

М.П. Ремарчук, О.В. Кебко, О.О. Галицький

Український державний університет залізничного транспорту, Україна

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МАШИН ДЛЯ ЗЕМЛЯНИХ РОБІТ ЗА ДАНИМИ ЇХ ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

Машини для земляних робіт відрізняються між собою конструктивним виконанням та величиною продуктивності, які відображаються в їх технічних параметрах. Із масиву в кількості сорока трьох машин сформовано десять однойменних груп, в кожній із яких виявлено одну із них, яка за прийнятими показниками, по відношенню до інших, являється зразковою, тобто найбільш ефективною машиною. Цими показниками являються загальний коефіцієнт корисної дії і питомі витрати палива таких машин.

Ключові слова: машини для земляних робіт, потужність, паливо, коефіцієнт корисної дії.

Постановка проблеми

Продуктивність машини для земляних робіт (МЗР) залежить від тривалості складових робочого циклу за часом роботи та особливості використання цих машин за рівнем потужності та кваліфікації оператора [1]. Із структури їх робочого циклу головними складовими являються процеси різання (копання) і переміщення ґрунту по поверхні або транспортування його в просторі по заданій траєкторії. Для забезпечення енергією робочого обладнання МЗР застосовують [2] двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ), а сумісне перевантаження ДВЗ МЗР потребує вирішення проблеми зниження втрат палива ДВЗ [3, 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

До МЗР відносяться бульдозери, самохідні та прицепні скрепери, екскаватори одноковшеві, траншейні роторні і ланцюгові екскаватори та багато інших, наприклад, малогабаритні землерийні машини. Всі ці машини призначені для виконання значного об'єму земляних робіт при побудові автомобільних, залізничних доріг та інших земляних споруд.

Продуктивність МЗР, потужність ДВЗ та витрати ними палива являються головними параметрами, зокрема, при проектуванні, виготовленні та застосуванні машин в умовах експлуатації. Дослідження взаємозв'язку вказаних параметрів всебічно розглянуто в [1, 3 і 4].

Разом з тим, взаємозв'язок між продуктивністю МЗР і їх фактичним станом за величиною загального ККД з врахуванням їх різноманіття за призначенням і характером робочого процесу та відмінностям в конструктивному виконанні вони потребують проведення додаткових досліджень.

Мета статті

Визначення реального стану для відомих МЗР на підставі використання довідкових параметрів та забезпечення заданого стану таких машин на стадії їх проектування на основі застосування системного аналізу зі встановленням числових показників, яким властива об'єктивність, однозначність та точність їх визначення, являється метою даної статті.

Виклад основного матеріалу

Живлення всіх механізмів МЗР забезпечується, в основному, від одного ДВЗ в тому числі і для переміщення самої машини. У спрощеному схемному вигляді вона, представлена на рисунку 1.

Цифрами на рисунку 1 позначено складові: 1 – джерело енергії; 2 – силове обладнання; 3 – робоче обладнання; 4 – робочий процес; 5 – оператор. В системі МЗР оператор (машиніст), як припущення, приймається висококваліфікованим, стан якого не впливає на продуктивність машин.



Рис. 1. Спрощена схема узагальненої МЗР

Параметрами входу для узагальненої МЗР, як складної системи, згідно рисунку 1, являються витрати двигуном палива $G_{п}$ і теплотворна здатність $I_{п}$ цього палива.

Вихідними параметрами для всіх МЗР являються їх продуктивність P_{ej} та питоме зусилля різання (копання) ґрунту $K_{гр}$, яке залежить від категорії ґрунту. Ці параметри являються відомими і, як правило, наводяться в широко доступних наукових довідниках.

Об'єктом дослідження, виходячи із наведеного вище, є відомі машини, які забезпечують виконання властивих для них земляних робіт, починаючи з минулого століття. Техніко-економічні параметри різноманітних МЗР, які широко використовуються в умовах експлуатації для виконання земляних робіт, представлено в таблиці 1. До досліджуваних МЗР віднесено такі машини як: – екскаватори

одноковшеві, траншейні роторні і ланцюгові; – самохідні та прицепні скрепери; – бульдозери, – грейдери та грейдер-елеватори; – одноковшеві навантажувачі; – розпушувачі. Всі ці машини широко представлені в наукових джерел [5... 10].

