

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра машинобудування та технічного сервісу машин

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних занять і самостійних робіт

із дисципліни

«ОСНОВИ ДІАГНОСТИКИ МАШИН»

Частина 2

ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ ГІДРОПРИВОДУ

МОБІЛЬНИХ СТІЛОВИХ КРАНІВ

Харків – 2024

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри машинобудування та технічного сервісу машин 24 червня 2024 р., протокол № 10.

У методичних вказівках наведено дані для виконання практичних занять і самостійних робіт із дисципліни «Основи діагностики машин».

Методичні вказівки розроблені для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» освітньої програми «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, колійні машини та обладнання» усіх форм навчання.

Укладачі:

проф. М. П. Ремарчук,
докторант Я. В. Чмуж,
асп. О. О. Галицький

Рецензент

проф. С. В. Воронін

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Загальні положення.....	5
1.1 Класифікація сучасних мобільних кранів.....	5
1.2 Маркування мобільних кранів.....	8
1.3 Загальна будова сучасних мобільних стрілових кранів.....	10
Науково-практичні завдання.....	11
2 Визначення стану мобільних стрілових кранів у процесі їх функціонування.....	12
2.1 Основні складові сучасного мобільного стрілового крана в режимі статичності.....	12
2.2 Основні складові механізму піднімання вантажу в режимі функціонування.....	13
2.3 Визначення стану стрілових кранів на основі результатів довідкових параметрів.....	14
2.4 Визначення стану механізму піднімання вантажу стрілового крана.....	23
Науково-практичні завдання.....	24
3 Методологія діагностування стану гідросистем машин зі стріловим обладнанням	30
3.1 Загальні відомості про діагностування гідросистем машин зі стріловим обладнанням	30
3.2 Лабораторна установка зі стріловим обладнанням машини.....	31
3.3 Визначення стану гідросистеми лабораторної установки.....	32
3.4 Гідросистема діагностичної установки.....	34
3.5 Результати експериментальних досліджень.....	36
Висновки.....	40
Науково-практичні завдання	41
Список літератури.....	42

ВСТУП

Метою методичних вказівок (МВ) із виконання практичних занять і самостійних робіт є закріплення теоретичних і практичних знань із дисципліни «Основи діагностики машин» (ОДМ). Інформація, наведена в МВ із дисципліни ОДМ, знаходиться у взаємозв'язку з дисциплінами «Гідро- і пневмоприводи машин», «Гідропнеumoавтоматика» та складовими інших дисциплін, наприклад «Машини для будівництва шляхів», «Автомобілі і трактори», «Комплексна механізація і автоматизація колійних та будівельних робіт».

Матеріал МВ допомагає:

- ознайомитися з сучасними особливостями системи технічного діагностування (ТД) мобільних стрілових кранів (МСК) і напрямками подальшого удосконалення;
- обґрунтувати головні показники для оцінювання стану МСК у цілому і їхніх основних складових на основі використання відомих параметрів із довідкових наукових джерел;
- ознайомитися з методологією визначення умовно зразкових і звичайних МСК на підставі запропонованих показників;
- визначити величину економії пального при роботі звичайних і зразкових МСК;
- ознайомитися з процесом формування парку МСК за умови мінімальних витрат пального;
- ознайомитися з процесом визначення загального ККД гідросистем з використанням спеціального експериментального обладнання.

Практичні заняття з дисципліни ОДМ базовані на використанні відомої довідкової літератури. Отримані результати досліджень аналізує вся група на підставі отриманих результатів і виявлення найкращих показників функціонування МСК порівняно з іншими показниками.

Однією з основних складових дисципліни «Підйомно-транспортні та вантажно-розвантажувальні машини» є вивчення розділу будівельні крани, які на залізничному транспорті забезпечують виконання трудомістких вантажно-розвантажувальних робіт.

Розділ «Діагностування стану гідросистем машин» призначений для ознайомлення здобувачів із методологією діагностування на всіх стадіях життя самохідних кранів із гідравлічним приводом механізмів робочого обладнання таких кранів.

Процес проектування механізмів крана з урахуванням розроблення системи їхнього діагностування базований на стандартах і нормативно-правових актах: ДСТУ ISO 10972-3:2006, ОМД 33497324.003-2005, НПАОП 0.00-1.80-18, рекомендаціях Держтехнагляду. Дотримання всіх рекомендацій сприяє забезпеченню якісного проектування, виготовлення та випробування на всіх стадіях життя таких кранів.

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 Класифікація сучасних мобільних кранів

Поштовхом до проектування і створення вантажно-розвантажувальних машин можна вважати відомий досвід, який передано в 1872 р. І. О. Вишнеградським у роботі «Курс підйомних машин», опублікованій у двох частинах. Перша частина присвячена простим переносним машинам, наведеним як приклад на рисунку 1.1, а, друга – машинам, призначеним для передавання вантажу вертикального і горизонтального руху.

З зазначеного періоду розпочався процес подальшого удосконалення підйомних машин із застосуванням різного ходового обладнання. Кран на

залізничному ходу вантажопідйомністю 10 т із паровим двигуном був виготовлений в Україні в 1931 р. на кранобудівному заводі, вигляд якого близький до наведеного на рисунку 1.1, б.

Слід зазначити, що в 1971 р. був випущений дослідний зразок автокрана з гідроприводом і телескопічною стрілою на спеціальному чотиривісному шасі автомобільного типу [1] з можливістю підймання вантажу до 25 т, модель такого крана – КС-5471.



а)

б)

а) мускульний привод; б) паровий двигун

Рисунок 1.1 – Загальний вигляд стрілових кранів

На базі шасі автомобіля КраЗ-250 (КраЗ-65101) у 1994 р. було створено гідравлічний автокран із телескопічною стрілою, модель КС-557Кр. Такий кран і зараз має значний попит. Для виконання різних робіт на залізничному транспорті за участі ЗАТ «НКМЗ» був виготовлений дизель-електричний кран КС-5Ж61 вантажопідйомністю 30 т і гідравлічний кран із телескопічною стрілою вантажопідйомністю 80 т КС-7Ж71 (рисунок 1.2). Дослідний зразок цього крана був виготовлений і показаний на міжнародній виставці в Києві в 1996 р.



Рисунок 1.2 – Кран на залізничній колії з телескопічною стрілою

Дрогобицький завод автомобільних кранів забезпечує виробництво самохідних кранів з індексом «КТА» із телескопічною стрілою на автомобільних шасі КраЗ, Маз і КамаЗ. До них належать крани КТА-18, КТА-25, КТА-28 і КТА-32 вантажопідйомністю відповідно 18, 25, 28 і 32 т, один із кранів показано на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 – Мобільний стріловий кран із телескопічною стрілою

Як відомо, у сучасній науковій літературі описано всі можливі варіанти створення кранів (рисунок 1.4). До найбільш розповсюджених кранів можна віднести самохідні крани з телескопічною стрілою і гідравлічним управлінням механізмами і застосуванням різноманітного ходового обладнання, які виділено на рисунку 1.4 затушовуванням.

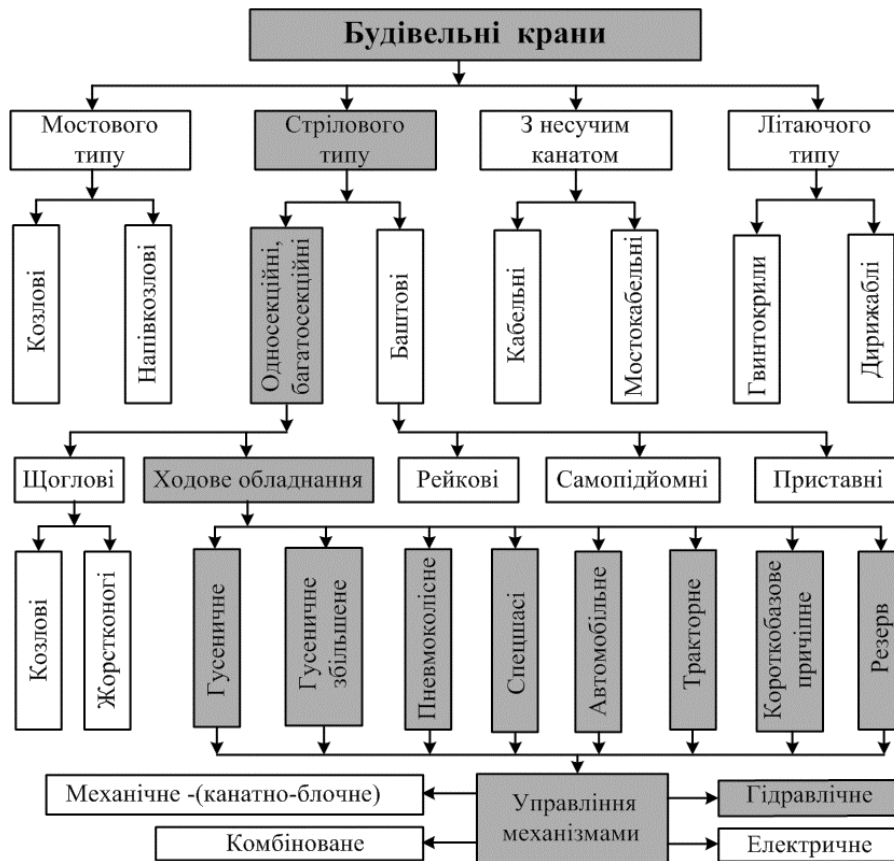


Рисунок 1.4 – Класифікація будівельних кранів

Крани, які виділені на рисунку 1.4 заштриховуванням, являються найбільш розповсюдженими і їм приділяється значна увага на всіх стадіях їхнього життя.

1.2 Маркування мобільних кранів

Для забезпечення монтажних і вантажно-розвантажувальних робіт використовують різні стрілові крани [1], які маркують так, як це показано на рисунку 1.5.

За рисунком 1.5, усім стріловим самохідним кранам присвоєно марку, яка складається з букв і цифр і подана у вигляді семи послідовно сформованих міток.

