопроводом з'єднуючим гідробуфери. На торцях штоків вертикальних гідроциліндрів, закріплений башмак, розташований із зазором над головкою підкранової рейки. Пристрій працює в такий спосіб: при зіткненнях кранів, коли спрацьовує один або обоє гідробуфери, робоча рідина перетікаючи по системі змушує башмак опуститися на рейку й піднімає над ним кінцеву балку, у результаті кінетична енергія маси крана, що рухається, перетворюється в потенційну енергію й кран зупиняється [3]. Через регульований дросель, під дією ваги крана й зусилля пружин гідроциліндрів, робоча рідина перетікає в системі у зворотному напрямку, і кінцева балка плавно опускається на рейку.

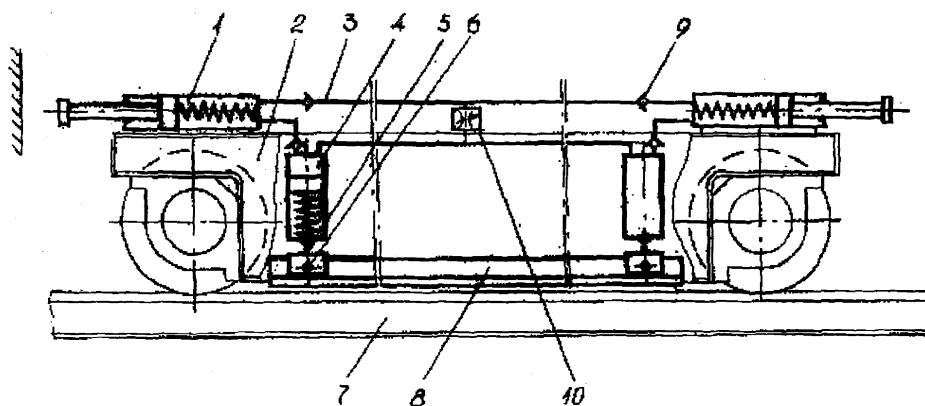


Рис. 4 - Гравітаційний гідробуфер

Висновки

1. Основна відмінність запропонованого буфера від загальноприйнятих полягає в тому, що кінетична енергія при зіткненні двох кранів витрачається не на удар і стиск пружних елементів, а на подолання сил тертя між деталями пропонованого пристрою й на підйом центра мас кранів, що рухаються.

2. Пристрій дозволяє підвищити енергоємність гравітаційного гідробуфера і ефективність захисту кранів при зіткненнях.

Література

1. European Committee for Standardization. Cranes - Buffers and bumpers : EN 13001-2:2016. Brussels : CEN, 2016. 46 p. URL: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/en-13001-2-2016>
2. Zhao Y., Li H., Zhang X. Energy absorption characteristics of hydraulic buffers used in bridge cranes. Journal of Mechanical Engineering Science. 2019. Vol. 233, No. 18. P. 6621–6632. URL: <https://doi.org/10.1177/0954406219827074>
3. Kim J., Park S., Lee D. Dynamic response and impact mitigation of crane end-stop systems with energy-absorbing devices. Shock and Vibration. 2021. Vol. 2021. Article ID 8843127. URL: <https://doi.org/10.1155/2021/8843127>

АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОСТА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ГІДРОПРИВОДІВ БДМ

Сергій ЗАДОРЖНИЙ, ст. гр. М-41-22
Науковий керівник: Олег ІВАНЕНКО,
доцент кафедри експлуатації,
випробувань, сервісу будівельних і
дорожніх машин,
Харківський національний автомобільно-
дорожній університет

Ефективність роботи будівельних машин залежить від якості їх проектування та виготовлення, а також від правильної експлуатації, яка включає в себе технічне обслуговування.

Промислова чистота робочих рідин - одне з найбільш важливих експлуатаційних властивостей, оскільки від нього у вирішальній ступені залежить надійність роботи гідроприводу. В міру зростання робочого тиску в гідроприводі вимоги до чистоти робочих рідин неухильно підвищуються, тому що ця експлуатаційна властивість є одною з основних, що визначає показники надійності не тільки гідроприводу, але і машини в цілому.

Залежно від якості очищення робочої рідини термін служби гідромашин може бути збільшений або зменшений у декілька разів. Скупчення в гідроприводі забруднюючих речовин викликає стирання поверхонь гідроагрегатів. В результаті знос швидко прогресує і термін служби швидко скорочується.

Механічні частинки сприяють розриву масляної плівки; погіршуючи режим змащення, а також можуть викликати закупорку дросельних щілин та інших каналів малого перетину. Забруднення, як правило, підвищують тертя і можуть привести до заклинювання рухомих деталей гідроагрегатів і зокрема, гідроагрегатів системи автоматики, а також бути причиною стрибкоподібних рухів приводу при плавній, зміні сигналу управління. Вірогідність цього особливо реальна для золотникових розподільників стежачих систем високого тиску, величина радіального зазору між плунжером та втулкою золотника яких у сучасних конструкціях звичайно коливається від 2 до 4 мк.

Гідропривід є одним з найбільш дорогих вузлів БДМ. Завдяки ряду важливих переваг, гідравлічний привід в останні роки широко застосовується в різних БДМ. На частку гідроприводу залежно від складності машини доводиться від тридцяти до восьмидесяти відсотків всіх відмов. Тому забезпечення надійності гідроприводу, забезпечує надійність всієї машини і підвищує ефективність роботи будівельної організації.

Рішення задачі планування експлуатаційної бази передбачає облік різних проблем: макророзташування (у господарській області, в районі

населеного пункту); мікророзташування (на відведеній території); розміщення приміщень і устаткування. Макророзташування орієнтоване на розподіл виробництв в заданому районі. Вибір місця враховує перспективи розвитку підприємства, визначає розмір і форму земельної ділянки і, по суті, полягає в розміщенні майданчика по відношенню до інших територій на ситуаційному плані з урахуванням районного планування, яке як правило, формується впродовж багатьох років. Мікророзташування і розстановка устаткування враховують чинники вужчого значення і визначаються в основному технологією робіт.

Генеральний план бази визначає принципове планування основних структурних елементів, організацію руху машин на території, а також пов'язує його внутрішню структуру з плануванням прилеглому району.

Обмеження на взаємне наближення і видалення будівель і споруд в основному носять нормативний характер. При цьому необхідно прагнути до забезпечення сприятливих умов природного освітлення і провітрювання.

З метою подальшого розширення і реконструкції слід передбачати резервні майданчики як на самій території підприємства, так і поза нею.

Розміщення будівель і споруд повинне забезпечувати односторонній кільцевий рух машин по території без зустрічних потоків і перетинів. Площу озеленення зазвичай приймають рівною 10-15 % всій території підприємства. Щільність забудови земельної ділянки повинна знаходитися в межах 40- 50%.

На рис. 1 приведена схема генерального плану дорожнього ремонтно-будівельного управління об'ємом робіт приблизно 120...150 км. вдосконалених і 250...300 км. нижчих дорожніх покриттів. Площу земельної ділянки складає 2,24 га і коефіцієнт забудови 41 %.

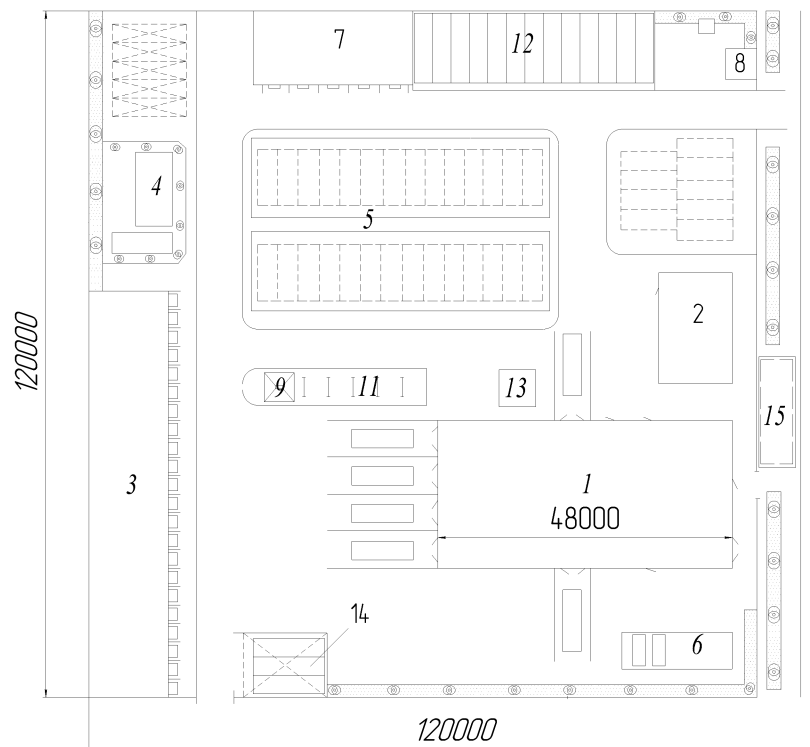


Рисунок 1 - Генеральний план дорожнього ремонтно-будівельного управління:

На рисунку 1 наведені наступні позначення: 1-Виробничий корпус; 2- административний корпус; 3-крита стоянка для автомобилей; 4-склад ГСМ; 5-стоянка гусеничної техніки; 6-склад запасних частин; 7-стоянка для автозаправників; 8-контрольно-пропускной пункт; 9-емкость для води; 10- стоянка крана; 11-мойка; 12-стоянка; 13-склад резины; 14-стоянка з навісом; 15-стоянка легкових автомобілів.

Взаємне розташування приміщень визначається прийнятою організацією ТЕ і ремонту. Для зниження транспортних робіт відділення, в яких послідовно проводять ремонт одних і тих же деталей і вузлів, прагнуть розміщувати в сусідніх приміщеннях. На рис. 2 приведена схема угруповання виробничо-складських приміщень і їх зв'язку із зонами ТО і ремонту.

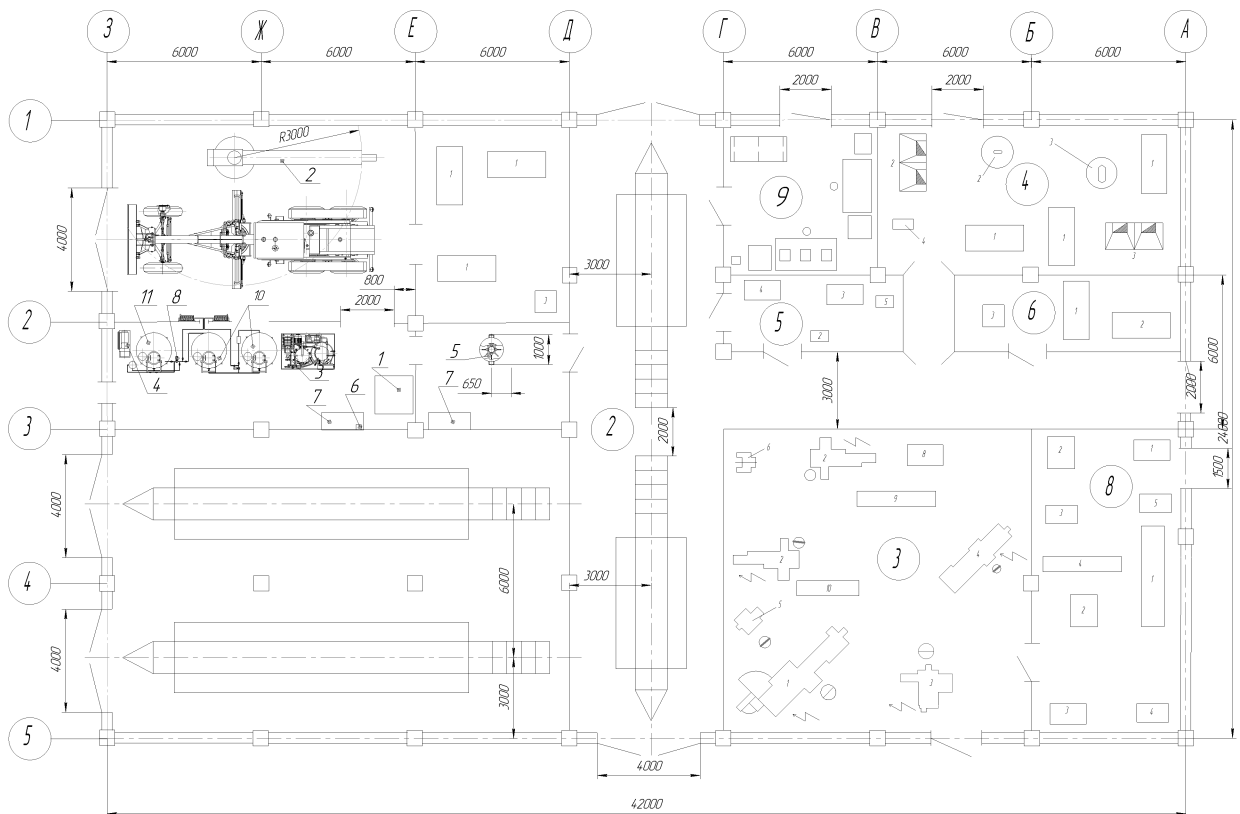


Рисунок 2 - План головного корпусу спеціалізованої бази ТО і ремонту: 1-пост ТО та ремонту колісних машин; 2-пост ТО та ремонту гусеничних машин; 3-механічне відділення; 4-ковальське відділення; 5-зварювальне відділення; 6-медницько-жорстяницьке відділення; 7-відділення регенерації робочої рідини; 8-відділення ремонту паливної апаратури; 9-шиномонтажне відділення.

При плануванні адміністративно-побутових приміщень враховують їх функціональну роль і соціальне значення, яке істотно впливає на продуктивність праці і культуру виробництва.

Приміщення обслуговування що працюють розміщують по можливості ближче до робочих місць, на шляхах проходження від входів в будівлі до робочих місць.

Приклад компоувального вирішення головного виробничого корпусу експлуатаційної бази для ТО і ремонту 250 будівельних машин даний на рисунку 2.

У загальному випадку площу зони або відділення можна розглядати у вигляді чотирьох основних складових: виробнича, необхідна для безпосереднього виконання заданих технологічних операцій;

транспортна, яка залежить від складу транспортних засобів і частоти їх застосування, а також від розташування устаткування в приміщенні і об'ємно-планувального вирішення будівлі;

складська, визначувана організацією виробництва і використовуваними допоміжними засобами складування;

допоміжна, включаючи майданчики і приміщення, що знаходяться в зоні або у відділенні, - для майстрів, відпочинку, контролю якості робіт.

При розміщенні устаткування враховують площу, відповідну його габаритним розмірам, а також додаткові площі, обумовлені розташуванням устаткування, транспортними засобами, вимогами техніки безпеки. Для різної номенклатури використовуються різні функціональні площі.

При об'єднанні декількох стендів може виникати необхідність в площах для транспортування. Склад вказаних площ визначається номенклатурою устаткування, при цьому, площі можуть перекривати одна одну, а також накладатися на функціональні площі суміжного устаткування, якщо це не противорече технології робіт і умовам техніки безпеки.

У зонах ТЕ і ремонту влаштовують підлогові пости, канави і підйомники. Пости розміщують в найбільш освітленій частині приміщення, так щоб уникнути маневрування в зонах, забезпечити зручне переміщення устаткування біля машин на посту і між постами.

Висновки

Комплекс питань, витікаючи з розглянутої проблеми, висуває ряд додаткових вимог до умов експлуатації гідрофікованих машин у споживачів, до методів збірки і випробування окремих елементів і вузлів гідрообладнання на підприємствах-виготівниках, до проектування комплектних гідроприводів і агрегатів з використанням як широко відомих, так і нових технічних рішень, що зменшують вміст повітря і води в маслах або що знижують вплив на роботу систем.

Так, при обслуговуванні гідросистем у сфері експлуатації необхідно дотримувати наступні основні умови: зберігати свіжі мінеральні масла тільки в герметичній тарі; після заправки гідросистеми свіжим маслом натомість застарілого, а також при запуску гідрофікованої машини після тривалої зупинки видаляти повітря, що скопилось, за допомогою клапанів, пробок і кранів, що встановлюються у верхніх точках гідросистеми і в тупикових каналах монтажних блоків і панелей; при появі характерного шуму насоса, ривків, або запізнювання спрацьовування виконавських органів, викликаних скупченням в системах значної кількості нерозчиненого повітря, перевіряти щільність місць, через які підсос повітря може бути найбільш інтенсивним; у

поршневих пластинчастих і шестерних насосах, у яких всмоктування робочої рідини здійснюється через корпус, перевіряти на щільність (по повітрю) ущільнення, встановлені по площинах роз'єму кришок і клапанів; на лініях зливу перевіряти щільність корпусів підпірних клапанів, регуляторів витрати і тиску і інших елементів гідрообладнання, у яких в результаті дроселювання потоку елементів робочої рідини утворюються зони зниженого (по відношенню до атмосферного) тиску; перевіряти величину заглиблення всмоктуючого, зливного і дренажних трубопроводів в період мінімального рівня рідини в резервуарі, коли наповнюються рідиною безштокові порожнини гідроциліндрів, а також гідроакумулятори.

Література

1. Avrunin G.A. Hydraulic equipment of construction and road machines:textbook / (G. A. Avrunin, I. G. Kyrychenko, V. B. Samorodov); under the editorship G. A. Avrunin. - Kharkiv: Khnadu, 2016. - 438 p.
2. Doppelfilter m mit verbesserterm // AGT. 2021. №4. p. 77.
3. Cleating for recycling //Manuf.Eng(USA). 2022. №3. P. 173.
4. Hydraulikol vor Wasser schützen // Production. 2023. № 10. S. 10.
5. Методика визначення економічної ефективності витрат на наукові дослідження і розробки та їх впровадження у виробництво. Наказ Міністерства економіки та з питань європейської інтеграції та Міністерства фінансів України, № 218/446 від 26.09.2001р

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ЗАСОБІВ ДІАГНОСТИКИ ПАРАМЕТРІВ ГІДРОПРИВОДА ТРАКТОРА «СЛОБОЖАНЕЦЬ» ХТА-200-10

Владислав ЗАЙКА, студент групи Мз-51-25
Науковий керівник: Ігор ПІМОНОВ,
завідувач кафедри експлуатації,
випробувань, сервісу будівельних і
дорожніх машин,
Харківський національний автомобільно-
дорожній університет

Сучасні сільськогосподарські машини характеризуються високою енергонасиченістю та складністю гідравлічних систем, які забезпечують функціонування навісного обладнання, рульового керування та допоміжних механізмів. До таких машин належить трактор Слобожанець ХТА-200-10, який використовується для виконання широкого спектра польових і транспортних робіт.

Трактор ХТА-200-10 оснащується дизельним двигуном потужністю близько 210 к.с., має шарнірно-зчленовану раму та універсальну гідросистему з продуктивністю насоса до 90–170 л/хв і робочим тиском до 160–240 бар.

Гідравлічна система забезпечує роботу заднього навісного пристрою вантажопідйомністю до 6000 кг і живлення декількох гідровиводів.

Ефективність роботи гідросистеми безпосередньо впливає на продуктивність трактора, надійність агрегатів та енергетичну ефективність технологічних операцій. В умовах інтенсивної експлуатації виникає необхідність своєчасної діагностики технічного стану гідропривода, що дозволяє виявляти відхилення параметрів та попереджати відмови.