Для вказаних вище МЗР при застосуванні системного аналізу необхідно визначити ряд техніко-економічних параметрів, таких як:

- тягач машини;
- потужність джерела енергії машини;
- питомі витрати палива для даного двигуна;
- категорія ґрунту;
- питомий опір різання (копання) ґрунту;
- середня експлуатаційна продуктивність МЗР.

Таблиця 1

Довідкові техніко-експлуатаційні параметри МЗР

Марка МЗР	Тягач машини, марка ДВЗ	Потужність ДВЗ $N_{двз}$, кВт (к.с.)	Питомі витрати палива $q_{дв}$, г/к.с.год.	Категорія ґрунту	Питомий опір розробки ґрунту $K_{гр}$, кПа	Середня експлуатаційна продуктивність P_{ej} , м ³ /год.
1	2	3	4	5	6	7
1. Одноковшові екскаватори зі зворотним ковшем [5, стор. 20-69]						
ЭО-2621В-2	МТЗ-80, Д-65	44 (60)	175	II	180	54x0,85=45,9*
ЭО-3322Д	Д-240	51,5 (70)	165			120x0,85=102*
ЭО-4321В	СМД-17Н	73,6 (100)	165			146x0,85=124,1*
ЭО-4125	А-01М	96 (130)	175			195x0,85=165,75*
2. Роторні екскаватори на гусеничному ході [6, стор. 86-87]						
ЭТР-134 (137)	ТТ-4, А-01МЛ	81 (110)	185	I	130	170x0,85= 144,5*
ЭТР-204А	Т-130МГ, Д-160	118 (160)	168			650x0,85=552,5*
ЭТР-253А	ДЭТ-250М, В-30В	228 (310)	165			1200x0,85=1020*
ЭТР-254А	ДЭТ-250М, В-30В	265 (360)	232			1200x0,85=1020*
3. Ланцюгові екскаватори на гусеничному ході [6, стор. 68-69]						
ЭТЦ-165А	МТЗ-82, Д-240	55 (75)	190	I	130	85x0,85=72,75*
ЭТЦ-252А	ТТ-4, А-01МЛ	81 (110)	183			220x0,85=187*
ЭТЦ-258В	Т-130МГ-1, Д-160	118 (140)	180	II	210	120x0,85= 102*
ЭТЦ-202Б	ЯМЗ-240БМ, Д-242	44 (60)	166	I	130	85x0,85=72,75*
4. Бульдозери тягового класу (30–350 кН), [7, стор. 8, 94-99]						
ДЗ-42	ДТ-75,	55,1 (75)	195	II	90	57,5
ДЗ-19	Т-100МГП	79,4 (108)	175			85,0
ДЗ-24С	Т-180Г	128,6 (175)	175			140,0
ДЗ-34С	ДЕТ-250	227,9 (310)	165			275,0
ДЗ-68	Т-500	367,6 (500)	175			350,0
5. Розпушувачі (40–250 кН) [7, стор. 8, 90-93]						
Т-4П	ДП-18, Д-723, АМ-41	66,17 (90)	185	IV	515	350/7,0=50**
Т-100МГП	ДП-5С, Д-515С Д-108	79,41 (108)	175			600/7,0=85,71**
Т-180КС	ДП-22С, Д-180	132,3 (180)	175			1100/7,0=157,14**
ДЭТ-250М	ДП-9С, Д-652АС В-31	227,9 (310)	165			1350/7,0=192,86**
Т-330	ДП-10С, 8ДВТ-330М	243 (330)	170			1600/7,0=228,57**
6. Самохідні скрепери, [8, стор. 437]						
ДЗ-35711	МОАЗ-546П ЯМЗ-238А	151 (205)	175	II	90	30,7
ДЗ-13А	БелАЗ-531 ЯМЗ-240	265 (360)	175			62,9
ДЗ-115	БелАЗ 531 ЯМЗ-240	530 (720)	175			73,4
7. Прицепні скрепери [7, стор. 8, 102-105]						
ДЗ-30 (Д-541А)	Т-74, СМД-14А	55 (75)	195	II	90	22,5
ДЗ-119 (Д-697)	ДТ-75М, СМД-18Н	66 (90)	185			27,5
ДЗ-46 (Д-612)	Т-100МГ, Д-108	80 (108)	175			55
ДЗ-23 (Д-511)	ДЭТ-250, В-31	228 (310)	165			80