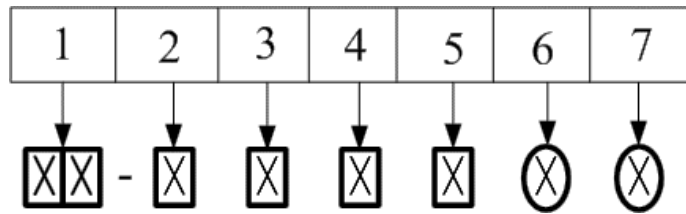


Рисунок 1.5 – Маркування сучасних будівельних кранів

Перша здвоєна мітка (рисунок 1.5) складається з двох букв, наприклад КС – кран стріловий самохідний загального призначення.

Друга мітка після тире – цифри – позначає номер розмірної групи в ряду вантажопідйомності крана.

Третя мітка свідчить про конструктивне виконання ходового обладнання.

Так, 1 – Г – гусеничне ходове обладнання з мінімально допустимою поверхнею гусениць, 2 – ГУ – гусеничне обладнання зі збільшеною поверхнею гусениць, 3 – П – пневмоколісне ходове обладнання, 4 – Ш – спеціальне шасі автомобільного типу, 5 – Ав – шасі вантажного автомобіля, 6 – Тр – тракторне гусеничне обладнання, 7 – Пр – причіпне (короткобазове) обладнання.

Четверта мітка відображує таке: 6 – гнучка підвіска стріли, 7 – жорстка підвіска стріли, 8 – телескопічна стріла, 9 – резерв.

П'ята і шоста мітки – порядковий номер моделі крана та послідовність його модернізації у вигляді букв (А, Б, В...).

Сьома, остання, мітка відображує кліматичне виконання: ХЛ – холодний клімат, Т – тропічний, ТВ – вологий тропічний.

За допомогою поданої індексації повне маркування крана, тобто його марка, значно скорочується. Наприклад, кран КС-3561АХЛ на шасі МАЗ-500 означає таке:

КС – кран стріловий загального призначення;

цифра 3 – третя розмірна група, вантажопідйомність 10 т;

цифра 5 – ходове обладнання, що характеризує собою шасі автомобіля;

цифра 6 – гнучка підвіска стрілового обладнання;

цифра 1 – порядковий номер моделі крана з механічним приводом;

буква А – перша модернізація крана;

букви ХЛ – виконання крана для умов холодного клімату.

У ряді моделей самохідних кранів, застосовуваних у спеціальних умовах, для кранів загального призначення прийнято інше маркування.

Таке маркування складається з декількох букв і цифр, які означають галузеве призначення крана і його вантажопідйомність.

Наприклад, самохідний кран СМК-14 – спеціальний монтажний кран вантажопідйомністю 14 т, МКА-16 – монтажний автомобільний кран вантажопідйомністю 16 т.

1.3 Загальна будова сучасних мобільних стрілових кранів

Будову МСК схематично наведено на рисунку 1.6, а, режим функціонування на робочому об'єкті – рисунок 1.6, б.

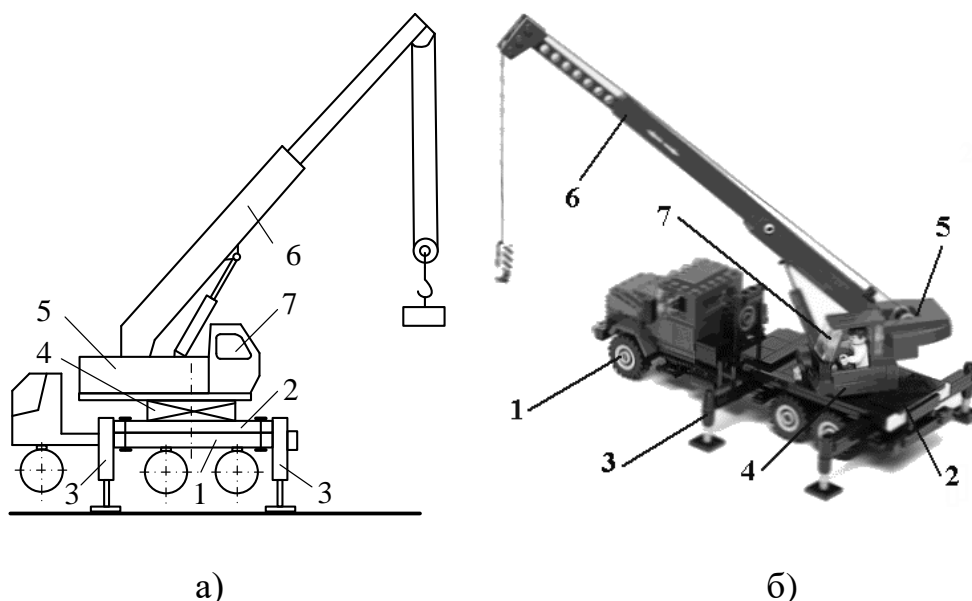


Рисунок 1.6 – Будова стрілових самохідних кранів

До основних складових крана, за рисунком 1.6, входять такі елементи: 1 – ходове обладнання; 2 – неповоротна частина крана;

3 – виносні опори-циліндри (аутригери); 4 – поворотна частина крана; 5 – механізми крана; 6 – стріла; 7 – кабіна крана.

На стадії проектування складових стрілового гідрофікованого крана потрібні знання будови всього крана. До основних складових гідрофікованих механізмів крана належать такі механізми: зміни кута нахилу основної стріли і стріли при телескопуванні її секцій (вильоту стріли); підймання-опускання вантажу; обертання крана; телескопування (висунення) секцій стріли; управління виносними опорами-циліндрами (аутригерами), спрощено їх називатимемо опорами.

Для виконання розрахунків на стадії проектування крана необхідно сформулювати початкові дані. До них належить головний параметр стрілового самохідного крана – його вантажопідйомність. Крім того, сюди входять такі дані: лінійні і кінематичні параметри механізмів крана та вага окремих складових крана.

Науково-практичні завдання

1 Основні складові механізми МСК і визначення найбільш навантажених.

2 Параметри, за якими визначають стан МСК. Які з них діють на вході і виході такої системи?

3 Визначити дві основні складові МСК і виявити загальні та відмінні особливості та умови для оцінювання їхнього стану.

4 Головна мета при впровадженні системи діагностування МСК.

5 Визначити взаємозв'язок між знанням процесу маркування МСК і системою їх діагностування.

6 Взаємозв'язок між структурними складовими МСК і рівнем їхньої вантажопідйомності.

2 ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ МОБІЛЬНИХ СТРІЛОВИХ КРАНІВ У ПРОЦЕСІ ЇХ ФУНКЦІОНУВАННЯ

2.1 Основні складові сучасного мобільного стрілового крана в режимі статики

Як відомо, до складу МСК входять механізми переміщення крана, піднімання вантажу, управління стрілою крана, телескопування стріли, обертання поворотної платформи крана, управління аутригерами.

Найбільш навантаженими механізмами МСК є механізми піднімання вантажу і управління стрілою крана, яким приділяють найбільшу увагу для визначення їхнього стану через діагностування. На рисунку 2.1 зображено механізм крана для піднімання вантажу в режимі статики.

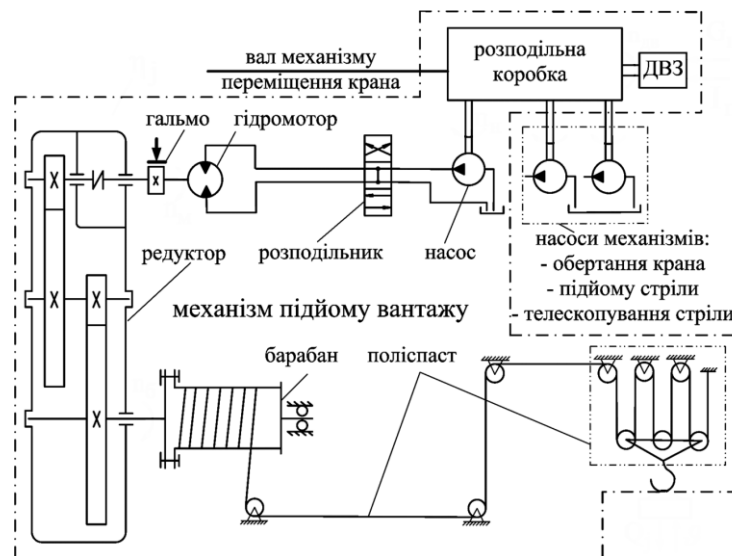


Рисунок 2.1 – Механізм піднімання вантажу МСК у режимі статики

У механізмі піднімання вантажу МСК головними складовими, за рисунком 2.1, є двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ); гідролінійна система зі своїми основними складовими у вигляді насоса, розподільника, гідромотора, трубопроводів, робочої рідини та інших елементів; робоче

обладнання: редуктор, гальмівний пристрій, барабан і поліспаст із крюковою підвіскою.

Стан механізму піднімання вантажу МСК слід визначати як у режимі статики, так і режимі динаміки, тобто в процесі його функціонування. Стан механізму МСК у режимі статики забезпечений на основі огляду складових. Методика такого процесу подана в науковій літературі. У режимі динаміки визначення стану цього механізму висвітлено в науковій літературі недостатньо, тому цьому питанню приділятимемо найбільше уваги з роботами [2-5].

2.2 Основні складові механізму піднімання вантажу крана в режимі функціонування

У режимі динаміки, тобто при функціонуванні крана [2-5], у структурі механізму піднімання вантажу МСК з'являються нові складові, зображені на рисунку 2.2.

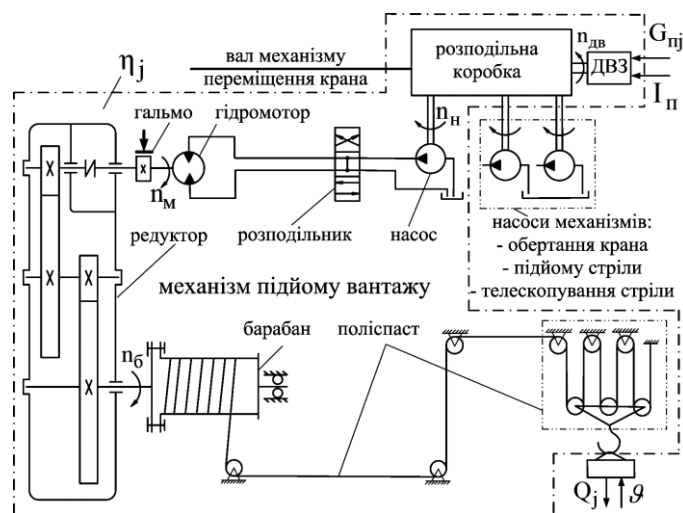


Рисунок 2.2 – Механізм піднімання вантажу МСК у режимі функціонування

У режимі функціонування механізму піднімання вантажу МСК у його структурі з'являються нові елементи. Причому на системному рівні

механізм піднімання вантажу слід розглядати як складну функціональну систему, у складі якої з'являється оператор – кранівник, без якого система не здатна функціонувати.

