

ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНИЙ АНАЛІЗ ПІДЙОМНИХ АГРЕГАТІВ ДЛЯ РЕМОНТУ І ОБСЛУГОВУВАННЯ СВЕРДЛОВИН

Ю.В. Міронов, І.І. Авраменко

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська 15, тел./факс (03422) 42353,
e-mail: public@nuing.edu.ua

Метою дослідження є виявлення і математичний опис кореляційних зв'язків, що існують між показниками призначення, енергоозброєністю, масою та ціною підйомних агрегатів для ремонту і обслуговування свердловин, виявлення моделей агрегатів із найкращим відношенням «ціна – якість» та виробників такого обладнання. Зібрано та впорядковано вихідну інформацію, стосовно 101 моделі і модифікації підйомних агрегатів. Віднайдено рівняння функціональних залежностей питомих цін від показників призначення, енергоозброєності та матеріаломісткості. Запропоновано комплексний показник техніко-економічної ефективності, його числові значення обчислено для кожного з досліджуваних агрегатів. Отримані результати можуть бути використані при визначенні конкурентоспроможності на внутрішньому ринку та в експортно-імпорتنних операціях, для оцінки доцільності розроблення та впровадження у виробництво нових моделей агрегатів, у розв'язанні проблем оновлення експлуатованого парку.

Ключові слова: підйомні агрегати для ремонту свердловин, функціонально-вартісний аналіз, техніко-економічна ефективність

Целью исследования является установление и математическое описание корреляционных связей, существующих между показателями назначения, энерговооруженностью, массой и ценой подъемных агрегатов для ремонта и обслуживания скважин, выявления моделей агрегатов с наилучшим соотношением «цена - качество» и производителей такого оборудования. Собраны и систематизированы исходные данные, касающиеся 101 модели и модификации подъемных агрегатов. Найдены уравнения функциональных зависимостей удельных цен от показателей назначения, энерговооруженности и материалоемкости. Предложен комплексный показатель технико-экономической эффективности, его числовые значения определены для каждого из исследуемых агрегатов. Полученные результаты могут использоваться при определении конкурентоспособности на внутреннем рынке и в экспортно-импортных операциях, для оценки целесообразности разработки и постановки на производство новых моделей агрегатов, в решении задач обновления эксплуатируемого парка.

Ключевые слова: подъемные агрегаты для ремонта скважин, функционально-стоимостной анализ, технико-экономическая эффективность

The investigation object is the ascertainment and the mathematical formulation of the correlation relations existent between destination factors, installed power, weight and price of workover rigs, the revelation of rig models, characterized by the best price-quality ratio, and their manufacturers. The input data relative to 101 rig models were collected and systematized. The fitted equations describing functional dependences of specific prices on loading capacity, maximum well depth, installed power and weight were obtained by regression procedure. The complex technical and economic efficiency index of workover rigs was proposed, his value was calculated for every model. The obtained results can be used in competitiveness determination in the world and internal market, for expediency of new models elaboration and production, in renovation problems solution.

Key words: workover rigs, functional-cost analysis, technical and economic efficiency

Малопродуктивні свердловини, важковидобувні і в значному ступеню вичерпані запаси вуглеводнів в Україні спричиняють потребу в щорічному зростанні чисельності фонду експлуатаційних свердловин принаймні для стабілізації обсягів видобутку. Відповідним чином зростає потреба в технічному оснащенні робіт з ремонту і обслуговування експлуатаційних свердловин, збільшуються і переносяться на собівартість видобутої продукції витрати на його придбання та утримання. Наземне і, особливо, свердловинне устаткування для видобутку має незадовільні показники надійності, через що міжремонтні періоди є короткими, а простой продуктивних свердловин в ремонті та його очікуванні - частими і тривалими.

Одним з потенційних шляхів покращання ситуації є оновлення парку підйомних агрегатів для ремонту і обслуговування свердловин, комплектація його сучасними високоефектив-

ними моделями. Завдяки цьому стане можливим підвищити продуктивність праці в підземному і капітальному ремонті, скоротити тривалість простоїв продуктивних свердловин, зменшити чисельність експлуатованого парку агрегатів та пов'язані з нею витрати.

Задача створення ефективного парку ремонтних підйомних агрегатів має двоваріантний розв'язок: імпорт обладнання або організація власного його виробництва в Україні, можливо та в перспективі найбільш імовірно є комбінація цих варіантів. Другий варіант має низку соціальних, економічних і технічних переваг, але його реалізація потребує тривалого часу на розроблення обладнання та освоєння його виробництва. Незалежно від того, чи буде перспективний парк складатися з агрегатів власного виробництва, чи імпорتنних, вони повинні відповідати наступним обов'язковим вимогам:

– найповніша відповідність вимогам, що їх ставлять умови експлуатації;

– найкраще співвідношення «ціна - якість».

Сьогодні світовий ринок пропонує споживачеві надзвичайно широкий модельний ряд підйомних агрегатів із різними монтажно-транспортними базами, приводами різних типів, технічними показниками і цінами в широкому діапазоні значень. Таке розмаїття разом із відсутністю чітких критеріїв для оцінки якості значно ускладнює розв'язок проблеми оптимального вибору агрегатів на заміну тим, що вилучаються з експлуатації, та на розширення парку. Її успішний розв'язок можливий лише за наявності актуальної, достовірної та місткої інформаційної бази.

Свою задачею співавтори вбачають дослідження техніко-економічної ефективності підйомних агрегатів в якомога ширшій номенклатурі, пошук найкращих моделей та їх виробників, створення інформаційного продукту, придатного до багатofункціонального практичного використання. Близька за змістом задача розглядалася в попередніх публікаціях, які стосувалися іншого об'єкту дослідження [1], або в яких розглядалися недостатньо репрезентативні вибірки [2].

Задача оптимального вибору моделі підйомного агрегату виникає доволі часто, зокрема:

- при розробці нових моделей проектно-конструкторськими та науково-дослідними установами, виборі прототипів, опрацюванні, експертизі та затвердженні технічних завдань на проектування;

- при створенні, реновації або розширенні парку підйомних агрегатів експлуатаційним підприємством, укладенні угод на постачання, придбання, складанні специфікацій на виготовлення;

- при розробці, експертизі та затвердженні технічних умов до контрактів на імпортні поставки агрегатів в Україну або придбанні ліцензій на їх виробництво;

- при визначенні конкурентоспроможності планованої машинобудівним підприємством до освоєння виробництвом продукції.

Задача вибору моделі підйомного агрегату з-поміж таких, що за своїми технічними характеристиками відповідають умовам застосування, належить до категорії оптимізаційних, її цільовою функцією служить максимум відношення одержаного корисного ефекту до сумарних приведених витрат на його реалізацію, одним з можливих варіантів її розв'язку є застосування методів функціонально-вартісного аналізу [3].

Джерелами вихідної інформації для аналізу послужили матеріали, викладені в каталогах, композит-каталогах, проспектах компаній-виробників та технічній літературі - перелічені нижче паспортні показники серійних моделей агрегатів для ремонту та обслуговування свердловин:

- допустиме навантаження на підйомний гак $P_{доп}$ при максимальній паспортній кратності оснастки талевої системи, кН;

- максимальна глибина $L_{макс}$ свердловини, ремонтної (обслуговуваної) із застосуванням НКТ діаметром 73 мм, м.

- встановлена потужність головного привода $N_{пр}$, кВт; для агрегатів – це потужність двигунів лебідково-щоглового блока, потужність тягового двигуна самохідного шасі, якщо такий використовується для привода технологічного обладнання;

- маса M комплекту устаткування в типовій заводській комплектації, кг.