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7
8. Навантажувачі одноковшеві, [7, стор. 8, 112-115]						
ТО-2 (Д-443А)	ДТ-55А Д-54А	39,7 (54)	205	II	160	22,5
ТО-17	АМ-41	66,1 (90)	170			37
ТО-18	АМ-01	80,8 (110)	185			50,9
ТО-11 (Д-660)	К-702, ЯМЗ-238НБ	158,0 (215)	175			74
ТО-8 (Д-584)	МоАЗ-542, ЯМЗ-238	161,7 (220)	157			100
ТО-24	ТП-330, 8ДВТ-330	242,6 (330)	170			427
ТО-21	В2-550ТК-П5	404,4 (550)	220			760
9. Автогрейдері [9, стор. 151-157]						
Д-265	Д-54	40 (54)	215	I- II	50	36,5
Д-426	ЯАЗ 204-А ЯАЗ 206-Б	81 (110)	205			17,5
Д-144	КДМ-100	73,5 (100)	205			83
10. Грейдер-елеватори [10, стор. 142]						
ДЗ-501	Т-100М, Д-108	80 (108)	175	II	150	600
Д-437АК	К-700, ЯМЗ-238НБ	205 (280)	185			850
ДЗ-505	МАЗ-529В, ЯАЗ-М206А	138 (188)	180			800
ДЗ-503	БелАЗ-503, ЯМЗ-240	264 (360)	190			1600

Примітки: * – технічна продуктивність перетворена в експлуатаційну;

** – змінна експлуатаційна продуктивність перетворена в годину

Згідно наведеного вище, методологія даного дослідження базується на застосуванні системного аналізу з використанням довідкових параметрів МЗР і розглядається як достатньо складна система зі структурними елементами, які функціонально з'єднанні між собою, згідно рисунку 1. Така система спроможна перетворювати потужність входу в корисну роботу на виході і при застосування даної методології або спеціальних засобів визначати свій внутрішній стан через загальний ККД МЗР на стадії завершення виробництва і в умовах експлуатації.

За довідковими даними, наведених в таблиці 1, витрати палива G_{Π} за одну годину роботи ДВЗ [2] визначаються за залежністю, кг/год.

$$G_{\Pi} = 1,03 \times 10^{-3} \times N_{\text{двз}} \times q_{\text{дв}} \times k_N \times k_{\text{дв}} \times k_{\text{дп}}, \quad (1)$$

де $N_{\text{двз}}$ – номінальна потужність ДВЗ, к.с.;

$q_{\text{дв}}$ – величина питомих витрат палива для ДВЗ згідно його довідкових значень, г/к.с. год.;

k_N , $k_{\text{дв}}$, $k_{\text{дп}}$ – коефіцієнти, які враховують зміну витрат палива в залежності від інтенсивності навантаження двигуна МЗР за часом роботи та тривалості дії номінальної потужності, що, відповідно, складають 1,18; 0,86 та 0,75.

Вхідна (загальна) потужність для МЗР, яка позначена у вигляді N_{Π} , згідно відомої залежності [4] визначається за формулою, кВт

$$N_{\Pi} = (G_{\Pi} \times I_{\Pi}) / 3600, \quad (2)$$

де I_{Π} – теплотворна здатність палива, кДж/кг.

За даними [4] теплотворна здатність палива складає величину 42700 кДж/кг.

Для визначення корисної потужності на виході системи МЗР за довідковими даними наведеними у таблиці 1, використовувались її продуктивність і питомий опір різання (копання) ґрунту. Тоді, таку потужність для МЗР, яку позначено як $N_{\text{корj}}$, теж визначається за відомою залежністю [4] і складає величину, кВт

$$N_{\text{корj}} = (K_{\text{гр}} \times \Pi_{\text{ej}}) / 3600, \quad (3)$$

де Π_{ej} – продуктивність МЗР (середня експлуатаційна), згідно довідкових даних, м³/год.;

$K_{\text{гр}}$ – питомий опір різання (копання) ґрунту при виконанні робочого процесу МЗР, кПа.

