

КВАЛІМЕТРІЯ ОБЛАДНАННЯ УСТЯ СВЕРДЛОВИН У БУРІННІ

Ю.В. Міронов, О.Ю. Попов

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

Проведено кваліметричний аналіз серійних моделей плашкових та універсальних превенторів за сучасною номенклатурою їх світового виробництва. Опрацьовано комплекс одиничних показників для оцінювання їх технічного рівня, віднайдено моделі із найкращими показниками та виробники, чийї продукціїї притаманний найвищий рівень

Ключові слова: превентори плашкові та універсальні, кваліметрія

Проведен кваліметрический анализ серийных моделей плашечных и универсальных превенторов по современной номенклатуре их мирового производства. Разработан комплекс единичных показателей для оценки их технического уровня, выявлены модели с наилучшими показателями и производители, чья продукция характеризуется наивысшим уровнем

Ключевые слова: универсальные и плашечные превенторы, кваліметрія

The quality analysis of serial ram and annular blowout preventers actually worldwide produced was accomplished. The quantitative characteristics for quality metering are elaborated, the technical level evaluation of BOP is performed.

Keywords: ram and annular preventers, quality metering

У спорудженні, випробуванні, освоєнні та ремонті нафтових і газових свердловин існує небезпека виникнення флюїдопроявів, які, як мінімум, ускладнюють реалізацію виробничих процесів, а у найтяжчих випадках переростають у неконтрольовані викиди. Некеровані фонтани призводять до великих втрат нафти і газу, виснаження енергії пласта, завдають значних матеріальних збитків, являють собою екологічні катастрофи та потенційно є причиною виникнення нещасних випадків. Технологічні заходи з їх попередження, особливо в пошуково-розвідувальному бурінні, не гарантують повної безпеки, тому доводиться застосовувати комплекси противикидного обладнання (ПВО). Поряд із виконанням основних функцій: попередження флюїдопроявів і боротьби з ними, охорони надр та безпеки бурових робіт, ПВО дедалі в ширших масштабах застосовується як складова комплексу устаткування, що має технологічне призначення. Яскравим прикладом цього може слугувати технологія буріння із депресією у привибійній зоні (underbalanced drilling).

Чинні нормативні акти з екологічної безпеки та охорони надр зобов'язують виконавців робіт у нафтогазовидобувній промисловості забезпечити збереження екологічної рівноваги та запасів вуглеводневої сировини на промислових об'єктах. Подальше поглиблення свердловини після опускання кондуктора без монтажу на її усті комплексу ПВО забороняється. При ремонті і обслуговуванні експлуатаційних свердловин із надлишковим тиском на усті їх також обладнують ПВО.

З наведеного вище є очевидною потреба в якісному ПВО високого технічного рівня для задоволення технічних, технологічних, екологічних та економічних вимог, що ставляться до спорудження, ремонту і обслуговування свердловин.

Номенклатура сучасного світового виробництва ПВО надзвичайно широка. При підготовці інформаційної бази до описуваного у статті дослідження виявлено у серійному виробництві та в експлуатації 574 моделі плашкових та 146 моделей універсальних превенторів, виготовлених лише сімома найбільшими світовими виробниками в чотирьох країнах світу (табл.1). Хоча принцип дії усіх превенторів певного типу однаковий, конструктивні відмінності між ними вельми суттєві. Якщо до розмаїття моделей превенторів - запірних пристроїв стовбурної збірки додати розмаїття її комплектності та компоновки і різноманітні схеми маніфольда ПВО, вибір кращого варіанту в кожному конкретному випадку стає нелегким завданням. Кращий варіант також потрібен при виборі прототипу в процесі розроблення нових моделей ПВО.

Вимоги до надійності ПВО надзвичайно високі, наслідки їх відмов за певних умов можуть бути катастрофічними. Через це вибір ПВО для оснащення устя свердловин повинен завжди орієнтуватися на обладнання найвищого технічного рівня.

