

Наука — виробництву

УДК 622.242

ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ ТА ТЕХНІЧНИЙ РІВЕНЬ СИСТЕМ ВЕРХНЬОГО ПРИВОДА БУРОВИХ УСТАНОВОК

*Є.І.Крижанівський, Ю.В.Міронов**ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42464, e-mail: rector@nung.edu.ua*

По результатам анализа мирового опыта проектирования, изготовления и эксплуатации систем верхнего привода буровых установок установлены зависимости их параметров от допустимой статической нагрузки на ствол силового вертлюга. Выполнена кваліметрическая оценка технического уровня серийных моделей и продукции их производителей. Разработаны практические рекомендации для создания новых моделей систем верхнего привода и их внедрения в эксплуатацию.

An analysis of world wide experience concerning design, fabrication and exploitation of top drive systems is accomplished. The dependences of top drive ratings on rated hook charge are established. The recommendations for top drive new models creating are elaborated.

У статті [1] висвітлено переваги систем верхнього привода (СВП – Top Drive Systems) перед класичним традиційним комплектом „вертлюг – ротор – ведуча труба”, який застосовується як у роторному бурінні, так і в бурінні вибійними двигунами. Описані переваги полягають у підвищенні продуктивності, оптимізації частоти обертання долота, зменшенні аварійності в складених і похило-спрямованих свердловинах, скороченні витрат часу на нарощування, прискореному спорудженні свердловин загалом. Поряд з тим описано комплектність та принцип дії СВП, розглянуто економічні аспекти їх використання. Однак, автори публікації [1] не задавались метою і відповідно не вирішували проблем визначення технічного рівня СВП, техніко-економічної доцільності їх застосування, переваг і недоліків різних типів та втілених у них конструктивно-технологічних рішень. Розгляду деяких з цих проблем присвячено викладене нижче.

СВП беруть свій початок з морського буріння, де величини вартості спорудження свердловин і ставок добового фрахту у сполученні з високими показниками відпрацювання бурових доліт виправдовували значні капіталовкладення у придбання і великі витрати на утримання. Спорудження свердловин на акваторіях і донині залишається цариною переважаючого використання СВП, хоча їх число в комплекті установок для буріння на суходолі постійно зростає. Ефект, створюваний застосуванням СВП,

далеко не завжди, не за будь-яких обставин і не усюди гарантовано окуповує витрати з їх придбання та утримання. Тому прийняттю рішення щодо використання СВП у кожному конкретному випадку повинно передувати детальне техніко-економічне обґрунтування, яке завершується вибором моделі з раціональними конструктивно-експлуатаційними параметрами та найкращим відношенням „ціна – вартість” або встановленням недоцільності застосування.

Авторами проведено аналіз номенклатури світового виробництва СВП, у ньому до розгляду взято як моделі, що нині знаходяться у серійному виробництві, так і такі, що їх виготовлення припинено. До уваги прийнято СВП виробництва американських компаній Varco Systems of Varco International Inc. (12 моделей), National-Oilwell (3 моделі), Bowen Tools Inc. (3 моделі), ACB Offshore (1 модель), спільної американо-італійської компанії Soilmec-Branham (2 моделі), канадської Tesco Drilling Technology Corp. (10 моделей), норвезької Maritime Hydraulics (22 моделі) та російського ВАТ „Уралмаш” (2 моделі). Досліджена сукупність серійних моделей СВП з достатньою повнотою і цілком адекватно репрезентує сучасний стан їх проектування і виробництва у світі. Разом зібрано відомості щодо 55 моделей СВП, хоча лише для частини з них вдалося одержати повний комплект названих нижче показників. Перелік розглянутого містить моделі з гідрооб’ємним і електричним приводом постійного і змінного

струму, одно- і двомоторні, з інтегрованим і класичним відокремленим вертлюгом, з одно- і двовидкісним редуктором між валом двигуна (валами двигунів) і стовбуром силового вертлюга, з одно- і двостійковими напрямними візка силового вертлюга. Таким чином охоплено усе розмаїття конструктивно-компонувальних рішень, втілених у сучасні СВП.