Загальний ККД η_j при роботі МЗР, згідно відомої залежності [4], визначається як

$$\eta_j = (G_{\Pi} \times I_{\Pi}) / (\Pi_{\text{ej}} \times K_{\text{гр}}) = N_{\text{корj}} / N_{\Pi}. \quad (4)$$

Показник питомих витрат палива для МЗР, позначений як q_j , визначається за формулою, кг/м³

$$q_j = G_{\Pi} / \Pi_{\text{ej}}. \quad (5)$$

При сумісному розгляді результатів, отриманих згідно залежностей (4) і (5), встановлена закономірність про те, що в складі кожної групи МЗР присутня одна машина у якій величина загального ККД складає максимальне значення і одночасно з цим величина питомих витрат палива

для цієї ж МЗР складає мінімальну величину, то таку МЗР названо умовно зразковою і для цієї машини величина питомих витрат палива позначена як q_{\min} . Інші досліджувані МЗР, названо звичайними машинами. Питомі витрати палива для звичайних позначено як q_j . На підставі наведеного вище становиться можливим визначити величину витрат палива для кожної звичайної МЗР відносно зразкової МЗР при умові виконання земляних робіт об'ємом в 1 м^3 за одну годину роботи, яка позначена як Δq_j .

Тоді, величина втрати палива для кожної МЗР розраховується за формулою, кг/год.

$$\Delta q_j = (q_j - q_{\min}) \times V_{1\text{м}^3}, \quad (6)$$

де q_j – величина питомих витрат палива для всіх МЗР, що визначаються за формулою (5);

q_{\min} – мінімальна величина питомих витрат палива, яка в складі своєї групи МЗР прийнята зразковою і визначається теж за формулою (5);

$V_{1\text{м}^3}$ – об'єм земляних робіт, який величиною в 1 м^3 , виконується МЗР за одну годину роботи.

Для масиву досліджуваних МЗР, на підставі використання наведених вище залежностей (1 ... 6), отримано числові результати розрахунків, які представлено у таблиці 2.

Так, в першому стовпці таблиці 2, представлено всі досліджувані марки МЗР, у відповідності до таблиці 1.

Наступні стовпці таблиці 2, зокрема, другий, третій і четвертий відображають числові результати для всіх досліджуваних МЗР, отриманих згідно залежностей (1), (2) і (3).

Стовпець п'ятий, згідно таблиці 2, відображає собою внутрішній стан МЗР у вигляді його загального ККД, а – шостий, відображає собою питомі витрати палива на одиницю продуктивності МЗР, які отримано на основі використання, відповідно, розрахункових залежностей (4) і (5).

Сьомий стовпець таблиці 2 відображає собою величину витрат палива в ході роботи МЗР в умовах експлуатації, яка встановлюється згідно (6).

Таблиця 2

Результати розрахунків основних показників і рівня втрат палива для МЗР

Марка МЗР	Витрати палива, ДВЗ, кг/год., $G_{\text{п}}$, ф (1)	Потужність, підведена, кВт, $N_{\text{п}}$, ф (2)	Потужність корисна, кВт, $N_{\text{кор}}$, ф (3)	Загальний ККД МЗР, η_j , ф (4)	Питомі витрати палива, q_j , ф (5), кг/м ³	Втрати палива МЗР, кг/год., Δq_j , ф (6), кг/год
1	2	3	4	5	6	7
1. Однокошові екскаватори зі зворотним ковшем						
ЭО-2621В-2	8,311	98,577	2,475	0,0334	0,1810	0,0923
ЭО-3322Д	9,054	107,390	5,1	0,0475	0,0887	0
ЭО-4321В	12,934	153,411	6,205	0,0404	0,1042	0,0155
ЭО-4125	17,834	211,531	8,285	0,0391	0,1076	0,0189
2. Роторні екскаватори на гусеничному ході						
ЭТР-134	15,953	189,220	5,218	0,0276	0,1104	0,07181
ЭТР-204А	21,072	249,937	19,951	0,0798	0,03859	0
ЭТР-253А	38,804	460,258	36,833	0,077	0,03931	0,00072
ЭТР-254А	44,308	525,542	36,833	0,070	0,0434	0,00481
3. Ланцюгові екскаватори на гусеничному ході						
ЭТЦ-165А	11,171	132,50	2,618	0,0197	0,1535	0,0691
ЭТЦ-252А	15,780	187,168	6,752	0,0361	0,0844	0
ЭТЦ-258В	19,755	234,316	3,966	0,0169	0,1936	0,1092
ЭТЦ-202Б	7,807	92,599	1,212	0,0131	0,1073	0,0229
4. Бульдозери тягового класу (30–350 кН)						
ДЗ-42, (30 кН)	11,4650	129,001	1,438	0,01057	0,19939	0,05358
ДЗ-19, (100 кН)	14,8163	175,711	2,125	0,01209	0,1743	0,02849
ДЗ-24С, (150 кН)	24,0079	284,726	3,5	0,0122	0,17148	0,02567
ДЗ-34С, (250 кН)	40,0981	475,606	6,875	0,0144	0,14581	0
ДЗ-68, (350 кН)	66,6343	813,494	8,75	0,0110	0,19038	0,04457
5. Розпушувачі						
Т-4П, (40 кН)	13,052	154,811	7,152	0,0462	0,2610	0,1039
Т-100МГП, (100 кН)	14,816	175,734	12,261	0,0697	0,1728	0,0157
Т-180КС, (150 кН)	24,693	292,856	22,479	0,0767	0,1571	0
ДЭТ-250М, (250 кН)	40,098	475,607	27,589	0,0580	0,2079	0,0508
Т-330, (250 кН)	43,978	521,628	32,698	0,0626	0,1924	0,0353