Метою даної роботи є аналіз існуючих засобів діагностики параметрів гідропривода трактора ХТА-200-10, визначення їх функціональних можливостей та оцінка перспектив розвитку систем моніторингу технічного стану гідросистем.



Рисунок 1. - Трактор ХТА-200-10

Гідравлічна система трактора складається з таких основних елементів:

- гідравлічного насоса;
- баку робочої рідини;
- розподільників;
- гідроциліндрів навісної системи;
- фільтрів очищення;
- трубопроводів;
- датчиків контролю параметрів.

Основними параметрами, що визначають працездатність гідросистеми,

є:

- тиск робочої рідини;
- витрата рідини;
- температура;
- рівень та чистота робочої рідини;
- герметичність гідроліній.

Стан гідропривода можна оцінити за допомогою контролю зміни цих параметрів у процесі роботи машини.

Існуючі засоби діагностики гідроприводів умовно поділяються на три основні групи:

Вбудовані (бортові) системи контролю. До цієї групи належать:

- датчики тиску;
- датчики температури;
- датчики рівня рідини;
- електронні блоки контролю.

Такі системи встановлюються безпосередньо на машині та забезпечують безперервний контроль параметрів.

До портативних діагностичних приладів відносяться:

- манометри;
- витратоміри;
- термометри;
- переносні тестери гідросистем.

Ці прилади використовуються під час технічного обслуговування або ремонту.

До стендових систем діагностики належать:

- стаціонарні стенди;
- лабораторні установки;
- випробувальні комплекси.

Вони використовуються для детального аналізу технічного стану гідроагрегатів.

Контроль тиску в гідросистемі є одним із найважливіших параметрів гідросистеми. Основна залежність визначення тиску:

$$P = \frac{F}{A} \quad (1)$$

де P - тиск робочої рідини; F - сила, що створюється гідроциліндром; A - площа поршня.

Контроль тиску здійснюється за допомогою:

- манометрів;
- електронних датчиків тиску;
- гідравлічних тестерів.

Манометри дозволяють визначити статичний тиск у системі, але не забезпечують автоматичного контролю. Електронні датчики можуть передавати сигнал до бортового комп'ютера та дозволяють здійснювати безперервний моніторинг роботи гідропривода.

Контроль витрати робочої рідини характеризує продуктивність гідравлічного насоса визначається залежністю:

$$Q = v \cdot A \quad (2)$$

де Q - витрата рідини; v - швидкість потоку; A - площа перерізу трубопроводу.

Зниження витрати може свідчити про:

- зношування насоса;
- засмічення фільтрів;
- витоки робочої рідини.

Для контролю витрати використовуються:

- турбінні витратоміри;
- ультразвукові витратоміри;
- гідравлічні тестери.

Температура робочої рідини значною мірою впливає на в'язкість та ефективність роботи гідросистеми. Залежність температурного режиму можна подати у вигляді:

$$T = T_0 + \Delta T \quad (3)$$

де T_0 - номінальна температура; ΔT - приріст температури під час роботи.

Перегрів гідросистеми може призвести до:

- зниження в'язкості рідини;
- прискореного зношування агрегатів;
- порушення герметичності.

Для контролю температури застосовують:

- термодатчики;
- електронні сенсори;
- інфрачервоні термометри.

Важливим показником технічного стану гідросистеми є ступінь забруднення робочої рідини.

Забруднення може виникати через:

- зношування гідроагрегатів;
- попадання пилу;
- руйнування ущільнень.

Для оцінки стану рідини використовуються:

- датчики забруднення;
- лабораторний аналіз;

- оптичні аналізатори.

Останнім часом активно розвиваються інтелектуальні системи моніторингу гідросистем, які базуються на використанні електронних датчиків та мікропроцесорної обробки даних.

Основні функції таких систем:

- безперервний контроль параметрів;
- реєстрація аварійних режимів;
- передача інформації оператору;
- прогнозування відмов.

Структура такої системи може бути представлена наступною схемою.

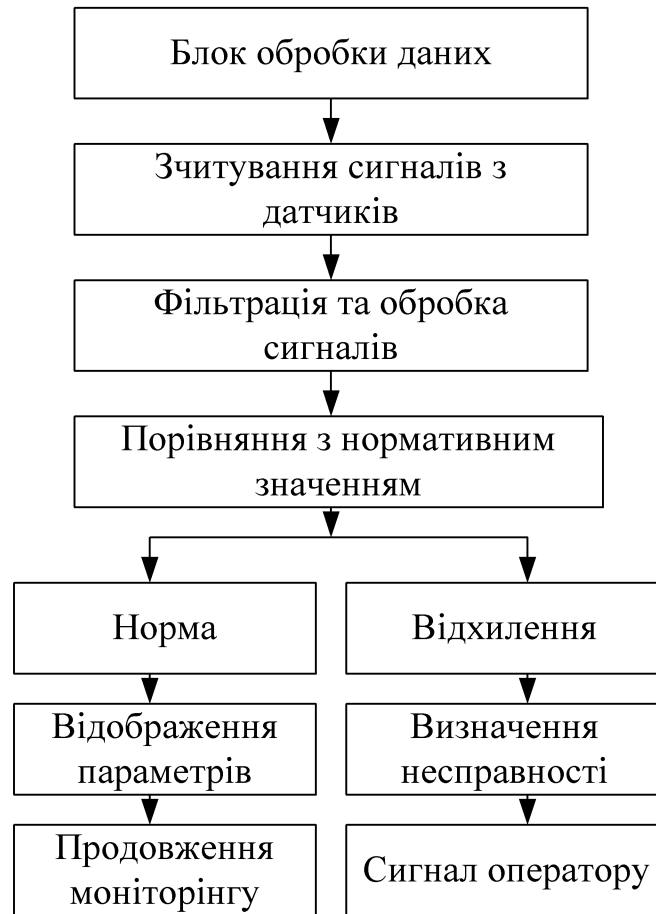


Рисунок 4 – Алгоритм діагностики технічного стану гідропривода

Основні напрямки розвитку систем діагностики гідроприводів включають:

1. використання інтелектуальних датчиків;
2. застосування бортових комп'ютерів;
3. використання методів штучного інтелекту;
4. дистанційний моніторинг технічного стану.

Застосування сучасних систем моніторингу дозволяє:

- знизити кількість відмов;
- зменшити витрати на ремонт;
- підвищити ефективність експлуатації машин.

Висновки

1. Проведено аналіз існуючих засобів діагностики параметрів гідропривода трактора ХТА-200-10.
2. Встановлено, що найбільш ефективними є комбіновані системи, які поєднують датчики тиску, витрати та температури.
3. Використання бортових систем діагностики дозволяє забезпечити оперативний контроль технічного стану гідросистеми.
4. Перспективним напрямком є створення інтелектуальних систем моніторингу, що забезпечують прогнозування відмов гідроагрегатів.

Література

1. Increase the operation of excavators of the fourth size group / Nikita Medvedev, Igor Pimonov // ISSN 3572-2436 /Annali d'Italia (науковий журнал Італії). –Florence, Italy– № 61 (2024). —TECHNICAL SCIENCES p.85-87 DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14232015>
2. Аналіз сучасних технічних засобів для обслуговування аеродромів і літаків / Аврунін Г.А., Пімонов І.Г., Щербак О.В, Ярижко О.В., Мороз І.І. // Збірник нау-кових праць. – Вісник ХНАДУ. – Вип. 99. – 2022. – С. 34 –41 DOI: <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2022.99.0.34>
3. Practice of visual diagnostics using endoscopes / Yuriy Saliy, Nikita Petrushev, Natalia Penkina, Igor Pimonov // ISSN 3572-2436 /Annali d'Italia (науковий журнал Італії). –Florence, Italy– № 63 (2025). —TECHNICAL SCIENCES p.72-76 DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14726829>

РОЗРОБКА ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ПОСТІВ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ГІДРОПРИВОДІВ БУДІВЕЛЬНО-ДОРОЖНІХ МАШИН З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ДОВГОВІЧНОСТІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ

Олег КІЗИМОВ, студент групи М-43-22
Науковий керівник: Юрій САЛІЙ,
асистент кафедри експлуатації,
випробувань, сервісу будівельних і
дорожніх машин,
Харківський національний автомобільно-
дорожній університет

В роботі розглянуті проблеми забезпечення довговічності та експлуатаційної надійності гідроприводів будівельно-дорожніх машин шляхом удосконалення технічного оснащення постів технічного обслуговування. Проведено аналіз існуючих засобів технічного контролю параметрів гідросистем, визначено їх недоліки та запропоновано комплекс технічних рішень щодо модернізації обладнання сервісних постів. Розглянуто структурні схеми діагностичних стендів, систем очищення робочої рідини та контролю параметрів гідравлічних агрегатів. Показано, що впровадження сучасних методів діагностики та очищення робочої рідини дозволяє значно підвищити ресурс гідравлічних систем будівельно-дорожніх машин.

Сучасні будівельно-дорожні машини широко використовують гідравлічні приводи для забезпечення роботи основних робочих органів. Гідроприводи застосовуються у конструкціях екскаваторів, бульдозерів, автогрейдерів, навантажувачів та інших машин, де необхідна передача значних сил і моментів при компактних розмірах силових агрегатів.

Разом з тим гідравлічні системи є досить чутливими до умов експлуатації. Основними факторами, що впливають на їх довговічність, є:

- забруднення робочої рідини;
- підвищені температурні режими;
- зношування гідравлічних агрегатів;
- порушення режимів експлуатації.

За статистичними даними, близько 70–80 % відмов гідроприводів пов'язані саме із забрудненням робочої рідини та несвоєчасним технічним обслуговуванням.

У зв'язку з цим важливим завданням є удосконалення технічного оснащення постів технічного обслуговування, що дозволить забезпечити якісний контроль параметрів гідросистем та своєчасне виявлення несправностей.

Гідравлічні системи будівельно-дорожніх машин працюють у складних умовах:

- значні навантаження;
- змінні режими роботи;
- підвищена запиленість;
- коливання температури навколишнього середовища.

Основними елементами гідросистеми є:

- гідравлічний насос;
- гідророзподільники;
- гідроциліндри;
- гідромотори;
- фільтри;
- трубопроводи.

Надійність функціонування цих елементів значною мірою залежить від стану робочої рідини.

Робоча рідина виконує кілька важливих функцій:

- передачу енергії;
- змащування рухомих частин;
- охолодження;
- захист від корозії.

Забруднення рідини твердими частинками або водою призводить до інтенсивного зношування деталей гідравлічних агрегатів.

Пости технічного обслуговування призначені для виконання комплексу робіт, спрямованих на підтримання працездатності гідросистем. До основних операцій технічного обслуговування належать:

- контроль тиску в гідросистемі;
- перевірка витрати робочої рідини;
- діагностика гідравлічних агрегатів;
- очищення та фільтрація рідини;
- заміна фільтрувальних елементів;
- контроль температури.

Ефективність виконання цих операцій значною мірою залежить від технічного оснащення постів технічного обслуговування. На сучасних сервісних підприємствах використовуються різні типи обладнання:

- Діагностичні стенди
- Фільтраційні установки
- Системи контролю чистоти рідини
- Контрольно-вимірвальні прилади

Проте більшість таких засобів має певні недоліки:

- обмежені функціональні можливості;
- відсутність автоматизації;
- низька точність вимірювань;
- складність обслуговування.

Тому актуальним є створення комплексних технічних систем, які забезпечують одночасний контроль кількох параметрів гідросистеми.

Удосконалений пост технічного обслуговування повинен включати такі основні елементи:

- діагностичний стенд;
- систему фільтрації робочої рідини;
- систему контролю температури;
- блок збору та обробки інформації.

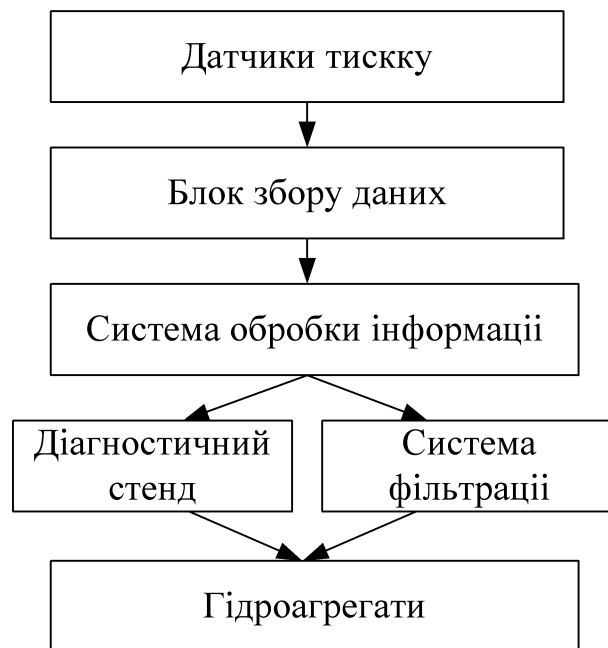


Рисунок 1 - Структурна схема поста технічного обслуговування

Запропонована структура дозволяє здійснювати комплексну діагностику гідросистем.

Основними параметрами, які контролюються під час технічного обслуговування, є:

- тиск робочої рідини;
- витрата;
- температура;
- ступінь забруднення.

Тиск у гідросистемі визначається залежністю:

$$P = \frac{F}{A} \quad (1)$$

де P – тиск робочої рідини; F – сила, що створюється гідроциліндром; A – площа поршня.

Витрата рідини визначається за формулою:

$$Q = v \cdot A \quad (2)$$

де Q – витрата рідини; v – швидкість руху поршня.

Контроль цих параметрів дозволяє оцінити технічний стан гідравлічних агрегатів.

Одним із найбільш ефективних способів підвищення довговічності гідроприводів є використання сучасних систем фільтрації.

Система очищення може включати:

- фільтри грубого очищення;

- фільтри тонкого очищення;
- магнітні сепаратори;
- системи дегазації.

Ступінь очищення визначається коефіцієнтом фільтрації:

$$\beta = \frac{N_{вх}}{N_{вих}} \quad (3)$$

де $N_{вх}$ – кількість частинок на вході у фільтр; $N_{вих}$ – кількість частинок після фільтра.

Застосування багатоступеневої фільтрації дозволяє знизити концентрацію забруднень у десятки разів.

Для перевірки технічного стану гідравлічних агрегатів застосовуються спеціальні стенди.

Основні функції стенда:

- перевірка насосів;
- перевірка гідромоторів;
- перевірка гідророзподільників;
- перевірка гідроциліндрів.

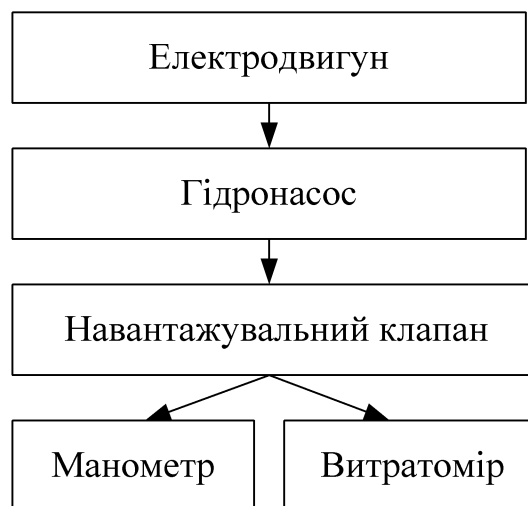


Рисунок 2 - Узагальнена схема діагностичного стенда

Такі стенди дозволяють визначати:

- продуктивність насосів;
- втрати тиску;
- рівень внутрішніх витоків.

Схема демонструє взаємодію основних елементів поста технічного обслуговування (рис. 3). Інформація від датчиків надходить до блоку збору даних і після обробки використовується для контролю технічного стану гідросистеми.

Багатоступенева система фільтрації дозволяє видаляти з робочої рідини:

- тверді частинки;
- металеві домішки;
- газові включення.

Це суттєво підвищує довговічність гідравлічних агрегатів.

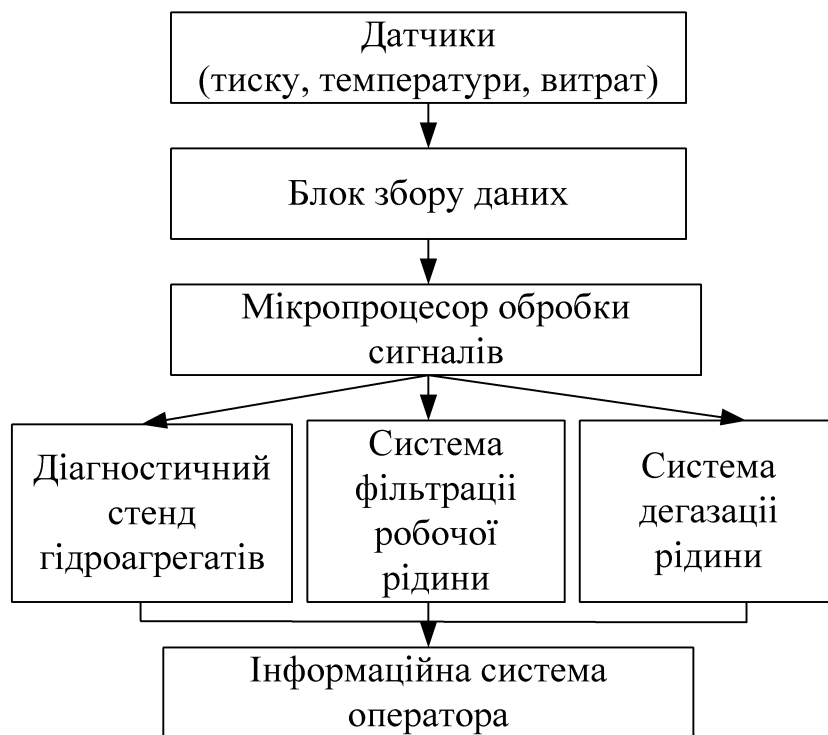


Рисунок 3 – Структурна схема поста технічного обслуговування гідроприводів будівельно-дорожніх машин



Рисунок 4 – Схема багатоступеневої системи фільтрації робочої рідини

Алгоритм демонструє послідовність операцій технічної діагностики гідросистеми під час проведення технічного обслуговування.

Удосконалення технічного оснащення постів технічного обслуговування дозволяє досягти таких результатів:

1. своєчасне виявлення несправностей;
2. зменшення зношування деталей;
3. зниження витрат на ремонт;
4. підвищення надійності машин.

Практичні дослідження показують, що використання сучасних методів діагностики та очищення робочої рідини дозволяє збільшити ресурс гідравлічних систем на 25–30 %.

Подальший розвиток постів технічного обслуговування пов'язаний із впровадженням:

- автоматизованих систем діагностики;
- цифрових датчиків;
- систем дистанційного моніторингу;

- комп'ютерного аналізу параметрів.

Такі системи дозволять реалізувати прогнозне технічне обслуговування, що значно підвищить ефективність експлуатації будівельно-дорожніх машин.

