

АНАЛІЗ ЄМНОСТІ РЕЗЕРВУАРІВ ЦИРКУЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ БУРОВИХ УСТАНОВОК

Ю.В. Міронов, Ю.В. Данильчук, К.К. Ле

ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 727101,
e-mail: public@nung.edu.ua

Циркуляційна система бурових установок оснащується резервуарами для зберігання запасу промивальних рідин, необхідного для компенсації зростання із поглибленням свердловин їх об'єму, боротьби із флюїдопроявами та поглинаннями. Сумарна місткість цих резервуарів має двоїтий вплив на фонтанну безпеку, продуктивність, мобільність та ефективність бурових установок, тому її обґрунтований вибір відіграє важливу роль, її відхилення від оптимальної величини в будь-який бік спричиняє вагомі небажані наслідки. Метою дослідження є визначення необхідного мінімуму місткості резервуарів циркуляційної системи, достатнього для технологічних і технічних потреб та необхідного для спорудження свердловин на нафту і газ в Україні без аварій та ускладнень, в функції від їх глибини та конструкції, а також оцінка достатності відповідного паспортного показника серійних циркуляційних систем.

Ключові слова: бурові установки, циркуляційні системи, ємність резервуарів.

Циркуляционная система комплектованных буровых установок оборудуется резервуарами для хранения запаса промывочных жидкостей, необходимого для компенсации увеличения объема скважин с их углублением, борьбы с флюидопроявлениями и поглощениями. Суммарная ёмкость этих резервуаров двойственно влияет на фонтанную безопасность, производительность, мобильность и эффективность буровых установок, поэтому обоснованный выбор её величины играет важную роль, её отклонения от оптимального значения в обе стороны сопряжены с весомыми нежелательными последствиями. Целью исследования является определение минимума ёмкости резервуаров циркуляционных систем, достаточного для технических и технологических нужд и необходимого для сооружения скважин на нефть и газ в условиях Украины без аварий и осложнений в зависимости от их глубины и конструкции, а также оценка достаточности соответствующего паспортного показателя циркуляционных систем серийных моделей.

Ключевые слова: буровые установки, циркуляционные системы, ёмкость резервуаров.

The drilling rig circulation system is equipped with mud tanks for storage of drilling fluid reserves needed to compensate increase in their volume while deepening a well and prevent lost circulation and fluid absorption. The total volume of these mud tanks has a contradictory dual influence on blowout safety, productivity, mobility, and efficiency of drilling rigs, that's why their correct selection is significant and its departure from optimal value in any way may have considerable negative results. The purpose of this paper is to find out the necessary minimal drilling rig circulation system mud tanks volume, sufficient for technical and process purposes and needed for drilling oil and gas wells in Ukraine without accidents and complications, in the function of their depth and construction, and also sufficiency assessment of the nominal parameters of the mass production circulation systems.

Key words: drilling rigs, circulation systems, mud tank volume.

Наземні циркуляційні системи (ЦС) установок для експлуатаційного та глибокого розвідувального буріння свердловин на нафту і газ відіграють важливу роль у швидкісній та безаварійній проводці свердловин. Номенклатура технічних показників ЦС встановлена стандартом [1], але їх числові значення нормативно не регламентуються, кожний виробник і власник бурових установок призначає їх і вибирає відповідне устаткування, виходячи із власних можливостей та потреб, далеко не завжди такий вибір є найкращим з альтернативних.

Серед показників ЦС чи не найважливішим є місткість - сумарний об'єм W_{Σ} усіх резервуарів для зберігання промивальних рідин, особливого значення він набуває в ускладнених гірничо-геологічних умовах, при промиванні свердловин обважненими та засоленими промивальними рідинами. Очевидно, що між максимальним об'ємом $W_{\Sigma \max}$ стовбура свердловини та показником W_{Σ} існує певна залежність. Чинними правилами [2] ця залежність окреслена доволі розпливчасто, ними поставлено вимо-

гу щодо комплектації ЦС «...ємностями для запасу бурового розчину у відповідних проекту об'ємах...» (розділ V, підрозділ 2, пункт 2.1) із уточненням про відповідність проектів на спорудження свердловин вимогам будівельних норм [3]. Вимоги, встановлені правилами [4], не є більш конкретними.

Застосування ЦС зі збільшеними числовими значеннями W_{Σ} :

- створює безпечніші умови проводки свердловин, підвищує фонтанну безпеку, дає змогу боротися із поглинаннями та швидко і ефективно ліквідувати флюїдопрояви завдяки наявності на буровій в оперативній доступності приготованого заздалегідь запасу промивальних рідин із необхідними властивостями;

- прискорює спорудження свердловини шляхом суміщення в часі операції приготування промивальних рідин для наступної фази буріння із добурюванням останніх інтервалів в попередній;

- покращує екологічну безпечність бурових установок та спорудження свердловини.