Авторами поставлено задачу проведення кваліметричного аналізу, результатом якого була б оцінка технічного рівня ПВО для подальшого її практичного використання при виборі серійних і проектуванні нових моделей. Об'єктом дослідження обрано найвідповідальніші вузли стовбурної збірки ПВО – плашкові та універсальні превентори. Оберткові та універсально-оберткові превентори залишено поза розглядом через обмеженість сфер застосовності та недостатню репрезентативність їх моделей. Плашкові одиночні та подвійні (двоярусні) превентори із фланцевими, напівфланцевими та хомутовими з'єднувальними вузлами розглянуто окремо, потрібні (триярусні) плашкові та двоярусні універсальні превентори не роз-

Таблиця 1 – Вихідна інформація – номенклатура сучасного світового виробництва превенторів

Країна	Виробник	Типи превенторів ¹⁾	Досліджувані серії	Число моделей у серії	Діапазон параметрів призначення	
					D_y , мм	$p_{\text{макс}}$, МПа
США	Cameron	плашкові одинарні (68)	U	30	180 - 680	14 - 140
			SS	6	180 - 346	21 - 35
			T	6	346 - 476	70 - 105
			TL	2	476	70 - 105
			QRC	9	180 - 450	14 - 35
		F	15	180 - 514	14 - 105	
		плашкові подвійні (64)	U	45	180 - 680	14 - 140
			T	6	346 - 476	70 - 105
			TL	2	476	70 - 105
	універсальні (18)	DL	18	180 - 540	14 - 140	
	Sunnda	плашкові одинарні (18)		18	180 - 540	14 - 105
		плашкові подвійні (25)		25	180 - 540	14 - 105
		універсальні (11)		11	180 - 540	14 - 70
	Hydril	плашкові одинарні (45)	Conventional	39	180 - 540	14 - 70
			Compact	3	476	35 - 105
			Quik-Loq	3	346 - 476	70 - 105
		плашкові подвійні (36)	Conventional	32	180 - 540	14 - 70
			Compact	1	476	105
Quik-Loq			3	346 - 476	70 - 105	
універсальні (28)	GK	20	180 - 425	21 - 140		
	GL	3	476 - 540	35		
	GX	5	280 - 476	35 - 105		
Varco International Inc. ²⁾	плашкові одинарні (88)	NXT	14	346 - 476	35 - 105	
		SL	39	180 - 540	21 - 105	
		LWS	35	103 - 540	14 - 70	
	плашкові подвійні (87)	NXT	14	346 - 476	35 - 105	
		SL	39	180 - 540	21 - 105	
		LWS	34	180 - 540	14 - 70	
універсальні (60)		60	103 - 762	7 - 70		
Росія	ВЗБТ ³⁾	плашкові одинарні (21)	ППГ	21	156 - 520	12,5 - 70
		універсальні (14)	ПУ	14	180 - 520	14 - 70
Румунія	Upretom	плашкові одинарні (28)	SF	21	180 - 680	14 - 105
		SE	7	180 - 230	21 - 70	
		плашкові подвійні (18)	DF	18	180 - 527	14 - 105
Китай		плашкові одинарні (39)	RSC	28	180 - 346	14 - 70
			RSF	11	180 - 680	21 - 105
		плашкові подвійні (37)	RSC	26	180 - 680	14 - 70
			RSF	11	180 - 346	21 - 105
		універсальні (15)		15	180 - 540	14 - 70

Примітки: ¹⁾ в дужках наведено сумарне число типорозмірів превенторів усіх серій кожного типу, разом по усіх виробниках - 720; ²⁾ превентори розробки компаній Rucker Shaffer і NL Shaffer; ³⁾ а також превентори виробництва ВАТ „Станкотехніка” та Воронежського механічного заводу

глядалися з викладених вище причин. Сукупність підданих аналізу моделей превенторів охоплює вироби семи найбільших світових виробників, дислокованих в п'яти країнах світу, і охарактеризована даними таблиці 1. Наведений в ній перелік хоча і є далеким від повного вичерпного, проте він цілком достатній для коректного розв'язку поставленої задачі. Продукція, що до нього не увійшла, виготовляється в величезних обмежених обсягах і/або за ліцензіями зазначених в ній виробників.

Інформаційна база вихідних даних для кваліметричного аналізу складена з паспортних технічних показників від виробника: параметрів призначення, габаритних та масових показників:

- умовний діаметр проходу D_y , $180 \leq D_y \leq 680$ мм;
- максимальний робочий тиск $p_{\text{макс}}$, $14 \leq p_{\text{макс}} \leq 140$ МПа;