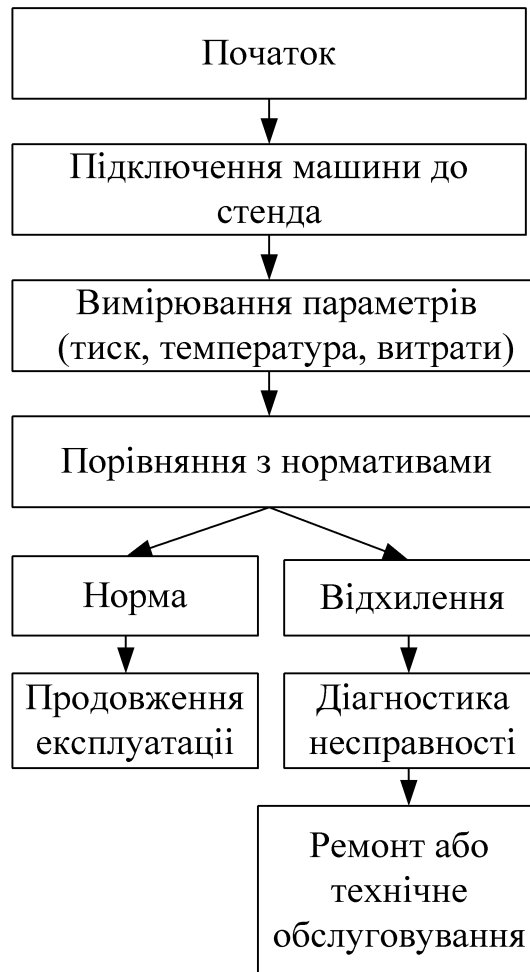


Рисунок 5 – Алгоритм діагностики технічного стану гідропривода на посту технічного обслуговування

Висновки

1. Проведено аналіз умов експлуатації гідроприводів будівельно-дорожніх машин та факторів, що впливають на їх надійність.
2. Визначено основні недоліки існуючого технічного оснащення постів технічного обслуговування.
3. Запропоновано структурну схему удосконаленого поста технічного обслуговування гідроприводів.
4. Обґрунтовано використання сучасних систем фільтрації та діагностики.
5. Показано, що впровадження нових технічних рішень дозволяє значно підвищити довговічність і експлуатаційну надійність гідроприводів будівельно-дорожніх машин.

Література

1. Nikita Medvedev, Igor Pimonov. Increase the operation of excavators of the fourth size group. Annali d'Italia (Italy's scientific journal). Technical sciences. Florence, Italy, 2024, no 61, pp. 85-87. <https://www.anditalia.com/wp-content/uploads/2024/12/Annali-d%E2%80%99Italia-%E2%84%9661-2024.pdf>
2. Аврунін Г.А., Пімонов І.Г., Щербак О.В., Ярижко О.В., Мороз І.І. Аналіз сучасних технічних засобів для обслуговування аеродромів і літаків Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього. 2022. № 99. С. 34–41. DOI: <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2022.99.0.34>
3. Michael, P, Dai, C, Rodriguez, K. Fluid Property Effects on Power Consumption in a Hydraulic System at Low Temperatures. Proceedings of the BATH/ASME 2020 Symposium on Fluid Power and Motion Control. BATH/ASME 2020 Symposium on Fluid Power and Motion Control. Virtual, Online. September 9–11, 2020. V001T01A021. ASME. <https://doi.org/10.1115/FPMC2020-2747>

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ШВИДКОЗМІННИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОЇ ЗАМІНИ РОБОЧОГО ОБЛАДНАННЯ МАЛОГАБАРИТНИХ ЕКСКАВАТОРІВ З МЕТОЮ СКОРОЧЕННЯ ПРОСТОЇВ ТЕХНІКИ

Ольга КІЗИМОВА, студентка гр. М-43-22
Науковий керівник: Юрій САЛІЙ,
асистент кафедри експлуатації,
випробувань, сервісу будівельних і
дорожніх машин,
Харківський національний автомобільно-
дорожній університет

В роботі розглянуто питання підвищення ефективності використання малогабаритних екскаваторів шляхом розробки швидкозмінних пристроїв для оперативної заміни робочого обладнання. Проведено аналіз існуючих конструкцій систем кріплення змінних робочих органів та визначено їх основні недоліки. Запропоновано конструктивне рішення швидкозмінного адаптера, що дозволяє скоротити час заміни обладнання та підвищити універсальність машин. Виконано аналіз навантажень на елементи кріплення та наведено математичні залежності для визначення основних параметрів конструкції. Показано, що впровадження швидкозмінних пристроїв дозволяє значно зменшити простой техніки та підвищити ефективність експлуатації малогабаритних екскаваторів.

Малогабаритні екскаватори широко використовуються у будівництві, комунальному господарстві, дорожньому будівництві та сільському господарстві. Завдяки компактним розмірам та високій маневреності ці машини можуть працювати у складних умовах, зокрема на обмежених будівельних майданчиках.

Разом з тим виконання різних технологічних операцій потребує застосування різних типів робочого обладнання. До основних видів змінного обладнання належать:

- ковші різного об'єму;
- планувальні ковші;
- грейферні захвати;
- бурове обладнання;
- гідромолоти;
- траншейні фрези.

Традиційно заміна робочого обладнання виконується вручну за допомогою пальцевих з'єднань, що потребує значного часу та участі додаткового персоналу. У результаті виникають простой техніки, які негативно впливають на продуктивність виконання робіт.

Одним із ефективних шляхів вирішення цієї проблеми є застосування швидкозмінних пристроїв, що забезпечують оперативну заміну робочих органів без значних витрат часу.

Сучасні швидкозмінні системи можна умовно поділити на кілька типів:

1. Механічні швидкозмінні адаптери
2. Гідравлічні швидкозмінні пристрої
3. Автоматизовані системи кріплення

Механічні адаптери мають просту конструкцію та невисоку вартість, проте їх використання потребує участі оператора поза кабіною машини.

Гідравлічні швидкозмінні пристрої дозволяють виконувати заміну робочого обладнання безпосередньо з кабіни оператора, що значно підвищує безпеку та зручність експлуатації.

Основними недоліками існуючих систем є:

- значна маса конструкції;
- складність технічного обслуговування;
- відсутність уніфікації для різних типів обладнання.

Швидкозмінний пристрій встановлюється між рукояттю екскаватора та змінним робочим органом.

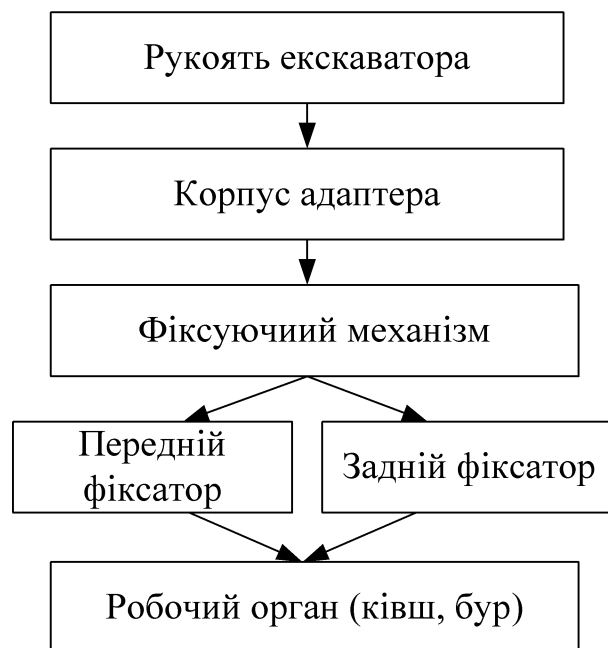


Рисунок 1 – Структурна схема швидкозмінного пристрою

Конструкція адаптера забезпечує швидке з'єднання робочого обладнання з рукояттю екскаватора без використання додаткових інструментів. Робота пристрою здійснюється у кілька етапів:

1. підведення адаптера до робочого обладнання;
2. захоплення переднього пальця;
3. фіксація заднього пальця;
4. блокування механізму.

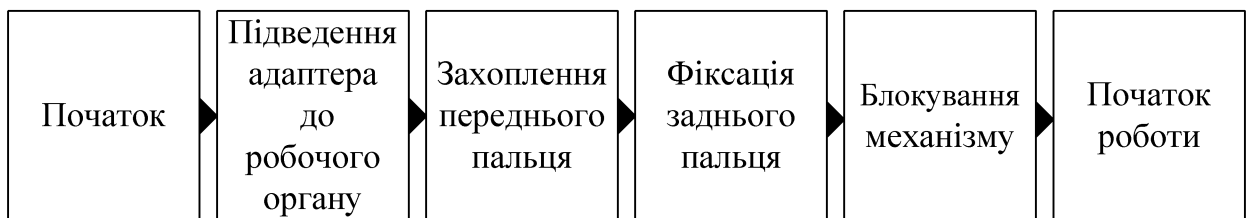


Рисунок 2 – Алгоритм заміни робочого обладнання

Завдяки такій схемі час заміни робочого обладнання скорочується з 20–30 хвилин до 2–5 хвилин. Основними елементами, що сприймають навантаження, є:

- фіксуючі пальці;
- корпус адаптера;
- шарнірні з'єднання.

Сила, що діє на фіксуючий палець, визначається залежністю:

$$F = \frac{M}{l} \quad (1)$$

де F – сила навантаження; M – згинальний момент; l – відстань від точки прикладання сили до осі шарніра.

Напруження у пальці визначається за формулою:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2)$$

де A – площа поперечного перерізу.

Застосування легованих сталей дозволяє забезпечити необхідний запас міцності конструкції. Застосування швидкозмінних адаптерів дозволяє значно підвищити ефективність використання техніки. Основні переваги:

- скорочення часу заміни робочого обладнання;
- зменшення простоїв машин;
- підвищення універсальності екскаватора;
- зниження трудомісткості обслуговування.

З графіка видно, що використання швидкозмінних систем дозволяє зменшити простої техніки майже у 5–6 разів (рис. 3).

Графік на рисунку 4 демонструє лінійну залежність напруження у фіксуючих пальцях від навантаження. При перевищенні допустимого значення напруження можливе руйнування вузла кріплення.

Для забезпечення універсальності машин доцільно використовувати уніфіковані системи кріплення робочого обладнання. Основні принципи уніфікації:

- стандартизація діаметрів пальців;
- уніфікація відстаней між шарнірами;
- використання стандартних кріпильних елементів.

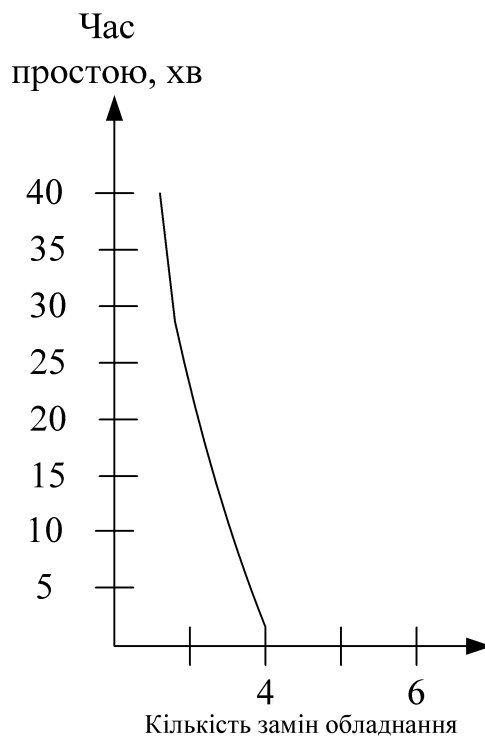


Рисунок 3 – Графік залежності часу простою техніки від кількості замін робочого обладнання

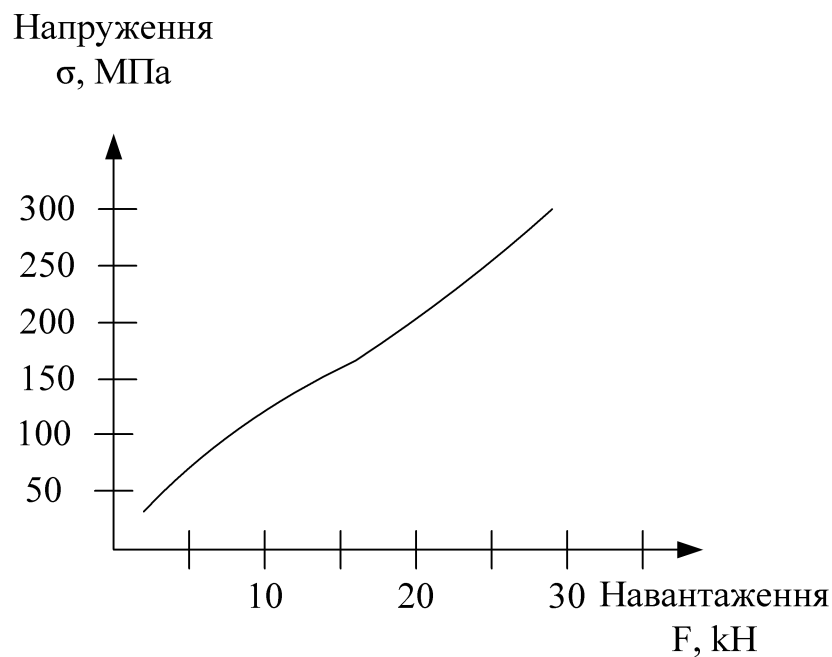


Рисунок 4 – Графік залежності напружень у пальцях від навантаження

Такий підхід дозволяє використовувати різні типи робочого обладнання на одній базовій машині. Подальший розвиток швидкозмінних пристроїв пов'язаний із застосуванням:

- автоматичних систем фіксації;
- датчиків положення;
- систем контролю навантаження;
- електронних систем безпеки.

Використання таких технологій дозволить створити інтелектуальні системи швидкої заміни робочого обладнання, що забезпечують максимальну ефективність роботи екскаваторів.

Висновки

1. Проведено аналіз існуючих систем швидкої заміни робочого обладнання малогабаритних екскаваторів.
2. Запропоновано конструктивну схему швидкозмінного пристрою для оперативної заміни робочих органів.
3. Виконано дослідження навантажень на основні елементи конструкції.
4. Показано, що застосування швидкозмінних адаптерів дозволяє скоротити час заміни робочого обладнання у кілька разів.
5. Встановлено, що впровадження таких пристроїв сприяє підвищенню ефективності використання малогабаритних екскаваторів та зменшенню простоїв техніки.

Література

1. Increase the operation of excavators of the fourth size group / Nikita Medvedev, Igor Pimonov // ISSN 3572-2436 /Annali d'Italia (науковий журнал Італії). –Florence, Italy– № 61 (2024). —TECHNICAL SCIENCES p.85-87 DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14232015>
2. Аналіз сучасних технічних засобів для обслуговування аеродромів і літаків / Аврунін Г.А., Пімонов І.Г., Щербак О.В, Ярижко О.В., Мороз І.І. // Збірник нау-кових праць. – Вісник ХНАДУ. – Вип. 99. – 2022. – С. 34 –41 DOI: <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2022.99.0.34>
3. Practice of visual diagnostics using endoscopes / Yuriy Saliy, Nikita Petrushev, Natalia Penkina, Igor Pimonov // ISSN 3572-2436 /Annali d'Italia (науковий журнал Італії). –Florence, Italy– № 63 (2025). —TECHNICAL SCIENCES p.72-76 DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14726829>

РОЗРОБКА АВТОРСЬКОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ДОРОЖНІХ МАШИН ЗА МЕТОДОМ БРІНЕЛЛЯ

Микола Мариновський, ст. гр. М-45-22
Науковий керівник: Василь МОЩЕНОК,
професор кафедри експлуатації,
випробувань, сервісу будівельних і
дорожніх машин,
Харківський національний автомобільно-
дорожній університет

У сучасному машинобудуванні, зокрема у виробництві, ремонті та технічному сервісі дорожніх машин, особливого значення набуває об'єктивна оцінка якості деталей, що працюють в умовах значних статичних, динамічних і абразивних навантажень. До таких деталей належать ножі відвалів, зуби ковшів, вали, осі, втулки, пальці шарнірів, елементи ходових систем, деталі ущільнення та інші відповідальні вузли, від технічного стану яких безпосередньо залежать надійність, довговічність і безпечність експлуатації дорожніх машин. Одним із найважливіших показників, що характеризує структурно-механічний стан матеріалу таких деталей, є твердість.

Серед відомих методів визначення твердості металів метод Брінелля [1] зберігає своє вагоме практичне значення завдяки простоті реалізації, достатній точності, наочності результатів і можливості контролю широкого кола металевих матеріалів, у тому числі сталей, чавунів та сплавів, які застосовуються при виготовленні деталей дорожніх машин. Особливо цінним є те, що метод Брінелля дозволяє оцінювати твердість за параметрами залишкового відбитка, а отже, дає змогу здійснювати порівняльний аналіз якості термообробки, виявляти відхилення у властивостях поверхневого шару та встановлювати відповідність деталі нормативним вимогам.

Разом із тим традиційне використання методу Брінелля у виробничих умовах нерідко супроводжується низкою практичних труднощів. До них належать ручне опрацювання результатів вимірювань, потреба у додаткових розрахунках, імовірність помилок під час визначення середнього діаметра відбитка, складність оперативного аналізу великих масивів експериментальних даних, а також недостатня зручність інтерпретації отриманих результатів для задач технічної діагностики та оцінки якості деталей конкретного функціонального призначення. У зв'язку з цим актуальним є створення спеціалізованих програмних засобів, які поєднують класичну методика випробувань із сучасними можливостями автоматизованого обчислення, обробки та представлення результатів.

У даній роботі розглянуто розробку авторської програми для методу Брінелля, призначеної для оцінки якості деталей дорожніх машин. В роботі продемонстровано основні елементи програми для оцінки якості деталей

дорожніх машин за методом Брінелля, що забезпечують введення вихідних параметрів випробування, автоматизований розрахунок числа твердості, аналіз відповідності отриманих значень заданим вимогам, а також формування зручного інформаційного поля для прийняття інженерних рішень. Запропонований програмний підхід орієнтований не лише на спрощення розрахункових процедур, а й на підвищення об'єктивності контролю якості матеріалів і деталей у виробничих та лабораторних умовах.

Актуальність дослідження визначається потребою підвищення ефективності технічного контролю деталей дорожніх машин, зниження впливу людського чинника при обробці результатів випробувань і впровадження цифрових інструментів у практику матеріалознавчих та машинобудівних досліджень. Особливу цінність має можливість адаптації програми до конкретних типів деталей, матеріалів і умов експлуатації, що відкриває перспективи її використання як у навчальному процесі, так і в діяльності ремонтних, сервісних і виробничих підприємств.

Метою роботи є розробка та демонстрація основних функціональних елементів авторської програми для реалізації методу Брінелля при оцінці якості деталей дорожніх машин. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі завдання: проаналізувати особливості застосування методу Брінелля до деталей дорожніх машин; обґрунтувати структуру програмного алгоритму; реалізувати основні розрахункові та аналітичні модулі; показати можливості програми для практичного використання при контролі якості деталей різного призначення.

Наукова новизна роботи полягає у поєднанні класичного методу визначення твердості за Брінеллем із авторським програмним інструментом, орієнтованим на задачі оцінки якості деталей дорожніх машин. Практичне значення полягає у можливості використання розробленої програми для підвищення оперативності, точності та наочності контролю якості деталей на етапах виготовлення, відновлення та експлуатаційного моніторингу.