Таблиця 1 – Узагальнена характеристика вихідної інформації для визначення показника W_{cvi}

Конструкції свердловин (число обсадних колон)	Число свердловин	Число площ (родовищ, структур), на яких пробурено свердловини	Інтервал кінцевих глибин $l_{макс}$, м
- двоколонні	22	10	200...3200
- триколонні	99	45	750...5200
- чотириколонні	67	39	1400...6200
- п'ятиколонні	9	5	5500...6000
Свердловини усіх конструкцій	197	99	200...6200

Однак поряд із наявністю усіх перелічених переваг збільшення показника W_{Σ} ЦС погіршує мобільність бурових установок в цілому через зростання маси, числа транспортабельних блоків, обсягів перевезень та робіт, виконуваних на точках монтажу і демонтажу, збільшує витрати на їх виконання, на придбання та утримання устаткування.

Отже, суперечливий двоїтий вплив показника W_{Σ} дає підстави стверджувати, що для кожного сполучення гірничо-геологічних, технічних, економічних та організаційних умов застосування існує таке його оптимальне число значення, при якому досягається максимальний сумарний приведенний ефект (мінімальна собівартість метра проходки, мінімальні витрати на спорудження свердловини тощо), хоча при оптимізації показника W_{Σ} область пошуку обмежується міркуваннями охорони надр та екологічної безпеки.

Виходячи з викладеного співавтори поставили собі дві задачі:

- визначити числові значення показника $W_{свмакс}$ для загалу споруджуваних в Україні свердловин;
- оцінити достатність для застосування в умовах України паспортних значень W_{Σ} , що характеризують ЦС серійних моделей в комплектації виробника.

Розв'язок сукупності обидвох задач має важливе практичне значення, впровадження отриманих результатів покращить техніко-економічні показники бурових робіт на нафту і газ та підвищить фонтанну безпеку при спорудженні свердловин.

Необхідний об'єм резервуарів для зберігання бурового розчину при бурінні свердловини визначається за формулою [1]:

$$W_{\Sigma} = k \cdot W_{свмакс}, \quad (1)$$

де $W_{свмакс}$ – максимальний об'єм свердловини, визначений з усіх фаз буріння.

k – коефіцієнт запасу, величина якого становить $k=2$ та $k=3$ для нормальних та для ускладнених умов буріння відповідно;

Об'єм W_{cvi} свердловини в i -ій фазі буріння обчислюється підсумуванням елементарних об'ємів по обсадженої та відкритій ділянці стовбура із діаметром ступенів d_i та їх протяжністю l_i :

$$W_{cvi} = \pi \cdot \Sigma(d_i^2 \cdot l_i) / 4, \quad (2)$$

де d_i - діаметр відкритого інтервалу стовбура свердловини із врахуванням його кавернозності або внутрішній діаметр обсадженого інтервалу протяжністю l_i , м.

З (2) є очевидною необхідність знання числових значень d_i та l_i для визначення за ними об'ємів W_{cvi} на кінець кожної фази буріння та вибору максимумів $W_{свмакс}$ для свердловини загалом.

На попередньому етапі дослідження створено інформаційне забезпечення, яким охоплено відомості, стосовні 197 експлуатаційних, пошукових та розвідувальних свердловин, пробурених на 99 родовищах (площах, структурах) Дніпровсько-Донецької западини та Прикарпатського прогину в інтервалі кінцевих глибин 200...6200 м (таблиця 1).

Для кожної свердловини із вказаної сукупності зібрано дані за наступним переліком:

- число z_k опущених обсадних колон в конструкції (хвостовики включно) без шахтового направлення;
- діаметр та глибина опускання кожної обсадної колони;
- діаметр долота, яким пробурено інтервал відкритого стовбура під спуск кожної обсадної колони.

Через відсутність даних та для спрощення розв'язку задачі в масиві вихідної інформації прийнято наступні умовності:

- не взято до уваги наявності/відсутності в конструкції свердловин направлення, оскільки воно ніяким чином не впливає на числове значення величини $W_{свмакс}$, на точність та коректність кінцевих результатів дослідження;
- усі обсадні колони розглядаються як рівностінні, товщина стінок труб в них прийнята рівною 10 мм, тому внутрішній діаметр стовбура свердловини в обсаджених інтервалах вважається на 20 мм меншим за номінальний діаметр відповідних обсадних труб;
- діаметр стовбура свердловини на відкритих інтервалах приймається рівним діаметру відповідного породоруйнівного інструменту (долота або розширювача), тобто коефіцієнт кавернозності відкритого стовбура усюди прийнято рівним одиниці;

Таблиця 2 – Необхідний об'єм резервуарів для зберігання промивальної рідини в наземній частині ЦС залежно від глибини і конструкції свердловин