У ході опрацювання номенклатури досліджуваних параметрів параметром призначення з очевидних міркувань прийнято максимальне статичне допустиме навантаження $P_{\text{доп}}$ на стовбур силового вертлюга СВП. Встановлено існування ряду притаманних серійним СВП чисельних значень $P_{\text{доп}}$, що складається з 11 членів у межах від $900 \leq P_{\text{доп}} \leq 10000$ кН. Хоча число членів ряду вантажопідйомностей силових вертлюгів збігається з числом класів комплектних установок за ГОСТ 16293-89, самі чисельні значення вантажопідйомностей не підкоряються якій-небудь закономірності і відрізняються від допустимих навантажень на піднімальний гак для установок.

Поряд з допустимим статичним навантаженням $P_{\text{доп}}$ розглянуто такі параметри СВП:

– експлуатаційні показники: потужність приводних двигунів N (кВт) і максимальний обертовий момент M (м·кН), створюваний ними на стовбурі силового вертлюга в довготривалому режимі роботи;

– конструктивні показники: вертикальний габарит H силового вертлюга і маса m комплексу СВП.

Потужність N визначає енергоспоживання під час роботи системи та здатність виконувати роботу з обертання бурильної колони в певному режимі. Створюваним СВП моментом M оцінюється її здатність обертати бурильну колону певної довжини і компоновки у свердловині із заданим профілем разом з долотом деякого типорозміру за встановленого осьового навантаження на нього. Таким чином, параметри N і M є показниками застосовності та енергооснащення. Виявлено значну дисперсію параметра N для різних моделей СВП за ідентичних значень $P_{\text{доп}}$, відносно відхилення в окремих випадках сягає 100 %, що можна пояснити застосуванням різних методик розрахунку параметрів у процесі проектування, які враховують або ігнорують зміну опору обертовому руху бурильної колони у свердловині за зміни кута викривлення її стовбура.

Вертикальний габарит силового вертлюга з візком у сполученні з довжиною свічки визначає мінімальну корисну висоту бурової вежі, в комплекті з якою можливе використання СВП. Отже, він також може служити параметром застосовності.

Маса M комплексу СВП (без гідронасосних станцій і дизельгенераторів) являє собою непряму міру витрати конструкційних матеріалів на виготовлення, трудомісткості і вартості робіт з їх обробки, складання, транспортування, монтажу-демонтажу, підтримання роботоздатності.

Поряд із зазначеними вище СВП характеризуються, як діапазон частот обертання стовбура силового вертлюга, обертовий момент, створюваний трубним маніпулятором тощо. Однак ці параметри мають практично однакові чисельні значення для усіх моделей СВП, оскільки вони диктуються вимогами технології буріння і типорозмірами застосовуваних бурильних труб. Тому їх аналіз для оцінки технічного рівня СВП позбавлений інтересу. Таким чином перелік прийнятих для подальшого розгляду параметрів СВП містить: $P_{\text{доп}}$, N , M , H і m , з них сукупність трьох перших стосується продуктивності СВП, ефективності їх застосування. Два останніх показники разом з ціною C конкретної моделі дають можливість оцінити сумарні витрати на її придбання, утримання і експлуатацію. Вираз (1) описує величину – аналог інтегрального показника $K_{\text{інт}}$ якості за [2]

$$K_{\text{інт}} = (P_{\text{доп}} \cdot N \cdot M) / (H \cdot m \cdot C). \quad (1)$$

Для практичного використання $|P_{\text{доп}}| = \text{кН}$; $|N| = \text{кВт}$; $|M| = \text{м} \cdot \text{кН}$; $|H| = \text{м}$; $|m| = \text{кг}$; $|C| = \text{довільна грошова одиниця, однакова для усіх розглядуваних моделей СВП, грн.; у.о.}$

На жаль, відомості щодо цін на досліджувані моделі СВП виявилися недоступними, вони становлять комерційну таємницю, що розкривається виробником лише під час укладання з ним контракту на постачання-придбання. Через це застосування виразу (1) для визначення інтегрального показника якості $K_{\text{інт}}$ стає неможливим аж до контактів з конкретним виробником, тоді як їм повинно передувати визначення $K_{\text{інт}}$. Як альтернативний розв'язок кваліметричної проблеми проведено аналіз технічного рівня СВП за комплексом одиничних показників із застосуванням методики, описаної в [3].