З урахуванням цього рекомендується використовувати метод Брінелля для оцінки якості таких деталей будівельних та дорожніх машин:

1. Для деталей екскаваторів. Зуби ковша (сталі 110Г13Л [2, 6], 35ХГСА) мають підвищену ударну в'язкість і зносостійкість. Метод Брінелля застосовують для перевірки твердості литої поверхні після термообробки. Наприклад, для марганцевої сталі допустимі значення 180–220 НВW у відпаленому стані та вище 250 НВW після наклепу під час роботи. Стріла й рукоять (09Г2С [3], 30ХГСА) контролюються на твердість у зварних з'єднаннях: метод Брінелля дозволяє оцінити рівномірність термообробки й виявити зони перегріву чи відпуску.

2. Для бульдозерів. Ножі відвалу (65Г[4], 38ХГСА) повинні мати високу твердість (до 400–500 НВW) при збереженні в'язкості. Тут метод Брінелля застосовують для серійного контролю партій після гартування й відпуску: занадто низькі показники означають недостатнє загартування, занадто високі крихкість. Відвал і рама (09Г2С) перевіряються точково: значення 140–180 НВW свідчить про правильний режим зварювання і відсутність перегріву.

3. Для автогрейдерів. Відвал (45X, 30MnB5) перевіряють у різних ділянках по довжині ножа, щоб впевнитись у рівномірності гартування. Значення мають бути у межах 350–450 HBW. Нерівномірність (різниця понад 20%) вказує на брак термообробки.

4. Для катків. Вальці (чавун ВЧ50, сталь 45) повинні поєднувати високу поверхневу твердість із достатньою пластичністю. Вимірювання твердості Брінелля застосовують на торцях і робочій поверхні: для сталевих вальців 200–240 HBW, для модифікованого чавуну 160–220 HBW.

5. Для асфальтоукладацьких плит (HARDOX 400/500) [4] мають бути надтвердими: 370–480 HBW. Контроль методом Брінелля потрібен для перевірки стабільності поставленого металопрокату. Шнеки (30ХГСА) повинні мати середню твердість (~250 HBW), щоб поєднувати міцність і в'язкість.

6. Для фронтальних навантажувачів. Ковші та ножі (HARDOX 450, 65Г) контролюють за поверхневою твердістю, яка не повинна опускатися нижче 400 HBW. Це гарантує зносостійкість при роботі з абразивними матеріалами. Для шарнірів і валів (40X, 35XM) оптимальні значення 220–280 HBW.

7. Для кранів. Стріли (30ХГСА) перевіряються у зоні зварних швів: твердість 160–200 HBW свідчить про правильну термообробку. Гаки (20ХН3А) після цементації мають показувати градієнт твердості: ядро 200–250 HBW, поверхня до 500 HBW. Барабани лебідок (сталь 45) тримають твердість ~200 HBW.

8. Для автосамоскидів. Кузови з HARDOX (450/500) мають твердість 400–500 HBW це ключова характеристика, яка гарантує зносостійкість при перевезенні абразивних матеріалів. Підрамники з 16Г2АФ перевіряють локально твердість близько 180 HBW свідчить про належний режим зварювання. Ресори з 60С2А мають твердість 380–420 HBW після гартування.



Рисунок 1 – Стартове вікно програми розрахунку твердості за методом Брінелля

Для забезпечення коректного, відтворюваного та менш залежного від суб'єктивного впливу оператора визначення твердості деталей будівельних і дорожніх машин за методом Брінелля була розроблена авторська програма, призначена для автоматизації основних етапів обробки результатів випробувань. Загальна логіка її роботи передбачає послідовний перехід від введення початкових даних до автоматизованого обчислення твердості, аналізу отриманих результатів і їх візуального представлення. Стартове вікно програми наведено на рис. 1. Воно виконує функцію початкового інтерфейсу користувача і містить елемент запуску обчислювального процесу - клавішу «Start», натискання якої ініціює перехід до наступного етапу роботи програми.

Після активації стартового вікна користувач переходить до модуля вибору групи матеріалу досліджуваної деталі, який наведено на рис. 2. На цьому етапі реалізовано попередню класифікацію матеріалів, що дає змогу адаптувати подальшу процедуру розрахунку до конкретного типу металу або сплаву. Такий підхід є доцільним, оскільки деталі будівельних і дорожніх машин можуть бути виготовлені зі сталей, чавунів, кольорових металів, легких сплавів та інших конструкційних матеріалів, для яких характерні різні рівні твердості, особливості формування відбитка та різна чутливість до умов випробування. Отже, модуль, представлений на рис. 2, забезпечує систематизацію вхідних даних і створює передумови для підвищення точності та зручності подальшої обробки результатів.

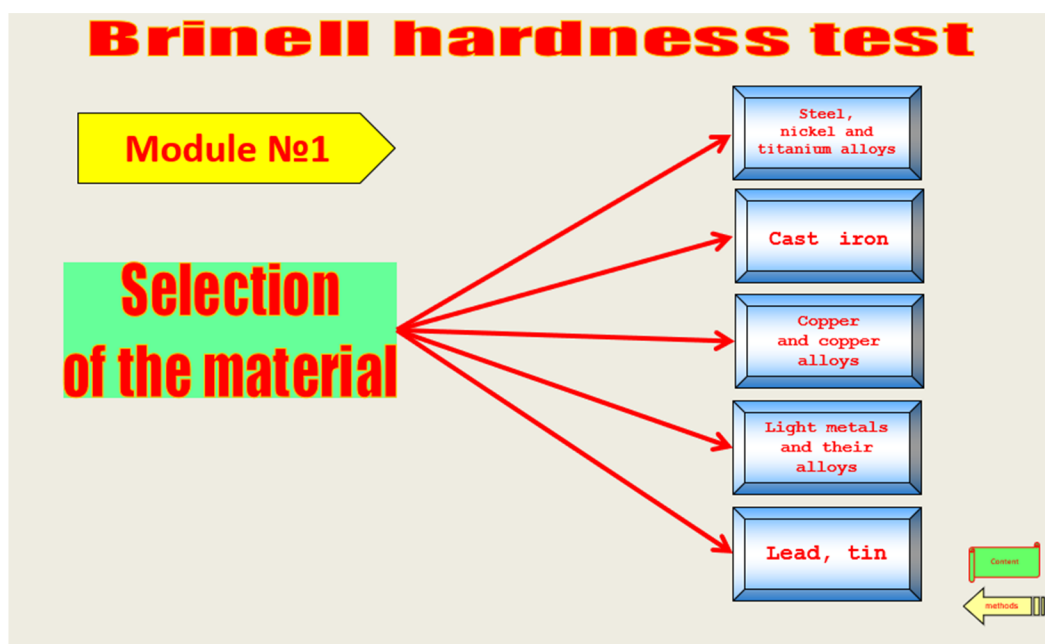


Рисунок 2 – Вибір групи металів, до якої відноситься обрана деталь

Після вибору відповідної групи матеріалів виконують серію індентувань на поверхні зразка або деталі. Для підвищення достовірності результатів доцільно проводити не менше п'яти вимірювань у різних точках поверхні. Після цього визначають діаметри отриманих відбитків, які заносять до електронної таблиці програми. На основі введених значень програма

автоматично обчислює твердість за методом Брінелля, а також буде графічне представлення отриманих результатів, що дає змогу виконувати їх оперативний візуальний контроль. Приклад відповідного вікна програми з таблицею вихідних даних, розрахованими значеннями твердості та графіком наведено на рис. 3. Таким чином, модуль, показаний на рис. 3, поєднує функції чисельного аналізу та візуалізації, що істотно підвищує інформативність випробування.



Рисунок 3 – Розрахунок твердості за методом Брінелля та візуалізація результатів

Розрахунок твердості за методом Брінелля в програмі здійснюється за класичною залежністю [1]:

$$HBW = 0,102 \cdot \frac{2F}{\pi D^2 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{d^2}{D^2}} \right)} \quad (1)$$

де HBW - твердість за Брінеллем, кгс/мм²; F - випробувальне навантаження, Н; D - діаметр твердосплавної кульки-індентора, мм; d - середній діаметр відбитка, мм; 0,102- коефіцієнт переходу від ньютонів до кілограмів-сил.

Формула (1) покладена в основу обчислювального ядра програми і забезпечує автоматизоване визначення числа твердості за результатами експерименту. Її використання дає змогу уникнути ручних розрахунків, зменшити ймовірність арифметичних помилок та забезпечити єдність підходу до оцінки властивостей матеріалу досліджуваних деталей. При цьому особливу цінність має те, що результати окремих вимірювань не лише розраховуються чисельно, а й відображаються графічно, що полегшує виявлення можливих відхилень, розкиду значень або аномальних точок у серії випробувань.

Висновки

1. Розроблена авторська програма забезпечує науково обґрунтовану та технологічно впорядковану реалізацію методу Брінелля при оцінці твердості деталей будівельних і дорожніх машин, що підвищує ефективність обробки результатів випробувань.

2. Використання програми дає змогу підвищити точність розрахунку твердості, зменшити вплив людського чинника при опрацюванні експериментальних даних та забезпечити оперативний аналіз серії вимірювань.

3. Автоматизоване чисельне опрацювання й візуалізація результатів створюють належні умови для практичного застосування програми як у наукових дослідженнях, так і в системі технічного контролю якості деталей машин.

Література

1. ISO 6506-1:2014(E). Metallic materials - Brinell hardness test - Part 1: Test method. Geneva: International Organization for Standardization (ISO), 2014.

2. Auremo. Steel 110G13L (Г13Л). URL: <https://auremo.biz/materials/stal-110g13l-g13l.html> .

3. Metinvest. Steel 09G2S: characteristics, properties, analogues URL: <https://metinvestholding.com/en/products/steel-grades/09g2s> .

4. Метінвест. Сталь 65Г: характеристики, властивості, аналоги. URL: <https://metinvestholding.com/ua/products/steel-grades/65g> .

5. SSAB. Hardox 400 – Get wear-resistant, easy to form steel URL: <https://www.ssab.com/en/brands-and-products/hardox/product-program/400> .

6. IspatGuru. Hadfield Manganese Steel. URL: <https://www.ispatguru.com/hadfield-manganese-steel/> .

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВІДХИЛЕННЯ ГРУНТОПРОКОЛЮЮЧОЇ ГОЛОВКИ ВІД ОСІ ПРИ СТАТИЧНОМУ ПРОКОЛІ ГРУНТУ

Едуард ОВСЯННИКОВ , ст. гр. М-41-22
Науковий керівник: Володимир
СУПОНЄВ, професор кафедри
експлуатації, випробувань, сервісу
будівельних і дорожніх машин,
Харківський національний автомобільно-
дорожній університет

В сучасних міських умовах виникає необхідність прокладання різноманітних інженерних комунікацій, які проходять під дорогами, будинками та спорудами. Для безтраншейного прокладання підземних комунікацій доцільне використання малогабаритних, легко та швидко монтованих установок. Одним з методів та його обладнання, котрий відповідає цим вимогам є установки для статичного проколу ґрунту. Метод дозволяє ефективно прокладати розподільні мережі, діаметр яких у більшості випадків не перевищує 300 мм, а довжина підземної проходки визначається шириною шляхів та трамвайних колій, які необхідно перетинати при будівництві. Однак, суттєвим недоліком методу є низька точністю траєкторії проколу, що обмежує їх використання до 20-25 м.

Таким чином, збільшення довжини ефективної проходки горизонтальної свердловини методом статичного проколу ґрунту шляхом використання установки з можливістю корекції траєкторії руху проколюючої головки у ґрунті є актуальною задачею.

Загальні питання проколу ґрунту детально досліджені в роботах [1; 2; 3], а в роботах [4; 5] запропоновані конструкції проколюючих наконечників, які забезпечують, при певних умовах, керування траєкторією їх руху. Однак у вказаних роботах відсутні рекомендації по врахуванню впливу на траєкторію руху проколюючої головки жорсткість штанг та вузлів їх з'єднання.

Ціллю проведених досліджень було розробка математичної моделі процесу та оцінка керованості траєкторією руху проколюючої головки в ґрунті з урахуванням жорсткості штанг та люфтів в місцях їх з'єднання.

Системний аналіз існуючих установок дозволив отримати їх узагальнені технічні характеристики параметри, можна бачити, що найбільш частіше проколюючий став набирається із штанг, довжина яких складає мм, а діаметр мм. Для визначення впливу люфтів в з'єднаннях штанг на відхилення траєкторії руху робочого органу було внесено припущення що різьбові з'єднання штанг не є абсолютно жорсткими та мають деякі люфти, а викривлення траєкторії відбувається в деякій площині орієнтованої в просторі під деяким кутом, а штанги абсолютно жорсткі [5]. Тому порушення

жорсткості всієї системи можливе тільки в вузлах стикування штанг, відповідно координати точок з'єднання можна представити наступною схемою, рисунок 1.

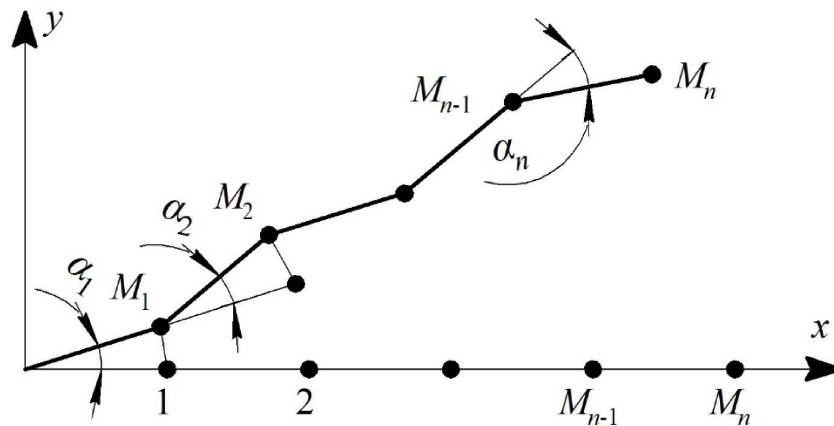


Рисунок 1. Схема траєкторії проколюючого робочого органу: n - кількість штанг, α - кут відхилення штанги

Координати точок з'єднання штанг проколювального робочого органу в площині можна представити у вигляді:

$$M_i(x_i; y_i) \quad i = 0; 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

при $i = 0; M_0(0;0); i = k; M_k(x_{k-1} + l \cos \beta_k; y_{k-1} + l \sin \beta_k);$
 $k = 1; 2, \dots, n; \beta_k = \alpha_k + \beta_{k-1}; \beta_0 = 0.$

При відомих координатах $M_i(x_i; y_i)$ за допомогою методу найменших квадратів було встановлено характер траєкторії руху робочого органу.

Після відхилення рух головки може відбуватися по прямій лінії або криво-лінійної, наприклад, параболі.

Якщо траєкторія руху робочої головки після відхилення від заданої траси має наступні відхилення, то ламану криву для практичних розрахунків можна замінити параболою.

Для встановлення залежності для параболі введемо нові позначення

$$k_{x^3} = \sum_{i=0}^n x_i^3; k_{x^4} = \sum_{i=0}^n x_i^4; k_{x^2 y} = \sum_{i=0}^n x_i^2 y_i \quad (2)$$

Тоді рівняння для визначення коефіцієнтів параболі можна представити як

$$\begin{cases} ak_{x^4} + bk_{x^3} + ck_{x^2} = k_{x^2 y}; \\ ak_{x^3} + bk_{x^2} + ck_x = k_{xy}; \\ ak_{x^2} + bk_x + (n+1)c = k_y. \end{cases} \quad (3)$$

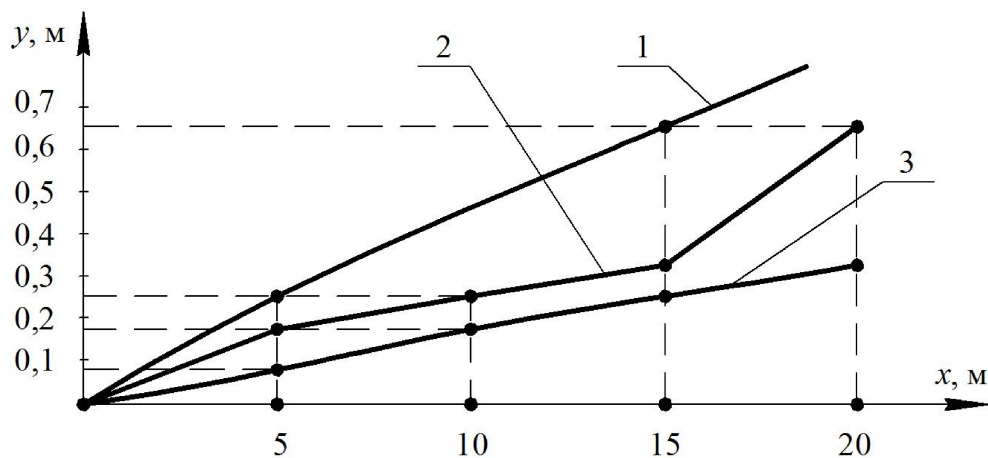
Рішення системи рівнянь (3) при умові, що довжина однієї штанги $l = 1$ м; $\alpha_i = \alpha = 1^\circ$ призведе до рівняння параболі

$$Y = \frac{0,17}{250}x^2 + \frac{2,32}{100}x. \quad (4)$$

Залежність (4) дозволяє, з урахуванням прийнятих припущень визначити відхилення траєкторії руху при будь-яких довжинах проколу свердловини.

Чисельний аналіз траєкторії руху робочого органу проводився при наступному вихідному масиві: довжина штанги $l_{\text{ш}} = 1$ м; кількість штанг $n_{\text{ш}} = 20$ шт; максимальне відхилення має місце при відхиленні першої штанги, відповідно на кут $\alpha_i = 1^\circ$; 2° и 3° .

На рисунку 2 представлені дані про величини відхилення головки від заданої траєкторії з урахуванням довжини свердловини



Рисунку 2 – Залежність відхилень робочого органу від горизонтальної траси:
1 – $\alpha = 3^\circ$; 2 – $\alpha = 2^\circ$; 3 – $\alpha = 1^\circ$

Залежність рисунку 2 наочно показують величини відхилень з урахуванням довжини траси і кутів нахилу окремих ланок робочого органу, що проколює

Висновки.

Запропоновані математичні моделі дозволяють встановлювати орієнтовні зміни відхилень робочого органу ґрунто-проколюючої машини з урахуванням довжини траси і кута відхилення будь-якої з штанг.

Імовірність відхилень робочого органу від заданої траси досить висока, тому тимчасові установки проколу повинні мати систему оперативної корекції траси.

Література

1. Rudnev V.K., Suponiyv V.N., Saenko N.V. et al. Soil thrust boring plant of static action with ring spacers of horizontal wells. Magazine of Civil Engineering. 2015. №2. С. 100–107.

2. S. Kravets, V. Suponyev, A. Goponov, S. Kovalevskyi, A. Koval Determination efficient operating modes and sizes of blades for multi-scraper trench excavators. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2020. № 4/1(16). С. 23–28.