Номер і назва родовища, номер свердловини	Глибина $l_{\text{макс}}$, м	Максимальний об'єм $W_{\text{свмакс}}$, м ³	Необхідний об'єм W_{Σ} резервуарів ЦС, м ³	$10^2 W_{\Sigma} / l_{\text{макс}}$, м ³ /м
1	2	3	4	5
1 Свердловини двоколонної конструкції без технічних обсадних колон				
1 Вишнянська 54	1850	60	121	7,55
Макунів 10	2900	131	262	9,03
2 Макунів 11	2300	87	173	7,54
3 Малодєвіцька 28, 29, 30, 31	2950	169	338	11,45
Орів-Уличне 161	2000	86	173	8,64
4 Орів-Уличне 162	3200	192	384	11,99
5 Тейсарівська 6	500	19	37	7,44
2 Свердловини триколонної конструкції з однією технічною обсадною колоною				
Анастасіївська 31	4700	259	519	11,04
1 Анастасіївська 32	2500	143	286	11,44
Артюхівська 52	4300	214	428	9,96
2 Артюхівська 55	4300	140	280	6,51
3 Березовська 28	3500	139	278	7,96
4 Бистрицька 274	2910	174	348	11,97
Битків 702	3300	202	405	12,26
5 Битків 703	3150	196	391	12,41
6 Богданівська 61	3000	104	208	6,93
Бугруватівська 3	4100	207	413	10,08
7 Бугруватівська 348	3850	227	454	11,79
8 Буштино 1	1900	62	125	6,56
9 Василівська 50	4250	193	386	9,09
10 Великобубнівська 110	3200	126	252	7,88
11 Вінківська 1	2000	76	152	7,59
12 Володимирівська 2	2600	75	150	5,78
Гаї 35	1850	71	142	7,67
13 Гаї 36	1800	100	199	11,07
14 Глинсько-Розбишівська 226	4100	166	331	8,08
15 Делятин 21	3950	217	433	10,97
Довбушанка 1	3950	185	371	9,39
16 Довбушанка 51	2940	168	335	11,40

- незалежно від способу реального використання перші обсадні колони довжиною до 100 м розглядалися як направлення і до уваги не бралися, тобто кондуктором вважаються перші обсадні колони мінімальною довжиною від 100 м.

Із зібраних даних випливає, що діапазон діаметрів труб в експлуатаційних обсадних колонах (127...168 мм) є доволі обмеженим, в той же час діаметр труб в кондукторах змінюється в широких межах (245...530 мм) та пов'язаний тісним кореляційним зв'язком із числом z_k обсадних колон в конструкції свердловини. Тому визнано за необхідне розділити загальний масив вихідної інформації на часткові вибірки за числовим значенням z_k , їх потужності вказано в таблиці 1. Після описаного впорядкування за (2) обчислено величини $W_{\text{сви}}$, з-поміж них вибрано максимуми $W_{\text{свмакс}}$, за якими встановлено

мінімальні розрахункові сумарні об'єми W_{Σ} резервуарів в ЦС з виразу (1).

Заміна показника W_{Σ} розрахунковим універсально застосовним питомим показником $W_{\Sigma} / l_{\text{макс}}$ дає змогу відмовитися від врахування числа z_k обсадних колон в конструкції свердловин, збільшує до можливого максимуму потужність об'єднаної вибірки, відповідно зростає точність кінцевих результатів. Питомий показник $W_{\Sigma} / l_{\text{макс}}$ має фізичний зміст площі поперечного перерізу свердловини постійного діаметра глибиною $l_{\text{макс}}$ та еквівалентного об'єму $k \cdot W_{\text{свмакс}}$, його застосування до усієї сукупності свердловин є коректним та правомірним.

Вибіркові вихідні дані та одержані результати вміщені в таблицю 2.

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5
17 Долина 359	2750	156	312	11,33
18 Залужани 58	2600	99	198	7,62
Кадобно 16	860	32	65	7,54
19 Кадобно 3	750	28	57	7,57
Качанівська 122	3650	186	373	10,21
20 Качанівська 123	2550	118	236	9,24
Клинсько-Сарська 50	3150	146	292	9,27
21 Клинсько-Сарська 51	5000	227	455	9,10
22 Козіївська 2	4600	230	461	10,02
23 Коломийська 1	3800	153	306	8,05
Космач-Покутська 10	3500	117	234	6,69
24 Космач-Покутська 12	4400	232	464	10,55
25 Микуличинська 4	2750	163	326	11,87
26 Недільна 2	3200	111	221	6,91
Орховичі 4	1900	72	144	7,57
Орховичі 9	2000	76	151	7,57
27 Орховичі 10	2000	76	152	7,59
28 Оселівська 2	4000	143	285	7,14
29 Північна Долина 132	2950	185	371	12,57
30 Пнів 20	4400	247	494	11,23
31 Радянська 3	3400	118	235	6,92
32 Рибальська 160	3700	177	353	9,55
33 Рудки 228	1400	53	107	7,61
34 Руські Комарівці 1	4500	183	365	8,12
35 Скворцівська 100	3200	176	351	10,98
36 Станава 49	3630	128	257	7,07
37 Старий Самбір 67	3500	181	363	10,37
38 Струтинська 80	2600	113	227	8,72
39 Суходольська 53	3650	121	243	6,64
40 Східницька 4	5450	314	628	11,53
41 Талалаївська 25	3750	176	352	9,40
42 Харківцевська 50	4900	207	414	8,44
43 Чижевська 39	3900	204	408	10,45
44 Юліївська 27	3850	147	295	7,66
45 Якубівська 157	5000	262	524	10,49
3 Свердловини чотириколонної конструкції із двома технічними обсадними колонами				
1 Андріяшівська 80	4800	271	542	11,30
2 Бабчинська 11	2700	117	234	8,67
3 Богород-Парище 70	5800	224	448	7,73
4 Буцівська 1	2700	104	208	7,72
5 Вишнянська 18	1620	60	119	7,37
6 Глинсько-Розбишівська 251	4700	283	566	12,04
7 Грушівська 4	3500	160	320	9,14
8 Гурбинцевська 1	4450	269	538	12,08
9 Домленківська 1	3500	122	245	7,00
10 Євгенівська 6	2750	366	733	26,64
11 Західно-Вергунська 501	2650	87	174	6,56
12 Зелена-Камінна 2	6000	290	580	9,67
13 Іванківська 55	5650	357	714	12,64
14 Княгиничі 2	4100	196	393	9,58