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7
6. Самохідні скрепери						
ДЗ-35711, МОА3-546П	28,1235	333,5759	0,7675	0,0023	0,9161	0,1309
<i>ДЗ-13А, БелА3-531</i>	<i>49,3877</i>	<i>585,7929</i>	<i>1,5725</i>	<i>0,0026</i>	<i>0,7852</i>	<i>0</i>
ДЗ-115, БелА3 531	98,7755	1171,5871	1,835	0,0015	1,3457	0,5605
7. Прицепні скрепери (30–250 кН)						
ДЗ-30 (Д-541А)	11,465	135,987	0,562	0,0041	0,5095	0,2402
ДЗ-119 (Д-697)	13,052	154,811	0,687	0,0044	0,4746	0,2053
<i>ДЗ-46 (Д-612)</i>	<i>14,816</i>	<i>175,734</i>	<i>1,375</i>	<i>0,0078</i>	<i>0,2693</i>	<i>0</i>
ДЗ-23 (Д-511)	40,098	475,606	2,0	0,0042	0,5012	0,2319
8. Навантажувачі одноковшевих						
ТО-2 (Д-443А)	8,678	102,93	1,00	0,0097	0,38568	0,28269
ТО-17	11,994	142,262	1,64	0,0115	0,32416	0,22117
ТО-18	15,953	189,22	2,26	0,0119	0,31341	0,21042
ТО-11 (Д-660)	29,495	349,84	3,28	0,0093	0,39858	0,29559
ТО-8 (Д-584)	27,077	321,16	4,44	0,0138	0,27077	0,16778
<i>ТО-24</i>	<i>43,978</i>	<i>521,62</i>	<i>18,97</i>	<i>0,0363</i>	<i>0,10299</i>	<i>0</i>
ТО-21	94,855	1125,08	33,77	0,0335	0,12480	0,02181
9. Автогрейдер						
Д-265	9,1014	107,9527	0,5069	0,0046	0,2493	0,0557
Д-426	17,6776	209,6759	0,2431	0,0011	1,0101	0,8165
<i>Д-144</i>	<i>16,0706</i>	<i>190,6151</i>	<i>1,1528</i>	<i>0,0060</i>	<i>0,1936</i>	<i>0</i>
10. Грейдер-елеватор						
<i>ДЗ-501</i>	<i>14,816</i>	<i>175,734</i>	<i>25,00</i>	<i>0,1422</i>	<i>0,02469</i>	<i>0</i>
Д-437АК	40,607	481,644	35,417	0,0735	0,04777	0,02308
ДЗ-505	26,528	314,651	33,333	0,1059	0,03316	0,00847
ДЗ-503	53,621	636,004	66,667	0,1048	0,03351	0,00882

Примітка – максимально ефективні МЗР у складі своєї групи виділені курсивом

Причому, для зразкових машин МЗР, втрати палива характеризуються нульовим значенням відносно інших МЗР і в таблиці 2 вони виділені курсивом.

Для поглибленого аналізу результатів дослідження, наведених в таблиці 2, із кожної її

групи представлено тільки ті МЗР, які прийняті в якості зразкових, а також звичайні МЗР, для яких властиві максимальні питомі витрати палива та результати розрахунку для визначення максимальних втрат палива за формулою (6), які представлено в таблиці 3.