Поряд із переліченим вихідною інформацією також є ціна C комплектного агрегату в типовій комплектації постачальника, приведена до єдиного в часі рівня та до єдиної валюти (у.о.).

Разом зібрано технічні показники та ціни 101 серійної моделі агрегатів для ремонту і обслуговування свердловин. Виробниками розглядуваних агрегатів є 30 машинобудівних компаній із семи країн світу. Хоча частина з компаній-виробників з різних причин нині не існує, виготовлена за їх проектно-конструкторською документацією продукція перебуває в експлуатації, продовжує виготовлятися та пропонується на ринку. Перелік досліджуваних моделей підйомних агрегатів містить сучасну номенклатуру виробництва американських, білоруських, китайських, німецьких, російських, румунських та українських виготовлювачів. На жаль, жодний виробник із країн з ринковою економікою (США, Канади, КНР, ФРН) не дає у доступних джерелах ніякої інформації стосовно вартості пропонованої ним продукції, роблячи її комерційною таємницею, зумовлюючи її змістом контракту на придбання, комплектністю, способом відвантаження, числом придбаних комплектів, умовами післяпродажного сервісу, функцією багатьох інших чинників. Підйомні агрегати комплектуються за специфікацією покупця, і ціна на них є договірною, в таких умовах має місце варіація технічних показників, комплектності та ціни. Лише виробники з країн СНД регулярно публікують фіксовані ціни на свою продукцію, яка не відрізняється розмаїттям номенклатури, у відкритих виданнях [4]. Із вказаних причин вихідні дані для аналізу стосуються лише тих моделей ремонтних агрегатів, які різного часу були імпортовані в Україну. Створення масиву вихідних даних було ускладнено такими чинниками, як виробництво агрегатів однакових моделей на різних монтажно-транспортних базах, їх комплектація двигунами різних моделей із різними встановленими потужностями.

Деякі виробники на базі однієї моделі виготовляють численні модифікації, які різняться між собою комплектністю та відповідними параметрами. В усіх випадках, коли це виявилось можливим, такі модифікації розглянуто як окремі різновиди устаткування. Жоден із виробників не надає ніякої інформації стосовно на-

Таблиця 1 – Структура, склад і чисельність досліджуваної сукупності підйомних агрегатів

Умовний порядковий номер, виробник, країна	Число моделей разом	Класи агрегатів - число моделей в них ¹⁾
I Dongying Jianxin Petroleum Equipment Co., КНР	1	1-1
II ВАТ «Красний пролетарій», РФ	5	2-4; 3-1
III Ideco Dresser Industries, США	1	5-1
IV SJ Petroleum Machinery Co., КНР	1	5-1
V ЗАТ «Industrial Point», РФ	1	4-1
VI Upet-OM3, Румунія	1	3-1
VII ВАТ «Азнафтохіммаш», Азербайджан	7	1-5; 2-1; 3-1
VIII Волгоградський завод бурової техніки, РФ	1	5-1
IX Bentec Drilling & Oilfield Division, ФРН	1	4-1
X Брянський завод колісних тягачів, РФ	1	2-1
XI ВАТ Стрийський завод «Металіст», Україна	4	2-3; 3-1
XII АТ «Петропавлівський завод важмаш», Казахстан	7	2-5; 3-1; 4-1
XIII ВАТ «Ішимбайський машинобудівний завод», РФ	1	3-1
XIV ВАТ Механічний завод «Калязінський», РФ	6	2-6
XV ВАТ «Кунгурський машинобудівний завод», РФ	12	1-1; 2-3; 3-6; 4-2
XVI ВАТ «Виробниче об'єднання Єлабузький автомобільний завод», РФ	4	1-3; 2-1
XVII ТОВ «Ідель Нафтомаш», РФ	7	2-4; 3-3
XVIII ДП «Харківський завод транспортного устаткування», Україна	4	1-1; 2-2; 3-1
XIX ВАТ «Промислове нафтогазове об'єднання», РФ	11	1-6; 2-4; 3-1
XX ВАТ «Сейсмотехніка», Білорусь	2	2-2
XXI ВАТ «Сумське машинобудівне науково-виробниче об'єднання ім. М.В. Фрунзе», Україна	2	2-1; 3-1
XXII ВАТ «Бежицький дослідно-експериментальний завод», РФ	2	4-2
XXIII National Oilwell Varco, США	7	4-4; 5-3
XXIV RG Petro-machinery Co., КНР	1	2-1
XXV Taylor Rigs LLC, США	6	4-3; 5-3
XXVI ТОВ «Інформресурс», РФ	1	1-1
XXVII ВАТ «Зеленодольський завод ім. О.М. Горького», РФ	1	1-1
XXVIII ВАТ «Нижегородський машинобудівний завод», РФ	1	1-1
XXIX ТОВ «Нафтокамський машинобудівний завод», РФ	1	1-1
XXX Машинобудівний завод ім. Саттархана, Азербайджан	1	2-1

Примітка: ¹⁾ - перша цифра - клас, друга - число моделей агрегатів у класі

сосної частини і циркуляційної системи агрегатів, як їх складових. З цього випливає висновок стосовно того, що назване обладнання не входить до відомості обов'язкової комплектації, кожний споживач комплектує ним агрегати на власний розсуд, вибираючи його параметри відповідно до своїх умов застосування.

Сукупність моделей ремонтних агрегатів, підданих дослідженню, являє собою лише певну частку сучасної номенклатури світового виробництва, її обмеженість зумовлена недоступністю інформації стосовно цін.

Параметри призначення розглянутої сукупності обмежено умовами: допустиме навантаження на гак – $300 \leq P_{дон} \leq 1300$ кН; максимальна глибина ремонтних (обслуговуваних) свердловин – $1000 \leq L_{макс} \leq 7000$ м.

Зібрана вихідна інформація свідчить про стабільність номенклатури світового виробництва підйомних агрегатів - численні моделі, що фігурують в каталогах тридцятирічної давності, серійно виготовляються донині.

При впорядкуванні вихідної інформації усю сукупність досліджуваних агрегатів поділено за числовими значеннями параметра призначення - вантажопідйомності $P_{дон}$ на 5 класів: 1 – $P_{дон} \leq 400$ кН; 2 – $401 < P_{дон} \leq 600$ кН; 3 – $601 \leq P_{дон} \leq 800$ кН; 4 – $801 \leq P_{дон} \leq 1000$ кН; 5 – $P_{дон} \geq 1001$ кН.

Диференційована за класами та виробниками структура досліджуваної сукупності агрегатів наведена в таблиці 1.

Число розглянутих серійних моделей агрегатів у кожному із п'яти зазначених вище класів становить відповідно: 27 (26,7%), 34 (33,6%), 19 (18,8%), 12 (11,8%), 9 (9,1%).

Повна інформація про досліджувану сукупність підйомних агрегатів, впорядкована за зростанням чисельних значень показника вантажопідйомності $P_{дон}$, наведена в таблиці 2. В ній прийнято умовна нумерація виробників, ідентична застосованій в таблиці 1.