3. Супонєв В.М. Встановлення величини відхилення ґрунтопроколюючого робочого органу з асиметричним наконечником при корекції траєкторії його руху / В.М. Супонєв, С.П. Балесний, І.Г. Пімонов - Вісник ХНАДУ. Сбірник наукових статей. Випуск №92, 2021, т.1. Харків, ХНАДУ. С. 172-178.

4. Nilo Tsung, Mingming Zheng, Mohammad Najafi, Saleh Mehraban. A Comparative Study of Soil Pressure and Deformation of Pipes Installed by the Open-Cut Method and Trenchless Technology // Pipelines 2016: Out of Sight, Out of Mind, Not Out of Risk. 2016. 5. Кравець С.В. Ґрунтозахисні та енергозберігаючі машини (Основи теорії, проектування та створення). Рівне: РДТУ, 1999. – 277с.

5. Супонєв В.М. Наукові основи та практика створення мінімальноенергоємних робочих органів для формування комунікаційних порожнин в ґрунті /Супонєв В.М., Кравець С.В., Посмітюха О.П., Балесний С.П.Монографія. Харків, ХНАДУ, 2021. 304 с.

6. Супонєв В.М. Створення обладнання для розробки горизонтальних свердловин комбінованими способами статичної дії. Монографія. Харків, ХНАДУ, 2018. 196 с.

ФУНКЦІОНУВАННЯ БОРТОВОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ГІДРОПРИВОДА АВТОГРЕЙДЕРА ДЗК-250 ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ МАШИННОГО КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГІДРОСИСТЕМ

Сергій СЕНЬКО, студент групи М-46-22
Науковий керівник: Наталія ПЕНКІНА,
асистент кафедри експлуатації,
випробувань, сервісу будівельних і
дорожніх машин,
Харківський національний автомобільно-
дорожній університет

В роботі розглянуті питання підвищення експлуатаційної продуктивності будівельних машин шляхом інтеграції елементів машинного контролю безпосередньо в металоконструкцію робочих органів. Проаналізовано вплив вбудованих сенсорів положення, навантаження та прискорень на точність виконання технологічних операцій. Запропоновано концепцію структурно-функціональної інтеграції систем машинного контролю, що дозволяє зменшити похибки керування, підвищити стабільність робочого процесу та знизити непродуктивні втрати часу й енергії. Наведено результати експериментальних досліджень, які підтверджують ефективність запропонованого підходу.

Сучасні будівельні машини функціонують у складних умовах, що характеризуються змінними навантаженнями, високими вимогами до точності виконання робіт та необхідністю мінімізації витрат ресурсів. Одним із перспективних напрямів підвищення їх ефективності є впровадження систем машинного контролю, які забезпечують автоматизоване визначення положення, орієнтації та навантаженого стану робочих органів.

Традиційно елементи машинного контролю монтуються на зовнішніх поверхнях або окремих вузлах машин, що знижує їх точність та надійність. Інтеграція сенсорів і виконавчих елементів безпосередньо в металоконструкцію робочого органу дозволяє суттєво підвищити інформативність системи та створити передумови для зростання експлуатаційної продуктивності.

У працях провідних науковців розглядаються питання застосування систем GPS/GNSS-контролю, інклінометрів, тензодатчиків і лазерних сенсорів для автоматизації робочих процесів будівельних машин. Разом із тим, питання структурної інтеграції елементів машинного контролю в металоконструкцію робочого органу висвітлені недостатньо, особливо з точки зору їх впливу на експлуатаційну продуктивність та надійність машин. Тому метою даної роботи є підвищення експлуатаційної продуктивності будівельних машин шляхом встановлення елементів машинного контролю в металоконструкцію

робочого органу. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати можливості інтеграції елементів машинного контролю в металоконструкцію робочих органів;

- оцінити вплив вбудованих сенсорів на точність і стабільність технологічних операцій;

- визначити ефект від застосування машинного контролю на експлуатаційну продуктивність.

Запропонований підхід передбачає встановлення в металоконструкцію робочого органу таких елементів машинного контролю:

- тензорезистивних датчиків для вимірювання навантажень;

- датчиків положення та кутів нахилу;

- сенсорів вібрації та прискорень.

Інформація з датчиків надходить до бортового контролера, де обробляється в режимі реального часу та використовується для коригування положення робочого органу.

Експлуатаційна продуктивність будівельної машини визначається як:

$$Q_{експл} = \frac{V}{t_{ц}} \quad (1)$$

де V -обсяг виконаних робіт за цикл, м³; $t_{ц}$ -тривалість робочого циклу, с.

Встановлення елементів машинного контролю дозволяє:

- зменшити час коригування положення робочого органу;

- знизити кількість повторних проходів;

- підвищити точність дотримання проектних відміток.

У результаті тривалість робочого циклу зменшується на 10–25 %, що безпосередньо впливає на зростання експлуатаційної продуктивності.

Впровадження машинного контролю в металоконструкцію робочого органу зменшує похибку позиціонування Δx , що дозволяє скоротити час коригування:

$$t_{ц} = t_{осн} + t_{кор}(\Delta x) \quad (2)$$

де $t_{осн}$ - основний час виконання операції; $t_{кор}$ - додатковий час коригування положення робочого органу.

Зменшення похибки позиціонування призводить до:

$$\Delta t_{ц} \rightarrow \min \Rightarrow Q_{експл} \rightarrow \max \quad (3)$$

Експериментальні дослідження проводились шляхом порівняння роботи будівельної машини:

- без машинного контролю;

- з вбудованими елементами машинного контролю в металоконструкції робочого органу.

Таблиця 1 - Результати експериментальних досліджень

Режим роботи	Час циклу, с	Похибка позиціонування, мм	Продуктивність, м ³ /год	Енергоспоживання, кВт·год
Без машинного контролю	120	45	48	22,5
З машинним контролем	95	25	58	20,1

Експериментальні дослідження проводилися на будівельній машині з модернізованим робочим органом, у металоконструкцію якого було інтегровано елементи машинного контролю. Порівняльний аналіз показав, що:

- середня похибка позиціонування робочого органу зменшилась у 1,8 рази;

- час виконання одного технологічного циклу скоротився на 15 %;

- експлуатаційна продуктивність зросла на 12–20 % залежно від умов роботи.

Продуктивність зросла з 48 до 58 м³/год. Відносне зростання:

$$\Delta Q = \frac{58 - 48}{48} \cdot 100\% \approx 20,8\% \quad (4)$$

Час циклу зменшився на 25 с. Скорочення циклу:

$$\Delta Q = \frac{120 - 95}{120} \cdot 100\% \approx 20,8\% \quad (5)$$

Похибка зменшилась з 45 до 25 мм. Підвищення точності у 1,8 рази.

Питомі витрати енергії визначаються:

$$E_{пит} = \frac{N}{Q_{експ}} \quad (6)$$

де N - енергоспоживання.

Застосування машинного контролю зменшило питомі витрати енергії на $\approx 18\%$, що підтверджує не лише продуктивний, але й енергоефективний ефект інтеграції системи.

Експериментально встановлено, що встановлення елементів машинного контролю в металоконструкцію робочого органу дозволяє:

- підвищити експлуатаційну продуктивність на 15–25 %;

- зменшити похибку позиціонування майже у 2 рази;

- скоротити час робочого циклу;

- знизити енергоспоживання.

Висновки

1. Інтеграція елементів машинного контролю безпосередньо в металоконструкцію робочого органу є ефективним засобом підвищення експлуатаційної продуктивності будівельних машин.

2. Вбудовані сенсори забезпечують підвищену точність вимірювання параметрів робочого процесу та зменшують вплив зовнішніх факторів.

3. Застосування запропонованого підходу дозволяє зменшити тривалість робочого циклу та підвищити якість виконання будівельних робіт.

4. Подальші дослідження доцільно спрямувати на поєднання машинного контролю з елементами штучного інтелекту та цифрових двійників.

Література

1. Hydraulic and pneumatic systems in tractor construction: a study guide / V. B. Samorodov, G. A. Avrunin, I. G. Kyrychenko, A. I. Bondarenko, E. S. Pelypenko:edited by. V. B. Samorodov.; NTU "KhPI", Kharkiv: FOP Panov A. M., 2020, 524 p.

2. Avrunin G.A. Hydraulic equipment of construction and road machines:textbook / (G. A. Avrunin, I. G. Kyrychenko, V. B. Samorodov); under the editorship G. A. Avrunin. - Kharkiv: Khnadu, 2016. - 438 p.

3. Doppelfilter m mit verbesserterm // AGT. 2021. №4. p. 77.

4. Cleating for recycling //Manuf.Eng(USA). 2022. №3. P. 173.

5. Hydraulikol vor Wasser schützen // Production. 2023. № 10. S. 10.

ОСОБЛИВОСТІ РОБОЧОГО УСТАТКУВАННЯ ЕКСКАВАТОРА ДЛЯ ДЕМОНТАЖУ ЗРУЙНОВАНИХ СПОРУД

Сандей СЛЄДЬ , студент групи М-43-22
Науковий керівник: Олександр ЯРИЖКО,
доцент кафедри експлуатації,
випробувань, сервісу будівельних і
дорожніх машин,
Харківський національний автомобільно-
дорожній університет

Сучасна інженерна думка в галузі будівництва та знесення споруд зазнала фундаментальної трансформації, перейшовши від методів неконтрольованого руйнування до концепції керованого демонтажу. Демонтаж багатоповерхових об'єктів, а також споруд, що зазнали пошкоджень внаслідок бойових дій або природних катастроф, становить собою складний виклик, який неможливо вирішити за допомогою стандартного будівельного обладнання. Використання звичайних екскаваторів для таких завдань пов'язане з високими ризиками для життя оператора, низькою ефективністю та неможливістю забезпечити селективне розділення матеріалів безпосередньо в процесі розбирання [1].

Висотні екскаватори для демонтажу (High-Reach Demolition Excavators) - це машини, спроектовані з урахуванням специфічних навантажень, що виникають при роботі на висоті від 20 до 60 метрів і вище. Основна концепція їхнього робочого устаткування полягає в забезпеченні максимальної стабільності при значному вильоті стріли, точному контролі важкого навісного інструменту та захисті базової машини від падіння уламків. На відміну від стандартних машин, що працюють переважно в зоні нижче рівня стоянки, демонтажні екскаватори орієнтовані на вертикальну деструкцію [1, 2].

В умовах України, де обсяг руйнувань внаслідок військової агресії перевищив 280 000 будівель, потреба в такій техніці стала критичною. Процес демонтажу зруйнованих споруд вимагає не лише фізичного руйнування, але й підготовки матеріалів до рециклінгу. Спеціалізоване робоче обладнання дозволяє відокремлювати залізобетон від сталевий арматури безпосередньо "в стіні", що суттєво знижує витрати на подальшу переробку та транспортування відходів [3, 4].

Робоче обладнання демонтажного екскаватора складається з багатосекційної фронтальної збірки, яка зазвичай включає основну стрілу, проміжну секцію та рукоять. Таке поєднання забезпечує необхідний робочий діапазон та маневреність на висоті. Основною інновацією останніх років стала впровадження модульних систем стріл. Наприклад, компанії Caterpillar та Volvo пропонують конфігурації, що дозволяють замінювати висотну стрілу на

стандартну або пряму протягом 15–30 хвилин без використання спеціальних інструментів

Прямі стріли є ідеальним вибором для споруд висотою до п'яти поверхів, забезпечуючи значно більшу вантажопідйомність та зусилля на інструменті порівняно зі стандартними стрілами з вигином. В той же час, ультрависотні конфігурації (Ultra-High Demolition - UHD) розробляються для будівель висотою до дев'яти поверхів і вище. Конструкція стріл та рукоятей передбачає використання внутрішніх перегородок для підвищення жорсткості та запобігання крученню під дією бічних навантажень. Спеціальні посилені втулки та пальці збільшеного діаметру гарантують довговічність вузлів у агресивному середовищі [1, 5, 7].

Будь-яка маніпуляція на висоті створює перекидаючий момент, який намагається змістити центр ваги екскаватора за межі опорного контуру. Математично стабільність описується через коефіцієнт K_d . Для забезпечення безпеки цей коефіцієнт повинен бути суттєво більшим за одиницю. Для цього демонтажні екскаватори оснащуються масивними противагами, вага яких може досягати 30-40% від загальної маси машини. Наприклад, модель Volvo EC950 High Reach має знімну противагу масою понад 38 тонн [1, 6].

Стабільність також залежить від геометричних розмірів бази. Висотні екскаватори майже завжди обладнуються гідравлічно розсувними гусеничними рамами, які мають два режими. Транспортний режим: колія звужується для проїзду по дорогах загального користування або завантаження на трал та робочий режим: гусениці розсуваються вбік, збільшуючи ширину опорного контуру на 1–1.5 метра. Подовжені рами та посилені елементи гусеничного обладнання запобігають просіданню машини на нестійких завалах зруйнованих будівель [1, 6].

Ефективність демонтажу визначається не лише параметрами екскаватора, а й спеціалізацією навісного інструменту. Кожен тип споруди (цегляна, залізобетонна, сталева) потребує своєї механіки руйнування. [5, 6, 7]

Гідравлічні ножиці призначені для розрізання сталевих конструкцій, арматури, труб та профілів. Вони обладнані потужними щелепами з лезами зі зносостійкої сталі, гідравлічний привод розвиває зусилля, що дозволяє різати балки товщиною до кількох сантиметрів. Повне обертання на 360 градусів дозволяє робити "чисті" зрізи під будь-яким кутом, що критично для селективного розбору промислових цехів. Використання ножиць замість кисневого різання скорочує час демонтажу на 40% та підвищує рівень пожежної безпеки на майданчику.

Бетоноломи використовуються для руйнування залізобетону та сепарації арматури. Цей тип обладнання використовуються безпосередньо для руйнування стін та колон будівлі. Вони мають широке розкриття щелеп та високу силу стиснення, що дозволяє застосовувати їх на рівні землі для подрібнення уламків бетону до фракції, придатної для завантаження в мобільні дробарки. Вони забезпечують ідеальне очищення арматури від залишків бетону.

Гідравлічні молоти залишаються незамінними для руйнування фундаментів, підземних паркінгів та товстих монолітних плит. Основною проблемою молотів є передача вібрації на стрілу екскаватора. Для захисту робочого обладнання демонтажні екскаватори використовують посилені амортизатори в підвісці молота та спеціальні режими гідравліки, що обмежують максимальну силу удару залежно від матеріалу.

Для забезпечення максимальної гнучкості при роботі зі складними об'єктами, де сталеві ферми чергуються з цегляними стінами та бетонними опорами можна використовувати мультипроцесори. Це універсальні платформи зі змінними щелепами. Оператор може змінити тип інструменту (з ножиць на бетонолом) безпосередньо на об'єкті за лічені хвилини.

Робота на майданчиках демонтажу зруйнованих споруд характеризується підвищеною небезпекою обвалення нестійких елементів. Це зумовлює специфічні вимоги до захисту кабіни та допоміжних систем.): Захисна конструкція, що оберігає оператора від великих об'єктів, які падають зверху може бути інтегрованою в каркас кабіни або встановлюватися зовні. Решітчаста структура, що закриває не лише дах, а й фронтальне скло кабіни зазвичай розташовані під кутом, що забезпечує захист від дрібних уламків, не обмежуючи при цьому фронтальний огляд [1, 7, 8].

Особливістю кабін висотних екскаваторів є функція нахилу (Tilting Cab) на кут до 30 градусів. Це дозволяє оператору дивитися вгору на робочий інструмент без напруження шийних м'язів, що суттєво знижує втому та ризик помилок під час багатогодинної зміни. Оскільки габарити демонтажних машин значні, а видимість може бути обмежена пилом, обов'язковим є встановлення камер кругового огляду (360° Vision). Сучасні системи, такі як Komatsu KomVision, синтезують зображення з чотирьох камер у єдину картинку "з висоти пташиного польоту", що дозволяє оператору бачити персонал та перешкоди безпосередньо біля противаги або гусениць [7, 9].

Системи моніторингу стабільності в реальному часі (наприклад, Liebherr Demolition Control) безперервно аналізують положення стріли, масу інструменту та кут нахилу шасі. Оператор бачить на дисплеї "зелену зону" безпечної роботи та при наближенні до критичного вильоту система подає звуковий сигнал. Якщо оператор ігнорує попередження, гідравліка автоматично сповільнює або блокує рухи, що можуть призвести до перекидання машини [7, 10].

Дистанційне керування та автоматизація використовуються для роботи в зонах з високим ризиком хімічного зараження або критичної нестабільності споруди. Оператор може перебувати на відстані до декількох кілометрів, керуючи машиною через пульт з відеозв'язком. Технологія Intelligent Machine Control від Komatsu дозволяє автоматизувати частину рухів. Наприклад, функція "авто-поворот" самостійно піднімає стрілу та повертає платформу до самоскида після заповнення ковша, що оптимізує цикл навантаження [2, 7, 9].

Демонтаж споруд, пошкоджених вибухами, вимагає обов'язкового обстеження на наявність вибухонебезпечних предметів перед початком механізованих робіт [11]. Робоче обладнання екскаваторів у таких випадках

часто доукомплектується броньованим захистом днища та гідравлічних компонентів для захисту від випадкової детонації залишків боєприпасів у завалах.

Висновки.

Аналіз особливостей робочого устаткування екскаваторів для демонтажу зруйнованих споруд демонструє, що ця галузь перетворилася на високотехнологічний сегмент машинобудування. Використання спеціалізованих висотних стріл, посилених гідравлічних систем та інтелектуальних систем моніторингу стабільності є необхідною умовою для безпечного та ефективного виконання робіт.

Для України впровадження таких технологій має не лише економічне, а й соціальне значення. Швидке розчищення територій та переробка мільйонів тонн відходів руйнувань потребують потужного парку машин, оснащених сучасним навісним обладнанням. Розуміння механіки роботи гідравлічних ножиць, пульверизаторів та систем захисту оператора дозволяє проектним організаціям та підрядникам обирати оптимальні комплекси обладнання, що гарантують успішне відновлення інфраструктури з дотриманням найвищих стандартів безпеки та екологічності. Стрімкий розвиток цифрових систем та модульних конструкцій у 2024-2025 роках робить ці машини справжніми "інтелектуальними роботами", здатними вирішувати найскладніші завдання з деконструкції в непередбачуваних умовах зруйнованого середовища.