Параметрами входу для механізму піднімання вантажу МСК, за рисунком 2.2, є витрати пального $G_{пj}$ і його $I_{п}$ теплотворна здатність. Зокрема, теплотворна здатність для дизельного пального, за дослідженнями, складає 42700 кДж/кг.

Для механізму піднімання вантажу МСК параметрами виходу, за рисунком 2.2, є маса Q_j і швидкість ϑ піднімання вантажу. Вказані параметри наведені в сучасних довідниках.

2.3 Визначення стану стрілових кранів на основі результатів довідкових параметрів

Об'єкти досліджень, які розглядають у цьому пункті, – гідрофіковані автомобільні, пневмоколісні крани і крани на спеціальному шасі. Технічні параметри трьох груп кранів [2] подано в таблиці 2.1.

До техніко-економічних параметрів належать потужність ДВЗ; питомі витрати пального для марки ДВЗ, змонтованого на такому крані; вантажопідйомність крана та швидкість піднімання вантажу.

Дослідження об'єкта базовані на застосуванні системного аналізу з використанням довідкової інформації окремо для кожного механізму піднімання вантажу МСК як самостійної системи [2-5]. Слід зазначити, що розглядають їх як досить складні системи з різними структурними елементами і відповідним з'єднанням між собою. Усі складові такої системи забезпечують перетворення потужності входу в корисну потужність на виході шляхом злагодженого функціонування всіх його елементів, як це показано на рисунку 2.2.

Таблиця 2.1 – Довідкові дані різнорідних кранів у масиві з трьох груп

Марка крана	Модель автомобіля (марка ДВЗ)	Потужність двигуна $N_{двзj}$, кВт (к.с)	Питомі витрати пального ДВЗ $q_{дв}$, г/кВт год	Максимальна маса вантажу Q_j , т	Швидкість піднімання вантажу g , м/с (м/хв)
1 Автомобільні крани [1*]					
КС-2571А	ЗИЛ 130 (Д-245)	77 (105)	224	6,3	0,216 (13)
МКАС-10	МАЗ-5334 (ЯМЗ-М206А)	103 (140)	258	10	0,216(13)
КС-3577	МАЗ-5334 (ЯМЗ-М206А)	103 (140)	258	12,5	0,141 (8,5)
КС-4573	КрАЗ-250 (ЯМЗ-238Г)	118 (160)	227	16	0,141(8,5)
2 Пневмоколісні крани [2*]					
КС-4362	СМД-14А	59 (80)	238	16	0,10(6) 0,2 (12)
КС-5363А	ЯМЗ М204А	103 (140)	258	25	0,10 (6)
МКТ-40	МОАЗ-540П ЯМЗ-238П	194 (264)	232	40	0,08 (4,8)
КС-8362А	ЯМЗ-238Г	118 (160)	227	100	0,05 (3)
3 Крани на спеціальному шасі [1*]					
КС-5473	ЯМЗ-238М	166 (226)	232	25	0,193 (11,6)
КС-6471	ЯМЗ-238	166 (226)	232	40	0,15 (9)
КС-7471	МЗКТ-790200 ЯМЗ-5348*	133 (180)	258	63	[3*];0,135(8,1)
КС-8471	МЗКТ-750001 ЯМЗ-5368*	177 (240)	258	100	0,12 (7,2)
<p>Примітки: * – механізми крана і ходове обладнання приводять у дію власні двигуни.</p> <p>1* Будівельні машини: довідник: у 2 т. Т. 1. Машини для будівництва промислових, цивільних споруд та доріг / А. В. Раннев, В. Ф. Корелін, А. В. Жаворонків та ін.; за заг. ред. Е. М. Кузіна. Вид. 5-те перероб. 1991. 496 с.</p> <p>2* Довідник з кранів: довідник: у 2 т. / М. П. Олександров, М. М. Гохберг, А. А. Ковін та ін.; за заг. ред. М. М. Гохберга. 1988. Т. 2. 559 с.</p> <p>3* Сайт компанії «ООО Стройсервис». URL: http://www.masterbetonov.ru/content/view/12262/294/. (дата звернення 20.06.2024).</p>					

Якість перетворення потужності входу в потужність виходу для кожного МСК характеризується величиною загального ККД, який відображує їхній внутрішній стан.

Дослідження МСК базовані на основі подання механізму піднімання вантажу краном як складної самодостатньої системи (рисунок 2.2) зі структурними елементами, функціонально з'єднаними між собою, а також на основі використання довідкових параметрів. Причому така система здатна перетворювати підведену потужність у корисну роботу на виході.

На підставі цього для механізму піднімання вантажу можна визначити його внутрішній стан за величиною загального ККД η_j . Використання системного підходу сприяє досягненню поставленої мети дослідження, а послідовність реалізації такої мети наведена нижче. Так, для проведення подальших досліджень використовують усі параметри мобільних кранів [2-5] (таблиця 2.1).

Витрати пального $G_{пj}$ [2-5] розраховують за формулою, кг/год,

$$G_{пj}=1,03 \times 10^{-3} \times N_{двзj} \times q_{дв} \times k_{дв} \times k_N \times k_{дп}, \quad (2.1)$$

де $N_{двзj}$ – номінальна потужність ДВЗ, кВт;

$q_{дв}$ – довідкова величина питомих витрат пального для відомої марки двигуна, г/кВт·год;

k_N , $k_{дв}$, $k_{дп}$ – коефіцієнти, які враховують зміну витрат пального залежно від інтенсивності навантаження двигуна крана за потужністю, використання двигуна крана за часом роботи і тривалості дії номінальної потужності двигуна, які складають відповідно 1,25; 0,9 та 0,85.

Величину потужності $N_{пj}$, підведеної до механізму піднімання вантажу в ході роботи крана [2-4] розраховують за формулою, кВт,

$$N_{пj}=(G_{пj} \times I_{п})/3600, \quad (2.2)$$

де $I_{п}$ – теплотворна здатність пального, кДж/кг.

Для визначення корисної потужності на виході механізму піднімання вантажу, як складної системи, використовують масу вантажу і швидкість

його руху. Корисну потужність $N_{\text{кор}j}$ для такого механізму розраховують за формулою, кВт,

$$N_{\text{кор}j} = Q_j \times g \times \vartheta, \quad (2.3)$$

де Q_j – маса вантажу для j -го крана, т;

g – прискорення руху вантажу $9,81 \text{ м/с}^2$;

ϑ – швидкість піднімання вантажу мобільного крана, приймають за таблицею 2.1, м/с.

Загальний ККД механізму піднімання вантажу при роботі крана η_j

$$\eta_j = N_{\text{кор}j} / N_{\text{п}j} = (3600 \times Q_j \times g \times \vartheta) / (G_{\text{п}j} \times I_{\text{п}}). \quad (2.4)$$

Також механізм піднімання вантажу (рисунок 2.2) можна подати як систему з входом і виходом у вигляді розмірних параметрів. Так, вхід являє собою витрати пального $G_{\text{п}j}$, а вихід – масу вантажу Q_j .

Відношення $G_{\text{п}j}$ до Q_j – показник оцінювання внутрішнього стану такого механізму, який характеризує собою питомі витрати пального відносно маси вантажу, кг/(год т):

$$q_j = G_{\text{п}j} / Q_j. \quad (2.5)$$

Разом із тим стан механізму піднімання вантажу можна визначати на підставі іншого показника – відношення величини виходу $N_{\text{кор}j}$ до величини входу $G_{\text{п}j}$.

Такий показник характеризує внутрішній стан механізму піднімання вантажу мобільним краном – величина питомої корисної потужності

відносно витрат пального протягом часу роботи двигуна крана, (год кВт)/кг:

$$q_{1j} = N_{\text{кор}j} / G_{\text{п}j} = 1/q_j. \quad (2.6)$$

Показники Q_j і q_{1j} визначають внутрішній стан одного і того самого механізму мобільного крана. Відмінним для них є процес визначення стану механізму при розгляді руху енергії в ньому від виходу до входу (залежність (2.5)) і рух енергії від входу до виходу (залежність (2.6)).

Зв'язок між цими показниками подано як рівняння $q_j = 1/q_{1j}$. Однак найбільш прийнятним є показник, отриманий за залежністю (2.5).

Результати числових даних, отриманих за залежностями (2.4) і (2.5), дали змогу виявити важливу закономірність – в одного з них у кожній із трьох однойменних груп кранів показник η_j складає максимальну величину, і одночасно в такого крана виявлено мінімальні значення показника Q_j .

За результатами порівняння в кожній із однойменних груп кранів виявлено такий, у якого порівняно з іншими всі вказані вище показники є найкращими, для цього в такого крана один із його показників, зокрема Q_j , замінено на показник Q_{min} .

Ураховуючи виявлену закономірність, стає можливим для кожного крана в однойменній групі визначити величину відносної економії пального порівняно з роботою найкращого за ефективністю роботи крана при виконанні ним вантажопідйомних робіт.

На підставі наведеного вище часову величину відносної економії пального Δq_j [4, 5] можна визначити за формулою, кг/год,

$$\Delta q_j = G_{\text{пj}} - q_{\text{min}} \cdot Q_j, \quad (2.7)$$

де $G_{\text{пj}}$ – витрати пального для досліджуваних кранів при виконанні ними вантажопідйомних робіт (залежність (2.1)), кг/год;

q_{min} – мінімальні питомі витрати пального для найкращого за ефективністю роботи в однойменній групі кранів, кг/(год т);

Q_j – маса піднімання вантажу кожним із досліджуваних МСК, т (таблиця 2.1).

Отримані результати числових розрахунків за залежностями (2.1)-(2.5) і (2.7) подано в таблиці 2.2. У першому стовпчику цієї таблиці вказані марки кранів відповідно до таблиці 2.1.