Таблиця 2 – Вихідна інформація до функціонально-вартісного аналізу агрегатів для ремонту і обслуговування свердловин

Виробник	Модель агрегату	Ціна C , у.о.	Паспортні технічні показники			
			$P_{\text{лон}}$, кН	$L_{\text{макс}}$, м	$N_{\text{пр}}$, кВт	M , кг
1	2	3	4	5	6	7
Агрегати з $P_{\text{дон}} \leq 400$ кН						
I	1 WGG5240TXJ	136384	300	2500	196	25400
XIX	2 А2-32К	85300	320	2500	165	20000
XIX	3 А2-32	76800	320	2500	176	20000
XXVI	4 АПРС-32	126360	320	2000	176	20000
XIX	5 А4-32	79500	320	2500	243	20600
VII	6 АзИнМаш-37А	80160	320	2900	165	20400
VII	7 УПА-32	87000	320	1600	220	20000
VII	8 УПГА-32	97000	320	2000	176	20600
XXVII	9 УРГ-32	29430	320	1600	191	20900
XIX	10 УПТ-32	32040	320	2000	103	22600
XVIII	11 УПР-32Т	102640	320	2500	191	20700
XII	12 АПРС-40М	94460	400	2000	176	24000
XIX	13 А5-40М	127600	400	3000	169	20800
XI	14 АОРС-40	108000	400	2500	166	30100
XII	15 АПРС-40К	88160	400	2500	191	19000
XII	16 АПРС-40У	104500	400	2500	115	23900
XXVIII	17 АПРС-40	60700	400	2500	220	21200
XII	18 ПТП-40	145000	400	1000	132	26000
XXIX	19 УП-32/40	99330	400	3000	169	21000
VII	20 АР-40	95000	400	3000	330	22000
XIV	21 УПБ-40А	68010	400	3000	176	19800
XIV	22 УПТ-40	81430	400	3500	165	26200
XIV	23 АР32/40М	237880	400	2000	315	21300
XIX	24 АР32/40М.011	121850	400	2000	243	22000
XIX	25 СУРС-40	130867	400	2500	176	25000
XV	26 АР-32	150800	400	2500	165	21600
VII	27 АзИнМаш-40	95000	400	3000	330	22000
Агрегати з $401 \leq P_{\text{дон}} \leq 600$ кН						
XVI	28 АПРС-50К	152310	500	2500	243	25200
II	29 А5-40ТС	182120	500	1000	176	22300
XVI	30 АПРС-50П	172800	500	2500	176	21000
XVI	31 АПРС-50КАМ	128140	500	2500	243	25200
XV	32 АР-50	117220	500	3000	243	30000
XVII	33 Ідель-50	137410	500	3500	243	28000
XII	34 ПАП-50	120860	500	3500	220	24600
XXX	35 УПТ1-50Б	130460	500	3500	188	25700
XIX	36 УП-50Т	81430	500	3500	176	28000
XIV	37 УПТ1-50	237880	500	3500	188	22600
XIV	38 УПБ-50А	121850	500	3000	176	23800
XIV	39 УПТ-50	130867	500	3500	165	28000
XVIII	40 УПА-50-1У	110000	500	3500	176	29700
II	41 А7-60	334760	588	3500	354	35100
XV	42 АР-60Н	160000	589	3000	243	32000
XVII	43 А-50МБ	154000	600	4200	176	28000
XX	44 А-50М	147000	600	4200	176	25200
XXI	45 АК-60	149000	600	3000	166	39000
XI	46 АОРС-60Т	156050	600	1000	165	29100
XI	47 АОРС-60	165000	600	1000	243	32300
II	48 А7-60М	295000	600	3500	243	35100
XV	49 АР-60	129960	600	3000	243	32000
XVI	50 АПР-60/80	158940	600	3400	243	29400

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7
Агрегати з $401 \leq P_{дон} \leq 600$ кН (продовження)						
VII	51 АзИнМаш-60	120000	600	3000	176	24800
XVII	52 УПА-60	166220	600	3200	243	26800
XVIII	53 УПА-60Х	128000	600	3000	176	29700
XX	54 УПР-60/80 БГ	209070	600	3200	294	40000
XIV	55 УПБ-60А	154300	600	3000	243	28000
XVII	56 УПА-60А(60/80)	215790	600	3500	132	24200
XIX	57 УПА-60М	183740	600	3200	176	24000
II	58 УПА-60А(60/80)	248910	600	3500	132	24200
XXX	59 УПА-60А 60/80М	208510	600	4000	147	28000
XIII	60 УПА-60А	150660	600	3000	132	26200
Агрегати з $601 \leq P_{дон} \leq 800$ кН						
XVII	61 КВМ-60	81000	691	3000	243	35600
XV	62 А60/80М1 БАЗ	198670	780	4000	298	44000
XV	63 А60/80М1 МЗКТ	215230	780	4000	345	53000
XV	64 А60/80 М	189040	780	4000	243	32000
XVII	65 Ідель-80	213800	800	4000	243	32000
XII	66 ПАП-60 (60/80)	300000	800	4000	220	28000
XXI	67 КОРО-1-80	380000	800	3500	425	51700
VII	68 АзИнМаш-80	400000	800	5000	330	25900
XV	69 А60/80	220000	800	4000	220	32000
II	70 А8-80	81430	800	4000	220	38000
XI	71 АОРС-80	130000	800	3500	242	30100
XVII	72 Ідель-80 БАЗ	248900	800	4000	294	39500
XV	73 УПА-60А (60/80)	182080	800	3500	243	29200
XV	74 УПА-80	298000	800	5000	243	35000
V	75 УПР-60/80 Б	323890	800	4000	294	45700
XVIII	76 УПА-80ПХ	220000	800	3500	243	31000
XIX	77 УПА-80 М	312920	800	5000	243	27000
XXII	78 УПА-60/80	189250	800	5000	243	37800
Агрегати з $801 \leq P_{дон} \leq 1000$ кН						
XXV	79 FF400	580000	820	4500	320	35900
XXIII	80 Super 32	560000	840	3500	242	36400
XXIII	81 Franks 658	620000	840	3450	242	36400
XXIII	82 Franks 1058	750000	890	3200	257	45500
XXIV	83 XJ90	675000	900	4000	350	35600
XXV	84 Ti-400	487000	912	4270	312	36400
XXV	85 FF600	525000	950	4500	360	39500
XXIII	86 Franks 1287	750000	980	4450	242	38200
XV	87 АРБ-100 МЗКТ	980000	981	5000	352	57000
XV	88 АРБ-100 БАЗ	1050300	981	5000	345	48000
XII	89 ПАП-80 (80/100)	324500	1000	4000	294	44400
IX	90 AD 520	780150	1000	5500	345	66000
XXII	91 УПБ-100 КрА3	502540	1000	5000	294	28400
VI	92 TW-80-CA-A5	1002100	1000	4800	457	49900
Агрегати з $P_{дон} \geq 1001$ кН						
III	93 Ideco H30	900000	1020	4500	243	46000
XXIII	94 Super 38	520000	1020	4500	242	41500
XXV	95 Ti-500	635000	1080	5000	350	40000
XXV	96 C500	690500	1080	5000	350	41500
XXV	97 500HP	710000	1080	4800	404	42000
VIII	98 P-125	1096000	1250	6500	270	65000
XXIII	99 Hopper	480000	1330	4500	415	46900
XXIII	100 Cabot 750	866250	1330	4200	515	46900
IV	101 XJ650	550000	1350	7000	357	56000

Таблиця 3 – Розрахункові питомі ціни до функціонально-вартісного аналізу агрегатів для ремонту, обслуговування, випробування і освоєння свердловин