Таблиця 2 – Результати регресійного аналізу емпіричних залежностей

Компанія-виробник та/або країна-виробник	Рівняння, апроксимуючі емпіричні залежності	
	Питома матеріаломісткість $m_n = m/R = f_i(R)$	Питомий вертикальний габарит $H_n = H/R = f_j(R)$
Плашкові одинарні (однорусні) превентори		
Cameron, США	$m_n = 272,6 + 820,8/R$ (1)	$H_n = 456,6/R^{0,737}$ (2)
Hydril, США	$m_n = 473,5 - 35,6 \cdot \ln R$ (3)	$H_n = 321,3/R^{0,647}$ (4)
Varco (Shaffer), США	$m_n = 360,8 - 488,6/R$ (5)	$H_n = 264,8/R^{0,575}$ (6)
Sunnda, США	$m_n = 522,4 - 7,13 \cdot 10^{-3} \cdot R$ (7)	$H_n = 465,5/R^{0,740}$ (8)
Росія	$m_n = 278,1 - 36,73 \cdot R^{0,5}$ (9)	$H_n = 133,6 - 35,9 \cdot \ln R$ (10)
Румунія	$m_n = 345,4 + 8,609 \cdot R$ (11)	$H_n = 669,5/R - 9,380$ (12)
Китай	$m_n = 347,9 - 368,1/R$ (13)	$H_n = (11,54 - 0,122 \cdot R^{0,5})^2$ (14)
Плашкові подвоєні (двоярусні) превентори		
Cameron, США	$m_n = 833,8 - 56,66 \cdot \ln R$ (15)	$H_n = 544,6/R^{0,651}$ (16)
Hydril, США	$m_n = 1039 - 145,9 \cdot \ln R$ (17)	$H_n = 768,9/R^{0,777}$ (18)
Varco (Shaffer), США	$m_n = 796,4 - 47,54 \cdot R^{0,5}$ (19)	$H_n = 662,5/R^{0,746}$ (20)
Sunnda, США	$m_n = 1015 - 19,12 \cdot R$ (21)	$H_n = 305,1 - 75,73 \cdot \ln R$ (22)
Китай	$m_n = 582,3 - 6,445 \cdot 10^{-3} \cdot R^3$ (23)	$H_n = 219,9 - 48,99 \cdot \ln R$ (24)
Універсальні (кільцеві) превентори		
Cameron, США	$m_n = 834,3 - 12,61 \cdot R$ (25)	$H_n = 241,2 - 57,87 \cdot \ln R$ (26)
Hydril, США	$m_n = 307,1 \cdot \ln R - 158,6$ (27)	$H_n = 480/R^{0,584}$ (28)
Varco (Shaffer), США	$m_n = 17,88 + 316,9 \cdot \ln R$ (29)	$H_n = 57,49 + 526,0/R$ (30)
Sunnda, США	$m_n = 627,0 - 1065/R$ (31)	$H_n = 281,5 - 70,39 \cdot \ln R$ (32)
Російська Федерація	$m_n = 870,2 - 2572/R$ (33)	$H_n = 327,5 - 82,18 \cdot \ln R$ (34)
Китай	$m_n = 786,6 - 1733/R$ (35)	$H_n = 264,8 - 41,60 \cdot R^{0,5}$ (36)

• вертикальний габарит разом із приєднувальною елементом H , м;

• маса в комплектації виробника m , кг.