Таблиця 3

Результати дослідження зразкових і звичайних МЗР за основними показниками

Марки МЗР		Максимальний загальний ККД зразкових МЗР, ф (4)	Питомі витрати палива для зразкових МЗР, кг/м ³ , ф (5)	Питомі витрати палива для звичайних МЗР, кг/м ³ , ф (5)	Втрати палива, МЗР, кг/год., ф (6)
Зразкові	Звичайні				
1	2	3	4	5	6
1 Грейдер-елеватор ДЗ-501	Д-437АК	0,1422	0,02469	0,0477	0,02308
2 Роторний екскаватор ЭТР-204А	ЭТР-134	0,0798	0,03859	0,1104	0,07181
3 Розпушувач Т-180КС, 150 кН	Т-4П, 40 кН	0,0767	0,1571	0,2610	0,1039
4 Екскаватор однокошовий ЭО-3322Д	ЭО-2621В-2	0,0475	0,0887	0,1810	0,0923
5 Одноковшевий навантажувач ТО-24	Т-11, Д-660	0,0363	0,10299	0,39859	0,29559
6 Ланцюговий екскаватор ЭТЦ-252А	ЭТЦ-258В	0,0361	0,0844	0,1936	0,1092
7 Бульдозер ДЗ-34С, 250 кН	ДЗ-42, 30 кН	0,0144	0,14581	0,19939	0,05358
8 Прицепний скрепер ДЗ-46	ДЗ-30	0,0078	0,2693	0,5095	0,2402
9 Автогрейдер Д-144	Д-426	0,0060	0,1936	1,0101	0,8165
10 Самохідний скрепер ДЗ-13А	ДЗ-115	0,0026	0,7852	1,3457	0,5605

На основі результатів розрахунку, представлених в таблиці 3, можна виявити наступне.

У першому стовпці таблиці 3 згруповано десять найбільш ефективних МЗР, у яких загальний

ККД МЗР складає максимальну величину і всі ці машини відносяться до зразкових. Причому, в даному стовпці у перших шістьох машин величина загального ККД МЗР знаходиться в інтервалі

значень починаючи з величини більше ніж 14% і поступово зменшується ця величина майже до 4%. До цих шістьох машин відносяться грейдер-елеватор, роторний екскаватор, розпушувач, екскаватор одноковшевий і ланцюговий екскаватор. Інші чотири машини, що наведені в цьому ж стовпці, до яких відноситься бульдозер, прищепний і самохідний скрепер та автогрейдер, у них величина загального ККД знаходиться на рівні більше ніж 1% і поступово знижується до декількох десятків процента. У другому стовпці таблиці 3 представлені звичайні МЗР з самими низькими (найгіршими) значеннями загального ККД.

У третьому стовпці таблиці 3 наведені результати дослідження МЗР з відносно найбільшими значеннями величин загального ККД, зокрема, для десяти зразкових МЗР.

У четвертому стовпці таблиці 3 для зразкових МЗР за результатами дослідження представлені значення найменших величин питомих витрат палива на одиницю отриманої продукції. Причому, для зразкових машин величина питомих витрат палива знаходиться в широкому діапазоні (0,02469 ... 0,7852) кг/м³.

У п'ятому стовпці таблиці 3 вказані найбільші значення питомих витрат палива на одиницю отриманої продукції із самими низькими (найгіршими) значеннями загального ККД, що відповідає звичайним МЗР, які представлено у другому стовпці цієї ж таблиці. Причому, для звичайних МЗР по відношенню до зразкових МЗР питоми витрати палива зростають від 2 до 4 разів.

Результати величин максимальних витрат палива за одну годину роботи для МЗР звичайних з самим низьким загальним ККД відносно зразкових, представлено стовпцем шість в таблиці 3. Слід зазначити, що найбільші втрати палива складають МЗР з максимальними питомими витратами палива і водночас з мінімальними значеннями загального ККД. Причому, втрати палива для МЗР можуть досягати приблизно від (0,023 ... 0,816) кг/м³.