Модель агрегату	Показники питомої ціни				Модель агрегату	Показники питомої ціни			
	$C/P_{\text{ар}}$ у.о./кН	$C/L_{\text{лр}}$ у.о./м	$C/N_{\text{лр}}$ у.о./кВт	C/M , у.о./кг		$C/P_{\text{ар}}$ у.о./кН	$C/L_{\text{лр}}$ у.о./м	$C/N_{\text{лр}}$ у.о./кВт	C/M , у.о./кг
1 WGG5240ГХJ	455	55	696	5,37	51 УПА-60	277	52	684	6,20
2 А2-32К	267	34	517	4,27	52 УПА-60Х	213	43	727	4,31
3 А2-32	240	31	436	3,84	53 УПР-60/80 БГ	348	65	711	5,23
4 АПРС-32	395	63	718	6,32	54 УПБ-60А	257	51	635	5,51
5 А4-32	248	32	327	3,86	55УПА-60А (60/80)	360	62	1630	8,92
6 АзИнМаш-37А	251	28	486	3,93	56 УПА-60М	306	57	1044	7,66
7 УПА-32	272	54	395	4,35	57УПА-60А (60/80)	415	71	1880	10,29
8 УПГА-32	303	49	551	4,71	58УПА-60А 60/80М	348	52	1418	7,45
9 УРГ-32	279	55	468	4,28	59 УПА-60А	251	50	1138	5,75
10 УПР-32Г	321	41	537	4,96	60 А60/80М1 БАЗ	255	50	667	4,52
11 АПРС-40М	236	47	537	3,94	61 А60/80М1 МЗКТ	276	54	624	4,06
12 АПРС-40У	261	41	909	4,37	62 А60/80 М	241	47	778	5,91
13 А5-40М	319	43	755	6,13	63 Ідель-80	267	53	880	6,68
14 АОРС-40	270	43	651	3,59	64 ПАП-60 (60/80)	375	75	1064	10,71
15 АПРС-40К	220	35	462	4,64	65 КОРО-1-80	475	79	894	7,35
16 АПРС-40	152	24	276	2,86	66 АзИнМаш-80	500	80	1212	15,44
17 ПТП-40	363	45	598	5,58	67 А60/80	275	55	1000	6,88
18 УП-32/40	248	33	588	4,73	68 А8-80	302	50	370	5,14
19 АР-40	238	32	288	4,32	69 АОРС-80	163	37	537	4,32
20 УПБ-40А	170	23	386	3,43	70 Ідель-80 БАЗ	311	62	847	6,30
21 УПТ-40	290	33	702	4,42	71 УПА-60А (60/80)	288	52	749	6,24
22 АР32/40М	299	60	379	5,61	72 УПА-80	373	60	1226	8,51
23АР32/40М.011	394	79	648	7,16	73 УПР-60/80 Б	405	81	1102	7,09
24 СУРС-40	388	62	881	6,20	74 УПА-80ПХ	275	63	905	7,10
25 АР-32	204	33	494	3,77	75 УПА-80 М	391	63	1288	11,59
26 АзИнМаш-40	238	32	288	4,32	76 УПА-60/80	237	38	779	5,01
27 АПРС-50К	476	95	979	9,44	77 FF400	707	129	1813	16,16
28 А5-40ТС	244	52	692	5,46	78 Super 32	667	160	2314	15,38
29 АПРС-50П	262	52	744	6,23	79 Franks 658	738	180	2562	17,03
30 АПРС-50КАМ	302	60	621	5,98	80 Franks 1058	843	234	2918	16,48
31 АР-50	305	51	627	5,08	81 XJ90	750	169	1928	18,96
32 Ідель-50	364	52	749	6,50	82 Ti-400	534	114	1561	13,38
33 ПАП-50	346	49	785	7,02	83 FF600	553	117	1458	13,29
34 УПТ1-50Б	356	37	694	4,99	84 Franks 1287	765	169	3099	19,63
35 УП-50Г	234	33	666	4,19	85 АРБ-100 МЗКТ	899	196	2784	17,19
36 УПТ1-50	275	39	566	6,08	86 АРБ-100 БАЗ	710	210	3044	21,88
37 УПБ-50А	242	40	687	5,08	87 ПАП-80 (80/100)	525	181	1604	12,31
38 УПТ-50	261	37	791	4,66	88 AD 520	780	142	2261	11,82
39 УПА-50-1У	220	31	625	3,70	89 УПБ-100 КрАЗ	503	101	1709	17,70
40 А7-60	569	86	946	9,54	90 TW-80-СА-А5	1002	208	2192	20,08
41 АР-60Н	272	53	658	5,00	91 Ideco H30	682	200	1704	19,57
42 А-50МБ	257	37	875	4,33	92 Super 38	510	116	2149	12,53
43 А-50М	245	35	835	4,58	93 Ti-500	588	127	1814	15,88
44 АК-60	248	50	898	3,82	94 С500	639	138	1973	16,64
45 АОРС-60Т	260	56	943	5,36	95 500HP	657	148	1757	16,90
46 АОРС-60	275	65	679	5,11	96 P-125	877	169	2059	16,86
47 А7-60М	292	64	514	8,40	97 Hopper	861	176	1557	10,23
48 АР-60	217	43	535	4,06	98 Cabot 750	651	206	1682	18,47
49 АПР-60/80	265	47	654	5,41	99 XJ650	407	179	1541	18,82
50 АзИнМаш-60	200	40	682	4,84					

Вихідна інформація в первинному варіанті для цілей функціонально-вартісного аналізу непридатна; без жодних розрахунків і аналізу є очевидним, що важкий агрегат з більшою вантажопідйомністю буде дорожчим. Число агрегатів з числовими значеннями технічних показників, що цілком збігаються, є недостатнім для отримання достовірних результатів. Тому вихідні дані трансформовано, за значеннями показників $P_{дон}$, $L_{макс}$, N_{np} , M та цін C агрегатів кожної моделі обчислені питомі ціни (таблиця 3):

- за одиницю допустимого навантаження на підйомний гак $C/P_{дон}$, у.о./кН;
- за одиницю максимальної глибини свердловини $C/L_{макс}$, у.о./м;
- за одиницю встановленої потужності головного привода C/N_{np} , у.о./кВт;
- за одиницю маси C/M , у.о./кг.

З питомих цін та відповідних аргументів утворено чотири двовимірні вибірки, що розглядаються як реалізації випадкових функцій

$$\begin{aligned} C/P_{дон} &= f_1(P_{дон}), & C/L_{макс} &= f_2(L_{макс}), \\ C/N_{np} &= f_3(N_{np}), & C/M &= f_4(M). \end{aligned}$$

Такий підхід дає змогу уникнути «зважування» даних за числом агрегатів у класі, досягти спільномірності досліджуваних показників агрегатів усіх класів, отримати репрезентативні вибірки та статистичні оцінки емпіричних розподілів і генеральних сукупностей із максимально можливою точністю.

Наведені в таблиці 3 масиви числових значень названих питомих цін піддано перевірці на приналежність до однієї генеральної сукупності, після вилучення неоднорідних членів остаточне число пар значень в кожній з чотирьох двовимірних вибірок становить 99.

Методами регресійного аналізу віднайдено апроксимуючі функції (1-4), позбавлені локальних екстремумів в області існування аргументу від його мінімуму до максимуму, якими з найменшими середньоквадратичними відхиленнями описуються досліджувані емпіричні залежності та які мають фізичний зміст середньостатистичного цінового рівня за кожним з чотирьох показників.

$$C/P_{дон} = f_1(P_{дон}) = 211 \cdot e^{9,5 \cdot 10^{-7} \cdot P_{дон}^2}; \quad (1)$$

$$C/L_{макс} = f_2(L_{макс}) = 61,1 + 1,7 \cdot 10^{-6} \cdot L_{макс}^2; \quad (2)$$

$$C/N_{np} = f_3(N_{np}) = 102 \sqrt{N_{np}} - 395; \quad (3)$$

$$C/M = f_4(M) = 8,6 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{M} - 6,8. \quad (4)$$

Графіки функцій (1-4), подані на рисунках 1-4, відображують середньостатистичні рівні питомих цін - функцій відповідних аргументів, віднайдені для досліджуваної сукупності моделей агрегатів, яка відображує сучасну номенклатуру їх світового виробництва.