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5
15 Кобзівська 77	3960	234	468	11,81
16 Кошевійська 108	5600	282	564	10,08
Кружилівська 67	1750	70	139	7,97
Кружилівська 150	1400	46	91	6,50
17 Кружилівська 151	1750	78	155	8,86
18 Леляківська 206	4200	152	303	7,22
19 Лопушнянська 30	4300	327	653	15,20
20 Лютнянська 1	3400	130	259	7,63
21 Максимівська 2	5200	324	648	12,47
22 Матяшевська 156	5200	244	488	9,39
23 Мигринська 1	2350	89	178	7,58
24 Миколаївська 100	2600	99	198	7,62
25 Міжгір'я 1	6200	385	771	12,43
26 Новоселиця 414	6000	442	883	14,72
27 Орлівська 56	3750	205	411	10,96
Орховичі 7	4100	208	416	10,14
28 Орховичі 23	2000	74	148	7,39
Пасічна 806	4515	318	635	14,07
Пасічна 812	6200	427	855	13,78
29 Пасічна 814	6000	366	733	12,21
30 Південний Гвізд 11	4400	285	569	12,94
31 Під'яблунівська 1	5900	367	735	12,46
32 Рибальська 207	5450	264	529	9,71
Сагайдацька 60	5300	369	738	13,92
33 Сагайдацька 100	5000	369	738	14,76
34 Смілянська 24	5300	391	781	14,74
35 Спас 6	5500	379	757	13,76
36 Східниця 2	6000	311	622	10,37
37 Східно-Полтавська 55	4600	264	527	11,46
38 Танява 101	6000	440	880	14,67
39 Яблунівська 57	4600	246	493	10,71
40 Яблунька 20	4800	258	516	10,74
4 Сverdловини п'ятиколонної конструкції із трьома технічними обсадними колонами				
Космач-Покутська 2	5500	234	468	4,26
1 Космач-Покутська 16	4500	176	352	3,91
2 Лисогірська 5	5500	346	692	6,29
3 Макіївська 1	5500	332	663	6,03
4 Озернянська 7	5000	266	532	5,32
5 Радченківська 166	5500	332	664	6,03

Таблиця 3 – Результати регресійного аналізу досліджуваних сукупностей вихідних та розрахункових даних, стосовних пробурених свердловин

Конструкція свердловин	Рівняння апроксимуючої функції $W_{\Sigma}/l_{\max} = f(l_{\max})$
- двоколонні	$W_{\Sigma}/l_{\max} = 0,006 + 1,59 \cdot 10^{-13} \cdot l_{\max}^3$ (3)
- триколонні	$W_{\Sigma}/l_{\max} = 0,0075 + 4,937 \cdot 10^{-7} \cdot l_{\max}^2$ (4)
- чотириколонні	$W_{\Sigma}/l_{\max} = 0,0074 + 1,55 \cdot 10^{-10} \cdot l_{\max}^2$ (5)
- п'ятиколонні	$W_{\Sigma}/l_{\max} = 0,0023 + 2,047 \cdot 10^{-14} \cdot l_{\max}^3$ (6)
- свердловини усіх конструкцій	$W_{\Sigma}/l_{\max} = 0,0069 + 6,728 \cdot 10^{-7} \cdot l_{\max}$ (7)

Після перевірки на однорідність та вилучення неоднорідних членів двовимірні вибірки числових значень $W_{\Sigma}/l_{\max}, l_{\max}$, утворені за ознакою $z_k = item$, та об'єднану вибірку піддано регресійному аналізу, в результаті якого віднайдено рівняння апроксимуючих функцій (3-7), які із найменшими середньоквадратичними відхиленнями описують емпіричні залежності $W_{\Sigma}/l_{\max} = f(l_{\max})$.