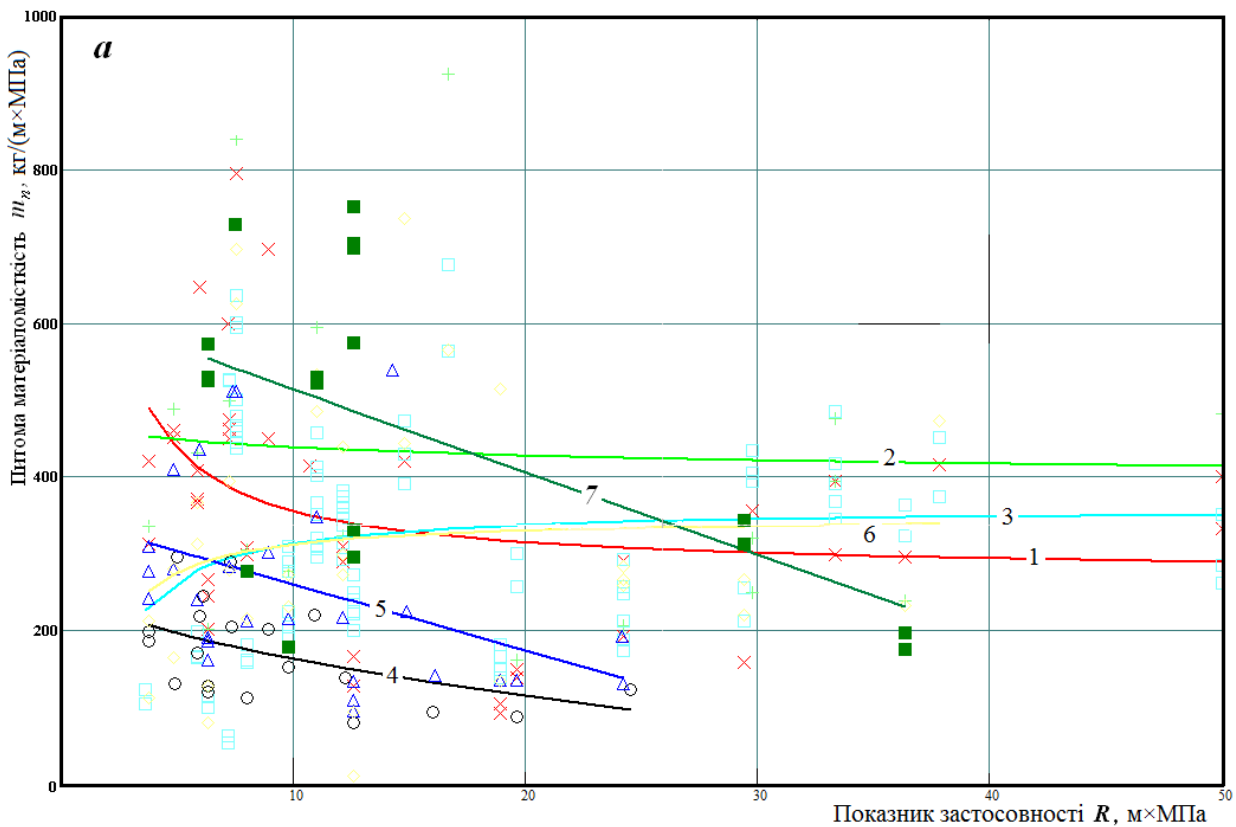
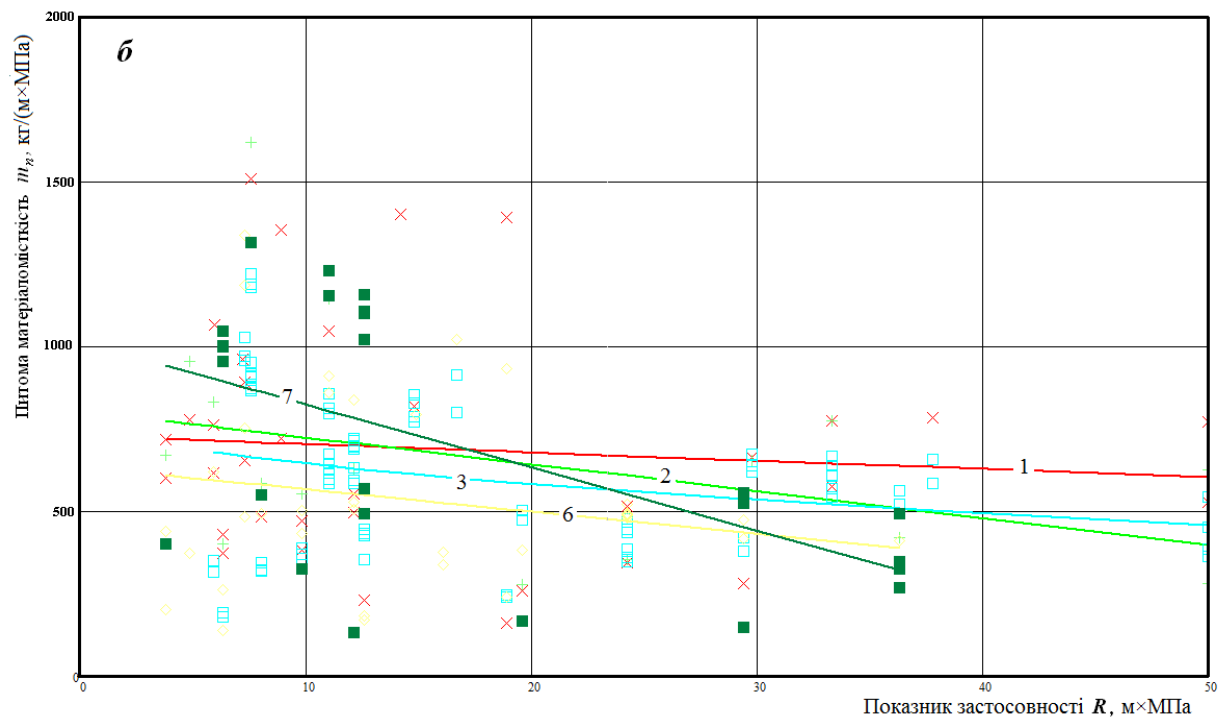
За названими даними для превенторів кожної моделі обчислено добуток $D_y \cdot p_{\max} = R$, м·МПа, названий показником застосовності, його призначення та використання показано нижче.