Література

1. What Are High-Reach Demolition Excavators and How Do They Stay Stable? Heavy equipment.com. URL: <https://heavyequipment.com/hub/article/what-are-high-reach-demolition-excavators-and-how-do-they-stay-stable> (дата звернення:17.03. 2026)
2. Rebecca Kelly. Choosing a Demolition Excavator: 6 Must-Know Tips. Kocurek Excavators Ltd. URL: <https://kocurek.com/news/6-tips-for-selecting-the-right-demolition-excavator/> (дата звернення:17.03. 2026)
3. JICA Clean City Initiative. Japan International Cooperation Agency. URL: https://www.jica.go.jp/english/activities/issues/env_manage/jcci/_icsFiles/afieldfile/2024/03/14/blue_03_03_en.pdf (дата звернення:17.03. 2026)
4. Helmut Bouillon. Concrete Pulverizer | Hydraulic Demolition Tool. Darda GmbH, URL: <https://www.darda.de/en/knowledge/concrete-pulverizer> (дата звернення:17.03. 2026)
5. Rohan Sharma. Hydraulic Breakers vs Pulverizers: Which Is Better? Equipments Dekho. URL: <https://www.equipmentsdekho.com/blog/hydraulic-breakers-vs-pulverizers-guide> (дата звернення:17.03. 2026)
6. Volvo Construction Equipment unveils its largest demolition excavator, the new EC950 HIGH REACH. URL: <https://www.volvogroup.com/en/news-and-media/news/2026/feb/volvo-construction-equipment-unveils-its-largest-demolition-excavator-the-new-ec950-high-reach.html> (дата звернення:17.03. 2026)

7. Demolition excavators. Zeppelin. URL: <https://zeppelin-cat.dk/wp-content/uploads/2023/12/Demolition-brochure-2023.pdf> (дата звернення:17.03. 2026)
8. EX FOPS and FOG Systems. Weldco-Beales Manufacturing. URL: <https://weldco-beales.com/wbm-product/falling-object-protection-fops/> (дата звернення:17.03. 2026)
9. Komatsu's new PC365LC-11 excavator takes performance, operator comfort and cost savings to a higher level. URL: <https://www.komatsu.com/en-us/newsroom/2025/pc365lc-11-excavator-takes-performance-operator-comfort-and-cost-savings-to-a-higher-level> (дата звернення:17.03. 2026)
10. A new Liebherr crawler excavator: R940 Demolition replaces R944C. URL: <https://www.liebherr.com/en-me/n/a-new-liebherr-crawler-excavator-r-940-demolition-replaces-r-944-c-25965-8141050> (дата звернення:17.03. 2026)
11. Інна Ільницька. Рятувальні роботи у зруйнованих будівлях. Охорона праці. URL: <https://ohoronapraci.kiev.ua/article/news/ratuvalni-roboti-u-zrujnovanih-budivlah> (дата звернення:17.03. 2026)

ТЕХНОЛОГІЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ТА ОБКАТКИ НА СТЕНДІ АКСІАЛЬНО-ПОРШНЕВИХ МОТОРІВ ДОРОЖНІХ ТА ЗЕМЛЕРИЙНО-ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

Антон СТЕПАНОВ, студент гр. М-43-22
Науковий керівник: Віктор КОСОЛАПОВ,
доцент кафедри експлуатації,
випробувань, сервісу будівельних і
дорожніх машин,
Харківський національний автомобільно-
дорожній університет

Аксіально-поршневі мотори є одними з найвідповідальніших елементів гідроприводів дорожніх і землерийно-транспортних машин, оскільки саме вони перетворюють енергію потоку робочої рідини на крутний момент і частоту обертання виконавчих органів. За конструкцією такі мотори близькі до аксіально-поршневих насосів: у них використовуються ті самі плунжерні пари, блок циліндрів, розподільна плита, похила шайба або похилий блок. Саме тому значна частина сучасних діагностичних підходів, вироблених для насосів, може бути коректно адаптована і до моторів, якщо враховувати зміну напрямку енергетичного перетворення [1, 3, 4].

Нормативною основою таких досліджень є ISO 4409:2019, який регламентує методи визначення характеристик та ефективності об'ємних гідронасосів, гідромоторів та інтегральних передач зі сталим обертанням вала, а також встановлює вимоги до випробувальних установок, усталених режимів і подання результатів [1]. Для практики ремонту й технічного обслуговування це означає, що мотор до встановлення на машину повинен пройти не лише функціональну перевірку, а й кількісну оцінку здатності розвивати необхідний крутний момент, забезпечувати задану швидкість обертання та працювати без надмірних витоків, шуму і вібрацій [2, 4].

Актуальність стендового діагностування особливо зростає після ремонту або тривалої експлуатації, коли приховані дефекти плунжерної групи, розподільної плити чи підшипникових вузлів ще не завжди проявляються у вигляді явного падіння ККД, але вже можуть бути виявлені за дренажними витокami, зміною температурного режиму та спектральними ознаками вібрації [5, 6]. У сучасних роботах дедалі частіше застосовують багатосенсорний контроль, коли тиск, вібрації, швидкість обертання та інші сигнали аналізують не ізольовано, а у взаємному зв'язку, що підвищує достовірність діагнозу [5, 6].

Метою статті є узагальнення сучасних підходів до стендового діагностування та обкатки аксіально-поршневих моторів дорожніх і землерийно-транспортних машин з урахуванням вимог стандартів і новітніх досліджень у сфері трибології та віброакустичної діагностики.

Для досягнення поставленої мети необхідно: 1) визначити ключові діагностичні параметри аксіально-поршневого мотора; 2) обґрунтувати склад стенда та послідовність випробувань; 3) проаналізувати особливості обкатки після ремонту або виготовлення; 4) узагальнити сучасні результати досліджень, які пояснюють зміну ККД, витоків та вібросигналів на початкових етапах напрацювання [1, 3, 7].

Основна ідея діагностування аксіально-поршневого мотора полягає в тому, щоб за обмеженою кількістю стендових режимів визначити інформативні інтегральні показники технічного стану агрегату. До них належать об'ємний, механічний і загальний коефіцієнти корисної дії, величина дренажних витоків, температурний режим, а також віброакустичні характеристики [1, 2, 4]. Особливий інтерес становлять не лише окремі значення цих показників, а й форма їх залежностей від тиску та частоти обертання, оскільки саме вона дає змогу виявляти ранні зміни зазорів і втрат у трибосполученнях.

Теоретичний крутний момент мотора визначають за співвідношенням

$$M_t = \Delta p \cdot V_0 / (2\pi),$$

де Δp - перепад тиску на моторі, а V_0 - теоретичний робочий об'єм на один оберт.

На стенді вимірюють реальний крутний момент M_t на вихідному валу, після чого механічний ККД визначають як

$$\eta_m = \frac{M}{M_t}.$$

Теоретична витрата мотора дорівнює

$$Q_t = V_0 \cdot n,$$

де n - частота обертання.

Об'ємний ККД при дренажному контролі зручно оцінювати як

$$\eta_v = 1 - \frac{Q_{др}}{Q_t},$$

де $Q_{др}$ - витрата по дренажній лінії.

Загальний ККД задають добутком [1, 3]

$$\eta_o = \eta_v \cdot \eta_m.$$

Такі співвідношення безпосередньо впливають із загальних визначень ефективності, прийнятих у методиці ISO 4409 [1], і широко використовуються в сучасних експериментальних роботах [2, 3].

Перевага комплексного контролю полягає в тому, що зниження механічного ККД частіше вказує на зростання втрат тертя, перекося або дефекти контактних вузлів, тоді як падіння об'ємного ККД зазвичай відображає збільшення внутрішніх витоків через зношені плунжерні пари та розподільний вузол. У праці Н. Каурганне показано, що ефективність аксіально-

поршневої машини істотно залежить від тиску, частоти обертання, робочого об'єму та температури вхідної рідини, тому під час стендових випробувань ці параметри потрібно розглядати спільно, а не окремо [3]. Додатково W. Yin та співавтори встановили, що саме зношування пари «плунжер–циліндр» призводить до прискореного зростання витоків і деградації об'ємної ефективності, тобто дренажна лінія справді є одним із найчутливіших каналів ранньої діагностики.

У загальному вигляді стенд повинен відповідати вимогам ISO 4409:2019 і включати приводний насос, випробуваний мотор, навантажувальний пристрій, бак, систему кондиціонування та очищення робочої рідини, а також комплект вимірювальної апаратури [1]. Практика показує, що для моторів дорожніх машин доцільно використовувати замкнений або напівзамкнений контур із можливістю плавного регулювання тиску, витрати і навантажувального моменту.

Обов'язковими вимірювальними каналами є датчики тиску на вході та виході мотора, витратомір основного потоку, витратомір дренажної лінії, тахометр, моментомір, термоперетворювачі для рідини й корпусу, а за наявності розширеної програми - акселерометри або датчики віброшвидкості [1, 2, 5]. Українські дослідники О. М. Фатєєв, Н. М. Фатєєва та В. В. Поляков підкреслюють, що реальні характеристики насосів і гідромоторів потрібно визначати з урахуванням втрат потужності, які змінюються залежно від рівня тиску, температури рідини та навіть вмісту розчиненого повітря [2]. Це важливо і для побудови стенда, і для коректної обробки даних.

Навантажувальний пристрій може бути механічним, гідравлічним або електричним. Для діагностування після ремонту найзручнішим є електричний або гідравлічний гальмівний модуль, оскільки він забезпечує плавне керування моментом та високу відтворюваність режимів. Усі сигнали доцільно реєструвати через систему збору даних із побудовою в реальному часі графіків $\eta_v(p)$, $\eta_m(p)$, $\eta_o(p)$, $Q_{др}(p)$, $T(t)$ і спектрів вібрації. Саме такий формат випробувань є найбільш придатним для порівняння нового, відремонтованого та зношеного агрегатів [4–6].

Діагностичні випробування доцільно виконувати поетапно. На підготовчому етапі перевіряють правильність складання гідросхеми, герметичність з'єднань, калібрування датчиків, клас чистоти та в'язкість робочої рідини. Після цього контур прокачують для видалення повітря, оскільки аерація може суттєво спотворювати результати вимірювань ККД та вібрацій [1, 2].

Наступним кроком є запуск на холостому ході або при малому навантаженні, коли тиск становить приблизно 0,2–0,3 від номінального. На цій стадії виявляють грубі дефекти складання: ударні шуми, нестійке обертання, надмірні дренажні витoki, локальний перегрів або аномальні коливання корпусу. Якщо такі ознаки виявлені, подальше навантаження є недоцільним [4, 6].

Після успішного попереднього запуску знімають статичні характеристики. Для кількох зафіксованих значень частоти обертання тиск на вході мотора змінюють ступінчасто, наприклад 0,25; 0,50; 0,75 і 1,00 від номінального. У кожній точці вимірюють перепад тиску, крутний момент, дренажні витоки, температуру та вібрації. За цими даними будують криві залежностей ККД від тиску й частоти обертання та порівнюють їх з еталоном [1, 3].

Окремого значення набувають динамічні режими, де тиск або навантажувальний момент змінюють у часі за ступінчастим чи лінійним законом. Такі випробування дають змогу оцінити швидкодію, перерегулювання та стійкість роботи мотора в умовах, наближених до реальних режимів гідростатичних трансмісій. Для сучасних систем технічної діагностики це важливо ще й тому, що значна частина дефектів проявляється саме у перехідних процесах [5, 6]. Праці Q. Chao та співавторів, а також J. Liu та співавторів показують, що поєднання тискових і вібраційних сигналів або використання сигналів миттєвої кутової швидкості суттєво підвищує якість розпізнавання стану аксіально-поршневих машин, особливо в нестационарних умовах [5, 6].

Обкатка є керованим процесом прироблення тертьових поверхонь, мета якого - стабілізувати контактні напруження, сформувати сприятливу мікрогеометрію поверхонь та виявити приховані дефекти складання. Для аксіально-поршневих моторів це особливо важливо, оскільки в перші години роботи у плунжерних парах і в парі «блок циліндрів – розподільна плита» відбувається інтенсивне узгодження мікронерівностей і перебудова режиму змащування [4, 7].

Зазвичай обкатку починають при зниженому тиску і частоті обертання, витримуючи агрегат 20–30 хвилин у полегшеному режимі. Далі навантаження підвищують ступінчасто до 50 %, 70 % і 100 % від номінального, утримуючи кожний ступінь доти, доки температура, дренажні витоки і вібрисигнали не вийдуть на квазістабільний рівень. Завершальна стадія виконується при номінальному режимі з повторним зняттям основних характеристик [4, 7]. Практичним критерієм завершення активної фази обкатки доцільно вважати стабілізацію температурного поля та відсутність подальшого швидкого дрейфу витоків і моменту.

Сучасні трибологічні дослідження докладно пояснюють, що саме відбувається у цей період. У роботі W. Jiao та співавторів показано, що низьконапірна обкатка істотно впливає на трибологічні характеристики пари розподільної плити, а в роботі того ж наукового напрямку доведено, що навантажувальний тиск під час прироблення прямо визначає швидкість формування стабільного контакту [7]. Дослідження J. Huang та співавторів додатково засвідчили, що на знос і коефіцієнт тертя в парі «блок циліндрів – розподільна плита» істотно впливають матеріали, термообробка, швидкість і контактний тиск, причому для однієї з поширених комбінацій матеріалів критичним виявився рівень тиску близько 2,5 МПа. Це означає, що програма

обкатки повинна будуватися не довільно, а з урахуванням реальної трибології вузла.

Новітні результати 2025 року показують, що текстуровання поверхні розподільної плити може ще більше покращити стадію прироблення: для текстурованих зразків коефіцієнт тертя зменшувався приблизно на 29 %, а інтенсивність зношування - майже на 75 % порівняно з нетекстурованими поверхнями. Хоча ці дані отримані переважно для насосів, вони мають безпосереднє методичне значення й для моторів, оскільки основні трибосполучення та закономірності формування мастильної плівки залишаються спільними.

Результати стендового діагностування слід оцінювати у комплексі. Якщо дренажні витоки зростають швидше, ніж знижується механічний ККД, це найчастіше свідчить про збільшення зазорів і деградацію ущільнювальної здатності плунжерної групи або розподільного вузла. Якщо ж помітніше падає механічний ККД при відносно стабільному дренажі, доцільно перевірити підшипники, перекоси блока циліндрів, якість притискання розподільної пари та стан контактних поверхонь [3].

З позицій прогнозування ресурсу перспективним є поєднання класичних енергетичних показників з методами стан-моніторингу. Дослідження N. Keller та співавторів продемонстрували працездатний процес моніторингу стану аксіально-поршневих насосів із пошкодженими розподільними плитами, а сучасні праці з машинного навчання показують, що навіть складні дефекти можна ідентифікувати за багатоканальними сигналами ще до істотного падіння ККД [4–6]. Для ремонтних підприємств це означає можливість переходу від суто порогової оцінки «придатний/непридатний» до гнучкішої системи прийняття рішень із врахуванням трендів параметрів.

Практично для стендів діагностування і обкатки моторів дорожніх машин доцільно рекомендувати: підтримувати сталу температуру та чистоту робочої рідини; обов'язково вимірювати дренажну витрату; виконувати порівняння характеристик не в одній точці, а принаймні на 3–4 рівнях тиску і 2–3 частотах обертання; використовувати вібросенсиори при прийманні агрегатів після ремонту; завершувати обкатку лише після стабілізації температури та параметрів ефективності [1–6]. Саме така схема найбільшою мірою відповідає сучасному рівню розвитку діагностики об'ємних гідромашин.

Висновки

1. Стендове діагностування аксіально-поршневих моторів повинно базуватися на вимогах ISO 4409:2019 та передбачати визначення об'ємного, механічного і загального ККД, дренажних витоків, температури та віброакустичних характеристик [1].

2. Найбільш інформативною є не одинична оцінка параметрів, а аналіз їхніх залежностей від тиску та частоти обертання, оскільки саме форма характеристик дозволяє відокремити гідравлічні втрати від механічних і виявити ранні стадії зношування [3].

3. Обкатка після ремонту або виготовлення є обов'язковим етапом, під час якого відбувається прироблення трибосполучень і можуть бути виявлені приховані дефекти складання; критеріями її завершення доцільно вважати стабілізацію температури, витоків і вібрацій [7].

4. Поєднання класичних стендових вимірювань із багатосенсорним та віброакустичним аналізом формує основу для переходу до прогнозного технічного обслуговування аксіально-поршневих моторів у складі сучасних гідроприводів дорожніх і землерийно-транспортних машин [4–6].

Література

12. ISO 4409:2019. Hydraulic fluid power - Positive-displacement pumps, motors and integral transmissions - Methods of testing and presenting basic steady-state performance characteristics. - Geneva : International Organization for Standardization, 2019.

13. Пімонов І. Г., Єфименко А. О., Жук Д. О., Приходько В. С. До розроблення діагностичних засобів для об'ємних гідроприводів будівельних і дорожніх машин. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. - 2022. - вип. 99. - С. 62-67.

14. Мельянцов П., Касянов В. Оцінювання технічного стану аксіально-поршневих гідромашин при входному контролі. *Scientific Collection «InterConf»*. - 2025. - DOI: 10.51582/interconf.19-20.11.2025.026.

15. Kumar N., Kumar R., Sarkar B. K., Maity S. Condition monitoring of hydraulic transmission system with variable displacement axial piston pump and fixed displacement motor. *Materials Today: Proceedings*. - 2021. - doi: 10.1016/j.matpr.2020.09.327.

16. Casoli P., Pastori M., Scolari F., Rundo M. A Vibration Signal-Based Method for Fault Identification and Classification in Hydraulic Axial Piston Pumps. *Energies*. - 2019. - Vol. 12, No. 5. - Article 953. - doi: 10.3390/en12050953.

17. Kauranne H. Effect of Operating Parameters on Efficiency of Swash-Plate Type Axial Piston Pump. *Energies*. - 2022. - Vol. 15, No. 11. - Article 4030. - doi: 10.3390/en15114030.

18. Huang J., Dou Z., Wang Z., Quan L., Niu L. Tribological Properties of Cylinder Block/Valve Plate Interface of Axial Piston Pump on the Tribometer. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*. - 2021. - Vol. 34. - Article 122. - doi: 10.1186/s10033-021-00647-3.

МОБІЛЬНІ МАШИНИ ДЛЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ БУДІВЕЛЬНОЇ І ДОРОЖНЬОЇ ТЕХНІКИ

Гліб СТЕЛЬМАХ, студент групи М-41-22
Науковий керівник: Леонід
РАЗАРЬОНОВ, професор кафедри
експлуатації, випробувань, сервісу
будівельних і дорожніх машин,
Харківський національний автомобільно-
дорожній університет

Сучасне будівництво характеризується високим ступенем механізації та використанням широкого спектру будівельних та дорожніх машин. Ефективність їх експлуатації багато в чому визначається рівнем організації технічного обслуговування та ремонту. При цьому значна частина техніки функціонує у віддалених чи тимчасових будівельних майданчиках, де немає розвиненої стаціонарної сервісної інфраструктури.

Однією з ключових проблем є зменшення простоїв машин, викликаних необхідністю їхнього транспортування до ремонтних баз, а також затримками у проведенні діагностичних та ремонтних операцій. Це призводить до зростання експлуатаційних витрат та зниження загальної продуктивності будівельних процесів.

У зв'язку з цим актуальним напрямом є розробка та впровадження мобільних машин для технічного обслуговування та ремонту, що дозволяють виконувати необхідні операції безпосередньо на місці експлуатації техніки.

Метою цього дослідження є аналіз та обґрунтування ефективності застосування мобільних сервісних машин для обслуговування та ремонту будівельної та дорожньої техніки.

Досягнення поставленої мети вирішуються такі:

- аналіз існуючих мобільних сервісних рішень;
- формування вимог щодо мобільних ремонтних комплексів;
- оцінка їхньої техніко-економічної ефективності.

Об'єктом дослідження є процеси технічного обслуговування будівельної та дорожньої техніки, а предметом – мобільні машини, які забезпечують виконання цих процесів у польових умовах.