За паспортними даними досліджуваних моделей і модифікацій СВП обчислено питомі показники потужності, обертового моменту, вертикального габариту і маси: $N/P_{\text{доп}}$ (кВт/кН), $M/P_{\text{доп}}$ (м·кН/кН), $H/P_{\text{доп}}$ (м/кН), $m/P_{\text{доп}}$ (кг/кН). Це дало можливість об'єднати усю сукупність чисельних вихідних даних у чотири двовимірні вибірки: $(N/P_{\text{доп}}, P_{\text{доп}})$, $(M/P_{\text{доп}}, P_{\text{доп}})$, $(H/P_{\text{доп}}, P_{\text{доп}})$, $(m/P_{\text{доп}}, P_{\text{доп}})$ для подальшої математичної обробки.

Вихідна інформація для кваліметричного аналізу: перелік досліджуваних моделей СВП, їх паспортні технічні та розрахункові питомі показники впорядковано за зростанням параметра $P_{\text{доп}}$ по кожному з виробників та наведено в табл. 1 [4]. Для систем верхнього привода усіх виробників, моделей і модифікацій величини обертових моментів наведено для роботи в тривалому безперервному режимі. Інформація з табл. 1 дає змогу попередньо вибрати ряд аналогів для наступного вибору прототипу в процесі

проектування або обмежити зону вибору конкретної моделі для придбання і експлуатації.

Згадані вище вибірки перевірено на однорідність масивів питомих показників за критерієм Фішера [5], члени вибірок, що не належать до однієї генеральної сукупності, з подальшого розгляду виключено.

Наступним кроком була побудова регресійних моделей та віднаходження їх параметрів по кожному з досліджуваних показників СВП: $N/P_{\text{здон}} = f(P_{\text{здон}})$, $M/P_{\text{здон}} = f(P_{\text{здон}})$, $H/P_{\text{здон}} = f(P_{\text{здон}})$, $m/P_{\text{здон}} = f(P_{\text{здон}})$. У результаті одержано рівняння апроксимуючих функцій (2-5):

$$N/P_{\text{здон}} = f(P_{\text{здон}}) = 0,134 + 125/P_{\text{здон}}, \quad (2)$$

$$M/P_{\text{здон}} = f(P_{\text{здон}}) = 9,3 + 9200/P_{\text{здон}}, \quad (3)$$

$$H/P_{\text{здон}} = f(P_{\text{здон}}) = 0,4 + 4000/P_{\text{здон}}, \quad (4)$$

$$m/P_{\text{здон}} = f(P_{\text{здон}}) = 2,4 + 1,8 \cdot 10^{-12} \cdot P_{\text{здон}}^3, \quad (5)$$

Графіки функцій (2-5) зображено на рисунках 1-4 (криві 1). Інформація, вміщена в формулі (2-5) та графіки рис. 1-4 віддзеркалює середньостатистичну кваліметричну оцінку технічного рівня дослідженої номенклатури СВП, яка враховує одиничні показники призначення, енергоозброєності, застосовності і матеріаломісткості як сучасних прогресивних, ефективних, так і застарілих моделей, виробництво яких припинено. Слід зауважити, що зони, де знаходяться моделі СВП з технічним рівнем, який перевершує середньостатистичний, розташовані над кривими 1 на рисунках 1 і 2, та під кривими 1 на рисунках 3 і 4.

Користуючись регресійними моделями в аналітичній або графічній формі можна визначити за відомим параметром призначення $P_{\text{здон}}$ решту розглянутих параметрів для оцінки доцільності заміни наявних СВП в експлуатації, зміни номенклатури виготовлених СВП у машинобудуванні. Однак, перспективне виробництво СВП з параметрами, що не перевищують середньостатистичного технічного рівня, означало би стагнацію, практичну відсутність науково-технічного прогресу в галузі. Параметри СВП, що відповідають сучасному світовому технічному рівню і рекомендуються для проєктованих і освоєваних виробництвом моделей, визначаються рівняннями (6 - 9), віднайденими за методикою, викладеною в [3]:

$$\frac{N}{P_{\text{здон}}} = f(P_{\text{здон}}) = 0,284 - 7,6 \cdot 10^{-4} \cdot P_{\text{здон}}^{0,5}, \quad (6)$$

$$\frac{M}{P_{\text{здон}}} = f(P_{\text{здон}}) = \frac{P_{\text{здон}}}{0,083 \cdot P_{\text{здон}} - 52}, \quad (7)$$

$$H/P_{\text{здон}} = f(P_{\text{здон}}) = 0,226 + 3900/P_{\text{здон}}, \quad (8)$$

$$m/P_{\text{здон}} = f(P_{\text{здон}}) = 1,36 + 3 \cdot 10^{-12} \cdot P_{\text{здон}}^3. \quad (9)$$

Графіки функцій (6-9) зображено на рисунках 1-4 (криві 2).