Створена інформаційна база для розв'язку другої поставленої задачі містить:

- паспортні числові значення показника W_{Σ} для серійних моделей ЦС, м³;
- перелік серійних моделей бурових установок та їх паспортні числові значення умовної глибини буріння $L_{ум}$, м.

ЦС бурових установок, експлуатованих в більшості індустріально розвинених країн світу, переважно комплектуються за специфікаціями замовника, виходячи із засади досягнення найкращої відповідності умовам спорудження чергової свердловини. Як правило, вони оснащуються вузлами і агрегатами різних виробників із різними технічними показниками. Крім того, бурові установки, виготовлені американськими виробниками, не мають серед своїх паспортних показників умовної глибини буріння $L_{ум}$. За стандартом [5] фактична кінцева (проектна) глибина l_{\max} споруджуваних буровою установкою свердловин може бути як меншою, так і більшою за умовну глибину буріння $L_{ум}$, але решта основних показників установки розраховується як функції $L_{ум}$. З огляду на вище викладене аналізу піддано циркуляційні системи серійних моделей російського (радянського) виробництва (таблиця 4) [6]. Аналогічно показнику W_{Σ}/l_{\max} , віднайденому вище для свердловин, для ЦС кожної моделі обчислено питомі показники $W_{\Sigma}/L_{ум}$. Утворена описаним чином двовимірна вибірка ($W_{\Sigma}/L_{ум}, L_{ум}$) містить інформацію про ЦС 84 серійних моделей, виготовлених чотирма виробниками, в тому числі про 5 ЦС виробництва групи компаній «Нефтегазмаштехнологии», які не мають визначеного призначення і можуть комплектувати бурові установки довільних моделей на розсуд виробника або експлуатуючого підприємства. За результатами перевірки вибірки на однорідність з неї вилучено п'ять членів, виділених в таблиці 4 фоном.

Привертають до себе увагу та свідчать про актуальність розглядуваної проблеми наступні виявлені факти:

- статистичні оцінки математичного сподівання питомого показника $W_{\Sigma}/L_{ум}$ для установок одного і того ж самого класу і різних виробників відрізняється за величиною до $\pm 20\%$, тобто величини W_{Σ} призначаються виробниками, виходячи не з реальних технологічних потреб потенційного споживача, а скоріше з відомчих традицій;
- установки кушового буріння, для яких специфіка їх використання ставить найменш жорсткі

вимоги до їх мобільності, мають менші значення показників W_{Σ} , ніж стаціонарні установки того ж класу для спорудження одиничних свердловин, що не може бути пояснено об'єктивними причинами;

- виходячи з частоти передислокацій, складності геологічного розрізу та величини очікуваних пластових тисків що більшим є показник $L_{ум}$ для бурової установки, то більшим повинен бути її показник $W_{\Sigma}/L_{ум}$. Таке справедливе для установок усіх типів та моделей міркування не знаходить практичного підтвердження у вихідних даних, наведених в таблиці 4.

Вихідні дані з таблиці 4 згруповано у чотири двовимірні вибірки значень $W_{\Sigma}/L_{ум}, L_{ум}$, з них три сформовано за ознакою приналежності до одного виробника (за винятком ЦС виробництва групи компаній «Нефтегазмаштехнологии» через їх недостатню чисельність), а четверта охоплює дані ЦС і бурових установок усіх виробників та моделей. Сукупність підготованих таким чином даних піддано математичній обробці за методикою, застосованою для розв'язку першої задачі. Результатом обробки є рівняння регресії (8-11), якими з найменшими середньоквадратичними відхиленнями описуються емпіричні залежності питомого сумарного паспортного об'єму $W_{\Sigma}/L_{ум}$ резервуарів ЦС від умовної глибини буріння $L_{ум}$ комплектуваних ними бурових установок (таблиця 5).

За рівняннями регресії (3-7) та (8-11) побудовано графіки відповідних функціональних залежностей $W_{\Sigma}/l_{\max} = f(l_{\max})$ та $W_{\Sigma}/L_{ум} = \varphi(L_{ум})$ для пробурених свердловин та серійних циркуляційних систем (рисунки 1 і 2 відповідно).

Суміщення графіків функцій 5 (рисунок 1) та 4 (рисунок 2) в одній системі координат наглядно показує недостатність величин $W_{\Sigma}/L_{ум}$, що характеризують усі серійні моделі ЦС російського виробництва, для спорудження свердловин в умовах України без ускладнень, аварій та з високими техніко-економічними показниками.