Висновки

За результатами досліджень виявлені найбільш ефективні МЗР за величиною їх максимального загального ККД та взаємозв'язки між ККД і рівнем питомих витрат палива. Для кожної із десяти однойменних груп МЗР визначена машина у якості зразкової, у якої величина загального ККД є найбільшою і в той же час величина питомих витрат палива, є найменшою. Наведені вище показники для МЗР можна використовувати на всіх стадіях їх життєвого циклу. Зокрема, ці показники можна застосовувати на стадії проектування МЗР та забезпечити вибір із масиву відомих машин таких, яким властивий високий загальний ККД і мінімальні

питомі витрати палива. Згідно виконаних досліджень для масиву МЗР із складу цих машин можна формувати оптимальний за кількістю загін МЗР, який здатний на виконання заданого об'єму робіт з мінімальними втратами палива.

Література

1. Вербицкий, Г.М. *Комплексная механизация строительства: Текст лекций [Текст] / Г.М. Вербицкий. – Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2006. – 265 с.*
2. Холодов, А.М. *Проектирование машин для земляных работ: Под ред. А.М. Холодова [Текст] / А.М. Холодов. – Харьков: Вища школа. Изд. при Харьк. ун-те, 1986. – 272 с.*
3. Блохин, С.В. *Машины для земляных работ, предпосылки повышения их конкурентоспособности [Текст]: учебное пособие / С.В. Блохин, Н.Г. Малич. – Днепропетровск: ИМА-пресс, 2005. – 304 с.*
4. Panchenko, S.V. *Estimation of the State of Engine of Mobile Machines in the Conditions of Operation on Basis of Onboard Diagnostics [Текст] / S.V. Panchenko, M.P. Remarchuk, O.V. Kebko, Ya. V. Chmuzh, A.O. Zadorozhnyi // International Scientific Conference Energy Efficiency in Transport (EET 2020) IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2021. – 1021. – P. 1-6. DOI:10.1088/1757-899X/1021/1/012046.*
5. Раннев, А.В. *Одноковшовые строительные экскаваторы [Текст]: учеб. / А.В. Раннев. – М.: Высш. шк., 1991. – 304 с.*
6. Раннев, А.В. *Строительные машины [Текст]: 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.*
7. Холодов, А.М. *Землеройно-транспортные машины [Текст]: справочник / А.М. Холодов, В.В. Ничке, Л.В. Назаров. – Харьков: Вища школа. Изд. при Харьк. ун-те, 1982. – 192 с.*
8. *Технология, механизация и автоматизация строительства [Текст]: под общ. ред. С.С. Атаева и С.Я. Луцкого – М.: Высш. шк., 1990. – 592 с.*
9. Гладкий, В.И., *Строительные машины, механизмы, оборудование и инструменты [Текст]: справочник / В.И. Гладкий, М.И. Лобанов, Н.А. Славченко. – Государственное изд-во литературы по строительству и архитектуре УССР. – К.: 1961. – 818 с.*
10. Васильев, А.А., *Дорожно-строительные машины [Текст]: справочник / А.А. Васильев, И.А. Васильев, Б.Н. Пруссак, М.М. Урусов. – Изд. 4-е перераб и доп. – М.: Машиностроение, 1977. – 392 с.*

References

1. Verbitsky, G. M. (2006). Complex mechanization of construction: Text of lectures Khabarovsk: Publishing house of the Pacific State University, p 265. [in Ukrainian].
2. Kholodov, A.M. (1986). *Proektyrovanye mashyn dlia zemlianykh rabot: Pod red. A.M. Kholodova. Kharkov: Vyshcha shkola. Yzd. pry Khark. un-te*, p 272. [in Ukrainian].
3. Blokhyn, V.S., Malych, N.H. (2008). *Mashyny dlia zemlianykh rabot, predposylky povysheniya ykh konkurentosposobnosti: Uchebnoe posobyie. Dnepropetrovsk: YMA-press*, p – 304. [in Ukrainian].
4. Panchenko, S.V., Remarchuk, M.P., Kebko, O.V. & Chmuzh, Ya. V. (2021). Estimation of the State of Engine of Mobile Machines in the Conditions of Operation on Basis of Onboard Diagnostics. *International Scientific Conference Energy Efficiency in Transport (EET 2020) IOP Conf. Series:*

Materials Science and Engineering. DOI:10.1088/1757-899X/1021/1/012046.