Одержана оцінка сучасного світового технічного рівня СВП за комплексом одиничних показників сприяє проєктуванню і виробництву нових конкурентоспроможних моделей СВП, оновленню експлуатованого парку, заміни в ньому застарілих моделей з низьким технічним рівнем сучасними.

На практиці виникають задачі такого змісту, що потребують коректного, об'єктивного і аргументованого розв'язку:

- у процесі проєктування — вибір з-поміж серійних моделей прототипу, в якому втілено найкращі конструктивно-технологічні рішення та якому через це притаманний найвищий технічний рівень;

- у процесі оновлення номенклатури виробництва — вибір з-поміж спроектованих моделей з гарантованою конкурентоспроможністю, зумовленою високим технічним рівнем;

- у процесі експлуатації — вибір з-поміж серійних моделей таких, якими буде оновлено або розширено наявний парк з максимальною фондовіддачею.

Для вирішення вказаних завдань опрацьовано методику, а за нею виконано рейтинговий аналіз сукупності досліджуваних моделей СВП, сутність якого полягає в такому:

- віднайдено потужність n_i — число членів (моделей СВП) у чотирьох вибірках, що характеризують кожний з розглядуваних одиничних показників;

- для кожної моделі з її паспортним параметром $P_{\text{здон}i}$ за відповідним рівнянням (2, 3, 4, 5) обчислено величину одиничного показника $f(P_{\text{здон}i}) = N/P_{\text{здон}}, M/P_{\text{здон}}, H/P_{\text{здон}}, m/P_{\text{здон}}$.

- для кожної моделі віднайдено відносну різницю Δ_g між розрахунковим значенням питомого показника, взятим з табл. 1, та відповідною величиною, визначеною, як описано вище, наприклад: $\Delta_g = (N/P_{\text{здон}} - f(P_{\text{здон}}))/f(P_{\text{здон}})$;

- сукупність досліджуваних моделей СВП ранжовано-впорядковано за зростанням відносних відхилень показників питомої потужності $N/P_{\text{здон}}$ та питомого обертового моменту $M/P_{\text{здон}}$ та за зменшенням питомого вертикального габариту $H/P_{\text{здон}}$ і питомої матеріаломісткості $m/P_{\text{здон}}$;

- в усіх ранжованих послідовностях моделей СВП кожна модель отримала порядковий номер від першого (з найвищим технічним рівнем за розглянутим одиничним показником) до n_i -ого (якому відповідає найнижчий технічний рівень);

- кожний з моделей СВП присвоєно рейтинг R_i ($1 \leq i \leq 4$), обчислений, як величина, зворотна порядковому номеру, таким чином створено можливість визначення середнього рейтингу моделі при різних потужностях вибірок одиничних показників;

Таблиця 2 — Результати рейтингового аналізу серійних моделей систем верхнього привода