Одержані результати застосовні для розв'язання вказаних нижче та багатьох інших задач:

- оцінки економічної доцільності придбання серійних агрегатів із відомими технічними показниками та ціною;

- порівняння ціни серійного агрегату, освоєної або освоєної виробництвом моделі з відомими технічними показниками із середньостатистичним рівнем цін;

- прогнозування конкурентоспроможності на внутрішньому та світовому ринку нової моделі агрегату, щодо якої вирішується задача доцільності серійного виробництва;

- виявлення у складі експлуатованого парку агрегатів, що підлягають першочерговому вилученню з експлуатації та заміні з техніко-економічних міркувань;

- складання планів реновації експлуатованого парку агрегатів з найефективнішим використанням інвестиційних коштів.

Однак, цілком імовірною є ситуація, в якій агрегат конкретної моделі має високі значення одного або декількох показників і одночасно при тому незадовільні значення їх решти. В таких випадках, за наявності серед показників $P_{дон}$, $L_{макс}$, N_{np} , M одного пріоритетного, тобто найважливішого в умовах експлуатації, для яких вибирається агрегат, відповідне рівняння з сукупності (1-4), розв'язується відносно C при визначеній величині пріоритетного параметра і, таким чином, визначається середньостатистична лімітна ціна вибраного ремонтного агрегату. За відсутності (невизначеності) пріоритетів для сукупності пропонувані на ринку моделей ремонтних агрегатів за виразом (5) обчислюється значення комплексного показника K_{me} техніко-економічної ефективності:

$$K_{me} = (P_{дон} \cdot L_{макс} \cdot N_{np}) / (C \cdot M). \quad (5)$$

Чисельник виразу (5) являє собою добуток параметрів призначення і продуктивності, що в опосередкований спосіб визначає розмір корисного ефекту, який можливо отримати від застосування досліджуваного підйомного агрегату. Добуток параметрів у знаменнику служить непрямою мірою витрат на створення та утримання агрегату в експлуатації. Загалом показник K_{me} являє собою аналог інтегрального показника якості промислової продукції [5]. Значення показника K_{me} обчислені для агрегатів усіх 99 моделей, впорядковані за зменшенням по класах і вміщені в таблицю 4, в якій для зручності користування збережено нумерацію моделей агрегатів, прийняту в таблиці 2.

Порівняння між собою даних, вміщених в стовпцях 2 і 6 таблиці 4, за усіма класами переконливо свідчить про відсутність функціонального і навіть кореляційного зв'язків між показником K_{me} і параметрами призначення агрегатів. В протилежному випадку було б неможливим створити агрегат в певному класі із комплексним показником K_{me} техніко-економічної ефективності, більшим за аналогічний показник агрегатів легшого або важчого класу.

Розглянуту сукупність моделей досліджуваних ремонтних агрегатів ще один раз перегруповано в кожному класі за зменшенням числового значення показника, таким чином з-поміж розглянутих виявлено моделі з найвищою

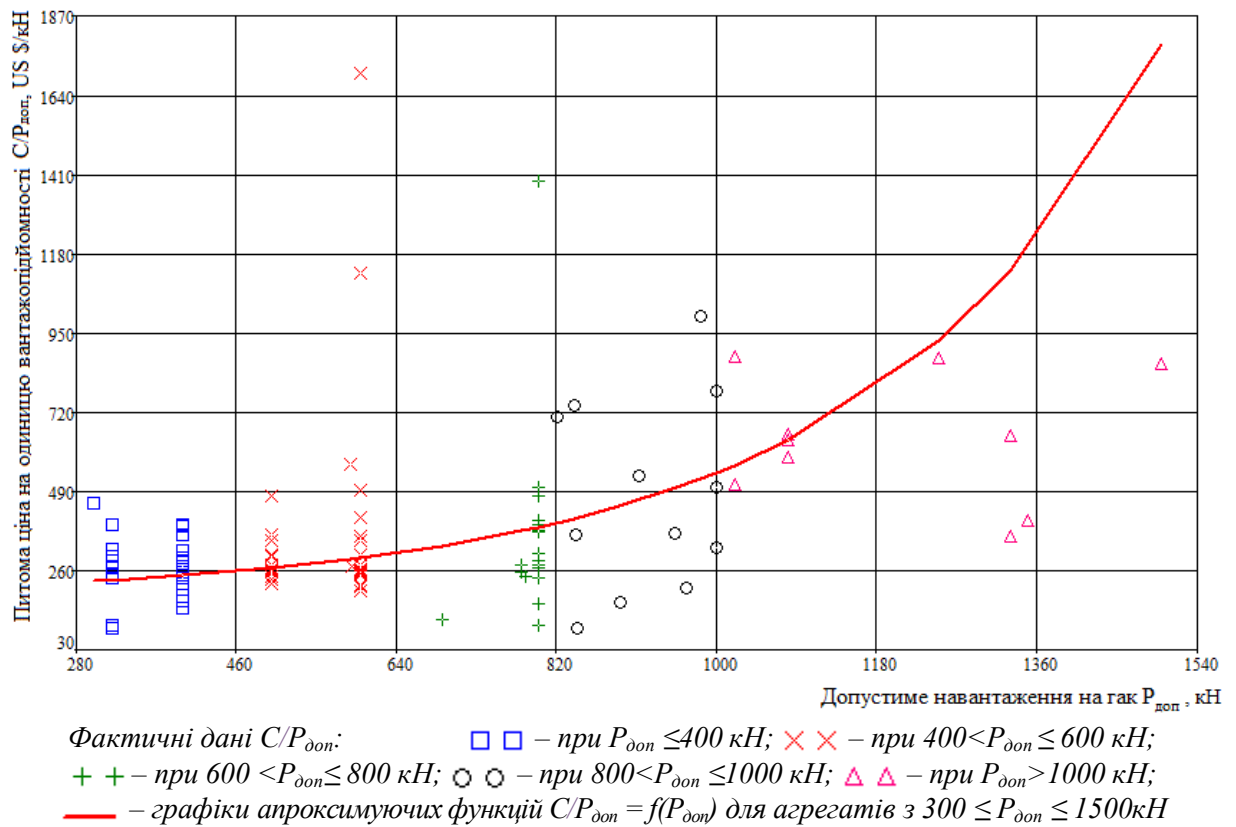


Рисунок 1 – Залежність питомої ціни $C/P_{\text{доп}}$ від допустимого навантаження $P_{\text{доп}}$ на підйомний гак