У другому-четвертому стовпчиках таблиці 2.2 відображено такі результати: витрати $G_{\text{пj}}$ пального ДВЗ мобільного крана; потужність $N_{\text{пj}}$ на вході і корисна $N_{\text{корj}}$ потужність на виході механізму піднімання вантажу; п'ятому стовпчику – внутрішній стан механізму піднімання вантажу η_j загального ККД; шостому стовпчику – питомі витрати пального q_j відносно величини маси вантажу, що являє собою параметр виходу механізму крана.

У сьомому стовпчику наведено дані показника Δq_j , який характеризує відносну величину економії пального за час роботи механізму піднімання вантажу і визначений за залежністю (2.7).

Узагальнюючи отримані результатами, встановлено, що в складі кожної з трьох однойменних груп кранів виявлено такі крани, у яких відносна величина економії пального складає нульове значення.

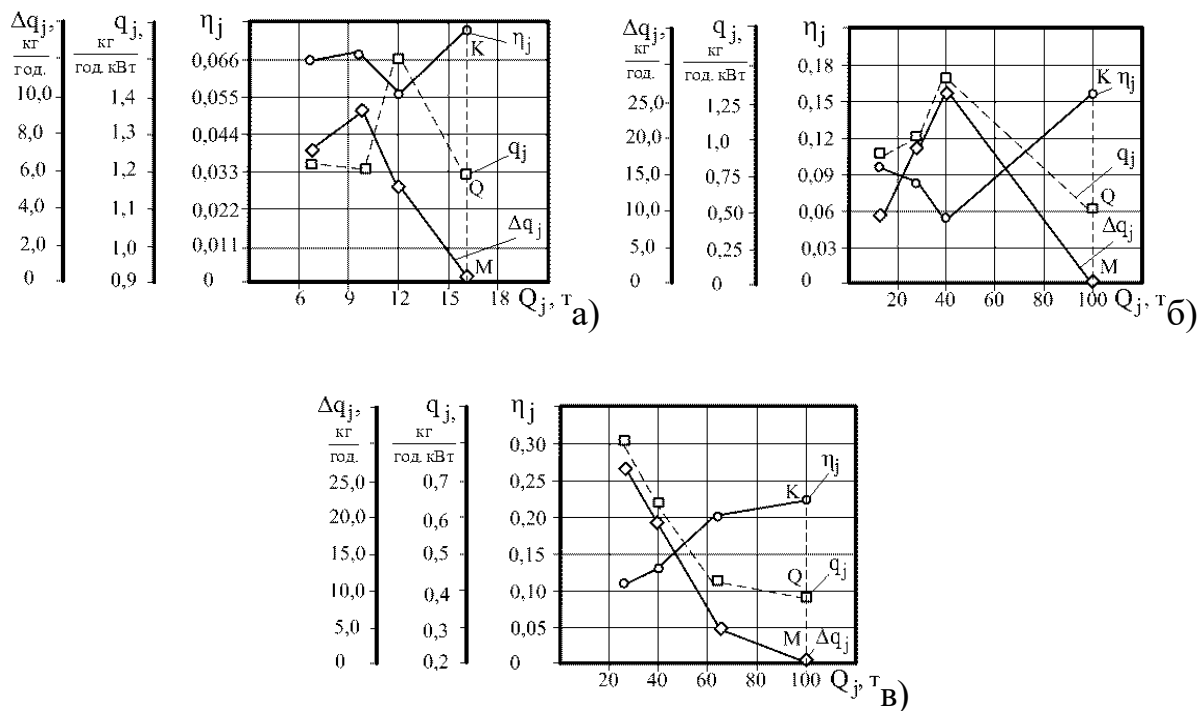
Ураховуючи це, крани з максимальною величиною загального ККД і нульовим значенням економії пального названо зразковими і виділено в

таблиці 2.2 курсивом, а всі інші крани названо звичайними. Для розширеного аналізу отриманих результатів дослідження, наведених у таблиці 2.2, побудовано графіки (рисунок 2.3, а-в).

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку основних показників для кожного механізму піднімання вантажу МСК в складі трьох груп

Марка крана	Витрати пального ДВЗ, $G_{пj}$, кг/год, формула (2.1)	Потужність підведена $N_{пj}$, кВт, формула (2.2)	Потужність корисна, $N_{корj}$, кВт, формула (2.3)	Загальний ККД крана η_j , формула (2.4)	Питомі витрати пального q_j , кг/(год т) формула (2.5)	Економія пального, кг/год, Δq_j , формула (2.7)
1	2	3	4	5	6	7
1 Автомобільні крани						
КС-2571А	16,9875	201,490	13,349	0,0662	2,6962	6,6001
МКАС-10	26,1727	310,437	21,189	0,0682	2,1727	9,6847
КС-3577	26,1727	310,437	17,290	0,0556	2,0938	5,5627
<i>КС-4571</i>	<i>26,3815</i>	<i>312,913</i>	<i>22,131</i>	<i>0,0707</i>	$q_{min}=1,6488$	<i>0</i>
2 Пневмоколісні крани						
КС-4362	13,8299	164,037	15,696	0,095	0,864	9,6219
КС-5363А	26,1727	310,437	24,525	0,079	1,046	19,5977
КС-5363А	44,3283	525,782	31,392	0,059	1,108	27,7593
<i>КС-8362А</i>	<i>26,3815</i>	<i>312,913</i>	<i>49,050</i>	<i>0,156</i>	$q_{min}=0,2638$	<i>0</i>
3 Крани на спеціальному шасі						
КС-5473	37,9304	449,896	47,333	0,1052	1,517	26,6849
КС-6471	37,9304	449,896	58,860	0,1308	0,948	19,9424
КС-7471	33,7958	400,855	83,434	0,2081	0,536	5,4647
<i>КС-8471</i>	<i>44,9764</i>	<i>533,470</i>	<i>117,720</i>	<i>0,2206</i>	$q_{min}=0,4497$	<i>0</i>

На осі абсцис на графіках відображено довідкову масу вантажу Q_j , т, тобто вантажопідйомність крана, осі ординат – загальний ККД η_j механізму піднімання вантажу; питомі витрати пального ДВЗ q_j відносно корисної потужності; величину відносної економії пального Δq_j за час роботи механізму піднімання вантажу.



а) автомобільні; б) пневмоколісні; в) на спеціальному шасі

Рисунок 2.3 – Основні показники механізму піднімання вантажу МСК

На рисунку 2.3 зображено зв'язки між процесами зміни величини загального ККД кранових механізмів, питомими витратами пального відносно корисної потужності та величини відносної економії пального за час роботи механізмів піднімання вантажу для всіх трьох однойменних груп кранів.

Максимальна величина загального ККД η_j для механізмів піднімання вантажу, зокрема в автомобільних кранів, складає – 0,0707, пневмоколісних – 0,156, кранів на спеціальному шасі – 0,2206. Вказані вище значення загального ККД механізмів піднімання вантажу на всіх трьох графіках рисунка 2.3 позначено символом К. Причому, за результатами порівняння отриманих даних, величина загального ККД механізму піднімання вантажу для крана на спеціальному шасі відносно автомобільного крана досягає більш ніж трикратного зростання.

Мінімальна величина питомих витрат пального q_j з розмірністю кг/(год кВт) для механізмів піднімання вантажу в автомобільних кранів складає 1,192, пневмоколісних – 0,537, кранів на спеціальному шасі – 0,388. Так, для питомих витрат пального для крана на спеціальному шасі відносно автомобільного крана характерно майже трикратне зниження.

На рисунку 2.3 вказані вище величини позначено Q , а величини відносної (нульової) економії пального $\Delta q_j - M$. У цілому з наведеного вище аналізу випливає, що в складі кожної з однойменних груп кранів виділено тільки один із них, що є найбільш ефективним.

Механізми, яким властивий найбільший за величиною загальний ККД і найменші питомі витрати пального та нульова економія пального і такий кран, названо зразковими. Порівняно зі зразковим краном інші звичайні крани в складі своєї групи є менш ефективними.

Максимальні значення відносної економії пального з розмірністю кілограм за годину в автомобільних кранів складають 9,6847, пневмоколісних – 27,7593, кранів на спеціальному шасі – 26,6849.

Із цих результатів випливає, що величина відносної економії пального для пневмоколісних кранів перевищує цю величину більш ніж у два рази відносно автомобільних кранів і має практично близькі результати у кранів на спеціальному шасі. Так, в стовпчику 7 таблиці 2.2 подано результати розрахунку величини відносної економії пального за залежністю (2.7).

Ця економія пального може перетворитися у фактичну (реальну) величину економії пального для кожного з кранів, наведених в однойменній групі, тільки за умови, що реальну вантажопідйомну роботу буде виконувати тільки зразковий кран замість звичайних кранів у складі своєї однойменної групи.

Базуючись на отриманих даних величини економії пального при виконанні вантажопідйомних робіт з урахуванням його об'єму, можна забезпечити процес формування ефективних груп кранів.

Однак для обґрунтування методики формування ефективних груп кранів для виконання заданого об'єму і за заданий термін роботи з мінімальними витратами пального ДВЗ потребує проведення додаткових досліджень.

2.4 Визначення стану механізму піднімання вантажу стрілового крана

На сьогодні в системі діагностування механізмів піднімання вантажу МСК особливої уваги заслуговує процес перетворення числових розмірних параметрів в електричний сигнал його вимірювання та реєстрацію з застосуванням діагностичної апаратури. Процес діагностування здійснюють з завершенням виробництва; завершенням удосконалення складових цих механізмів; визначенням стану в умовах експлуатації [6]. Найбільш інформативними діагностичними параметрами для механізму піднімання вантажу є вага і швидкість піднімання вантажу; витрати пального ДВЗ мобільного крана. Сучасний розвиток засобів вимірювальної техніки і процес перетворення фізичних параметрів в електричний сигнал завдяки застосуванню спеціального обладнання створює широкі можливості для запровадження сучасних технологій, які дають змогу реалізувати систему комп'ютерного діагностування механізму піднімання вантажу і окремих його складових.