Виробник, модель, модифікація системи верхнього привода		Відносне відхилення Δ_v від середньостатистичного рівня і рейтинг R_i моделі системи верхнього привода за питомими показниками								$\frac{\sum R_i}{Z}$
		$N / P_{\text{доп}}$		$M / P_{\text{доп}}$		$H / P_{\text{доп}}$		$m / P_{\text{доп}}$		
		Δ_v	R_1	Δ_v	R_2	Δ_v	R_3	Δ_v	R_4	
Продукція Varco Systems	1 TDS-3	+0,0464	0,3854	+0,1431	0,7333	-0,7449	1,0000	+0,1952	0,3462	0,6162
	2 TDS-3S	+0,1598	0,6354	+0,3868	0,9556	-0,3787	0,9500	—	—	0,8470
	3 TDS-4H	+0,1598	0,6354	+0,0826	0,6444	-0,2309	0,8750	—	—	0,7183
	4 TDS-4S	+0,2579	0,9167	+0,1990	0,8000	+0,0772	0,3875	—	—	0,7014
	5 TDS-6S	-0,4775	0,1875	-0,0516	0,3778	-0,0194	0,6250	—	—	0,3968
	6 TDS-7S	+0,2445	0,8750	+0,3143	0,9111	-0,3787	0,9750	—	—	0,9204
	7 TD8-SA	+0,2248	0,8125	-0,0990	0,3111	+0,0772	0,3875	—	—	0,5037
	8 TDS-9S	+0,1073	0,4583	-0,0682	0,3556	-0,3653	0,9250	—	—	0,5796
	9 TDS-9SA	+0,1975	0,7292	+0,0384	0,5556	+0,0193	0,5250	—	—	0,6033
	10 TDS-10SA	+0,4263	1,0000	+0,1573	0,7778	+0,0484	0,5000	—	—	0,7593
	11 TDS-11SA	+0,2346	0,8333	+0,0698	0,6222	+0,0112	0,5500	—	—	0,6685
	12 IDS-1	+0,0464	0,3854	+0,1377	0,7111	-0,1799	0,8250	-0,7829	0,9615	0,7208
Середній рейтинг		0,5937		0,6463		0,7104		0,6539		0,6734
Продукція Tesco Corporation	13 150 HMIS	-0,0321	0,2708	—	—	—	—	—	—	0,2708
	14 200 HMIS	+0,0472	0,4167	—	—	—	—	—	—	0,4167
	15 250 HMIS	+0,2547	0,8958	+0,1219	0,6889	+0,1747	0,1750	—	—	0,5966
	16 500 HS	+0,2952	0,9583	—	—	—	—	—	—	0,9583
	17 500 HC	+0,2952	0,9583	—	—	—	—	—	—	0,9583
	18 500 HCI	+0,2952	0,9583	-0,3101	0,1111	-0,0269	0,6500	—	—	0,5371
	19 500 EC	+0,1568	0,5938	—	—	—	—	—	—	0,5938
	20 650 HS	+0,1773	0,6771	—	—	—	—	—	—	0,6771
	21 650 HCI	+0,1773	0,6771	—	—	—	—	—	—	0,6771
	22 750 EC	+0,1103	0,4792	—	—	—	—	—	—	0,4792
Середній рейтинг		0,6891		0,4000		0,4125		—		0,6165
1)	23 1350	—	—	-0,3776	0,0888	-0,0184	0,6000	—	—	0,3444
	24 2250	—	—	+0,0068	0,4222	+0,0529	0,4750	—	—	0,4486
Середній рейтинг		—		0,2555		0,5375		—		0,3965
2)	25 PS-350/500	-0,7126	0,0417	-0,1665	0,2889	-0,2318	0,9000	-1,0915	1,0000	0,5577
	26 PS1-500/500	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	27 PS2-500/500	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Середній рейтинг		0,0417		0,2889		0,9000		1,0000		0,5577
3)	28 S-200	—	—	+0,1494	0,7556	—	—	—	—	0,7556
	29 S-300	—	—	+0,0609	0,6000	—	—	—	—	0,6000
	30 ES-7	+0,1907	0,7083	+0,3801	0,9333	-0,1882	0,8500	+0,3569	0,3077	0,6998
Середній рейтинг		0,7083		0,7630		0,8500		0,3077		0,6851
4)	31 СВП 320/250	-0,6321	0,1042	-0,2632	0,1556	—	—	—	—	0,1299
	32 СВП-500	+0,0561	0,4375	+0,2642	0,8667	—	—	—	—	0,6521
Середній рейтинг		0,2079		0,5112		—		—		0,3910
5)	33 Bretfor	—	—	+0,0072	0,4444	—	—	—	—	0,4444