У сучасних наукових дослідженнях та інженерної практики мобільні засоби технічного обслуговування розглядаються як важливий елемент системи експлуатації машин.

Існуючі мобільні сервісні рішення можна класифікувати так:

- пересувні майстерні на базі вантажних автомобілів;
- спеціалізовані сервісні автомобілі з діагностичним обладнанням;
- мобільні комплекси щодо регламентного технічного обслуговування.

Низка досліджень присвячена питанням підвищення ефективності технічного обслуговування за рахунок впровадження вбудованих систем діагностики та телематичних рішень. Використання цифрових технологій дозволяє оперативно виявляти несправності та планувати ремонтні заходи.

У зарубіжній практиці широко застосовуються мобільні сервісні комплекси, оснащені гідравлічним інструментом, системами подачі мастильних матеріалів та автономними джерелами енергії. Однак такі рішення найчастіше мають високу вартість та вимагають адаптації до умов конкретних будівельних майданчиків.

Аналіз літературних джерел показує, що основними недоліками існуючих мобільних машин є:

- обмежена функціональна універсальність;
- недостатня автономність роботи;
- складність логістичної інтеграції у будівельний процес.

Таким чином, виникає необхідність розробки більш ефективних і адаптивних мобільних сервісних рішень.

В рамках дослідження використовувався комплекс теоретичних та прикладних методів.

До теоретичних методів належать аналіз та узагальнення науково-технічної інформації, а також порівняльний аналіз існуючих технічних рішень у галузі мобільного обслуговування машин.

Для оцінки ефективності мобільних сервісних машин застосовувався метод техніко-економічного аналізу, що включає порівняння витрат часу та ресурсів за традиційної та мобільної форм обслуговування.

Додатково використовувалися методи моделювання виробничих процесів, що дозволяють оцінити вплив мобільного обслуговування тривалість простоїв техніки.

Як основні критерії оцінки ефективності були обрані:

- час виконання ремонтних та обслуговуючих операцій;
- витрати на транспортування техніки;
- коефіцієнт технічної готовності машин;
- експлуатаційні витрати.



ALURA



Ford F-550



Foton



HOWO 4x4

Рисунок 1 - Машини для технічного обслуговування

У ході дослідження було розглянуто концепцію мобільної машини для обслуговування та ремонту будівельної техніки, виконаної на базі вантажного шасі.

Пропонована мобільна машина включає такі основні елементи:

- енергетичне встановлення (дизель-генератор);
 - комплект діагностичного обладнання;
 - гідравлічний та електричний інструмент;
 - систему зберігання запасних частин;
 - ємності для паливно-мастильних матеріалів;
- компресорну установку.

Компонування обладнання забезпечує можливість виконання широкого спектру операцій, включаючи:

- діагностику технічного стану;
- проведення поточного ремонту;
- заміну вузлів та агрегатів;
- заправлення та мастило машин.

Результати моделювання показали, що використання мобільної сервісної машини дозволяє скоротити час простою техніки на 25–40 % порівняно з традиційною схемою обслуговування.

Крім того, спостерігається зниження витрат на транспортування техніки до ремонтних баз та підвищення коефіцієнта технічної готовності.

Економічна оцінка показала, що використання мобільних сервісних машин є доцільним при інтенсивній експлуатації техніки та значній віддаленості будівельних об'єктів.

У ході дослідження було розглянуто концепцію мобільної машини для обслуговування та ремонту будівельної техніки, виконаної на базі вантажного шасі.

Пропонована мобільна машина включає такі основні елементи:

- енергетичне встановлення (дизель-генератор);
 - комплект діагностичного обладнання;
 - гідравлічний та електричний інструмент;
 - систему зберігання запасних частин;
 - ємності для паливно-мастильних матеріалів;
- компресорну установку.

Компонування обладнання забезпечує можливість виконання широкого спектру операцій, включаючи:

- діагностику технічного стану;
- проведення поточного ремонту;
- заміну вузлів та агрегатів;
- заправлення та мастило машин.

Результати моделювання показали, що використання мобільної сервісної машини дозволяє скоротити час простою техніки на 25–40 % порівняно з традиційною схемою обслуговування.

Крім того, спостерігається зниження витрат на транспортування техніки до ремонтних баз та підвищення коефіцієнта технічної готовності.

Економічна оцінка показала, що використання мобільних сервісних машин є доцільним при інтенсивній експлуатації техніки та значної віддаленості будівельних об'єктів.

Література

1. Кузенко Л.М Дорожньо-будівельні машини. Навчальний посібник /Л.М Кузенко, З. З. Вантух, Д. В.Кузенко, Я.Й. Панюра - Видавничий дім «Кондор: 2021. - 236 с.
2. Кошель С. О. Технічна механіка / С. О. Кошель, Л. М. Березін, Г. В Кошель. Центр навчальної літератури. 2020. - 156С.
3. ALURA Mobile Workshop Truck. <https://alura trailer.com>

РОЗРОБКА МЕТОДІВ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ГІДРОПРИВОДІВ БУДІВЕЛЬНО-ДОРОЖНІХ МАШИН НА ПОСТАХ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ КОНТРОЛЮ ТА ПІДГОТОВКИ РОБОЧОЇ РІДИНИ

Михайло ФОМЕНКО, студент групи Мз-41-22

Науковий керівник: Наталія ПЕНКІНА,
асистент кафедри експлуатації,
випробувань, сервісу будівельних і
дорожніх машин,
Харківський національний
автомобільно-дорожній університет

Ефективність роботи будівельних машин залежить від якості їх проектування та виготовлення, а також від правильної експлуатації, необхідною умовою якої є якісне технічне обслуговування [1].

Для забезпечення якісного технічного обслуговування в дипломному проекті розробляється пост технічного обслуговування гідроприводів будівельних машин.

В технологію технічного обслуговування обов'язково входить визначення об'єму робіт, які необхідно здійснити при ТО, необхідний об'єм ремонтних робіт, а також здійснити прогноз залишкового ресурсу.

Існує чимало наукових досліджень і розробленого обладнання, яке спроможне здійснити діагностику практично всіх вузлів в агрегатів будівельних машин [1, 2, 5, 6].

Але якісне технічне обслуговування неможливе без визначення технічного стану і прогнозування залишкового ресурсу металевих конструкцій будівельних машин.

В теперішній час швидко розвиваються методи і засоби неруйнуючого контролю металевих конструкцій будівельних машин, на долю яких випадає від 7 до 30 % всіх відмов будівельних машин [2].

Сам пост технічного обслуговування будівельних машин повинен мати необхідне обладнання для якісного виконання необхідних робіт.

Технічне обслуговування будівельних машин не може бути якісним без застосування сучасного вантажопідйомного устаткування.

В даний час для виробничих будівель здійснюється перехід на застосування легких металевих конструкцій. Ці будівлі широко використовують у віддалених і труднодоступних районах із слабкою будівельною базою.

Знаходять застосування збірні будівлі-модулі в комплекті з санітарно-технічним устаткуванням, системами опалювання і освітлення і ін. Окремі

міністерства і відомства для ТЕ і ремонту машин випускають комплекси з секцій, що складаються. При організації тимчасових пунктів ТЕ і ремонту машин іноді застосовують пневмоспорудження.

При складанні компоновки виробничих корпусів враховують вимоги блокування і взаємного розташування приміщень, протипожежні заходи і інші умови.

У плануванні корпусу основним є розміщення постів, які можуть спеціалізуватися по видах дій, видах робіт і інших ознаках. Для робіт ТЕ відособлені приміщення організовують зазвичай при потоковому методі і для постів ЕО. У решті випадків, як правило, проектують загальні зони ТО і ремонту, в яких роботи виконують на універсальних або спеціалізованих постах.

Приміщення з однаковими протипожежними і санітарно-гігієнічними вимогами (при однорідних роботах) можуть об'єднуватися в технологічні комплекси, наприклад тепловий, включаючий ковальські, зварювальні, медницкіє і жестицкіє роботи.

У окремих приміщеннях, як правило, організовують мийні, акумуляторні і забарвлення роботи, а також зберігання матеріалів.

Взаємне розташування приміщень визначається прийнятою організацією ТО і ремонту. Для зниження транспортних робіт відділення, в яких послідовно проводять ремонт одних і тих же деталей і вузлів, прагнуть розміщувати в сусідніх приміщеннях.

При плануванні адміністративно-побутових приміщень враховують їх функціональну роль і соціальне значення, яке істотно впливає на продуктивність праці і культуру виробництва.

Приміщення обслуговування що працюють розміщують по можливості ближче до робочих місць, на шляхах проходження від входів в будівлі до робочих місць.

Загальний устрій і основні складові повноповоротного консольного крана [2]

Для підприємства необхідно удосконалити конструкцію повноповоротного крана (рис.1). Основна конструктивна задача, яка при цьому вирішується, полягає в заміні канатного механізму зміни вильоту крана на електричний механізм.

Кран має наступну технічну характеристику:

- вантажопідйомність 10 кН,
- виліт крана 3 м,
- висота підйому 6 м,
- швидкості:
 - підйому — 8 м/хв,
 - пересування візка — 20 м/хв,
 - повороту — 3 об/хв.
- механізм підйому — таль електрична, параметри якої необхідно перевірити або розрахувати,
- струм — змінний, напруга 380в.

- управління кнопочкове з підлоги.
- кількість циклів в годину — 25.
- режим роботи середній, ПВ 25%.

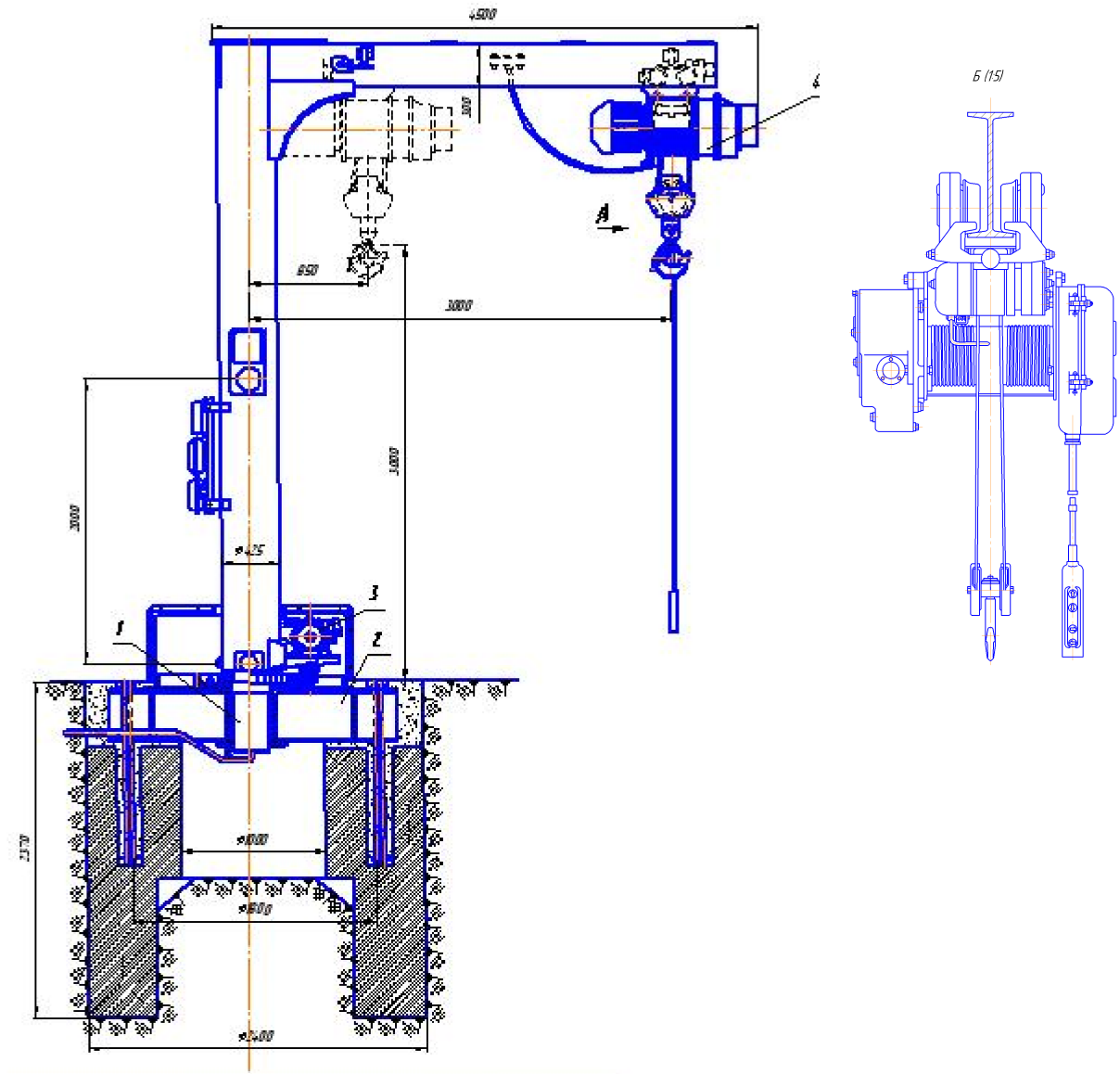


Рисунок 1 - Загальний вид поворотного крана

Схема крана показана на рисунку 1. Кран складається з наступних основних частин : стаціонарної та поворотної колон 1, рами фундаменту 2, механізму повороту 3, електричної талі 4.

Стаціонарна колона уявляє собою трубу 1, на верхню частину якої через сферичний радіальний і упорний підшипники спирається траверси 2. На траверсі закріплений токоз'ємник 3 (щітковтримачі розташовані на поворотній колоні). Своєю нижньою частиною колона змонтована на рамі фундаменту (у верхньому поясі на конічній, в нижній — на циліндровій поверхні) і прикріплена до неї за допомогою фланця 4 і болтів.

Притиснення дисків здійснюється пружинами 5, зусилля яких можна регулювати за допомогою гайок 6.

Механізм пересування складається з колес з ребордами 1, корпусу 2, редуктора 3, електродвигуна 4.

Енергопостачання крана проводиться від мережі змінного струму напругою 380В.

У зв'язку з тим, що все електроустаткування розташоване на частині крана, що обертається, для подачі до нього живлення встановлений кільцевий токоз'ємник з трьома кільцями.

Для приводу всіх механізмів застосовані короткозамкнуті двигуни, кнопкове управління якими здійснюється за допомогою реверсивних магнітних пускачів.

Висновки

Для досягнення цієї мети здійснено аналіз методів і засобів неруйнуючого контролю і прогнозування стану металоконструкцій БДМ; розроблено: пост технічного обслуговування і ремонту гідроприводів, оснащення поста вдосконаленим вантажопідйомним устаткуванням. Удосконалене вантажопідйомне устаткування включає в себе: загальний вид консольного крана, його поворотні та стаціонарні колони, механізм повороту крана, електроталь з механізмом підйому вантажу, його привідним ходовим візком з редуктором.

Удосконалено конструкцію консольного повноповоротного крана з електроталлю, редуктором механізму підйому вантажу та привідним візком;

Виконані розробки дозволять значно скоротити вартість, вагу, енерговитрати на технічне обслуговування та ремонт гідроагрегатів та технічне обслуговування будівельних машин.

Література

1. Radial piston motor for compact drives MCR-C // The Drive & Control Company. Rexroth Bosch Group // RE 15197. Edition: 12.203 – 13 p.
2. MS18. Modular Hydraulic Motors / Poclain Hydraulics // Technical Catalog. – 801478191E. – Rev. 10/07/2023. – 36 p.
3. MS25. Modular Hydraulic Motors / Poclain Hydraulics // Technical Catalog. – 801478192F. – Rev. 10/07/2023. – 32 p.
4. Axial Piston Pump H1. Size 147/165. Single. Technical Information. – SAUER DANFOSS. – 11063347.Rev BC. Mar 2018. – 36 p.
5. Axial piston variable pump A4VG Series 32 / Rexroth Bosch Group. – REE 92003. – Edition: 04.2016, Replaces: 06.2022. – 72 p
6. ДСТУ ISO 4413:2002. Гідроприводи об'ємні. Загальні правила застосування (ISO 4413:1998, IDT. – Держпоживстандарт України. – Київ : 2005. – 31с

ЗАСТОСУВАННЯ І ОГЛЯД ГРЕЙФЕРНИХ МЕХАНІЗМІВ

Андрій ЧУНТУ, студент групи М-44-22
Науковий керівник: Заур МУСАЄВ,
доцент кафедри експлуатації,
випробувань, сервісу будівельних і
дорожніх машин,
Харківський національний автомобільно-
дорожній університет

Одним із засобів вирішення питань комплексної механізації і автоматизації вантажно-розвантажувальних і складських робіт з сипучими матеріалами в усіх галузях народного господарства є грейферні механізми. Вони широко застосовуються при перевантаженні насипних вантажів в морських і річкових портах, при їх переробці на металургійних підприємствах і будівництві. В цілому, як в Україні так і за кордоном грейферними механізмами оброблюються мільярди тон насипних матеріалів.

Тому питання вдосконалення конструкції грейферних механізмів, підвищення їх продуктивності і надійності мають важливе народно-господарче значення.

Грейферні захоплювальні пристрої застосовуються для транспортування різноманітних сипучих матеріалів: піску, вугілля, руди, щебню, цементу. Існують спеціальні грейфери для транспортування соломистих, стружкоподібних, штучних матеріалів.

Грейфер – це великий залізний черпак, причеплений до вантажопідйомного крану, що призначений для захоплювання чи зачерпування і вивантаження краном матеріалу — піску, землі, гірських порід, металобрухту тощо. Грейфери також є робочим органом механічних і гідравлічних екскаваторів і застосовуються при розробці ґрунтів нижче і вище рівня його стоянки, а також деяких інших видів робіт: риття глибоких котлованів, очищення ставків і каналів. Щелепи грейфера для сипучих матеріалів утворюють при змиканні замкнений ківш, а для лісоматеріалів мають вигляд кігтів.

– Грейфер-ківш призначений переважно для зачерпування та завантаження грудкових і сипучих матеріалів.

– Грейфер-захват застосовується при улаштуванні проходів в завалах, розбиранні навалених стовбурів дерев, бетонних конструкцій, металобрухту.

– Грейфери використовуються, зокрема, при проходженні стволів (у гірничій справі), проведенні похилих виробок, породонавантажувальних роботах.