Отримані результати проведеного дослідження дають підстави для формулювання наступних висновків:

- розробники та виробники комплектних бурових установок та їх циркуляційних систем не мають обґрунтованої методики визначення оптимального об'єму резервуарів відповідно до класу установок та умов їх використання. Вище викладений підхід може бути покладено в основу розроблення такої методики;
- найдоцільнішою практикою є встановлення об'єму W_{Σ} резервуарів ЦС замовником бурової установки з відомими умовами її застосування в контракті на її постачання (виготовлення);
- жодна з серійних моделей ЦС, нині виготовлених в Російській Федерації, не має достатнього об'єму W_{Σ} резервуарів для безпечного спорудження свердловин на нафту і газ в Україні і потребує додаткової комплектації.

Таблиця 4 – Вихідні дані та результати дослідження паспортних показників циркуляційних систем

Бурова установка		Циркуляційна система		
Модель	Умовна глибина $L_{ум}$ уріння, м	Модель	Показник W_{Σ} , м ³	Питомий показник $10^2 \cdot W_{\Sigma} / L_{ум}$, м ³ /м
1	2	3	4	5
1 ЦС комплектних стаціонарних бурових установок та наборів бурового обладнання Уралмашзаводу				
1 БУ 3200/200 ДГУ-1	3200	ЦС 3200 ДГУ-1	120	3,75
2 БУ 3200/200 ЭУ-1	3200	ЦС 3200 ЭУ-1	120	3,75
3 БУ 3200/200 ДЭР	3200	—	200	6,25
4 Уралмаш 3Д-76	3600	ЦС 3Д-76	180	5,0
5 Уралмаш 4000 Д-1	4000	ЦС Д-1	180	4,5
6 БУ 4000/250 ДГУ-Т	4000	ЦС 4000 ДГУ-Т	180	4,5
7 БУ 5000/320 ДГУ-1	5000	ЦС 5000 ДГУ-1	270	5,4
8 БУ 5000/320 ДЭР	5000	ЦС 5000 ДЭР	270	5,4
9 БУ 5000/320 БМЧ	5000	—	270	5,4
10 БУ 5000/450 ЭР	5000	ЦС 5000 ЭР	180	3,6
11 БУ 5000/450 ЭР-Т	5000	ЦС 5000 ЭР-Т	300	6,0
12 БУ 6500/400 ДЭР	6500	ЦС 6500 ДЭР	500	7,69
13 БУ 6500/400 ЭР	6500	ЦС 6500 ЭР	500	7,69
14 БУ 6500/450 ДГ	6500	ЦС 6500 ДГ	420	6,46
15 БУ 6500/500 БМЧ	6500	—	340	5,23
16 БУ 8000/500 ДЭР	8000	ЦС 8000 ДЭР	600	6,25
17 БУ 8000/500 ЭР	8000	ЦС 8000 ЭР	600	6,25
18 БУ 8000/600 ДЭР	8000	ЦС 8000 ДЭР	400	5
19 БУ 8000/600 БМЧ	8000	—	315	3,94
2 ЦС комплектних стаціонарних установок кушового буріння Уралмашзаводу				
1 БУ 2500/160 ЭСК-БМЧ	2500	—	133	5,32
2 БУ 3200/200 ЭУК-2М2	3200	ЦС 3200 ЭУК-2М2	120	3,75
3 БУ 3200/200 ЭУК-3МА	3200	ЦС 3200 ЭУК-3МА	200	6,25
4 БУ 3200/200 ЭК-БМЧ	3200	—	160	5,00
5 БУ 3900/225 ЭК-БМ	3900	ЦС 3900 ЭК-БМ	160	4,1
6 БУ 4500/270 ЭК-БМ	4500	ЦС 4500 ЭК-БМ	180	4
7 БУ 4500/270 ЭК-БМЧ	4500	—	180	4,00
8 БУ 5000/320 ЭУК-Я	5000	ЦС 5000 ЭУК-Я	320	6,4
9 БУ 5000/320 ЭК-БМЧ	5000	—	270	5,40
3 ЦС комплектних мобільних бурових установок Уралмашзаводу ¹⁾				
1 БУ 1200/80 ДМ	1200	—	90	7,50
2 БУ 1600/100 ДМ	1600	ЦС 1600 ДМ	171	10,69
3 БУ 2000/125 ДМ	2000	—	171	8,55
4 БУ 2500/160 ДПБМ	2500	ЦС 2500 ДПБМ	120	4,8
5 БУ 2500/160 ДЭР-П	2500	ЦС 2500 ДЭР-П	120	4,8
6 БУ 2500/160 ЭР-П	2500	ЦС 2500 ЭР-П	120	4,8
7 БУ 2900/175 ДЭР-П	2900	ЦС 2900 ДЭР-П	90	3,1
8 БУ 2900/175 ЭР-П	2900	ЦС 2900 ЭР-П	90	3,1
9 БУ 3200/200 ДЭР-М	3200	ЦС 3200 ДЭР-М	120	4
4 ЦС комплектних стаціонарних бурових установок Волгоградського заводу бурової техніки				
1 БУ 1600/100 ДГУ	1600	ЦС 1600 ДГУ	90	5,63
2 БУ 1600/100 ЭУ	1600	ЦС 1600 ЭУ	90	5,63
3 БУ 2000/125 ДЭП	2000	ЦС 2000 ДЭП	45	2,25
4 БУ 2000/125 ЭП	2000	ЦС 2000 ЭП	45	2,25
5 БУ 2500/160 ДГУ-М	2500	ЦС 2500 ДГУ-М	90	3,6
6 БУ 2500/160 ДПМБ	2500	ЦС 2500 ДПМБ	120	4,8
7 БУ 2500/160 ДЭП-1	2500	ЦС 2500-ДЭП-1	90	3,6
8 БУ 2500/160 ЭП	2500	ЦС 2500 ЭП	90	3,6
9 БУ 2900/175 ДЭП-2	2900	ЦС 2900 ДЭП-2	140	4,83

