

УДК 621.873

DETERMINATION OF THE CONDITION OF CRANE MECHANISMS FOR LIFTING LOADS UNDER THE CONDITIONS OF OPERATION ACCORDING TO THE RESULTS OF THEIR DIAGNOSTICS**ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ КРАНОВИХ МЕХАНІЗМІВ ПІДЙОМУ ВАНТАЖУ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ЇХ ДІАГНОСТУВАННЯ****Remarchuk M.P. / Ремарчук М.П.***D.Sc. (Tech), Professor / д.т.н., проф.*

ORCID: 0000-0002-4003-5107

Chmuzh Y.V. / Чмуж Я.В.*PhD (Tech.) / к.т.н.*

ORCID: 0000-0003-1680-0021

Orel Y.F. / Орел Є.Ф.*PhD (Tech.), Associate Professor. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-6261-1558

Halytskyi O.O. / Галицький О.О.*postgraduate student / аспірант*

ORCID: 0000-0002-9352-1352

Kebko O.V. / Кебко О.В.*assistant / асистент*

ORCID: 0000-0002-6292-1505

*Ukrainian State University of Railway Transport,**Kharkiv, Feuerbach Square 7, 61050**Український державний університет залізничного транспорту,**Харків, майдан Фейєрбаха, 7, 61050***Kutsenko O.M. / Куценко О.М.***assistant / викладач*

ORCID: 0000-0001-7179-6083

*Kharkiv Automobile-and-Road Applied College,**Kharkiv, str. Kotelnikovska, 3, 61201**Харківський автомобільно-дорожній фаховий коледж,**Харків, вул. Котельниківська, 3, 61201*

Анотація. Запропонована методика діагностування стану кранових механізмів підйому вантажу в цілому і стану його трьох основних складових в умовах експлуатації шляхом реєстрації вхідних і вихідних параметрів з перетворенням їх в параметри потужності. Завдяки яким, на основі застосування теорії системного аналізу, визначається їх стан за величиною загального коефіцієнта корисної дії.

Ключові слова: кран, вантаж, потужність, паливо, діагностика механізму.

Abstract. The proposed method of diagnosing the state of crane mechanisms for lifting cargo as a whole and the state of its three main components in operating conditions by registering input and output parameters with their conversion into power parameters. Thanks to which, on the basis of the application of the theory of system analysis, their condition is determined by the value of the overall efficiency ratio.

Keywords: crane, cargo, power, fuel, mechanism diagnostics.

Вступ.

Сучасні вантажопідйомні механізми (ВПМ) входять в структуру мобільних гідрофікованих кранів (МГК). Зокрема, МГК забезпечують спорудження різноманітних цивільних споруд та виконання вантажно-розвантажувальних

робіт при побудові залізничних і автомобільних доріг. У відповідності до умов експлуатації МГК виникають питання про їх стан за величиною коефіцієнта корисної дії (ККД) і витрат палива двигуном внутрішнього згоряння (ДВЗ) при виконанні вказаних вище робіт. На підставі досліджень [1] стан ВПМ за величиною загального ККД встановлюється при проектуванні і підтверджується на стадії завершення виробництва МГК за результатами яких формуються їх довідкові технічні параметри. До номенклатури [2] різноманітних МГК, зокрема, відносяться крани на спеціальному шасі, пневмоколісні і автомобільні крани. До найбільш розповсюдженими МГК відносяться стрілові гідрофіковані автомобільні крани [2, стор. 199-200]. Їх основні довідкові параметри представлено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Основні параметри ВПМ автомобільних кранів

Марка крана	Марка ДВЗ	Потужність двигуна, $N_{двзj}$, кВт	Витрати палива, $Q_{дв}$, г/кВт год.	Маса вантажу, Q_j , т	Швидкість підйому вантажу, \mathcal{G} , м/с
КС-2571А	Д-245	77	224	6,3	0,216
МКАС-10	ЯМЗ-М206А	103	258	10	0,216
КС-3577	ЯМЗ-М206А	103	258	12,5	0,141
КС-4573	ЯМЗ-238Г	118	227	16	0,141

Джерело: [1]

За даними таблиці 1, згідно досліджень [1] і враховуючи теплотворну здатність дизельного палива, яка складає 42700 кДж/кг, визначений стан ВПМ автомобільних кранів. Стан їх, що визначений за величиною загального ККД, який позначено як η_j , характеризується результатами, які наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 - Стан ВПМ за величиною загального ККД

Марка крана	Витрати палива ДВЗ, $G_{пj}$, кг/год.	Потужність, підведена, $N_{пj}$, кВт	Потужність корисна, $N_{корj}$, кВт	Загальний ККД крана, η_j
КС-2571А	16,9875	201,490	13,349	0,0662
МКАС-10	26,1727	310,437	21,189	0,0682
КС-3577	26,1727	310,437	17,290	0,0556
КС-4571	26,3815	312,913	22,131	0,0707

Джерело: [1]

Із аналізу таблиці 2 витікає, що стан у ВПМ кранів в цілому, який встановлено за величиною загального ККД η_j на підставі використання відомих довідкових даних, їх результати суттєво не відрізняються між собою.