Продовження таблиці 2

Виробник, модель, модифікація системи верхнього привода		Відносне відхилення Δ_B від середньостатистичного рівня і рейтинг R_i моделі системи верхнього привода за питомими показниками								$\frac{\sum R_i}{z}$
		$N / P_{z\text{дон}}$		$M / P_{z\text{дон}}$		$H / P_{z\text{дон}}$		$m / P_{z\text{дон}}$		
		Δ_B	R_1	Δ_B	R_2	Δ_B	R_3	Δ_B	R_4	
Продукція Maritime Hydraulics	34 PTD-S 350	+0,0270	0,3333	-0,0979	0,3333	+0,1963	0,1500	+0,4556	0,1923	0,2522
	35 PTD 410 HY	-0,0038	0,2916	+0,0561	0,5778	+0,3399	0,1000	+0,3621	0,2692	0,3096
	36 PTD 500	-0,4851	0,1667	+0,0309	0,5333	+0,4697	0,0250	+0,5631	0,0385	0,1909
	37 PTD-S 500 HY	-0,3404	0,2292	+0,1027	0,6667	+0,1414	0,2250	+0,1339	0,5000	0,4052
	38 PTD 500 AC-2M	-0,6865	0,0625	-0,4537	0,0666	+0,1414	0,2250	-0,1497	0,8077	0,2905
	39 PTD 500 AC	+0,1568	0,5938	+0,2714	0,8889	+0,1414	0,2250	+0,1263	0,5385	0,5609
	40 DDM 500 DC	+0,0120	0,3125	-0,2293	0,2667	-0,1700	0,8000	-0,2263	0,8462	0,5564
	41 DDM 650L DC	+0,2168	0,7604	+0,0205	0,5000	+0,0543	0,4375	+0,1457	0,4231	0,5303
	42 DDM 650L AC	+0,1382	0,5521	-0,2313	0,2333	+0,0543	0,4375	+0,1457	0,4231	0,4115
	43 DDM 650 DC	+0,2168	0,7604	+0,0205	0,5000	-0,0462	0,7125	-0,0905	0,6731	0,6615
	44 DDM 650 AC	+0,1382	0,5521	-0,2313	0,2333	-0,0462	0,7125	-0,0905	0,6731	0,5428
	45 DDM 650 DC-2M	-0,6453	0,0833	-0,2593	0,1889	+0,0833	0,3375	-0,4170	0,9038	0,3784
	46 DDM 650 AC-2M	-0,7302	0,0208	-0,5765	0,0444	+0,0833	0,3375	-0,4170	0,9038	0,4506
	47 DDM 650 LHY	+0,1186	0,5208	+0,2108	0,8333	+0,4022	0,0750	+0,4652	0,1154	0,3861
	48 DDM 650 HY	+0,1186	0,5000	+0,2108	0,8333	+0,2826	0,1250	+0,1457	0,4231	0,4704
	49 DDM 650 ⁶⁾	+0,2220	0,7917	+0,3896	0,9778	-0,1212	0,7750	+0,3672	0,2308	0,6938
	50 DDM 650 ⁷⁾	+0,0362	0,3542	+0,4478	1,0000	-0,0761	0,7500	+0,4652	0,1154	0,5549
	51 DDM 650 DC Frontier	-0,6453	0,1250	-0,2593	0,1889	-0,0362	0,6750	+0,4652	0,1154	0,2761
52 DDM 750 DC-2M	-0,4608	0,2083	-0,2914	0,1333	+0,1320	0,2875	-0,1224	0,7500	0,3448	
53 DDM 750 AC-2M	-0,5205	0,1458	-0,6047	0,0222	+0,1320	0,2875	-0,1224	0,7500	0,3014	
54 DDM 750 HY	-0,1885	0,2500	+0,0125	0,4667	+0,4358	0,0500	+0,1097	0,5769	0,3359	
55 DDM 750 AC	+0,2369	0,8542	-0,0350	0,4000	-0,0090	0,5750	+0,0461	0,6154	0,6112	
Середній рейтинг		0,3849		0,4495		0,3784		0,4948		0,4325

Примітки:

- 1) продукція компанії Soilmec-Branham;
- 2) продукція компанії National-Oilwell;
- 3) продукція компанії Bowen;
- 4) продукція Уралмашзаводу;
- 5) продукція компанії ACB Offshore;
- 6) модифікація з допустимим статичним навантаженням на стовбур 5788 кН;
- 7) модифікація із допустимим статичним навантаженням на стовбур 6500 кН.

• обчислено середній рейтинг для серійних моделей СВП та за номенклатурою виробництва компаній-виробників. Рейтинг моделей, для яких не вдалося здобути повного комплексу одиничних показників, наведено для довідок.

Результати рейтингового аналізу досліджуваної сукупності моделей СВП і продукції їх виробників наведено в таблиці 2.

Висновки

1. Системи верхнього привода бурових установок достатньо повно для розв'язку кваліметричних задач характеризуються сукупністю чотирьох одиничних показників: вантажопідіймальністю, енергооснащенням, застосовністю та матеріаломісткістю. Остаточний вибір конкретної моделі СВП для її придбання, проектування або освоєння виробництвом повинен враховувати також її ціну.