Продовження таблиці 4

1	2	3	4	5
10 БУ 2900/175 ДЭП-3	2900	ЦС 2900 ДЭП-3	140	4,83
11 БУ 2900/175 ДЭП -5	2900	ЦС 2900 ДЭП -5	140	4,83
12 БУ 2900/175 ДЭП-9	2900	ЦС 2900 ДЭП-9	140	4,83
13 БУ 2900/175 ДЭП-12	2900	ЦС 2900 ДЭП-12	140	4,83
14 БУ 2900/175 ЭПБМ	2900	ЦС 2900 ЭПБМ	120	4,14
15 БУ 2900/175 ЭП	2900	ЦС 2900 ЭП	90	3,1
16 БУ 2900/200 ДЭП-БМ	2900	ЦС 2900 ДЭП-БМ	140	4,83
17 БУ 3900/225 ДЭП-БМ	3900	ЦС 3900 ДЭП-БМ	50	1,28
18 БУ 4000/250 ДЭП-БМ	4000	ЦС 4000 ДЭП-БМ	200	5
19 БУ 5000/320 ДЭП-БМ	5000	ЦС 5000 ДЭП-БМ	200	4
5 ЦС комплектних стаціонарних установок кущового буріння Волгоградського заводу бурової техніки				
1 БУ 2500/160 ЭПК	2500	ЦС 2500 ЭПК	90	3,6
2 БУ 2900/175 ЭПК	2900	ЦС 2900 ЭПК	120	4,14
3 БУ 2900/200 ЭПК-БМ	2900	ЦС 2900 ЭПК-БМ	140	4,83
4 БУ 3900/225 ЭПК-БМ	3900	ЦС 3900 ЭПК-БМ	160	4,1
6 ЦС комплектних мобільних бурових установок Волгоградського заводу бурової техніки				
1 БУ 2000/125 М-Д	2000	ЦС 2000 М-Д	90	4,5
2 БУ 2000/125 М-ДЭП	2000	ЦС 2000М-ДЭП	132	6,6
3 БУ 2000/125 ЭБМ	2000	ЦС 2000 ЭБМ	90	4,5
4 БУ 2000/125 М-ЭП	2000	ЦС 2000 М-ЭП	90	4,5
5 БУ 2000/140 М-ДЭП	2000	ЦС 2000 М-ДЭП	140	7
6 БУ 2500/160 М-ДЭП (на шасі)	2500	ЦС 2500 М-ДЭП	140	5,6
7 БУ 2500/160 М-ДЭП	2500	ЦС 2500 М-ДЭП	150	6
8 БУ 3200/200 М-ДЭП	3200	ЦС 3200 М-ДЭП	105	3,28
7 ЦС виробництва Хадиженського машинобудівного заводу				
1 БУ 1600/100 ЭУ	1600	ЦС 1600Э(01)	60	3,75
2 БУ 2500/160 ЭП1	2500	ЦСМ 2500ДЭП	90	3,6
3 БУ 2500/160 ЭП	2500	ЦСМ 2500ЭП	90	3,6
4 БУ 2500/160 ЭПК	2500	ЦС 2500ЭПК	120	4,8
5 БУ 3200/200 ДГУ-1Т	3000	ЦС 3000 ДГУ-1Т	120	4
6 БУ 3200/200 ЭУК-2М2	3200	ЦС 3200 ЭУК-2М-У1	120	3,75
7 БУ 3200/200 ДГУ-1М	3200	ЦС 3200-У1	120	3,75
8 БУ 3200/200 ЭУ-1М	3200	ЦС 3200-01-У1	120	3,75
9 БУ 5000/320 ЭР	5000	ЦС 5000 ЭР	180	3,6
10 БУ 6500/400 ЭР	6500	ЦС 6500 ЭР	240	3,69
11 БУ 8000/500 ЭР	8000	ЦС 8000 ЭР	380	4,75
8 ЦС виробництва групи компаній «Нефтегазмаштехнологии»				
1 —	2000	СЦ 09	40	2
2 —	2000	СЦ 15М	90	4,5
3 —	2000	СЦ 15	165	8,25
4 БУ 3000 ЭУК	3000	СЦ 11	40	1,3
5 —	4000	СЦ 06К3	190	4,75

Примітка: ¹⁾ - в тому числі установок, виготовлюваних компанією Upret S.A.