Із практики експлуатації ВПМ кранів відомо, що величина їх загального ККД знижується, а витрати палива зростають. На сьогодні методика визначення стану ВПМ за величиною загального ККД та встановлення рівня втрат палива $G_{пj}$ в умовах експлуатації як для автомобільних, так і інших типів кранів на

основі їх діагностування не створена. На підставі наведеного дослідження за напрямком визначення стану ВПМ і його складових при виконанні технічних обслуговувань в процесі експлуатації кранів, являються актуальними.

Основний текст.

У загальному вигляді ВПМ сучасного МГК представляє собою досить складний штучно створений технічний об'єкт, дослідження якого потребують особливого підходу. На стан МГК і його механізми впливають ряд факторів, до яких відноситься величина вантажопідйомності крану, швидкості підйому вантажу, тривалість складових робочого циклу, рівень навантаження ДВЗ та кваліфікація оператора. Оператор МГК при управлінні ВПМ приймається високо кваліфікованим, який своєчасно і якісно виконує свої обов'язки з обслуговування крану і, як припущення, не впливає на стан і продуктивність МГК. Застосування [3] теорії системного аналізу забезпечує спрощення ВПМ крана до рівня функціонально завершених складових, які здатні забезпечити передачу і перетворення енергії її із одного виду в інший при виконанні роботи при підйомі і опусканні вантажу. Для такого ВПМ крана його структурна схема представлена на рис. 1. Причому, на рис. 1 ВПМ крана в цілому виділено штрих пунктирною лінією, а його три складові – штриховою лініями.

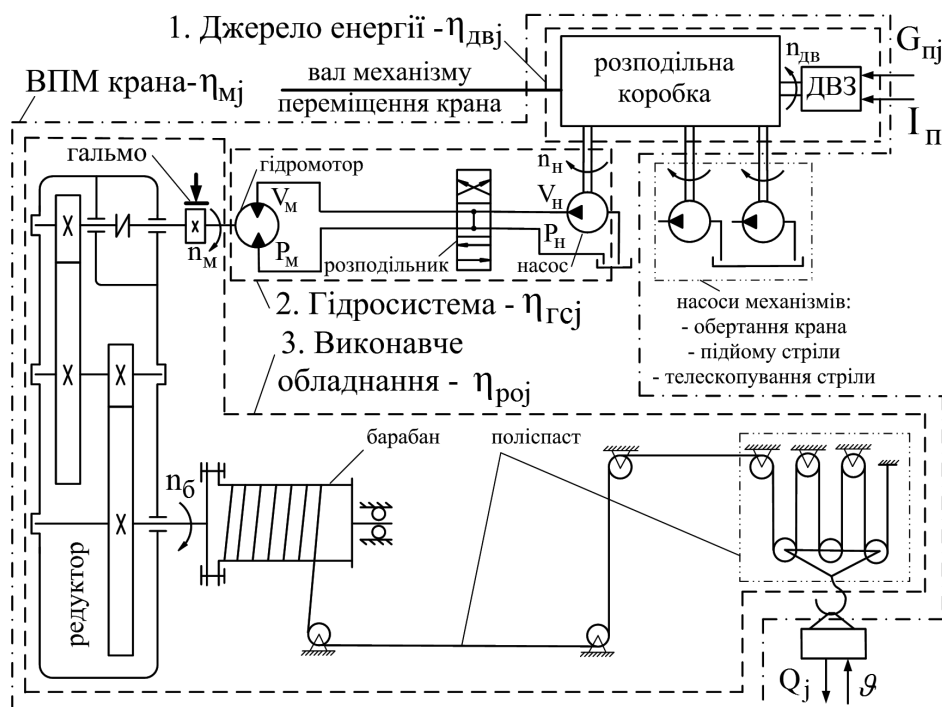


Рисунок 1 - Спрощена структурна схема ВПМ автомобільного крану

Авторська розробка

На даному рисунку цифрою 1 позначено складову у вигляді джерела енергії, що складається із ДВЗ і розподільної коробки. Цифрою 2 – складову у вигляді гідравлічної системи, яка складається із насоса, розподільника, гідромотора і інших елементів. Цифрою 3 – виконавче обладнання, в структуру якого входить редуктор, барабан, гальмо і поліспаст. При діагностуванні МГК в умовах експлуатації стан кожного із названих складових ВПМ та стан ВПМ в