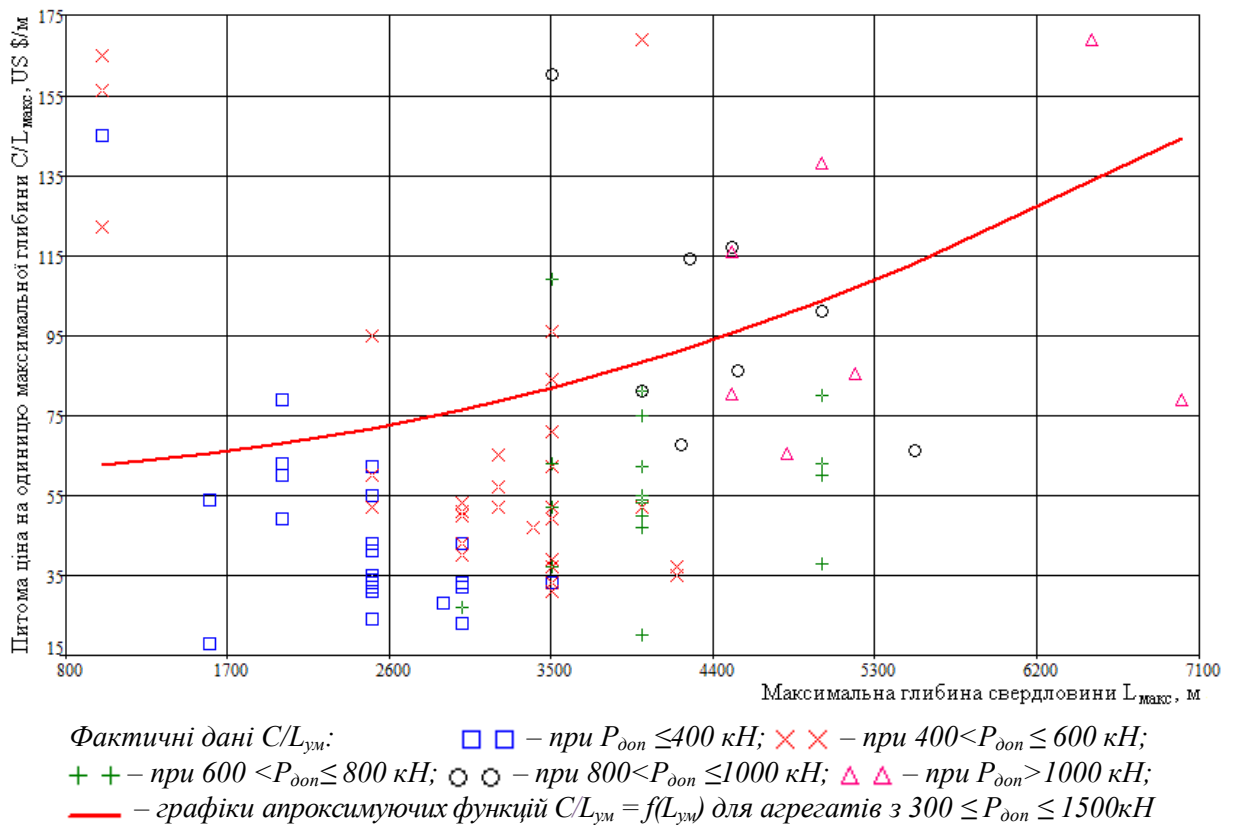
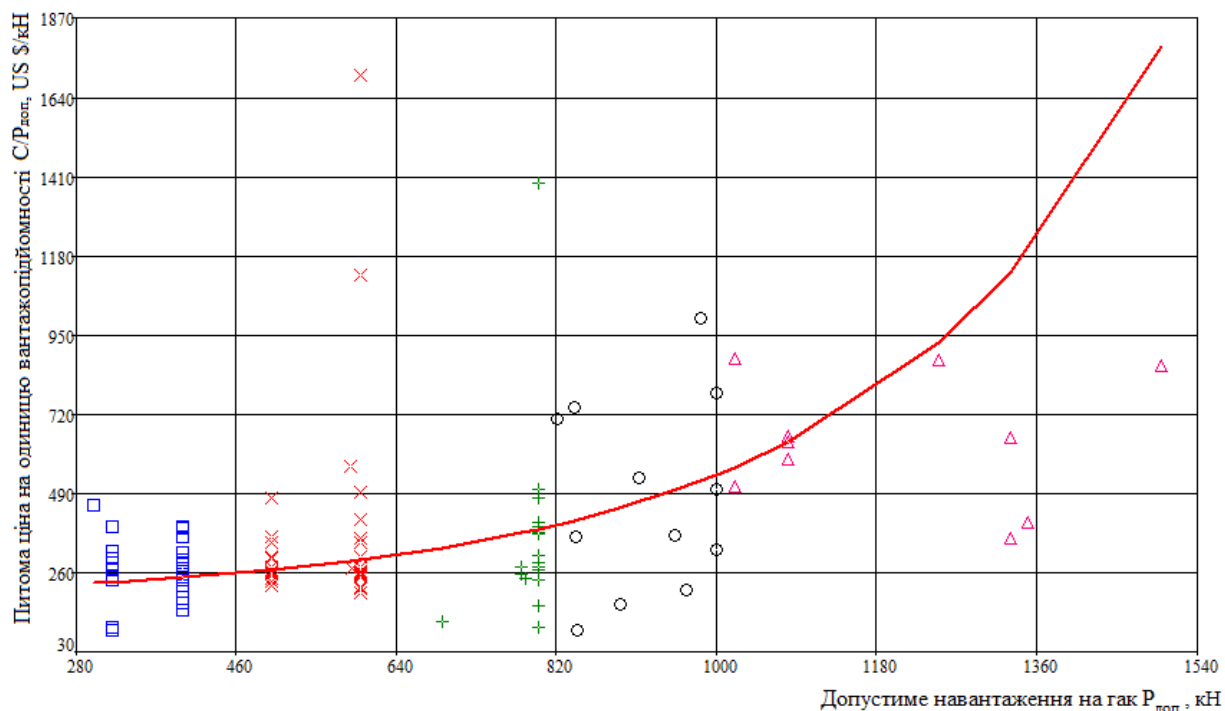
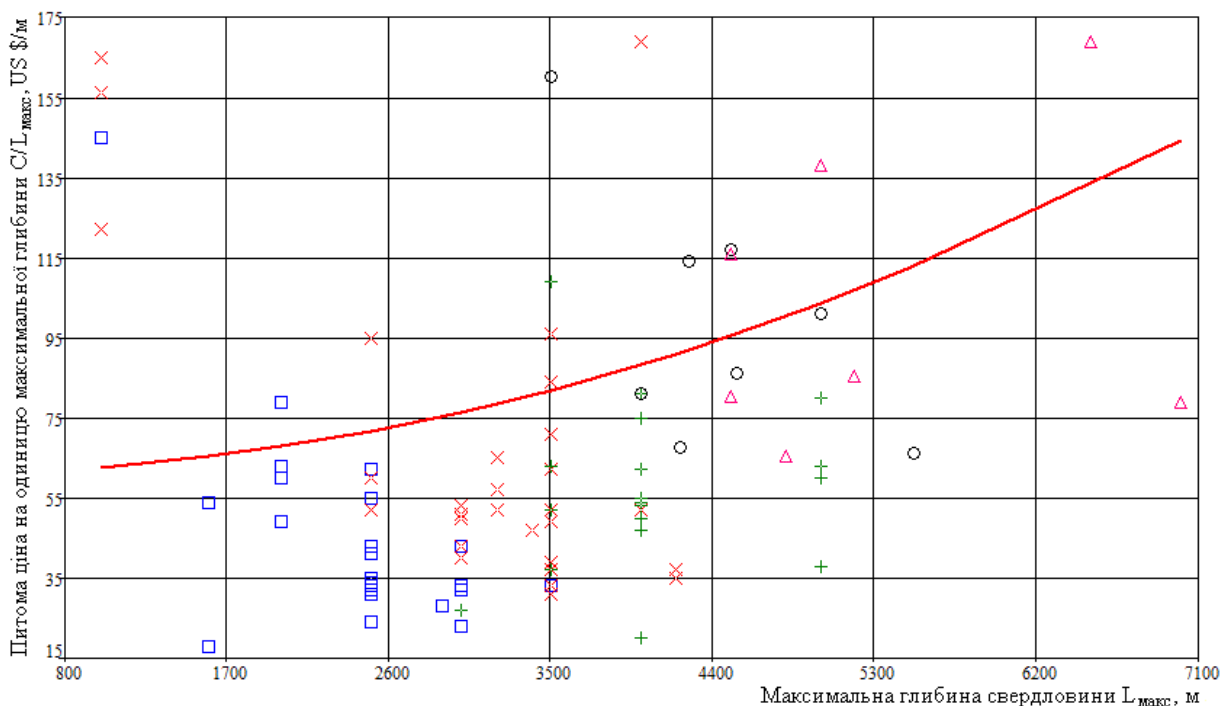


