

*М.П. Ремарчук, к.т.н., доц., Л.В. Назаров д.т.н., проф.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
І.М. Федоренко, наук. співробітник НТУ «ХПІ»*

ОЦІНКА СТАНУ СИСТЕМИ «ОПЕРАТОР – БУДІВЕЛЬНО-ДОРОЖНЯ МАШИНА – РОБОЧЕ СЕРЕДОВИЩЕ»

У статті розглядається проблема визначення стану складної системи «оператор – будівельно-дорожня машина – робоче середовище» в процесі функціонування її в цілому і як самостійних елементів системи.

Ключові слова: оператор, будівельно-дорожня машина, робоче середовище, імітаційна модель.

В статье рассматривается проблема определения состояния сложной системы «оператор – строительно-дорожная машина – рабочая среда» в процессе функционирования ее в целом и как самостоятельных элементов системы.

Ключевые слова: оператор, строительно-дорожная машина, рабочая среда, имитационная модель.

The article examines of determination of the state of the complex system «operator – road-building machine – working environment» in the process of functioning of both the system as a whole and its individual elements.

Key words: operator, road-building machine, working environment, simulation model.

Постановка проблеми. На основі системного підходу [1] об'єкт складної системи «оператор – будівельно-дорожня машина – робоче середовище» назвемо скорочено ОМС. Система ОМС належить до складних «людино-машинних» систем, стан кожної з яких визначається за своїм критерієм не властивим критерію для системи в цілому. Розгляд впливу стану кожної зі складових системи на стан системи в цілому є досить складною задачею, вирішення якої ґрунтується на знаннях психології, медицини, технічних наук і найбільш вагомих результатів можливо досягти при сумісному їх використанні.

Аналіз останніх досліджень і виділення нерозв'язаних раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття. З позиції дослідження стану складових будівельно-дорожньої машини (БДМ) системи ОМС, структурна схема якої наведена на рис. 1, можна її розчленити на додаткові складові [1, 2], такі як двигун внутрішнього згорання (ДВЗ), силову передачу і робочий орган.

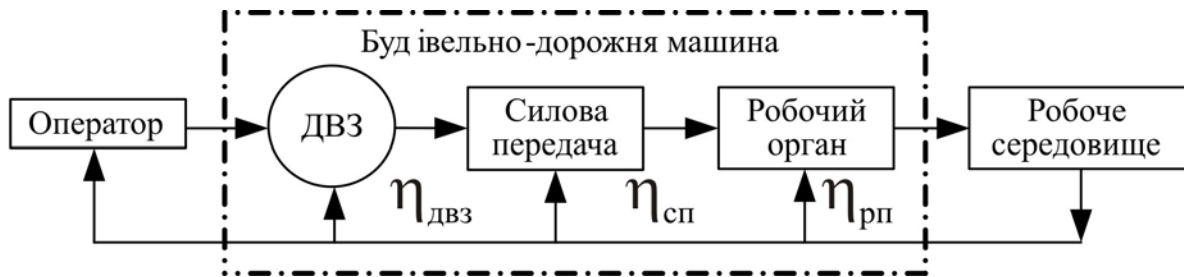


Рисунок 1 – Загальна структурна схема системи ОМС

Внутрішній стан системи ОМС, що впливає на експлуатаційну продуктивність БДМ і на витрати палива ДВЗ, характеризується цикловим ККД $\eta_{ц\text{ккд}}$, який складається (рис. 1) з $\eta_{\text{двз}}$ – ККД ДВЗ, $\eta_{\text{сп}}$ – ККД силової передачі та $\eta_{\text{рп}}$ – ККД робочого процесу і для послідовно з'єднаних елементів визначається як

$$\eta_{ц\text{ккд}} = \eta_{\text{двз}} \eta_{\text{сп}} \eta_{\text{рп}} = \eta_{\text{двз}} \eta_{\text{гс}} \eta_{\text{ро}} \eta_{\text{рп}} \eta_{\text{коп}} k_{\text{вч}}, \quad (1)$$

де $\eta_{\text{гс}}$, $\eta_{\text{ро}}$ – загальний ККД гідросистеми і важільної системи робочого обладнання, добуток яких являє собою $\eta_{\text{сп}}$ ККД силової передачі; $\eta_{\text{коп}}$, $k_{\text{вч}}$ – ККД процесу копання ґрунту і, відповідно, коефіцієнт рівня використання механізмів упродовж робочого циклу, який визначається через відношення тривалості роботи в часі основного механізму (копання, підйом вантажу) до загального часу роботи всіх механізмів, що використовувались упродовж робочого циклу БДМ, добуток наведених складових є ККД робочого процесу $\eta_{\text{рп}}$.