На підставі проведених досліджень можна визначити фактичний стан механізму піднімання вантажу за величиною питомих витрат пального, кг/(год т), на підставі залежності (2.5). Показник для встановлення

внутрішнього стану механізму піднімання вантажу за величиною загального ККД, розраховують за однією з залежностей:

$$\eta_j = 3600 / (q_j \times I_{II}), \quad (2.8)$$

$$\eta_j = (3600 \times q_{1j}) / I_{II} = 3600 / (q_j \times I_{II}). \quad (2.9)$$

Наведені розрахункові залежності – невід’ємна складова теорії системного аналізу при дослідженні механізму піднімання вантажу МСК.

Встановлено, що параметри входу і виходу на прикладі механізму піднімання вантажу можуть мати не тільки однакові (однорідні), але і різні розмірності в процесі розгляду руху в ньому енергії від джерела до споживача, так і у зворотному напрямку.

Загальний ККД, як основний показник стану кранових механізмів піднімання вантажу, можна використовувати на всіх стадіях життєвого циклу МСК.

Отримані показники з таблиці 2.2 можна застосовувати при проектуванні кранів, а також у подальшому їх удосконалити за рахунок заміни стандартних моторів на мотори, створені на базі силових циліндрів [7].

Для визначення фактичних величин економії пального в процесі роботи кранових механізмів із наведеного масиву кранів порівняно з даними зразкового крана необхідно проводити додаткові теоретичні дослідження.

Науково-практичні завдання

До широко розповсюджених стрілових кранів належать крани, які формують чотири групи: крани на тракторах; гусеничні крани; крани-трубоукладачі; крани на залізничному ході. Виявлення найбільш

ефективних кранів у кожній групі на підставі визначення загального ККД і порівняння цих результатів з подібними кранами – головна мета цієї роботи. Для чотирьох груп кранів із довідкових джерел підготовлено техніко-економічні параметри. Для зручності розрахунків їхні техніко-економічні параметри подано в таблицях 2.3, 2.5, 2.7 і 2.9. На підставі цих даних сформульовано відповідні науково-практичні завдання, які слід вирішити. Результати виконання кожного з завдань, поданих у таблицях 2.3, 2.5, 2.7 і 2.9, необхідно оформити у вигляді таблиць 2.4, 2.6, 2.8 і 2.10.

1 На підставі початкових даних для стрілових кранів на тракторах (таблиця 2.3) визначити показники їхньої ефективності за величинами загального ККД, питомих витрат пального і економії пального.

Таблиця 2.3 – Початкові дані для кранів стрілових на тракторах

Марка крана	Базова машина (модель ДВЗ)	Потужність двигуна/лебідки $N_{двз} / N_{лебј}$, кВт	Питомі витрати пального ДВЗ $q_{дв}$, г/кВт год (г/к. с. год)	Максимальна маса вантажу Q_j , т	Швидкість піднімання вантажу ρ , м/хв
КТС-5Э	С-100 кдм-100	73,6	279 (205) *1	5	6,4
МКТ-6	С-100 кдм-100	73,6	279 (205) *1	6	3,8
МКТ-6,3	Т-100М	79,5	238 (175) *2	6,3	5,8
КМТ-6,3	Т-130	103	218 (160) *3	6,3	4

Примітки:
 *1 Майский М. И., Бозулавський Д. К. Трактори і автомобілі: навч. посіб. 1959. 462 с.
 *2 <https://железный-конь.рф/technicheskie-xarakteristiki-traktora-t-100m-dizelnyj-dvigatel-d-108.html>.
 *3 <https://os24.com.ua/ua/p1192405932-dvigatel-buldozera-130.html>.

Результати розрахунків для стрілових кранів на тракторах подати у вигляді таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунок загального ККД, питомих витрат пального і величини економії пального для стрілових кранів на тракторах

Марка крана	Витрати пального ДВЗ $G_{пј}$, кг/год, формула (2.1)	Потужність, підведена $N_{пј}$, кВт, формула (2.2)	Потужність корисна $N_{корј}$, кВт, формула (2.3)	Загальний ККД крана η_j , формула (2.4)	Питомі витрати пального q_j , кг/(год т), формула (2.5)	Економія пального, кг/год, Δq_j , формула (2.7)
КТС-5Э						
МКТ-6						
МКТ-6,3						
КМТ-6,3						

2 На підставі початкових даних для гусеничних стрілових кранів, наведених у таблиці 2.5, визначити показники їхньої ефективності за величинами загального ККД, питомих витрат пального і економії пального.

Таблиця 2.5 – Початкові дані для гусеничних стрілових кранів

Марка крана	Базова машина (модель ДВЗ)	Потужність двигуна/лебідки $N_{двз} / N_{лебј}$, кВт	Питомі витрати пального ДВЗ $q_{дв}$, г/кВт год (г/к. с. год)	Максимальна маса вантажу, Q_j , т	Швидкість піднімання вантажу ϑ , м/хв
МКГ-25БР	А-01МК	96/30	222 (163) *4	25	7,25
ДЕК-252	Д-108	80/22	235 (173) *5	25	4
МКГ-40	АМ-01Е	84/30	252 (185) *6	40	5
ДЕК-50	К-661М	85/45	244 (180) *7	50	5,3
СКГ-40/63	К661-М	81/28	244 (180) *7	40	5,6
СКГ-63/100	1Д6Б	110/45	240 (176) *8	63	4,9
КС-8165	ЯМЗ-238	110/45	227 (167) *9	75	3,1

Примітки:
 *4 <http://алтайский-моторный-завод.рф/katalog/dvigateli-amz/a-01/a-01mk/>.
 *5 Будівельні машини: довідник: у 2 т. Т. 1. Машини для будівництва промислових, цивільних споруд та доріг / А. В. Раннев, В. Ф. Корелін, А. В. Жаворонків та ін.; за заг. ред. Е. М. Кузіна. Вид. 5-те, перероб. 1991. 496 с.
 *6 <https://железный-конь.рф/tehnicheskie-xarakteristiki-tractora-t-100m-dizelnyj-dvigatel-d-108.html>.
 *7 <https://www.ess-ltd.ru/elektro/tehnicheskie-harakteristiki-stacionarnyh-neavtomatizirovannyh-des.html>.
 *8 <https://spbdiesel.ru/uslugi/postavka-dizelnyh-dvigatelej/6ch12-14/>.
 *9 Дорожньо-будівельні машини: довідник / А. А. Васильєв, І. А. Васильєв, Б. Н. Прусак, М. М. Урусов. Вид. 4-те, перероб. та доп. 1977. 392 с.

Результати розрахунків для гусеничних стрілових кранів подати у вигляді таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Розрахунок загального ККД, питомих витрат пального і величини економії пального для кранів гусеничних стрілових

Марка крана	Витрати пального ДВЗ $G_{пj}$, кг/год, формула (2.1)	Потужність, підведена $N_{пj}$, кВт, формула (2.2)	Потужність корисна $N_{корj}$, кВт, формула (2.3)	Загальний ККД крана η_j , формула (2.4)	Питомі витрати пального q_j , кг/(год т) формула (2.5)	Економія пального, кг/год, Δq_j , формула (2.7)
МКГ-25БР						
ДЕК-252						
МКГ-40						
ДЕК-50						
СКГ-40/63						
СКГ-63/100						
КС-8165						

3 На підставі даних для кранів-трубоукладачів, наведених у таблиці 2.7, визначити показники їхньої ефективності за величинами загального ККД, питомих витрат пального і економії пального.

Таблиця 2.7 – Початкові дані для кранів-трубоукладачів на базі трактора

Марка крана	Базова машина (модель ДВЗ)	Потужність двигуна/лебідки $N_{двз} / N_{лебj}$, кВт	Питомі витрати пального ДВЗ $q_{дв}$, г/кВт год (г/к. с. год)	Максимальна маса вантажу Q_j , т	Швидкість піднімання вантажу ϑ , м/хв
Крани-трубоукладачі на базі трактора [10*, с. 160]					
ТГ-62	ДТ-75Р-С3	58,8	205 *10	6,3	8,3
ТГ-123	Т-130Б	117	218 (160) *11	12,5	8
ТГ-201	Т-130	117	218 (160) *11	20	5,8
ТГ-3650М	Д804МХЛК	132	210 (155) *12	35	8
ТГ-502	ТТ-330	259	230 *13	50	9
<p>Примітки:</p> <p>*10 Холодов А. М., Нічке В. В., Назаров Л. В. Землеройно-транспортні машини: довідник. Харків: Вища школа, 1982. 192 с.</p> <p>*11 https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiqse7B942GAXrGRAIHTraCIYQFnoECBEQAw&url=http%3A%2F%2Fwww.spec-service.com.ua%2Fcomponent%2Fcontent%2Fcategory%2F15-dizelnye-dvigateli.html&usg=AOvVawI1JMW2v9hxm30ZVbs9BCDOF&opi=89978449.</p> <p>*12 https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi8nbC_-I6GaxVLBNsEHV-zC-IQFnoECBMAQAw&url=http%3A%2F%2Fwww.ruskt.ru%2FPrice%2FTraktora%2Fsmd-14ng.htm&usg=AOvVaw3g84Ksy-IUF3duQnHqj2Qs&opi=89978449.</p> <p>*13 https://buldozerspec.com/buldozer-t-330/.</p>					

Результати розрахунків для кранів-трубоукладачів на базі трактора подати у вигляді таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Розрахунок загального ККД, питомих витрат пального і величини економії пального для кранів-трубоукладачів на базі трактора

Марка крана	Витрати пального ДВЗ $G_{пj}$, кг/год, формула (2.1)	Потужність, підведена $N_{пj}$, кВт, формула (2.2)	Потужність корисна $N_{корj}$, кВт, формула (2.3)	Загальний ККД крана η_j , формула (2.4)	Питомі витрати пального q_j , кг/(год т) формула (2.5)	Економія пального, кг/год, Δq_j , формула (2.7)
ТГ-62						
ТГ-123						
ТГ-201						
ТГ-3650М						
ТГ-502						

4 На підставі початкових даних для кранів на залізничному ході, наведених у таблиці 2.9, визначити показники їхньої ефективності за величинами загального ККД, питомих витрат пального і економії пального.