2. Рейтинг моделей СВП, обчислюваний за опрацьованою методикою, є коректною, об'єктивною універсально застосовною безрозмірною оцінкою їх технічного рівня.

3. При впровадженні СВП в Україні шляхом їх закупівлі, придбання ліцензій на їх виробництво рекомендованим партнером є компанія Maritime Hydraulics, чия продукція в цілому нині характеризується найвищим в світі технічним рівнем.

Література

1 Марик В.Б., Козулькевич М.Р. Модернізація бурових установок з метою підвищення ефективності процесу буріння // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2002. – №4(5). – С.95-105.

2 Гличев А.В. Экономическая эффективность технических систем. – М.: Экономика, 1971.

3 Миронов Ю.В., Шмидт А.П. Определение технического уровня комплектов буровых установок по комплексу единичных показателей // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 1999. – № 12. – С.9-11.

4 Крижанівський Є.І., Міронов Ю.В. Системи верхнього привода в бурових установках: Аналітичний огляд параметрів і конструкцій. – Івано-Франківськ: Факел. 2004. – 56 с.

5 Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1970. – 720 с.

УДК 622.24

ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОСТІ ПОГЛИБЛЕННЯ СВЕРДЛОВИНИ ЗА РАХУНОК УДОСКОНАЛЕННЯ ОЧИЩЕННЯ ВИБОЮ ВІД ШЛАМУ

¹Е.М.Барановський, ²В.Р.Возний, ¹В.В.Мазур, ³В.І.Мандрус, ¹А.М.Переяслов

¹ Комплексна лабораторія технології буріння та кріплення свердловин ПВ УкрДГРІ; 79018, м. Львів, вул. Тургенєва, 31-33; к. 45; тел. (032) 2373126; e-mail: pvukrdgri@mail.lviv.ua

²ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42331, 42073 e-mail: public@nung.edu.ua

³ Інститут пожежної безпеки МНС України; 79007, м. Львів, вул. Клепарівська, 35; тел. (032) 2330027

Важным аспектом повышения эффективности бурения является своевременное удаление выбуренного шлама с забоя скважины. Предложены перспективные направления улучшения очистки забоя путём создания местной обратной промывки на забое. На этой основе рассматривается конструкция устройства для очистки забоя скважины от шлама. Приведена методика расчёта гидравлических каналов устройства.

The important aspect of drilling effectiveness increase is timely drilling cuttings removal from the well bottom. The prospective directions of bottom hole cleaning improvement by means of local reverse washing of bottom hole creation are proposed. On this base the design of device for bottom hole desludging is considered. The procedure of device hydraulic courses calculation is adduced.

Підвищення швидкості поглиблення свердловини в значній мірі пов'язано з очищенням її вибою від вибуреного шламу. Буріння свердловини породоруйнівним інструментом характеризується тим, що робочі органи його відокремлюють частинки породи від гірського масиву на вибої і подрібнюють їх до таких розмірів, за яких можливе їх винесення на денну поверхню потоком бурового розчину. За подальшого перемелювання шламу відбувається передчасне зношення озброєння долота, зменшується швидкість буріння і проходка за рейс. Енергомістке перемелювання шламу породоруйнівним інструментом можна попередити шляхом використання пристрою-шламоуловлювача для збирання крупного шламу, встановленого в привибійній зоні свердловини. Однак відомі схеми збору шламу виявились непридат-

ними для безперервного видалення великих частинок вибуреної породи з вибою, а також із привибійної зони свердловини. Крім того, частинки шламу, що мають різні розміри та масу і перешкоджають швидкому підняттю їх у затрубний простір, на них ще впливає потік промивної рідини, який виходить з насадок долота і створює додаткові перешкоди до винесення шламу на поверхню [1, 2, 3, 4].

Проведеними дослідженнями та розрахунками встановлено, що деяка частина шламу залишається на вибої і перемелюється до розмірів, які дають змогу їм піднятися з вибою на денну поверхню. Для того, щоб частинки шламу були винесені в затрубний простір, вони мають пересікти спадні потоки значної енергії, що аж ніяк не сприяє очищенню вибою. Більше того, після зустрічі з вибоєм високошвидкісно-