Якщо прийняти для (1) $\eta_{\text{двз}}$, $\eta_{\text{гс}}$, $k_{\text{вч}}$, $\eta_{\text{ро}}$, $\eta_{\text{коп}}$ рівень споживання енергії на внутрішні потреби за 100 %, то за цикл роботи, наприклад, для повноповоротного екскаватора, у відсотках для найбільш вагомих із них він складатиме для ДВЗ $\eta_{\text{двз}} = 24,37 \%$, гідросистеми – $\eta_{\text{гс}} = 30,87 \%$, а для використання в часі гідрофікованих механізмів екскаватора упродовж робочого циклу – $k_{\text{вч}} = 31,15 \%$. Загалом рівень споживання енергії на внутрішні потреби в робочому циклі екскаватора для найбільш значимих факторів становить більше від 85 %, а окремо гідросистемою екскаватора – більше від 60 %. Таким чином, гідросистему екскаватора і інших БДМ варто дослідити з точки зору визначення граничного зниження загального ККД гідросистеми в складі циклового ККД системи ОМС. Найбільш ефективною теоретичною базою для вивчення фізики цього процесу є імітаційне моделювання. Для створення імітаційних моделей використаний критерій, в основу якого покладений принцип систем автоматичного управління (або кібернетичних систем), який базується на відношенні продуктивності до витрат палива (вихід і вхід системи ОМС) з урахуванням зміння, як продуктивності, так і втрат палива, що визначаються через зниження циклового ККД при збільшенні часу

напрацювання даної системи. Рішенням для створених моделей є мінімальне значення вказаного вище критерію. Для імітаційної моделі $KPN_{i,j}$, входом якої є корисні витрати палива, а виходом – продуктивність системи ОМС, критерій у безрозмірному вигляді представляється як

$$KPN_{i,j} = \frac{\eta_{н,i,j}^2 + (2\eta_{н} - \eta_{н,i,j})(\eta_{н} - \eta_{н,i,j})}{2\eta_{н}^2 \eta_{н,i,j} - \eta_{н} \eta_{н,i,j}^2} \Rightarrow \min, \quad (2)$$

$\eta_{н}, \eta_{н,i,j}$ – початкове і поточне значення циклового ККД системи ОМС.

Не менш значимим чинником, що впливає на продуктивність і витрати палива, є стан оператора.

Формулювання цілей статті. Метою даної статті є розроблення методів та засобів визначення стану гідросистеми БДМ і визначення показників стану оператора, які впливають на експлуатаційну продуктивність і витрати палива системи ОМС. Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі завдання: розробити методи і засоби визначення стану «штучно створеного об'єкта» гідросистеми БДМ; визначити тести, що характеризують «природний» стан оператора складової системи ОМС; встановити повсякденні показники стану оператора, які дозволять визначити його працездатність на рівні, достатньому для управління БДМ.

Виклад основного матеріалу. Розташування засобів для вимірювання параметрів [3] і визначення стану гідросистеми БДМ показано на рис. 2.

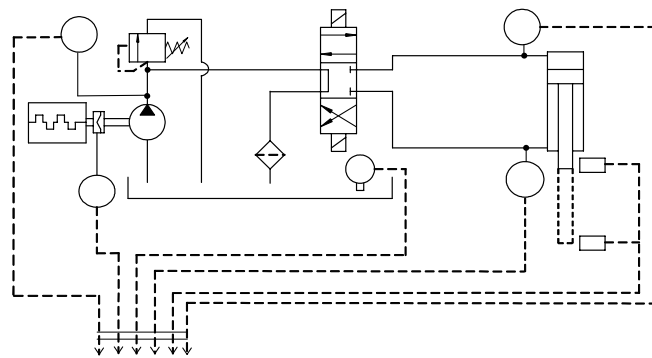


Рисунок 2 – Розміщення датчиків у гідросистемі БДМ:

n – частота обертів вала насоса; t – температура рідини; $p_{н}, p_1, p_2$ – тиск рідини на виході насоса і на вході та виході гідроциліндра відповідно

Рівняння, що дозволяє засобами вимірювання параметрів визначити загальний ККД гідросистеми БДМ в умовах експлуатації $\eta_{в}$, наприклад, для прямого ходу штока, має вигляд

$$\text{– прямой хід} \quad \eta_{в} = \frac{15 \pi (p_1 - p_2 (1 - \varepsilon^2)) D^2 s Z \eta_{гм.н}}{p_{н} t_{\phi} V k n (1 + k_{тц})}, \quad (3)$$

де ε – коефіцієнт відношення діаметра штока до діаметра поршня; s – фіксована відстань переміщення штока; D – діаметр поршня; Z – кількість паралельно працюючих гідроциліндрів; $\eta_{гм.н}$ – гідромеханічний ККД насоса; t_{ϕ} – час переміщення штока на фіксованій відстані; V_k – об'єм робочої камери насоса; $k_{тц}$ – втрати на тертя в ущільненнях і рухомих з'єднаннях гідроциліндра.

У поршневій порожнині гідроциліндра вимірюється тиск рідини p_1 при прямому напрямку руху штока, а в штоковій порожнині тиск рідини p_2 . Вимірювання часу t_{ϕ} при проходженні штоком гідроциліндра заданої відстані s у сталому режимі забезпечується вимикачами Кв1 і Кв2. Частота обертів вала насоса n вимірюється тахометром. Датчики підключаються до вторинного приладу, який може бути як стандартний комп'ютер, так і спрощене його виконання, що складається з мікропроцесора для оброблення і візуалізації результатів вимірювання контрольованих параметрів. На основі створеного експериментально-теоретичного методу і при використанні комп'ютерного комплексу отримані осцилограми зміни тиску в гідросистемі, одна з яких представлена на рис. 3, для неї визначений характер зміни загального ККД гідросистеми та його середнє значення, результати таких досліджень наведено на рис. 4.