Таблиця 2.9 – Початкові дані для кранів на залізничному ході

Марка крана	Базова машина (модель ДВЗ)	Потужність двигуна/лебідки $N_{двзj} / N_{лебj}$, кВт	Питомі витрати пального ДВЗ $q_{дв}$, г/кВт год (г/к. с. год)	Максимальна маса вантажу Q_j , т	Швидкість піднімання вантажу ϑ , м/хв
КДЗ-161	К-661	157	244 (180) *14	16	8,8
КДЗ-251	К-661	157	244 (180) *14	25	6,3
6Ж71	СДМ 35	118	238 *15	45	3
6Ж72	СДМ 35	118	238 *15	45	3
8Ж71	СДМ 35	118	238 *15	90	3
9Ж71	СДМ 35	118	238 *15	120	3

Примітки:
*14 https://kran-master74.ru/heavy/zheleznodorozhnye_krany/zheleznodorozhnye_krany_kde/zheleznodorozhnye_krany_kde_161/.
*15 <https://neva-diesel.com/zapasnye-chasti-dvigatelya-vd-14,5/>.

Результати розрахунків для кранів на залізничному ході подати у вигляді таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Розрахунок загального ККД, питомих витрат пального і величини економії пального для кранів на залізничному ходу

Марка крана	Витрати пального ДВЗ $G_{пj}$, кг/год, формула (2.1)	Потужність, підведена $N_{пj}$, кВт, формула (2.2)	Потужність корисна $N_{корj}$, кВт, формула (2.3)	Загальний ККД крана η_j , формула (2.4)	Питомі витрати пального q_j , кг/(год т) формула (2.5)	Економія пального, кг/год, Δq_j , формула (2.7)
1	2	3	4	5	6	7
КДЗ-161						
КДЗ-251						
6Ж71						
6Ж72						
8Ж71						
9Ж71						

5 За результатами розрахунків, наведеними в таблицях 2.4, 2.6, 2.8 та 2.10, визначити крани, у яких величина загального ККД складає максимальне значення η_j . Для кранів із максимальною величиною загального ККД η_j навести також інформацію про величину питомих витрат пального q_j , кг/(год т), та економію пального Δq_j , кг/год.

6 За результатами розрахунків, наведеними в таблицях 2.4, 2.6, 2.8 та 2.10, визначити крани, у яких величина загального ККД складає мінімальне значення η_j . Для кранів із мінімальною величиною загального ККД η_j навести також інформацію про величину питомих витрат пального q_j , кг/(год т), та економію пального Δq_j , кг/год.

7 З масиву з чотирьох груп кранів, за завданнями 5 і 6, для найкращих і найгірших кранів визначити сумарні величини витрат пального та економії пального.

8 На підставі результатів, отриманих з завдання 7, визначити різницю між найгіршими і найкращими кранами величин витрат пального та економії пального.

3 МЕТОДОЛОГІЯ ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ ГІДРОСИСТЕМ МАШИН ЗІ СТІЛОВИМ ОБЛАДНАННЯМ

3.1 Загальні відомості про діагностування гідросистем машин зі стріловим обладнанням

Стрілове обладнання сучасних кранів із гідравлічним приводом близьке за конструктивним виконанням до однокішшевих гідравлічних екскаваторів. На підставі цього процес визначення стану гідросистем робочого обладнання таких машин, за виключенням процесу навантаження, однаковий. Тому при визначенні їхнього фактичного стану за умов створення лабораторного обладнання, застосування засобів діагностики, алгоритму діагностування витрати на дослідження стану таких машин можна значно зменшити.

Розроблення методології визначення стану гідросистем машин зі стріловим робочим обладнанням є актуальним завданням. Діагностування можна виконувати в умовах реальної експлуатації машини або лабораторних умовах. Найбільш якісно діагностування можна забезпечити в лабораторних умовах. У системі навчального закладу проведення діагностування в лабораторних умовах – найбільш ефективний напрямок. Для цього необхідно створити фізичну модель стрілового гідрофікованого робочого обладнання машини, наприклад моделі стрілового обладнання екскаватора-стенда, на основі досліджень обґрунтувати теоретичну залежність для визначення стану гідросистеми при створенні відповідних засобів діагностування, завдяки якому визначити реальний стан гідросистеми.

Встановлення реального стану гідросистеми – це величина загального ККД цієї гідросистеми [2-5].

3.2 Лабораторна установка зі стріловим обладнанням машини

Екскаватори одноківшеві зі стріловим обладнанням є найбільш ефективним рішенням для проведення досліджень у лабораторних умовах. На підставі цього ухвалено рішення про створення натурального лабораторного зразка екскаватора-стенда. Кінематичну схему і загальний вигляд такого зразка подано на рисунку 3.1, а, б.

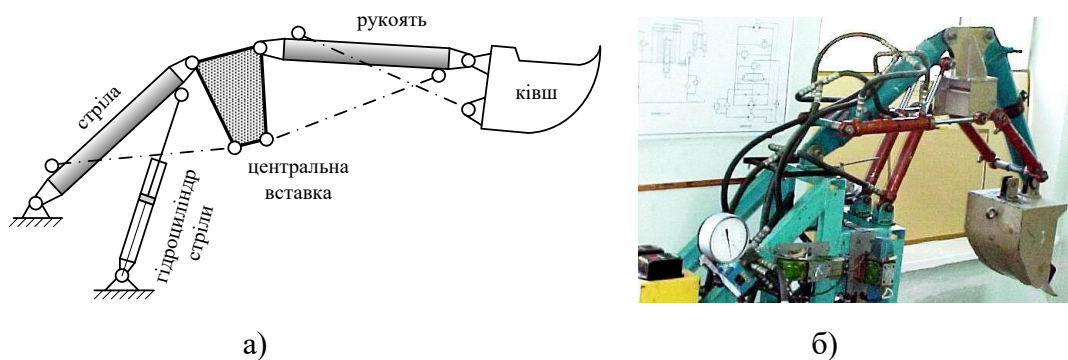


Рисунок 3.1 – Кінематична схема і натурний зразок екскаватора-стенда

Основними складовими моделі натурального зразка екскаватора є стріла; рукоять; центральна вставка; ківш; гідроциліндри. Гідросистема на рисунку 3.1 не зображена.

Особливість робочого обладнання натурального зразка екскаватора-стенда – можливість швидкого його перемонтажу для розширення можливостей екскаватора (рисунок 3.2).

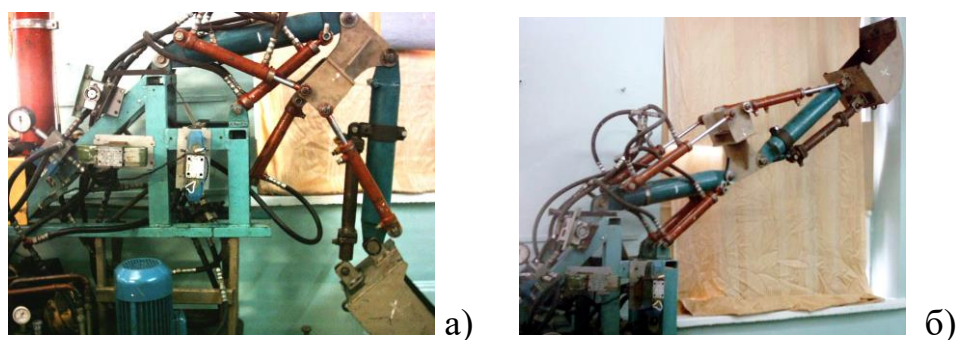


Рисунок 3.2 – Варіанти розташування центральної вставки для з'єднання одночасно стріли і рукоятки в структурі робочого обладнання екскаватора-стенда

Аналіз структури робочого обладнання екскаватора-стенда свідчить про розширення можливостей екскаватора-стенда в умовах експлуатації.

3.3 Визначення стану гідросистеми лабораторної установки

Величину загального ККД гідросистеми екскаватора-стенда, яка характеризує його стан і покладена в основу експериментально-теоретичного методу, розраховують за формулою [8, 9]

$$\eta = \frac{(p_1 \cdot (1 - k_{\text{тр}}) - p_2 \cdot (1 - \varepsilon^2)) \cdot \vartheta_{\text{ф}} \cdot \eta_{\text{ГМ}}}{p_{\text{н}} \cdot \vartheta_{\text{т}}}, \quad (3.1)$$

де $p_{\text{н}}$, p_1 , p_2 – тиск на виході насоса, тиск на вході і виході силових гідроциліндрів;

$k_{\text{тр}}$ – коефіцієнт, що враховує тертя в рухомих з'єднаннях і ущільнюючих пристроях гідроциліндрів;

ε – коефіцієнт, що визначають як відношення діаметра штока до діаметра поршня;

$\vartheta_{\text{т}}$, $\vartheta_{\text{ф}}$ – теоретична і фактична швидкість переміщення штока гідроциліндра, м/с;

$\eta_{\text{ГМ}}$ – гідромеханічний ККД насоса.

Фактична швидкість переміщення штока на фіксованій відстані за сталого режиму роботи гідросистеми, складає величину

$$\vartheta_{\text{ф}} = \frac{\ell_{\text{с}}}{\Delta t}, \quad (3.2)$$

де l_c – фіксована відстань для переміщення штока гідроциліндра, м;

Δt – проміжок часу, за який шток проходить фіксовану відстань за сталого режиму роботи гідросистеми, с.

Теоретична швидкість штока за сталого режиму роботи гідросистеми

$$v_{\tau} = \frac{Vk \cdot n_n}{60 \cdot A_1}, \quad (3.3)$$

де Vk – об'єм робочої камери насоса, см³/об;

n_n – частота обертів вала насоса, об/хв;

A_1 – площа поверхні поршня гідроциліндра або гідроциліндрів, мм²,

$$A_1 = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot z}{4}, \quad (3.4)$$

де D – діаметр поршня гідроциліндра, мм;

z – кількість паралельно працюючих гідроциліндрів.

Гідромеханічний ККД насосної установки моделі екскаватора-стенда

$$\eta_{\text{гм}} = \frac{\eta_{\text{заг}}}{\eta_o}, \quad (3.5)$$

де $\eta_{\text{заг}}$, η_o – загальний і об'ємний ККД насоса.

3.4 Гідросистема діагностичної установки

Управління робочим обладнанням екскаватора-стенда забезпечено гідросистемою, схема якої наведена на рисунку 3.3.