Наведені в таблиці 1 граничні значення параметрів призначення D_y та p_{\max} приблизно збігаються із встановленими чинним стандартом [1] із тою різницею, що з параметричного ряду значень D_y вилучено $D_y = 100$ мм (придатне превенторам, застосовуваним у ремонті та обслуговуванні свердловин), з параметричного ряду значень p_{\max} вилучено $p_{\max} = 7$ МПа та введено $p_{\max} = 140$ МПа.

Сполучення умовного діаметра проходу D_y і максимального робочого тиску p_{\max} ви-

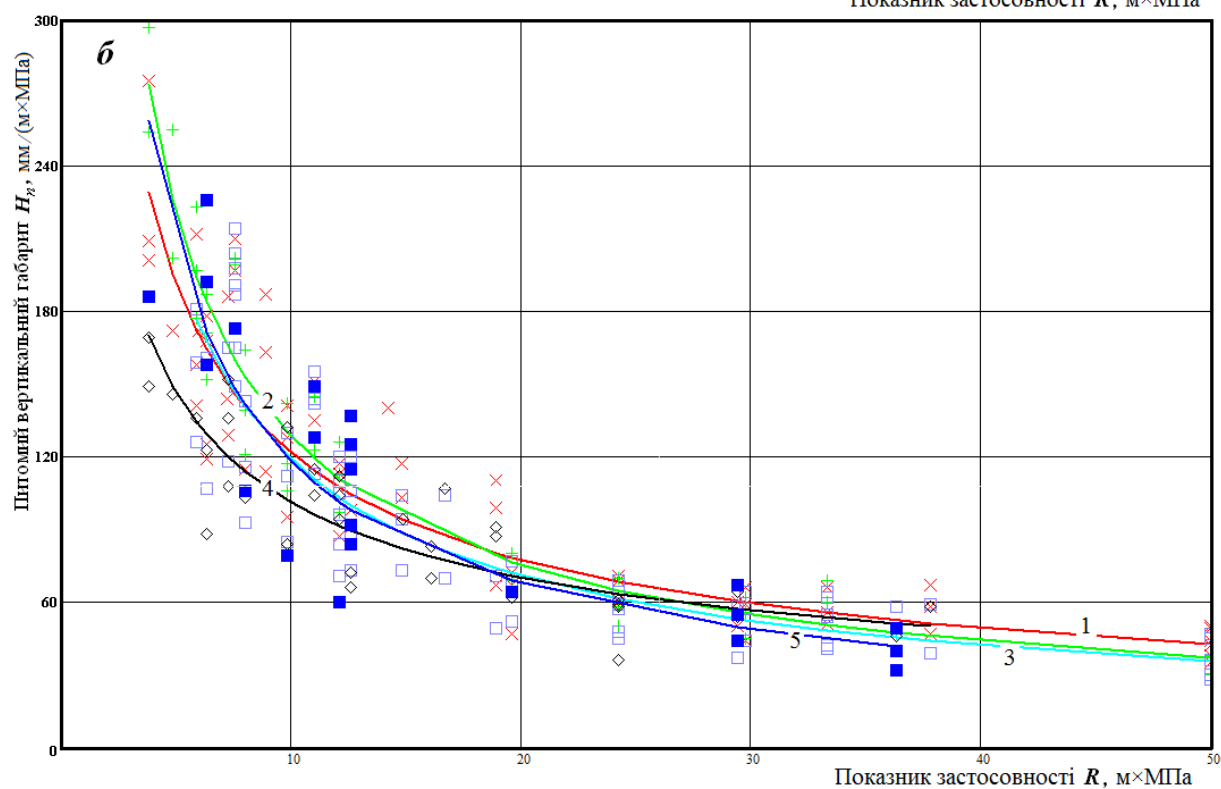
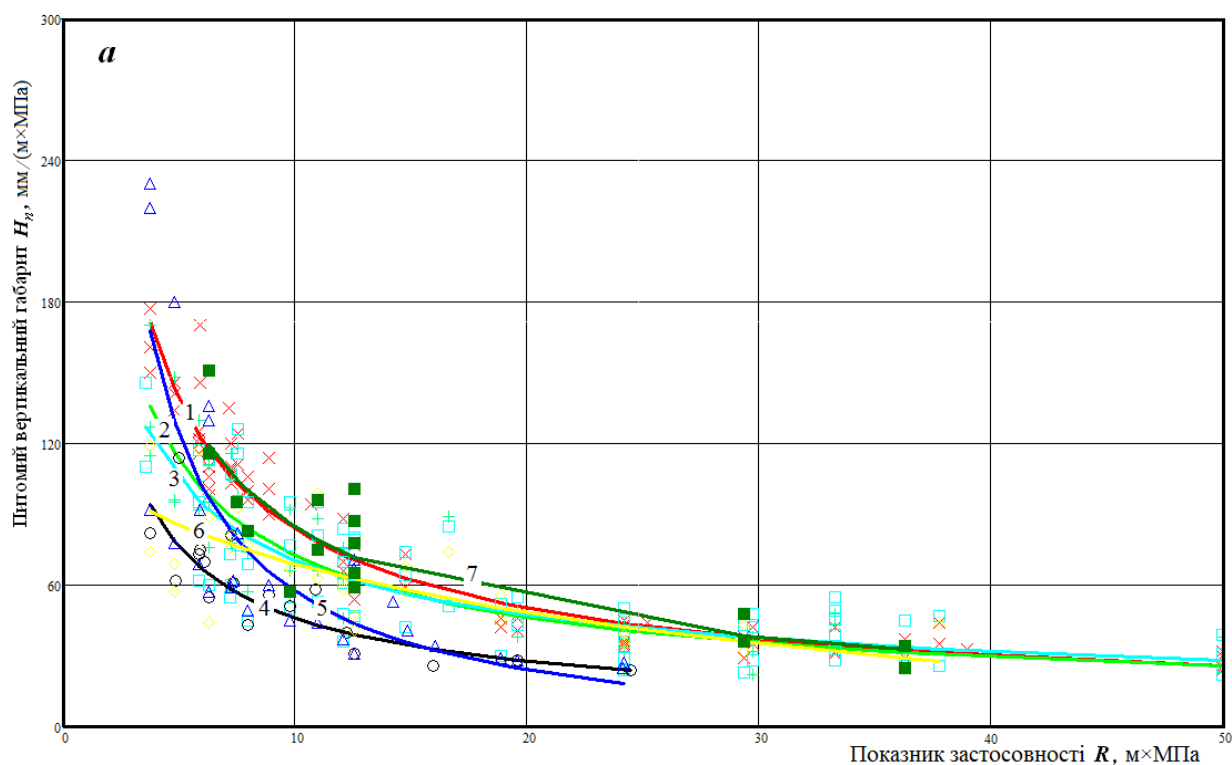
значає поперечний габарит, товщину стінок корпусу, діаметр і товщину стінок циліндрів гідропривода та масу превентора загалом. Виходячи з цього, оцінка технічного рівня за абсолютними показниками була б некоректною, малогабаритні превентори з низьким робочим тиском мали б такі показники наперед краями, ніж в превенторів з більшими значеннями D_y та p_{\max} . Складання вибірок з показників моделей превенторів, що мають $D_y = item$ та

$p_{\max} = item$, суттєво знижує точність результатів через відповідне зменшення їх потужності. З огляду на викладене для підвищення точності результатів дослідження шляхом збільшення потужності вибірок та з метою забезпечення їх спільномірності паспортні показники превенторів m та H заміною розрахунковими: питома матеріаломісткістю $m_n = m/R = f_i(R)$ і питома вертикальним габаритом $H_n = H/R = f_j(R)$.