Рисунок 2 – Залежність питомої ціни $C/L_{\text{ум}}$ від глибини $L_{\text{ум}}$ свердловини



Фактичні дані $C/N_{пр}$: $\square \square$ – при $P_{доп} \leq 400$ кН; $\times \times$ – при $400 < P_{доп} \leq 600$ кН;
 $++$ – при $600 < P_{доп} \leq 800$ кН; $\circ \circ$ – при $800 < P_{доп} \leq 1000$ кН; $\triangle \triangle$ – при $P_{доп} > 1000$ кН;
 — — — графіки апроксимуючих функцій $C/N_{пр} = f(N_{пр})$ для агрегатів з $300 \leq P_{доп} \leq 1500$ кН

Рисунок 3 – Залежність питомої ціни $C/N_{пр}$ від потужності $N_{пр}$ головного привода



Фактичні дані C/M : $\square \square$ – при $P_{доп} \leq 400$ кН; $\times \times$ – при $400 < P_{доп} \leq 600$ кН;
 $++$ – при $600 < P_{доп} \leq 800$ кН; $\circ \circ$ – при $800 < P_{доп} \leq 1000$ кН; $\triangle \triangle$ – при $P_{доп} > 1000$ кН;
 — — — графіки апроксимуючих функцій $C/M = f(M)$ для агрегатів з $300 \leq P_{доп} \leq 1500$ кН

Рисунок 4 – Залежність питомої ціни C/M від маси M комплекту устаткування

техніко-економічною ефективністю, із найкращим співвідношенням «ціна--якість».

Числовим безрозмірним еквівалентом показника K_{me} для певної моделі агрегату в досліджуваній їх сукупності є ранг, який визначається місцем - порядковим номером моделі у впорядкованих послідовностях в кожному класі N_{ki} та у сукупності $N_{\Sigma i}$ загалом (табл. 4). Через те, що в кожному з п'яти класів число моделей є різним, величини N_{ki} та $N_{\Sigma i}$ замінено на зворотні N_{ki}^{-1} та $N_{\Sigma i}^{-1}$. Умова $0 < (N_{ki}^{-1}, N_{\Sigma i}^{-1}) \leq 1,0$ залишається справедливою для агрегатів будь-якого класу та для сукупностей довільної чисельності, завдяки чому методиці надано універсальної застосовності.

Показники N_{ki}^{-1} та $N_{\Sigma i}^{-1}$ ремонтного агрегату кожної моделі є його об'єктивною числовою та адекватною безрозмірною оцінкою техніко-економічної ефективності в досліджуваній сукупності. Що меншими є їх числові значення, то кращим є відношення «ціна-якість» моделі, яку вони характеризують.

Рівність значень цих показників для агрегатів різних моделей є доволі малоюмовірною, тим не менш, якщо вона має місце, то вибір належної моделі здійснюється за класом, якщо агрегати належать до різних класів. За належності більше за одну модель із $N_{ki}^{-1} = idem$ та $N_{\Sigma i}^{-1} = idem$ до одного класу агрегати вибираються за різними іншими додатковими ознаками: величиною переважаючого чинника, типом монтажньо-транспортної бази, способом виконання СПО тощо.

Усі віднайдені рівняння емпіричних залежностей питомої ціни відображують зростаючі функції. Це вказує на необхідність комплектації експлуатованого парку агрегатів моделями, параметри яких якнайточніше без надмірних надлишків відповідають реальним потребам, що виникають при ремонті обслуговуваного фонду свердловин, інакше витрати на придбання і утримання підйомних агрегатів прогресивно і неприйнятно зростають. Для оптимального вибору складу парку підйомних агрегатів слід також враховувати перспективні зміни у фонді експлуатаційних свердловин, прогнозовані впродовж терміну служби агрегатів.

Дані таблиці 4 приводять до невтішних висновків: з десяти розглянутих моделей агрегатів українського виробництва (виділені кольоровою заливкою) лише три мають показник $N_{\Sigma i} > 0,5$ та лише дві - показник $N_{ki} > 0,5$, що вказує на відставання продукції українських виробників від середньостатистичного світового рівня.

До п'ятірки агрегатів із найкращими показниками K_{me} , $N_{\Sigma i}$ та N_{ki} потрапили дві моделі російського, дві інших - азербайджанського та одна - українського виробництва, при тому усі вони належать лише до двох класів за параметром $P_{дон}$. Виробника, уся номенклатура вироб-

ництва якого була б складена моделями із показниками K_{me} , $N_{\Sigma i}$ та N_{ki} , вищими за відповідні середньостатистичні рівні, серед досліджених не виявлено.

Одержані результати мають важливе практичне значення, їх застосування дає змогу приймати аргументовані управлінські рішення, що забезпечують максимальний ефект від їх реалізації. Однак їх не слід абсолютизувати, співавторам відомі їх недоліки:

- об'єктом дослідження було обладнання лише таких моделей, на які вдалося здобути інформацію, стосовну цін. Їх сукупність далека від повної світової номенклатури виробництва, з якої і слід робити оптимальний вибір в кожному конкретному випадку;

- ціна на будь-яку модель визначається не лише якістю виробу, але й багатьма іншими чинниками: демпінговим збутом, дешевою робочою силою, призначенням (внутрішній ринок або експорт), рівнем прибутковості виробництва, розміром чинних ставок оподаткування, намаганням здобути своє місце на ринку та перемогти у конкурентній боротьбі тощо. Хоча в засаді жодний виробник не може доволі довго працювати всупереч законам ринку;

- значна частина виробників включають до ціни своєї продукції вартість запасних частин, які постачаються разом з новим виробом і призначені для підтримання роботоздатності у первинний період експлуатації, асортимент, кількість таких запчастин та їх вартість у кожного виробника є різними;

- ціна виробу знаходиться в залежності від обсягів його виробництва: що меншим є обсяг, то вища одинична ціна;

- ціна імпортованого обладнання залежить від обсягу його постачання, встановленого одним контрактом. За інших рівних умов більшому обсягу постачання відповідає нижча одинична ціна, тому закупівля устаткування дрібними партіями, тим більше - одиничними комплектами, є найневигоднішою для покупця.

Однак, вплив названих та оминутих чинників є протилежним, а конкурентоспроможним на світовому ринку є лише те устаткування, що його виготовлено в найсприятливіших умовах, що дає підстави вважати методику адекватною та рекомендувати її до застосування. Зі зміною номенклатури світового виробництва, з появою на ринку нових моделей обладнання зі своїми цінами завжди існує можливість доповнити вихідні дані і за ними одержати актуалізовані результати.

Практичне застосування опрацьованої методики та віднайдених за нею результатів набуває особливої актуальності в умовах ринкової економіки і відсутності державного регулювання цін на продукцію нафтогазового машинобудування та імпорту нафтогазового устаткування в Україну.