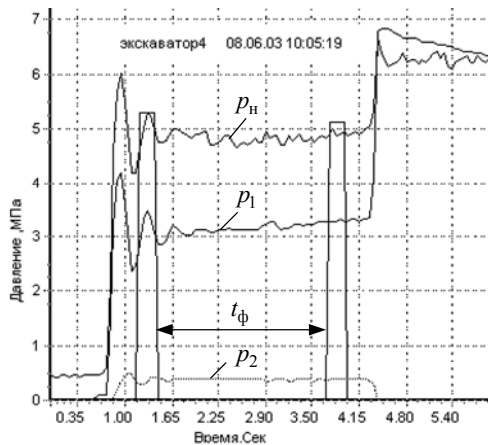


Рисунок 3 – Осцилограми тиску рідини в гідросистемі екскаватора-стенда

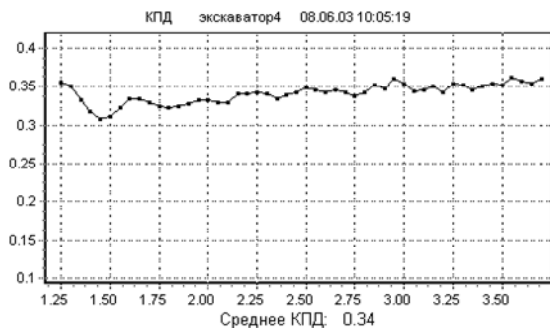


Рисунок 4 – Визначення загального ККД гідросистеми екскаватора-стенда

Експериментальні дослідження проводились в лабораторії гідроприводу ХНАДУ з використанням гідрофікованого екскаватора-стенда.

Оператор є одним із головних елементів системи ОМС, стан якого впливає на [4] продуктивність і рівень витрат палива. Рівень стану людини, який впливає на її працездатність, можна оцінити при виконанні відомих тестів шляхом визначення: – стану серцево-судинної системи (ССС), що включає в себе – ортостатичну пробу, Бельгійський тест при встановлені реакції ССС на наклони тулуба і пробу при ходьбі по сходам на 4-й

поверх; – гіпоксію, що встановлює стан організму при нестачі кисню; – рухомості тіла, яка встановлюється за рахунок виконання нахилу тіла з урахуванням пози і амплітуди; – вестибулярного апарату; – біологічних часів; – пульсу; – біологічного стану; – остеохондрозу; – обміну речовин; – наявності шлаків і неправильного харчування; – стану внутрішніх органів. Така кількість тестів потребує значних витрат часу на визначення працездатності кожного з операторів системи ОМС. Скороченим тестуванням стану операторів для допуску до управління БДМ є встановлення таких показників як: вага, ріст, артеріальний (систологічний) верхній і (дистологічний) нижній рівень тиску, температура тіла, пульс, аналіз симптомів, стан очей, язика, слуху, горла і носа. Для виконання даних тестів потрібні дослідники-лікарі, спеціальна апаратура та час на отримання інформації. Аналіз показує, що стан технічних (штучних) систем виконується за рахунок внутрішнього тестування, а стан операторів (природних) систем практично за рахунок зовнішнього тестування, що потребує подальшого їх удосконалення.

Висновки. На експлуатаційну продуктивність БДМ системи ОМС впливає значна кількість факторів, більшість із яких є вивченою. Стан оператора найбільшою мірою впливає на продуктивність роботи системи ОМС. Разом із тим, при вивченні впливу стану технічних складових системи станом оператора можна нехтувати на підставі того, що приймається умова, згідно з якою стан оператора в процесі роботи на серійній і на новій машині є незмінним.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ремарчук М.П. Вдосконалення методики визначення гранично допустимого рівня зниження загального ККД гідросистем мобільних машин / М.П. Ремарчук // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. – Х.: Технологический центр, 2005. – №6/2 (18). – С. 172–181.
2. Назаров Л.В. Робочий цикл будівельно-дорожніх машин з регульованим і нерегульованим насосами / Л.В. Назаров, М.П. Ремарчук // *Науковий вісник будівництва*. – Х.: ХДТУБА, 2008. – Вип. 48. – С. 128–135.
3. Пат. 74044 Україна, МКВ G 01 L 3/26. Спосіб визначення загального коефіцієнта корисної дії гідроприводу мобільних машин / М.П. Ремарчук, В.В. Нічке, О.І. Жинжера, А.Д. Серіков, В.В. Завертаній; заявник ХНАДУ. – № 2003087896; заявл. 21.08.03; опубл. 17.10.05, Бюл. № 10.
4. Кабанова Н.В. Методы тестирования состояния здоровья: учебное пособие / Н.В. Кабанова. – Х.: ХГОО «Фонд Истоки», 2008. – 13 с.