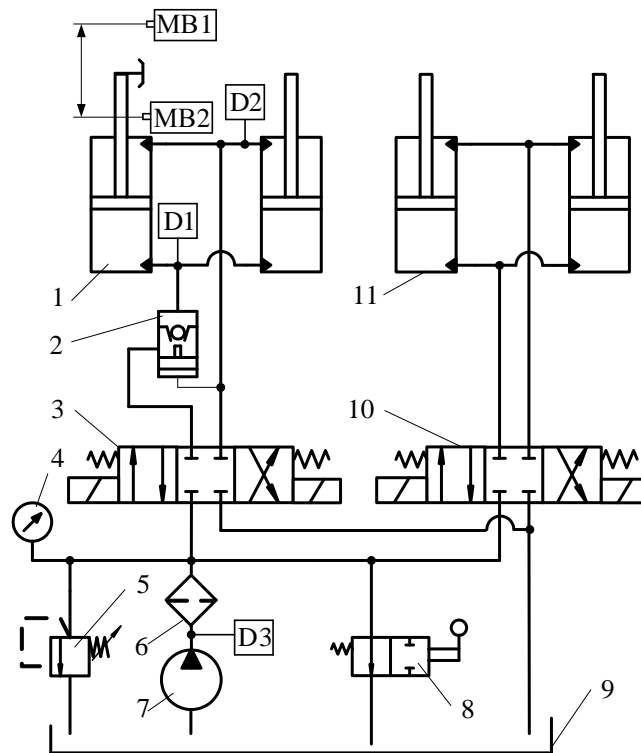


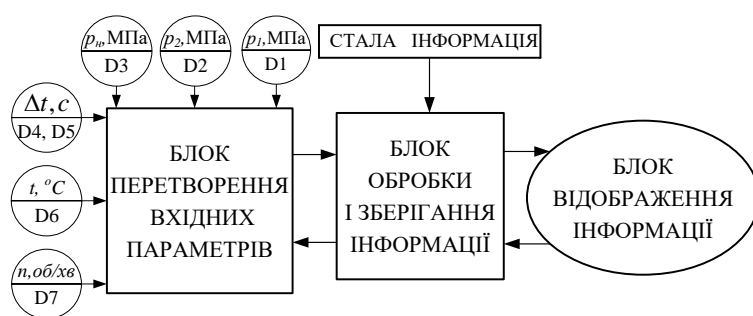
Рисунок 3.3 – Гідравлічна схема управління рухом робочого обладнання екскаватора-стенда

Стрілою екскаватора-стенда управляють гідроциліндри 1 при поданні рідини насосом 7 із масляного резервуара 9. На ділянці від насоса 7 до гідроциліндрів 1 послідовно встановлені фільтр 6, гідророзподільник 3 і гідрозамок 2. Управління центральною вставкою і рукояткою забезпечують гідроциліндри 11 і гідророзподільник 10. Розвантаження насоса за відсутності напруги на електромагнітах гідророзподільників 3 і 10 забезпечено гідророзподільником 8 з ручним управлінням. Захист гідросистеми при зростанні тиску вище номінальної величини

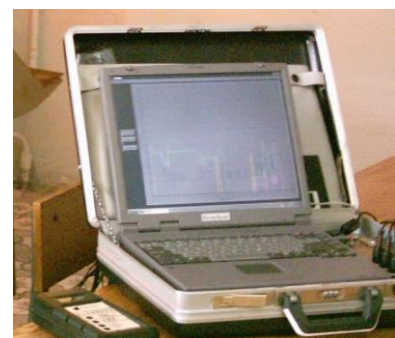
забезпечений запобіжним клапаном 5. Контроль тиску в гідросистемі здійснює манометр 4.

Частина гідросистеми, що складається з гідроциліндрів 1 управління стрілою екскаватора-стенда, гідророзподільника 3 і насоса 7, є найбільш навантаженою, і на підставі цього вона прийнята як об'єкт дослідження з визначення загального ККД гідросистеми. Інші ділянки гідросистеми з силовими гідроциліндрами, які значно менше навантажені, не підключали до насосної установки. Місця підключення датчиків тиску в різних точках гідросистеми показані на гідравлічній схемі рисунка 3.4 і мають позначення D1, D2 і D3.

Структурна схема і загальний вигляд макетного зразка діагностичного комплексу наведені на рисунку 3.4, а, б.



а)



б)

Рисунок 3.4 – Структура і загальний вигляд діагностичного комплексу для визначення загального ККД гідросистеми екскаватора-стенда

Діагностичний комплекс забезпечує реєстрацію одночасно восьми параметрів від датчиків, що адаптовані до роботи з ним, із похибкою, яка не перевищує 1 %.

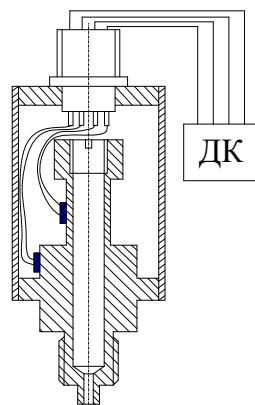
3.5 Результати експериментальних досліджень

Температуру рідини в масляному резервуарі на момент проведення експериментів приймають сталою і визначають датчиком температури.

У гідросистемі екскаватора-стенда використовували насос типу Г12-32АМ з паспортними даними:

- об'єм робочої камери насоса – $16 \text{ см}^3/\text{об}$;
- частота обертів вала насоса, об/хв: 960 – номінальна, 1500 – максимальна, 600 – мінімальна;
- тиск на виході насоса, МПа: 6,3 – номінальний, 7 – максимальний;
- ККД за номінального режиму роботи насоса: 0,83 – об'ємний, 0,7 – загальний.

Конструктивне виконання датчиків тиску з підключення до діагностичного комплексу наведено на рисунку 3.5, а, підключення датчиків тиску до порожнин силових гідроциліндрів – на рисунку 3.5, б.



а)



б)

Рисунок 3.5 – Конструктивне виконання датчиків тиску та їх підключення до гідросистеми екскаватора-стенда

Для вимірювання проміжку часу при проходженні штоком гідроциліндра фіксованої відстані, а отже, визначення фактичної швидкості переміщення штоків силових гідроциліндрів управління

стрілою екскаватора-стенда розроблений механічний пристрій, що забезпечує ввімкнення мікровимикачів, розміщених на заданій відстані один від одного. Конструктивне виконання механічного пристрою для ввімкнення мікровимикачів і підключення їх до діагностичного комплексу наведено на рисунку 3.6, а. Фіксація механічного пристрою до одного з гідроциліндрів управління робочим обладнанням екскаватора-стенда зображена на рисунку 3.6, б.

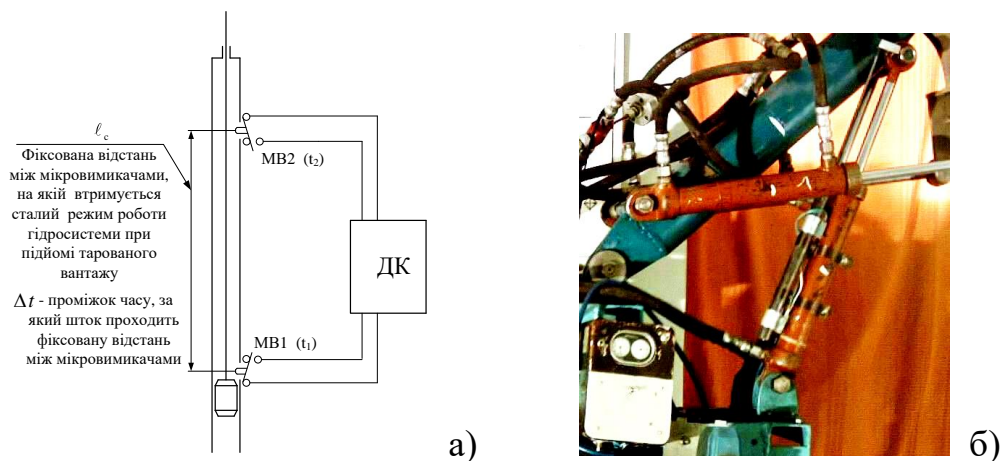


Рисунок 3.6 – Пристрій для визначення проміжку часу при проходженні штоком гідроциліндра фіксованої відстані

Готовність діагностичного комплексу до проведення експериментальних досліджень визначають за допомогою тест-програми після підключення всіх датчиків до гідросистеми екскаватора-стенда і одночасно до діагностичного комплексу. Навантаження гідросистеми забезпечено за рахунок використання тарованого вантажу. Розроблені й інші засоби навантаження гідросистеми екскаватора-стенда за допомогою тарованого гідроциліндра та використання тарованого дроселя з установленням його на вході в робочу порожнину гідроциліндра.

Діагностичний комплекс забезпечує відповідно до наведених залежностей (3.1)-(3.5) вимірювання тиску в гідросистемі екскаватора-стенда в трьох точках, тобто на виході насоса, вході і виході силового

гідроциліндра. Також вимірюють проміжок часу, витрачений на проходження штоком фіксованої величини і визначений діагностичним комплексом як різниця часу між послідовним ввімкненням обох мікрровимикачів. Завдяки цьому за формулою (3.2) визначають фактичну швидкість переміщення штоків гідроциліндрів за сталого режиму роботи гідросистеми. Теоретичну швидкість переміщення штока розраховують за залежністю (3.3). Реєстрацію діагностичним комплексом параметрів гідросистеми малогабаритного екскаватора-стенда при визначенні загального ККД гідросистеми наведено на рисунку 3.7.



Рисунок 3.7 – Діагностування стану гідросистеми екскаватора-стенда за величиною загального ККД при застосуванні вимірювального комплексу

Діагностичний комплекс забезпечує отримання результатів у вигляді осцилограм зміни тиску в різних точках гідросистеми з відмітками ввімкнення і вимикання мікрровимикачів, які мають вигляд двох рівнобедрених трапецій (рисунок 3.8).

Сталі величини, використовувані в залежностях (3.1)-(3.5), є складовою розробленого програмного забезпечення, завдяки якому діагностичним комплексом визначають величину загального ККД гідросистеми ЛЕ. Результати з визначення загального ККД гідросистеми малогабаритного екскаватора-стенда наведені на рисунку 3.8.