цілому визначаються показниками за величиною загального ККД зі своїми позначенням. Зокрема, складові ВПМ та механізм в цілому за величиною загального ККД (див. рис. 1) позначаються наступним чином, так для: – джерела енергії, у вигляді $\eta_{двj}$; – гідравлічної системи, у вигляді $\eta_{гсj}$; – виконавчого обладнання, у вигляді η_{poj} ; – ВПМ крана в цілому, у вигляді η_{mj} . При розгляді на системному рівні ВПМ крана в цілому (див. рис. 1), вхідними параметрами являються витрати палива $G_{пj}$ і його теплотворна здатність $I_{п}$, а вихідними параметрами являються вантажопідйомність механізму Q_j і швидкість підйому цього вантажу \mathcal{Q} . Вхідними і вихідними параметрами для кожного із трьох складових ВПМ являються наступні параметри. Так, для складової у вигляді джерела енергії вхідними параметрами являються ті ж параметри, що і для ВПМ крана в цілому (див. рис. 1), а вихідними параметрами являються: – тиск рідини P_n на виході насоса; – частота n_n обертів вала насоса – об'єм V_n робочої камери насоса. Для складової у вигляді гідравлічної системи ВПМ її вхідними параметрами являються вище вказані вихідні параметри для джерела енергії, а вихідними параметрами являються: – тиск рідини P_m на вході мотора; – об'єм V_m робочої камери мотора; – частота n_m обертів вала мотора. Для складової у вигляді виконавчого обладнання його вхідними параметрами являються вище вказані вихідні параметри для гідравлічної системи, а вихідними параметрами являються ті ж параметри, що відносяться до вихідних параметрів ВПМ крана в цілому.

За результатами вимірювання вхідних і вихідних параметрів для ВПМ крана в цілому на основі застосування датчиків, відповідних за призначенням, і засобів комп'ютерної реєстрації забезпечується процес перетворення їх в інформацію у вигляді величини загального ККД, позначеної як η_{mj} . Величина загального ККД крана в цілому визначається за формулою

$$\eta_{mj} = (Q_j \cdot g \cdot \mathcal{Q}) / (G_{пj} \cdot I_{п}). \quad (1)$$

При умові якщо величини загального ККД для ВПМ крана в цілому η_j і η_{mj} стосуються одного і того ж крану, то відмінність між отриманими результатами виражається в тому, що перший результат визначено на підставі знання довідкових параметрів (див. табл. 2), а другий – встановлено за результатами діагностування механізму крана в умовах експлуатації. Різниця між величинами цих ККД може бути як позитивною, так і від'ємною. На даний результат впливає множина факторів і для встановлення ступеня їх впливу потребується проведення додаткових досліджень.

Для ВПМ крана, що вперше введений в експлуатацію після його обкатки, встановлена величина загального ККД за результатами його діагностування, яка позначена як η_{mj} , то це значення можна прийняти в якості початкового. При умові напрацювання МГК в умовах експлуатації і проведення знову діагностування, то за його результатами визначається нова величина загального ККД ВПМ крана, яка позначається як η_{mkj} . Причому, ця величина ККД

змінюється в сторону його зниження із-за дії загальновідомих факторів. Різниця між значеннями цих ККД складатиме величину, яка визначатиметься як

$$\Delta\eta_j = \eta_{mj} - \eta_{mkj}. \quad (2)$$

Тоді, втрати $\Delta G_{пкј}$ палива для даного ВПМ крана складатимуть величину

$$\Delta G_{пкј} = (Q_j \cdot g \cdot \mathcal{G}) / (\Delta\eta_j \cdot I_{п}). \quad (3)$$

Загальні витрати $G_{пзј}$ палива для даного ВПМ крана в процесі роботи зростуть і складатимуть величину, яка розраховується за формулою