5. Rannev, A.V. (1991). Odnokovshovыe stroitelnyе ekskavatory: Ucheb. M.: *Vыssh. shk.*, p – 304. [in Russian].
6. Rannev, A.V., Korelyn, V.F., Zhavoronkov, A.V. (1991). Stroitelnyе mashyny. Spravochnyk: V 2 t. T. 1: Mashyny dlia stroitelstva promyshlennykh, hrazhdanskykh sooruzheniy u doroh. 5-e yzd. pererab. M.: *Mashynostroenye*, 1991. p – 496. [in Russian].
7. Kholodov, A.M., Nychke, V.V., Nazarov, L.V. (1982). Zemleroino-transportnyе mashyny. Spravochnyk. Kharkov: *Vyshcha shkola. Yzd. pry Khark. un-te.* p – 192. [in Ukrainian].
8. Ataev, S.S., Lutskiy, S.Ya. (1990). Tekhnologiya, mekhanizatsiya y avtomatyzatsiya stroitelstva. M.: *Vыssh. shk.* p. – 592. [in Russian].
9. Hladkiy, V.Y., Lobanov, M.Y., Slavchenko, N.A. (1961). Stroitelnyе mashyny, mekhanizmy, oborudovanye y ynstumenty. Spravochnyk. *Hosudarstvennoe yzd-vo lyteratury po stroitelstvu y arkhytekturu USSR. K.* p. – 818. [in Ukrainian].
10. Vasylev, A.A., Vasylev, Y.A., Prussak, B.N. & Urusov, M.M. (1977). Dorozhno-stroitelnyе mashyny. Spravochnyk. *Yzd. 4-e pererab y dop. M., Mashynostroenye*, p. – 392. [in Russian].

Рецензент: проректор з наукової роботи, д-р техн. наук, проф. Г.Л. Вагуля, Український державний університет залізничного транспорту, Україна.

Автор: РЕМАРЧУК Микола Парфенійович
доктор технічних наук, професор
Український державний університет залізничного транспорту

E-mail - remarchuk@ukr.net

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4003-5107>

Автор: КЕБКО Олександр Вікторович
асистент
Український державний університет залізничного транспорту

E-mail - kebko.a@ukr.net

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6292-1505>

Автор: ГАЛИЦЬКИЙ Олег Олегович
аспірант
Український державний університет залізничного транспорту

E-mail - lietome1994@gmail.com

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9352-1352>

THEORETICAL SUBSTANTIATION OF THE EFFICIENCY OF MACHINES FOR EARTH WORKS BASED ON THEIR TECHNICAL PARAMETERS

M. Remarchuk, O. Kebko, O. Halysky

Ukrainian State University of Railway Transpor, Ukraine

The characteristic features of modern MZR are that they are divided into cyclic and continuous machines, which depends on their productivity and power of internal combustion engines, and the design of their working equipment affects the process of specific application of MZR for the construction of appropriate earthworks with different labor intensity. When using MZR, the main question arises about the effectiveness of their functioning from the point of view of knowing the actual state, the amount of fuel consumption required to perform a given volume of work and inefficient fuel losses.

The purpose of the article is to determine the real state for known MZR based on the use of reference parameters and to ensure the given state at the design stage of such machines based on the application of system analysis with the establishment of numerical indicators that are characterized by objectivity, ambiguity and accuracy of their determination. The conducted studies are based on the application of system analysis when considering MZR using their reference technical and economic parameters, as a complex system with structural elements functionally interconnected and capable of transmitting hydraulic and mechanical energy. Moreover, MZR is studied as a system that is suitable for converting input power into useful work at the output and, on this basis, is able to determine its internal state due to the overall efficiency and the amount of specific fuel consumption.

Based on the results of the research, it was found that the most effective MZR are machines with a continuous working process and they are characterized by high values of the total efficiency of the machine at the level of (8 to 14)%, and gradually the total efficiency decreases to several tenths of a percent for machines of cyclic action. Research has established that in each of the ten MZR groups there is a machine that has the highest total efficiency, and the value of specific fuel consumption per unit of productivity for it is the smallest, and such a machine is classified as exemplary. Other MZR from this group with a low value of total efficiency and higher specific fuel consumption are classified as ordinary cars. According to the conducted studies, it is possible to ensure the selection of the best MZR to create a squad of machines from them, directed to perform a specific volume of work with minimal fuel loss. The internal state of MZR by the value of the total efficiency can be diagnosed at the stage of completion of production, as well as during operation due to the measurement of input and output parameters based on the use of modern means for recording these parameters.

Keywords: earthmoving machines, power, fuel, efficiency.