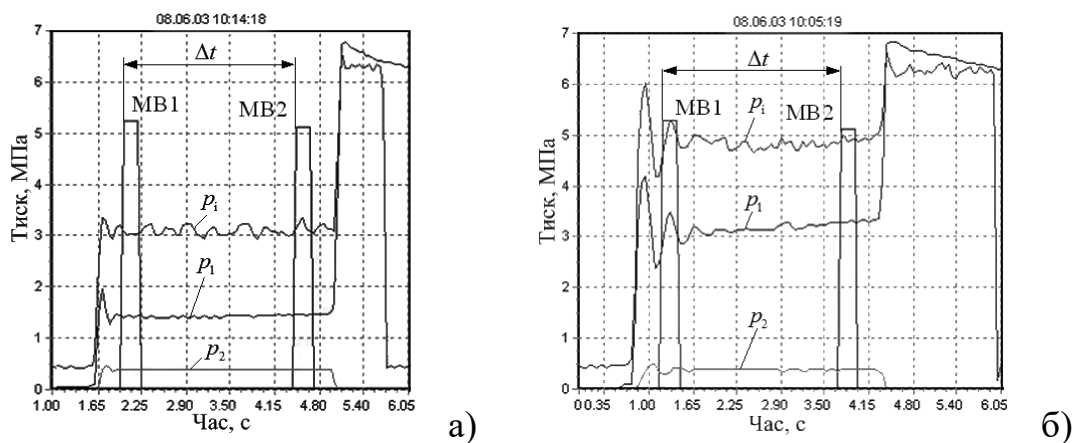


Рисунок 3.8 – Загальний вигляд осцилограми дії тиску в гідросистемі екскаватора-стенда за різних навантажень його робочого обладнання

На рисунку 3.9, а зображена осцилограма результатів досліджень за відсутності вантажу в ковші екскаватора-стенда. За такого навантаження загальний ККД гідросистеми екскаватора-стенда складає 0,22 (рисунок 3.9, а). За наявності в ковші вантажу масою 91 кг загальний ККД гідросистеми збільшується і складає величину 0,34 (рисунок 3.9, б).

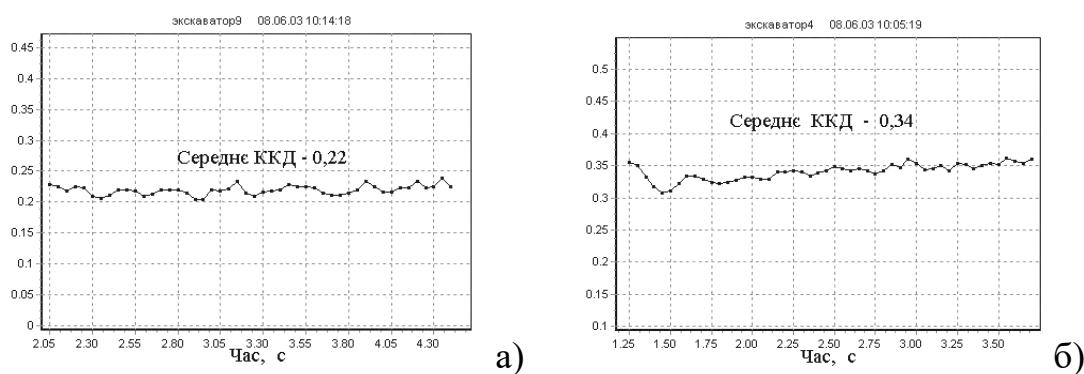


Рисунок 3.9 – Графіки зміни загального ККД в гідросистемі екскаватора-стенда залежно від рівня навантаження його робочого обладнання

Наведені результати досліджень дають змогу визначати рівень загального ККД гідросистеми малогабаритного екскаватора-стенда за різних навантажень ковша. За умови номінального навантаження гідросистеми екскаватора-стенда і з визначенням величини загального

ККД порівняно з початковим загальним ККД гідросистеми, встановленим при завершенні виробництва, можна визначити рівень зниження загального ККД гідросистеми. Встановлення гранично допустимого рівня зниження загального ККД гідросистеми дасть змогу визначити ефективність подальшого використання екскаватора-стенда чи необхідність ремонту для підвищення загального ККД гідросистеми.

ВИСНОВКИ

Розроблений діагностичний комплекс можна застосувати для визначення загального ККД гідросистеми на стадії завершення виробництва та в умовах експлуатації.

Встановлені результати з визначення загального ККД гідросистеми малогабаритного екскаватора-стенда свідчать, що зі збільшенням навантаження ковша зростає величина загального ККД гідросистеми. Із цього випливає висновок, що для визначення фактичного стану гідросистеми необхідно дотримуватися номінального рівня навантаження робочого обладнання та забезпечити в гідросистемі фіксованими такі параметри: температуру (в'язкість) рідини і частоту обертів вала насоса.

Значення загального ККД гідросистеми, встановлене на стадії завершення виробництва гідросистем мобільних машин і за умови дотримання прийнятих вище параметрів, необхідно зафіксувати як початкове значення. Стан гідросистеми в експлуатаційних умовах необхідно контролювати діагностичним комплексом з дотриманням зовнішніх параметрів відповідно до тих, які забезпечили визначення початкового значення загального ККД гідросистеми в умовах завершення виробництва.

Визначення науково обґрунтованого граничного допустимого рівня зниження загального ККД гідросистеми мобільної машини забезпечать зменшення витрат на експлуатацію машин за рахунок своєчасної зупинки для відновлення працездатності гідросистеми.

Науково-практичні завдання

1 Які засоби діагностики використовують для визначення стану гідросистеми стенда?

2 У яких точках гідросистеми монтують датчики тиску рідини для визначення стану стенда?

3 Навести умови дотримання, які необхідно забезпечити для визначення стану гідросистеми екскаватора-стенда.

4 Вказати будову датчика тиску рідини, що використовують при діагностуванні гідросистеми стенда.

5 Будова датчика для визначення шляху переміщення штока гідроциліндрів піднімання стріли екскаватора-стенда, його фактична швидкість руху.

6 За якими параметрами визначають теоретичну швидкість руху штоків гідроциліндрів піднімання стріли екскаватора-стенда?

7 Основні складові структури екскаватора-стенда як діагностичної системи.

8 Перелічити фактори за наведеними осцилограмами процесу реєстрації характеру їх зміни за результатами діагностування стану гідросистеми екскаватора-стенда. Які фактори слід додатково враховувати для діагностування?

9 Визначити найбільш впливові фактори для оцінювання стану гідросистеми екскаватора-стенда.

10 Скласти алгоритм діагностування гідросистеми екскаватора-стенда на підставі використаних теоретичних залежностей.

11 Який параметр характеризує загальний стан гідросистеми екскаватора-стенда?

12 Якими параметрами можна характеризувати стан насоса, гідророзподільника, гідроциліндрів, трубопроводів, запобіжного клапана, зворотного керованого клапана? Які засоби діагностування слід використовувати?

13 З чого слід розпочати діагностування гідросистеми екскаватора-стенда з визначення загального стану? Обґрунтувати висновок.

14 Визначити тривалість діагностування стану гідросистеми в процесі піднімання стрілового обладнання екскаватора-стенда.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Ремарчук М. П. Проектування мобільних гідрофікованих кранів з телескопічною стрілою: навч. посіб. Ч. 1. Розрахунок механізмів, стійкість, прилади безпеки. Харків: УкрДУЗТ, 2018. 181 с.

2 Ремарчук М. П., Кебко О. В., Галицький О. О., Рассоха В. П. Визначення стану кранових механізмів для підйому вантажу за даними їх технічних параметрів. *Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст»*. Серія «Технічні науки та архітектура», ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. Харків, 2022. № 6, Вип. 173. С. 9-15.

3 Визначення стану кранових механізмів підйому вантажу в умовах експлуатації за результатами їх діагностування / М. П. Ремарчук, Я. В. Чмуж, Є. Ф. Орел та ін. *Матеріали International scientific integration 2023, «Organization of scientific research in modern conditions 2023»*. No 17 on March 11, 2023 (USA). P. 3-8.

4 Методика визначення якості та економії палива в процесі роботи мобільних кранів / М. П. Ремарчук, Я. В. Чмуж, О. О. Галицький та ін. *III Міжнар. наук.-практ. конф. «Perspectives of contemporary science: theory and practice» HBK «Sci conf.com.ua» 28-30 квітня 2024 р. Львів, 2024.* С. 484-490.

5 Показники ефективності роботи будівельно-монтажних машин на основі оцінки їх внутрішнього стану / М. П. Ремарчук, Я. В. Чмуж, О. О. Галицький та ін. *Збірник наукових праць III-ї Міжнар. наук.-практ. конференції «Транспорт: наука та практика», 16 травня 2024 р. Київ; Одеса, 2024.* С. 280-285.

6 Проблеми і перспективи розвитку системи технічного діагностування землерийних і вантажопідйомних машин / М. П. Ремарчук, Я. В. Чмуж, О. О. Галицький та ін. *Ways of Science Development in Modern Crisis Conditions: Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Internet Conference, June 8-9, 2023. Dnipro, Ukraine. Дніпро, 2024.* Р. 365-368.

7 Ремарчук М. П., Галицький О. О. Удосконалення механізму підйому вантажу в структурі гідрофікованих стрілових мобільних кранів. *The 10th International scientific and practical conference «Current challenges of science and education» MDPC Publishing, June 3-5, 2024, Berlin, Germany.* 2024. Р. 213-219.

8 Спосіб визначення загального коефіцієнта корисної дії гідроприводу мобільних машин: пат. 74044 Україна, МКВ G01 L 3/26. № 2003087896; заявл. 21.08.2003; опубл. 17.10.2005, Бюл. № 10. 12 с.

9 Ремарчук М. П., Федоренко І. М. Розробка і використання діагностичного комплексу для визначення стану гідросистем мобільних машин в умовах експлуатації. *Східно-Європейський журнал передових технологій.* Харків: Технологічний центр, 2005. № 4/2 (16). С. 64-68.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання практичних занять і самостійних робіт

із дисципліни
«ОСНОВИ ДІАГНОСТИКИ МАШИН»

Частина 2
ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ ГІДРОПРИВОДУ
МОБІЛЬНИХ СТРІЛОВИХ КРАНІВ

Відповідальний за випуск Ремарчук М. П.

Редактор Ібрагімова Н. В.

Підписано до друку 02.09.2024 р.
Умовн. друк. арк. 2,75. Тираж . Замовлення № .
Видавець та виготовлювач Український державний університет залізничного
транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха,7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.