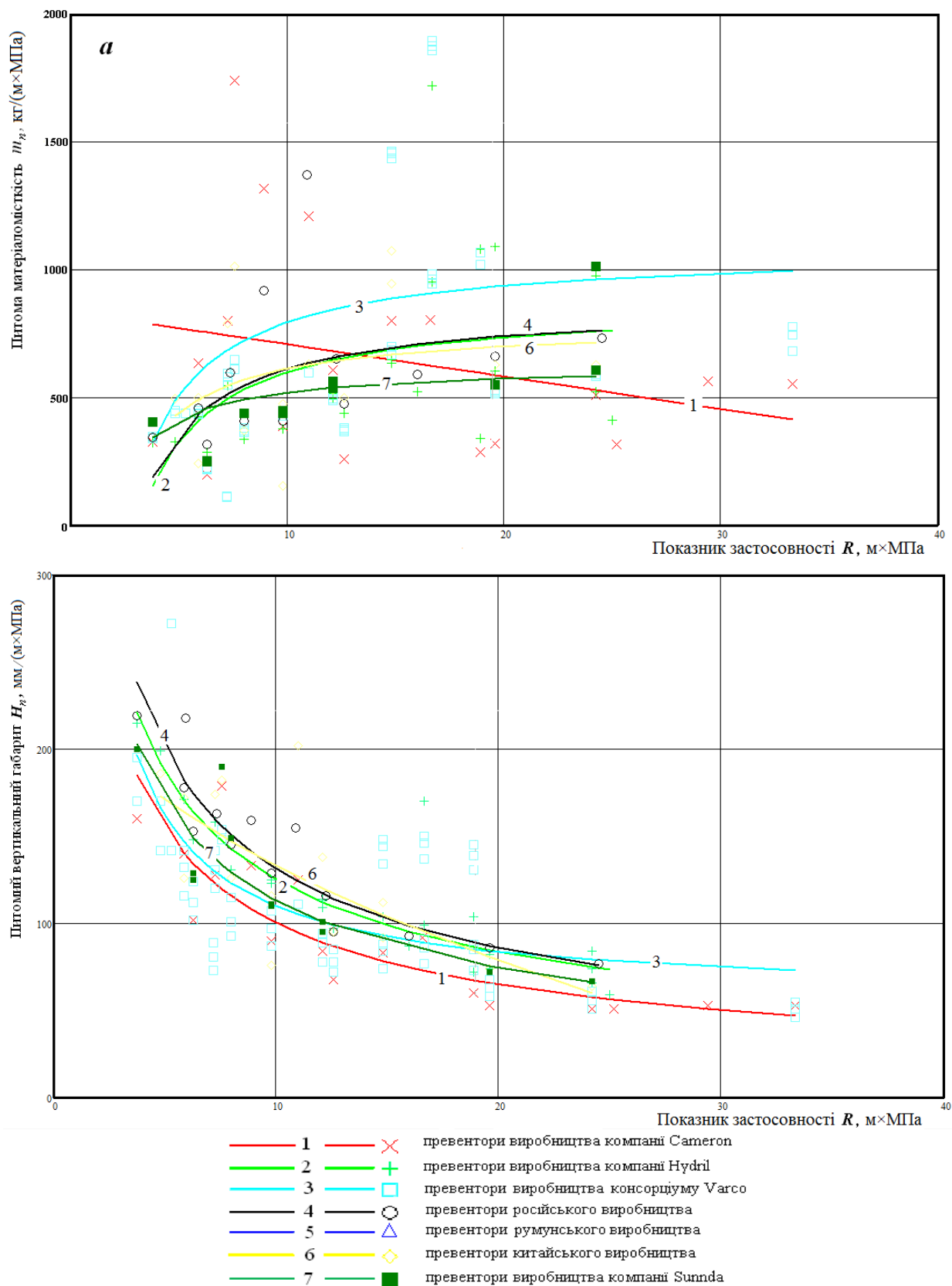
- 1 — × — превентори виробництва компанії Cameron
- 2 — + — превентори виробництва компанії Hydriil
- 3 — □ — превентори виробництва консорціуму Varco
- 4 — ○ — превентори російського виробництва
- 5 — △ — превентори румунського виробництва
- 6 — ◇ — превентори китайського виробництва
- 7 — ■ — превентори виробництва компанії Sunnda

а - одиничні (однорусні) плашкові превентори; б - подвійні (дворусні) плашкові превентори
 Рисунок 1 – Залежність питомої матеріаломісткості $m_n = m/R$ від показника застосовності R



- | | | |
|-----|---|--|
| — 1 | × | превентори виробництва компанії Cameron |
| — 2 | + | превентори виробництва компанії Hydril |
| — 3 | □ | превентори виробництва консорціуму Varco |
| — 4 | ○ | превентори російського виробництва |
| — 5 | △ | превентори румунського виробництва |
| — 6 | ◇ | превентори китайського виробництва |
| — 7 | ■ | превентори виробництва компанії Sunnda |

a - одиничні (однорусні) плашкові превентори; *б* - подвійні (дворусні) плашкові превентори
 Рисунок 2 – Залежність питомого вертикального габариту $H_n = H/R$ плашкових превенторів від показника застосовності R



a - залежності питомої маси $m_n = m/R = f_i(R)$;