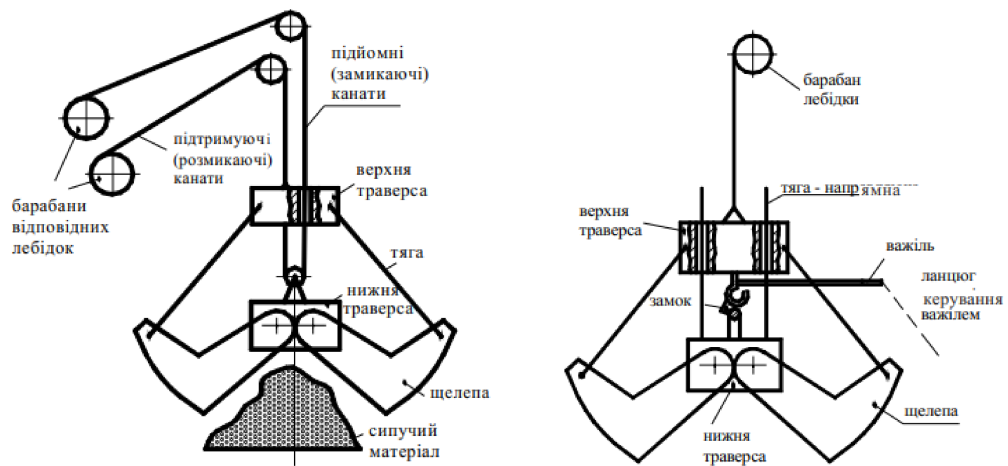


Рисунок 1 – Грейфер:
а) двоканатний; б) одноканатний

Одноканатний грейфер може навішуватися на гак будь-якого (не підготованого спеціально) крана за допомогою троса, який проходить через отвір в головці грейфера, огинає блок, розташований на важелі, і другим кінцем троса закріплюється на голівці грейфера, утворюючи поліспаст. Важіль шарнірно пов'язаний з правою щелепою за допомогою осі. При опусканні (фактично, скиданні у вільному падінні) грейфера в розкритому стані на матеріал із подальшим ослабленням каната важіль повертається на осі і крюком зачіпляється за палець нижньої траверси. При підйманні крюка канат стягує нижню траверсу з голівкою, внаслідок чого відбувається зближення щелеп і загрибання матеріалу всередину ковша. Випорожнення одноканатного грейфера відбувається при розщепленні гака з нижньої траверзою, що здійснюється важелем і допоміжним тросом або ослабленням підйомного каната після установки грейфера на штабель.

Переваги:

- Простота конструкції.
- Швидкий монтаж на будь-яку кранову установку.
- Можна навішувати на будь-який кран.

Недоліки

- При падінні грейфера для завантаження відбувається удар щелепами об матеріал. Якщо матеріал досить щільний, відбувається деформування щелеп і вихід пристрою з ладу.
- Неможливість захоплення вантажу рухом в горизонтальній площині.
- Обмеження щодо висоти підйому, оскільки близько 2,5 метри тросу вибирається за рахунок роботи поліспаста.
- Розщеплення замка для розвантажування має виконувати помічник вручну або використовується двобарабанный крановий привід.

Двоканатний двощелепний грейфер має щелепи, шарнірно з'єднані з корпусом нижньої блокової обойми, і чотири жорстких тяги, які з'єднують щелепи з корпусом верхньої блокової обойми або головки. До голівки

грейфера прикріплений підтримуючий канат (канатний поліспасть) вантажопідйомної лебідки. Канат обводиться по блокам нижньої та верхньої обойм, утворюючи замикальний поліспасть, і приєднується до другого барабану лебідки [1].

При ослабленні замикаючого каната і утримання грейфера висячим підтримуючим канатом щелепи грейфера під впливом власної ваги розкриваються і в такому стані опускаються на захоплюваний матеріал. Натягом замикаючого каната щелепи грейфера зближуються і захоплюють вантаж. Після повного замикання щелеп обидва канати, що навиваються на барабани одночасно і з однаковою швидкістю, піднімають закритий грейфер з захопленим вантажем.

У системах гнучким підвісом грейферів на канатах, зважаючи на відсутність жорсткого кінематичного зв'язку між механізмом крана і грейфером, впровадження щелеп в зачерпуваний матеріал і подальше заповнення грейфера в процесі зімкнення щелеп здійснюється під дією ваги грейфера. Тому правильний вибір маси грейфера має важливе значення. При недостатній масі щелепи грейфера зімкнутися з невеликим заповненням ковша і, навпаки, при зайвій масі відбудеться надмірне заповнення ковша грейфера. Переповнення ковша грейфера матеріалом перешкоджатиме зімкненню щелеп зважаючи на великі опори стискуванню при пресуванні матеріалу ковша і може привести до перевантаження грейфера і лебідки, а також до даремної роботи по зачерпуванню матеріалу, який висипатиметься через борти щелеп при їх зімкненні [2].

Зважаючи на те, що опір сипких матеріалів у багато разів більше опору зрушення шарів, незначне переповнювання ковша веде до різкого зростання опору при зімкненні щелеп.

Методи визначення необхідної власної маси грейфера проводять на основі даних, які відображають досвід експлуатації працюючих грейферів, і аналітичних даних, в яких в тому або іншому ступені враховують вплив різних чинників на процес зачерпування [3].

Аналітичні методи дозволяють вирішувати цю задачу, виходячи з фізичного процесу зачерпування матеріалів проникаючим контуром (щелепою).

Статистичні методи визначення маси грейфера не дають можливості вести проектування грейферів на основі раціонального вибору основних параметрів (маси, геометричних розмірів, силових) для інтенсифікації процесу зачерпування. Труднощі аналітичного визначення необхідної мінімальної власної маси привели до того, що для грейферів загальнопромислового призначення маса грейфера також приведена у вигляді емпіричних коефіцієнтів які зв'язують рід матеріалу і умови ведення процесу зачерпування.

Відомі наступні методи вибору власної маси грейфера: по масі зачерпуваного матеріалу; по основній масі грейфера; по методу Робіна; за типом грейфера; по методу розрахункових коефіцієнтів [4].

Впливу власної маси грейфера на зачерпуючу здібність, присвячені роботи М. Н. Берлова, С. Л. Маку, Л. І. Малєєва, Б.П. Рум'янцева, О. В. Карського і ін. Раніше цей вплив був досліджений в роботах Пфалья і Німана і ін.

Пфаль експериментально вивчав вплив маси одноканатних грейферів, призначених для зачерпування вугілля. Масу грейфера змінювали збільшенням або зменшенням маси знімних вантажів від 200 до 400 кг

На підставі цих дослідів Пфаль встановив, що із збільшенням маси грейфера і зменшенням розмірів шматків матеріалу кількість захопленого вугілля зростає. Проте Пфаль не встановив закономірності у цьому питанні і недостатньо обґрунтував висновок про доцільність збільшення власної маси грейфера майже у всіх випадках.

При дослідженнях багатьма вченими було встановлено, що кількість зачерпуваного матеріалу дійсно залежить від власної маси грейфера, проте маса зачерпуваного матеріалу зростає непропорційно масі вантажів, що збільшують масу грейфера [5]. Крім того, було встановлено вплив розташування мас грейфера на зачерпувальну здібність.

Висновки

Маса грейфера в значній мірі визначає зусилля у замикаючому канаті і траєкторію руху щелепи в насипному вантажі та витрати енергії при зачерпуванні. При проектуванні грейфера необхідно конструктивними методами домагатися зменшення цього зусилля протягом процесу зачерпування.

Література

1. Міщук Д. А. Дослідження динаміки гідроприводу механізму підйому стріли крана-маніпулятора. *Construction, Architecture, Transfer of Innovative Technologies*. – 2025. – Т. 9, №1. – С. 45–58.
2. Schott D., Mohajeri J., Jovanova J., Lommen S. Design framework for DEM-supported prototyping of grabs including full-scale validation. *Journal of Terramechanics*. – 2021. – Vol. 96. – P. 29–43.
3. Zhang X., Liu Y., Chen Z. Vision-based multistep grasping strategy for hybrid hydraulic crane systems. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*. – 2025. – Vol. 109. – P. 1–15.
4. Werner L., Eyschen P., Costello S., Micarelli P., Hutter M. Calibrated dynamic modeling for force and payload estimation in hydraulic machinery. – 2025. – *arXiv preprint*.
5. Tič V., Kovač P., Hribernik A. Research progress on hydraulic fluid and system performance in modern machinery. *Applied Sciences*. – 2025. – Vol. 15, №22. – Article 11871.

ЗАСТОСУВАННЯ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ КРАНІВ ВІД УДАРІВ ПРИ ЗІТКНЕННЯХ

Данило ЯРОШ, студент групи М-43-22
Науковий керівник: Заур МУСАЄВ,
доцент кафедри експлуатації,
випробувань, сервісу будівельних і
дорожніх машин,
Харківський національний автомобільно-
дорожній університет

Для безпеки роботи на кранах і візках, що мають швидкість пересування 32 м/хв і більше і керовані з кабіни, установлюють обмежники пересування – пристрої, що автоматично відключають, при необхідності, механізми пересування. Обмежники повинні бути встановлені так, щоб відключення двигуна механізму пересування відбувалося на відстані до упору, рівному не менш половини гальмівного шляху, а при підході одного крана до іншого – на відстані не більше 0,5 м.

Для кранів з високими швидкостями пересування обмежники зближення повинні додатково бути обладнані надійно діючими буферними пристроями. При цьому допускається можливість зіткнення кранів на зниженій швидкості.

Обмежники зближення кранів розділяють на електромеханічні, електричні і з спрямованим випромінюванням. Майже всі відомі конструкції обмежників можуть бути використані як датчики сигнальних пристроїв і як пристрої автоматичного відключення приводних електродвигунів механізму пересування. Обмежник повинен мати шунтувальний вимикач [1], що допускає можливість робочих рухів крана на ділянці дії обмежника, наприклад при перевантаженні великогабаритних вантажів, двома кранами. Крім того, електрична схема обмежника повинна забезпечувати його дію незалежно від наявності або відсутності напруги в схемі живлення й керування сусіднього крана.

Великою надійністю в порівнянні із пристроями, обладнаними лінійками, що відключають, володіють обмежники зближення кранів з допоміжними канатами. Такі системи вимагають додаткових пристроїв для відключення привода механізму пересування сусіднього крана, тому що кінцевий вимикач є тільки в ланцюзі керування механізмом пересування крана з канатним барабаном.

Електричні обмежники зближення кранів залежно від принципу дії можна розділити на чотири основних групи: секційні тролейні обмежники в ланцюзі керування; комбіновані струмонесучі тролейні обмежники, що контролюють фактичне положення крана, і тролейні обмежники для передачі керуючого сигналу; провід з високим питомим опором, розташований у

поздовжньому напрямку щодо кранових шляхів; крокові перемикачі з потенціометрами.

Секційні тролейні обмежники із двома сигнальними тролеями, встановлюються попарно в поздовжньому напрямку щодо кранового шляху. Зі струмоведучими лініями цих тролів контактують струмознімачі, закріплені на сусідніх кранах. Якщо струмознімачі обох кранів стосуються тої самої ділянки тролів, то замикається сигнальний ланцюг, або ланцюг керування приводом механізму пересування крана. Недоліком таких обмежників зближення кранів є те, що замикання керуючого ланцюга здійснюється на певній відстані між кранами, що може змінюватися й становити половину довжини секції тролейного обмежника.

У комбінованих обмежниках із тролеями для контролю фактичного положення кранів і подачі керуючого сигналу застосовують електричну схему блокування.

Недоліком обмежників із секційними тролеями є висока чутливість до зміни опору в зоні контакту струмознімачів із тролеями. Робота обмежників порушується при виході з ладу або відході струмознімачів від тролей.

У резисторних обмежниках провід високого опору на ізолюючих опорах, встановлених у поздовжньому напрямку щодо кранових шляхів і може підніматися над ними. Провід підключений до мережі постійного струму низької напруги (до 42 В). Електрична схема з'єднання проводу з ланцюгами живлення й сигналізації виконана з використанням кабелю з мідними й алюмінієвими проводами. Струмознімачі кранів контактують з проводом і шунтують його ділянку, розташовану між кранами. Зі зменшенням відстані між кранами при їхньому зближенні зростає загальний опір вільної ділянки проводу. У результаті знижується сила струму в ланцюзі сигналізації обмежника. При певній силі струму відключається реле, що нормально закритими контактами включає сигнальну лампу.

Крокові перемикачі або потенціометричні пристрої в обмежниках зближення кранів перетворюють поступальний рух крана в кутове переміщення движка вимірювального вузла. При цьому кут повороту движка пропорційний переміщенню крана від заданої нерухомої точки кранового шляху. Відстань між кранами контролюється по числу крокових перемикачів або опору потенціометра.

Такі обмежники застосовують в основному для виключення ушкоджень кранів, що працюють на кранових шляхах в одному прольоті, але на різних рівнях. Точність спрацьовування таких обмежників залежить від пробуксовки ходових коліс кранів, і важко піддається регулюванню.

В обмежниках зі спрямованим або неуважним випромінюванням використовують фотоелектричні, радіоактивні й інші датчики, які контролюють відстань між кранами, що зближаються, при спрямованому випромінюванні по куту відбиття випромінюваного потоку, а при розсіяному випромінюванні – по інтенсивності відбитого потоку. Обмежник з фотоелектричним датчиком спрямованого випромінювання має

оптичну головку 1 (рис. 1, а) із джерелом світла з фотоелектричним перетворювачем, що виконує роль приймача світла. Приймач підключений до системи, що модулює, з мікропроцесорним блоком керування. Головка закріплена на одному із кранів на стійці, з регулюванням по висоті. На іншому крані встановлений відбивач 2 спрямовані дії. Модулятор перетворить світловий потік джерела світла в спрямоване випромінювання із власною частотою 3,9 кГц і додатковий світловий потік тиску із частотою 1,5 кГц.

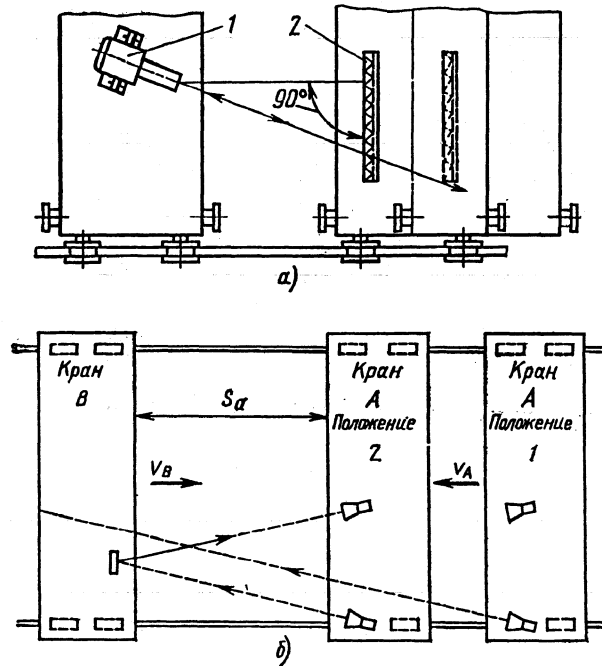


Рисунок 1 - Обмежник з фотоелектричним датчиком зближення кранів

Наявність двох світлових потоків різної частоти виключає спрацьовування обмежника від сторонніх джерел світла. При зближенні кранів на розрахункову відстань S_a (рис. 1, б) відбитий промінь попадає на фотоелектричний перетворювач, де рівняється з потоком основної частоти. При збігу частот випромінюваного й відбитого потоку спрацьовує реле в схемі сигналізації або керування приводом пересування крана. Ушкодження джерела світла в оптичній головці приводить до автоматичного відключення електродвигуна привода пересування крана. На надійність обмежника з фотоелектричним датчиком істотно впливає забруднення оптичної головки, а також можливість поглинання світлового потоку щільним проміжним середовищем, наприклад, водяними парами, пилом і т. п. Обмежник може не відбивати на дві зони дії, при цьому допускає відстань, що повинна бути між кранами від 2,5 до 30 м. При такому зближенні кранів включається сигнальний пристрій або знижується швидкість крана, а наприкінці – відключається електродвигун механізму пересування й накладається гальмо.

Обмежник з ультразвуковим радаром містить [2] джерело 2 (рис. 2) ультразвукових коливань, підсилювачі й фільтри, установлені на одному із сусідніх кранів. На іншому крані встановлений відбивач у вигляді сталевого

листа 1 розмірами 1,5×1,5 м. Відбитий звуковий потік джерела 2 перетворить електричний сигнал, у той що згладжує, проходить через фільтр, і надходить в електронний блок 3. Блок 3 перетворить сигнал, що надійшов, в імпульси електричного струму, тривалість якого пропорційна відстані між кранами. Виконавче реле в ланцюзі сигналізації включає в кабіні машиніста відповідні лампи 4, які вказують на відстань між кранами, рівну відповідно 3 і 15 м. Якщо в зоні роботи кранів діють сторонні джерела шуму із частотою, близькою до частоти джерела 2, то включення лампи сигнальної 4 відбувається з деяким відбиттям.

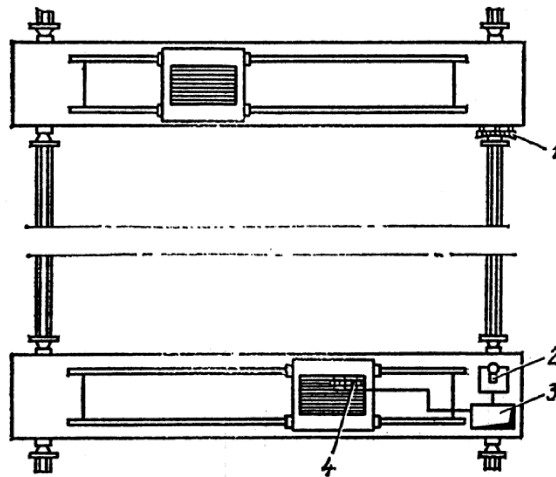


Рисунок 2 - Ультразвуковий обмежник зближення кранів

Відомі випадки застосування обмежників зближення кранів з радіоактивними датчиками [3] спрямованого або розсіяваного випромінювання. Недоліком таких обмежників є складність експлуатації у зв'язку з необхідністю застосування спеціального захисту обслуговуючого персоналу при технічному обслуговуванні.

Буфери призначені для зм'якшення можливого удару вантажопідйомної машини об упори та ін. Вони можуть бути виконані еластичними пружинними, пружинно-фрикційними й гідравлічними. Залежно від місця установки буфери можуть бути рухливими, нерухомими й комбінованими. Рухливі буфери кріплять до кінцевих балок кранових мостів або рами ходових балансирних візків. На вантажних візках кранів рухливі буфери встановлюють на упорах і монтуєть наприкінці кранового шляху. Комбіновані буфери являють собою рухливі (установлені на крані, що рухається) і нерухомі (установлені жорстко на кранових шляхах) буфера.

Висновки

На основі проведеного аналізу зроблено висновок, що ефективно підвищення безпеки роботи вантажопідйомних кранів можливе лише за умови комплексного застосування сучасних обмежників зближення у поєднанні з буферними пристроями підвищеної енергоємності. Це дозволяє знизити

ймовірність зіткнень, зменшити динамічні навантаження на конструктивні елементи кранів та підвищити загальний рівень безпеки їх експлуатації.

Література

1. Yong Y. P., Lee J., Kim H. Object detection and distance measurement algorithm for crane safety. *Buildings*. 2023. Vol. 13, No. 10. P. 2551. URL: <https://doi.org/10.3390/buildings13102551>
2. European Committee for Standardization. Cranes - Tower cranes - Anti-collision devices and systems : EN 17076:2020. Brussels : CEN, 2020. 58 p. URL: <https://standards.itih.ai/catalog/standards/cen/en-17076-2020>
3. European Committee for Standardization. Cranes - Bridge and gantry cranes : EN 15011:2020. Brussels : CEN, 2020. 82 p. URL: <https://standards.itih.ai/catalog/standards/cen/en-15011-2020>