Таблиця 4 – Результати аналізу агрегатів для ремонту і обслуговування свердловин за комплексним показником техніко-економічної ефективності

Модель агрегату	Комплексний показник K_{me} , (кН·м·кВт)/ (кг·у.о.)	Ранг моделі за величиною K_{me}		Модель агрегату	Комплексний показник K_{me} , (кН·м·кВт)/ (кг·у.о.)	Ранг моделі за величиною K_{me}	
		$N_{\Sigma i}$	N_{ki}			$N_{\Sigma i}$	N_{ki}
1	2	3	4	5	6	7	8
Агрегати з $P_{дон} \leq 400$ кН							
19 АР-40	0,1894	0,020	0,038	21 УПТ-40	0,0760	0,525	0,577
26 АзИнМаш-40	0,1845	0,030	0,077	13 А5-40М	0,0764	0,515	0,538
16 АПРС-40	0,1709	0,051	0,115	10 УПР-32Т	0,0719	0,556	0,615
20 УПБ-40А	0,1568	0,061	0,154	7 УПА-32	0,0647	0,616	0,653
5 А4-32	0,1228	0,101	0,192	8 УПГА-32	0,0563	0,677	0,692
15 АПРС-40К	0,1140	0,121	0,231	23 АР32/40М.011	0,0561	0,687	0,731
22 АР32/40М	0,0990	0,253	0,269	14 АОРС-40	0,0510	0,747	0,808
18 УП-32/40	0,0972	0,263	0,307	9 УПГ-32	0,0523	0,717	0,769
25 АР-32	0,0938	0,323	0,346	24 СУРС-40	0,0453	0,818	0,885
6 АзИнМаш-37А	0,0936	0,333	0,385	12 АПРС-40У	0,0460	0,808	0,846
3 А2-32	0,0916	0,364	0,423	4 АПРС-32	0,0445	0,828	0,923
11 АПРС-40М	0,0910	0,374	0,462	1 WGG5240ТХJ	0,0424	0,848	0,961
2 А2-32К	0,0821	0,434	0,500	17 ПТП-40	0,0140	0,990	1,000
Агрегати з $401 \leq P_{дон} \leq 600$ кН							
50 АзИнМаш-60	0,1064	0,162	0,030	38 УПТ-50	0,0790	0,495	0,545
49 АПР-60/80	0,1060	0,182	0,060	56 УПА-60М	0,0766	0,505	0,576
48 АР-60	0,1051	0,192	0,091	53 УПР-60/80 БГ	0,0674	0,596	0,606
51 УПА-60	0,1047	0,202	0,121	58УПА-60А 60/80М	0,0604	0,646	0,636
54 УПБ-60А	0,1012	0,222	0,152	59 УПА-60А	0,0603	0,657	0,667
39 УПА-50-1У	0,0942	0,293	0,183	55УПА-60А (60/80)	0,0532	0,697	0,697
43 А-50М	0,0939	0,303	0,212	57УПА-60А (60/80)	0,0461	0,798	0,879
35 УП-50Т	0,0938	0,313	0,242	44 АК-60	0,0514	0,737	0,727
37 УПБ-50А	0,0917	0,354	0,273	27 АПРС-50К	0,0506	0,758	0,758
33 ПАП-50	0,0905	0,384	0,303	36 УПТ1-50	0,0495	0,768	0,788
41 АР-60Н	0,0838	0,404	0,333	47 А7-60М	0,0492	0,778	0,818
32 Ідель-50	0,0833	0,424	0,394	34 УПТ1-50Б	0,0467	0,788	0,848
52 УПА-60Х	0,0833	0,414	0,364	40 А7-60	0,0394	0,859	0,909
42 А-50МБ	0,0808	0,455	0,424	28 А5-40ТС	0,0323	0,909	0,939
29 АПРС-50П	0,0802	0,465	0,455	46 АОРС-60	0,0273	0,949	0,970
31 АР-50	0,0797	0,475	0,485	45 АОРС-60Т	0,0218	0,970	1,000
30 АПРС-50КАМ	0,0791	0,485	0,515				
Агрегати з $601 \leq P_{дон} \leq 800$ кН							
68 А8-80	0,2275	0,010	0,059	70 Ідель-80 БА3	0,0956	0,273	0,647
69 АОРС-80	0,1731	0,040	0,118	61 А60/80М1 МЗКТ	0,0943	0,283	0,706
76 УПА-60/80	0,1358	0,071	0,176	72 УПА-80	0,0931	0,343	0,765
66 АзИнМаш-80	0,1274	0,081	0,235	64 ПАП-60 (60/80)	0,0838	0,394	0,824
62 А60/80 М	0,1261	0,091	0,294	73 УПР-60/80 Б	0,0635	0,626	0,882
75 УПА-80 М	0,1150	0,111	0,353	65 КОРО-1-80	0,0605	0,636	0,941
63 Ідель-80	0,1136	0,131	0,412	67 А60/80	0,1000	0,232	0,529
60 А60/80М1 БА3	0,1063	0,172	0,471	71 УПА-60А (60/80)	0,0042	1,000	1,000
74 УПА-80ПХ	0,0997	0,242	0,588				
Агрегати з $801 \leq P_{дон} \leq 1000$ кН							
89 УПБ-100 КрА3	0,1029	0,212	0,071	81 ХJ90	0,0524	0,707	0,429
87 ПАП-80 (80/100)	0,0812	0,444	0,143	90 TW-80-CA-A5	0,0439	0,338	0,500
83 FF600	0,0742	0,586	0,286	88 AD 520	0,0368	0,869	0,571
82 Ti-400	0,0685	0,545	0,214	84 Franks 1287	0,0368	0,879	0,643
77 FF400	0,0567	0,667	0,357	78 Super 32	0,0349	0,889	0,714
Агрегати з $800 < P_{дон} \leq 1000$ кН							
86 АРБ-100 БА3	0,0335	0,899	0,786	85 АРБ-100 МЗКТ	0,0309	0,929	0,929
79 Franks 658	0,0310	0,919	0,857	80 Franks 1058	0,0214	0,980	1,000

Продовження таблиці 4

1	2	3	4	5	6	7	8
Агрегати з $P_{дон} > 1001$ кН							
97 Hopper	0,1103	0,141	0,111	94 C500	0,0659	0,606	0,667
99 XJ650	0,1095	0,152	0,222	92 Super 38	0,0514	0,727	0,778
93 Ti-500	0,0744	0,535	0,333	96 P-125	0,0307	0,939	0,889
95 500HP	0,0702	0,566	0,444	91 Ideco H30	0,0269	0,960	1,000
98 Cabot 750	0,0701	0,676	0,556				

Література

1 Міронов Ю.В. Функціонально-вартісний аналіз комплектних бурових установок / Ю.В. Міронов // Нафтова і газова промисловість. – 1999. – №5. – С. 23-26.

2 Крижанівський Є.І. Техніко-економічна ефективність устаткування для буріння, ремонту і обслуговування свердловин / Є.І. Крижанівський, Ю.В. Міронов, Л.І. Романишин // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2006. – №3 (20). – С. 13-20.

3 Моисеева Н.К. Функционально-стоимостной анализ в машиностроении / Н.К. Моисеева. – М.: Машиностроение, 1987. – 320 с.

4 Нефтегазовое оборудование. Бюллетень цен. – М: Слант, 2002. – № 1-12.

5 Гличев А.В. Экономическая эффективность технических систем / А.В. Гличев. – М.: Экономика, 1971. – 287 с.

Стаття надійшла до редакційної колегії
05.09.12

Рекомендована до друку професором
Копєєв Б.В.