б - залежності питомого вертикального габариту $H_n = H/R = f_j(R)$

Рисунок 3 – Залежності питомих показників m_n та H_n універсальних превенторів від показника застосовності R

Таким чином, кваліметричний аналіз проведено за двома описаними одиничними показниками. Як додаткові аргументи на користь такого підходу можна навести існування залежностей між матеріаломісткістю, лімітною ціною та експлуатаційними витратами з одного боку, та діаметром умовного проходу, робочим тиском, глибиною свердловини і висотою підроторної основи – з іншого.

Двовимірні вибірки, складені з числових значень m_n, R та H_n, R , перевірено на приналежність до одних генеральних сукупностей, приведено до однорідних, після чого піддано регресійному аналізу, результатом якого стали наведені в таблиці 2 емпіричні залежності, в яких розмірності величин: $|m_n| = \text{кг}/(\text{м}\cdot\text{МПа})$ та $|H_n| = \text{мм}/(\text{м}\cdot\text{МПа})$.

Для наочності та зручності використання побудовано графічне представлення рівнянь (1-36), яке подано на рисунках 1-3. За потреби із застосуванням опрацьованої методики можуть бути віднайдені залежності $m_n = f_i(R)$ та $H_n = f_j(R)$ для довільної сукупності моделей превенторів та отримані оцінки їх технічного рівня за названими одиничними показниками.

Одержані результати дають можливість:

- визначити найкращу моделі плашкового або універсального превентора із довільним значенням R та відповідними мінімумами m_n і H_n , яка могла би стати об'єктом контракту на закупівлю або прототипом для створення нової моделі;

- визначити найгіршу моделей плашкових або універсальних превенторів із довільним значенням R та відповідними максимумами m_n і H_n , як інформаційного забезпечення при розв'язку проблем оновлення експлуатованого парку ПВО або припинення виробництва неконкурентоспроможної продукції;

- оцінити технічний рівень довільної серійної або нової моделі плашкового або універсального превентора у дослідженій сукупності аналогів за прийнятими одиничними показниками.

Із розгляду рисунків 1-3 можна констатувати наступне:

- продукція жодного із розглянутих виробників не має абсолютної переваги за обома одиничними показниками і усьому діапазоні варіації показника застосовності R ;

- у більшій частині діапазону варіації показника застосовності R найгіршими є показники ПВО виробництва американської компанії Sunnda;

- ПВО китайського виробництва має близькі за величиною досліджувані показники технічного рівня, оскільки виготовлені за ліцензіями американських виробників.

При вивченні конструктивно-технологічних рішень, втілених у розглянуті моделі ПВО, виявлено такі напрями їх вдосконалення:

- у виробництві корпусів плашкових одно-, дво- та триярусних превенторів практично відмовилися від застосування оребрень, оскільки воно ускладнює технологію їх відливання та унеможливує кування;

- корпуси плашкових превенторів оснащуються відводами з підплашкового простору, до яких кріпляться відводи маніфольда, усувається потреба в хрестовинах та трійниках, зменшується вертикальний габарит стовбурної збірки;

- освоєно серійне виробництво вбудованих в підроторні основи та оснащених гідравлічними маніпуляторами комплектних великопрохідних стовбурних збірок з високими робочим тиском, які встановлюються на усті свердловини після її кріплення кондуктором і залишаються там без заміни до опускання експлуатаційної обсадної колони;

- постійно вдосконалюються із застосування нових конструкційних матеріалів деталі з еластомерів з метою збільшення їх зносостійкості;

- зростає число моделей плашкових превенторів, оснащуваних універсальними плашками та пристроями автоматичного блокування плашок в закритому положенні;

- в універсальних превенторах застосовані кришки корпусу із напівсферичним нижнім торцем та з'єднанням, яке легко складається та розбирається.

Література

1 ГОСТ 13862-90 Оборудование противовыбросовое. Типовые схемы, основные параметры и технические требования к конструкции

2 Каталоги продукції компаній Cameron, Hydril, Sunnda, китайських, російських та румунських виробників противикидного обладнання

Стаття надійшла до редакційної колегії
16.07.10

Рекомендована до друку професором
Петриною Ю.Д.