$$G_{пзј} = G_{пј} + \Delta G_{пкј}. \quad (4)$$

Визначення гранично допустимого росту витрат палива для даного ВПМ крана відносно величини $G_{пзј}$, яка встановлена згідно (4), потребує проведення додаткових досліджень. Припускаючи, що граничне значення росту витрат палива і зниження загального ККД ВПМ крана, являються відомими, то це призводить до прийняття одного з рішень із двох варіантів. Так, якщо величина загального ККД ВПМ крана в цілому не опускається нижче гранично допустимого зниження, а витрати палива теж не перевищують граничне значення, то в цьому випадку виконується пошук причин, які визивають таке зниження загального ККД в структурі кожного із трьох складових ВПМ крана (див. рис. 1), це перший варіант рішення. Якщо величина загального ККД ВПМ і всіх його складових мають значення нижче гранично допустимого, то тоді приймається другий варіант рішення, яке зводиться до утилізації всього ВПМ крана. На основі системного аналізу стан кожної із трьох складових в структурі ВПМ крана (див. рис. 1) за величиною загального ККД $\eta_{двј}$, $\eta_{гсј}$ та $\eta_{рој}$ можна визначити на основі вимірювання вхідних і вихідних параметрів та завдяки застосуванню комп'ютерної реєстрації результатів діагностики складових механізму крана. Величини загального ККД для кожної із складових ВПМ крана, зокрема, $\eta_{двј}$, $\eta_{гсј}$ та $\eta_{рој}$ розраховуються за наступними формулами:

$$\eta_{двј} = (P_{н} \cdot V_{н} \cdot n_{н}) / (G_{пј} \cdot I_{п}); \quad (5)$$

$$\eta_{гсј} = (P_{м} \cdot V_{м} \cdot n_{м}) / (P_{н} \cdot V_{н} \cdot n_{н}); \quad (6)$$

$$\eta_{рој} = (Q_j \cdot g \cdot \mathcal{G}) / (P_{м} \cdot V_{м} \cdot n_{м}). \quad (7)$$

Знання стану всіх трьох складових механізму крана згідно залежностей (5), (6) і (7), то на цій основі, становиться можливим визначити загальний ККД ВПМ крана в цілому. Визначення цієї величини загального ККД крана, з позначення $\eta_{мкзј}$, з врахуванням послідовного з'єднання всіх трьох його складових (див. рис. 1), забезпечується на основі використання залежності

$$\eta_{мкзј} = \eta_{двј} \cdot \eta_{гсј} \cdot \eta_{рој}. \quad (8)$$

Причому, встановлення величин загального ККД за результатами діагностування всіх трьох складових ВПМ крана $\eta_{двј}$, $\eta_{гсј}$ і $\eta_{рој}$, в алгоритмі якого використовуються залежності (5), (6) і (7) і для крана в цілому $\eta_{мкзј}$ згідно залежності (8) та враховуючи діагностування за величиною загального

ККД у вигляді позначення як η_{mkj} на підставі залежності (1) рекомендується процес їх діагностування виконувати одночасно. Тоді, при забезпеченні цієї умови в процесі діагностування ВПМ крана і якісному вимірюванні та реєстрації всіх величин загального ККД крана в цілому можна записати

$$|\eta_{mkj} - \eta_{mkzj}| \approx 0 \quad (9)$$

Отримання такого результату, згідно (9), близьким до нуля, свідчить про дотримання всіх вимог при проведенні процесу діагностування ВПМ крана.

На сучасному рівні розвитку техніки в напрямку удосконалення технології діагностування такий підхід дозволяє реалізувати запропоновану методику діагностування для оцінки стану в умовах експлуатації ВПМ автомобільних кранів і інших кранів за конструктивними відмінностями. Дана методика діагностування ВПМ МГК пропонується при умові забезпечення розробки технічних засобів у вигляді різноманітних датчиків узгоджених для вимірювання і реєстрації досліджуваних параметрів за спеціально створеною комп'ютерної технікою здатною перетворювати отримані результати в числові значення, які відображають фактичний стан ВПМ крана в цілому і стан кожного із трьох складових цього ж механізму. Для встановлення відмови любого із елементів в структурі трьох складових ВПМ крана слід додатково провести дослідження.

Висновки.

Запропонована методика діагностування механізму підйому вантажу крана дозволяє визначати його стан від стадії проходження процесу обкатки на підприємстві до стадії утилізації механізму крана. Діагностування стану механізму крана в цілому і трьох його основних складових забезпечується на підставі використання сучасних засобів вимірювання і комп'ютерної реєстрації фізичних параметрів на їх вході і виході з перетворенням даних параметрів в потужності та величини загального ККД. Для визначення критичного стану за величиною загального ККД і витрат палива потребується проведення додаткових досліджень і на основі знання критичного стану становиться можливим прийняття рішення з умови утилізації ВПМ крана.

Список використаних джерел:

1. 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»*. Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова. Харків, 2022. №6. Вип. 173. С. 9–15.
2. Строительные машины: Справочник: В 2 т. Т. 1: Машины для строительства промышленных, гражданских сооружений и дорог / А.В. Раннев, В.Ф. Корелин, А.В. Жаворонков и др.; Под общ. ред. Э.Н. Кузина. – 5-е изд. перераб. М.: Машиностроение, 1991. 496 с.
3. Ладанюк А.П. Основи системного аналізу: навч. посібник. Вінниця: Нова книга, 2004. 176 с.