Таблиця 5 – Результати регресійного аналізу досліджуваних сукупностей вихідних та розрахункових даних, стосовних серійних циркуляційних систем

Виробник ЦС	Рівняння апроксимуючої функції $W_{\Sigma}/L_{ум} = \varphi(L_{ум})$
- Уралмаш - Буровое оборудование	$W_{\Sigma}/L_{ум} = 0,004 + 3,417 \cdot 10^{-15} \cdot L_{ум}^3$ (8)
- Волгоградський завод бурової техніки	$W_{\Sigma}/L_{ум} = 0,002 + 3,671/L_{ум}$ (9)
- Хадиженський машинобудівний завод	$W_{\Sigma}/L_{ум} = 0,003 + 1,277 \cdot 10^{-15} \cdot L_{ум}^3$ (10)
- серійні ЦС усіх виробників і моделей	$W_{\Sigma}/L_{ум} = 0,004 + 2,983 \cdot 10^{-15} \cdot L_{ум}^3$ (11)

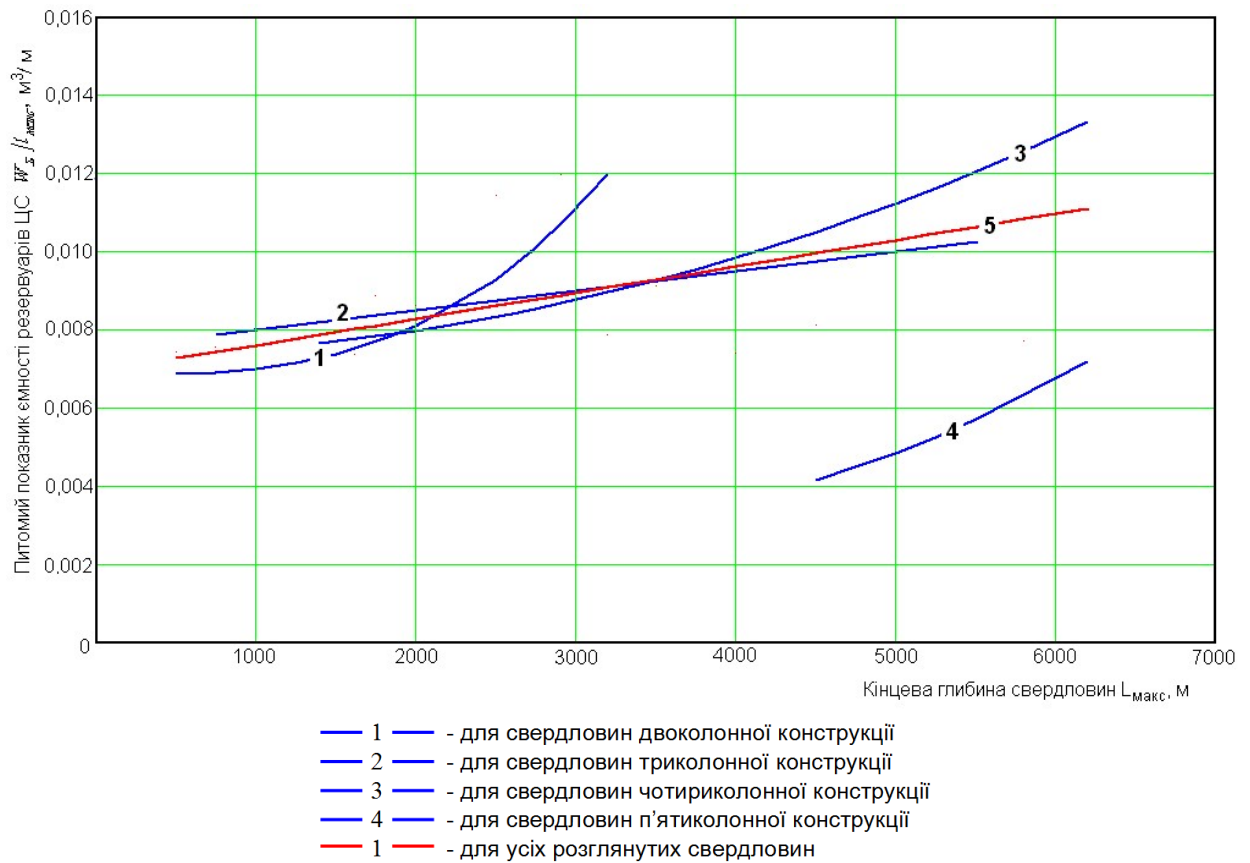


Рисунок 1 – Залежність необхідного питомого об'єму $W_{\Sigma}/l_{\max} = \varphi(l_{\max})$ резервуарів ЦС від кінцевої глибини свердловин

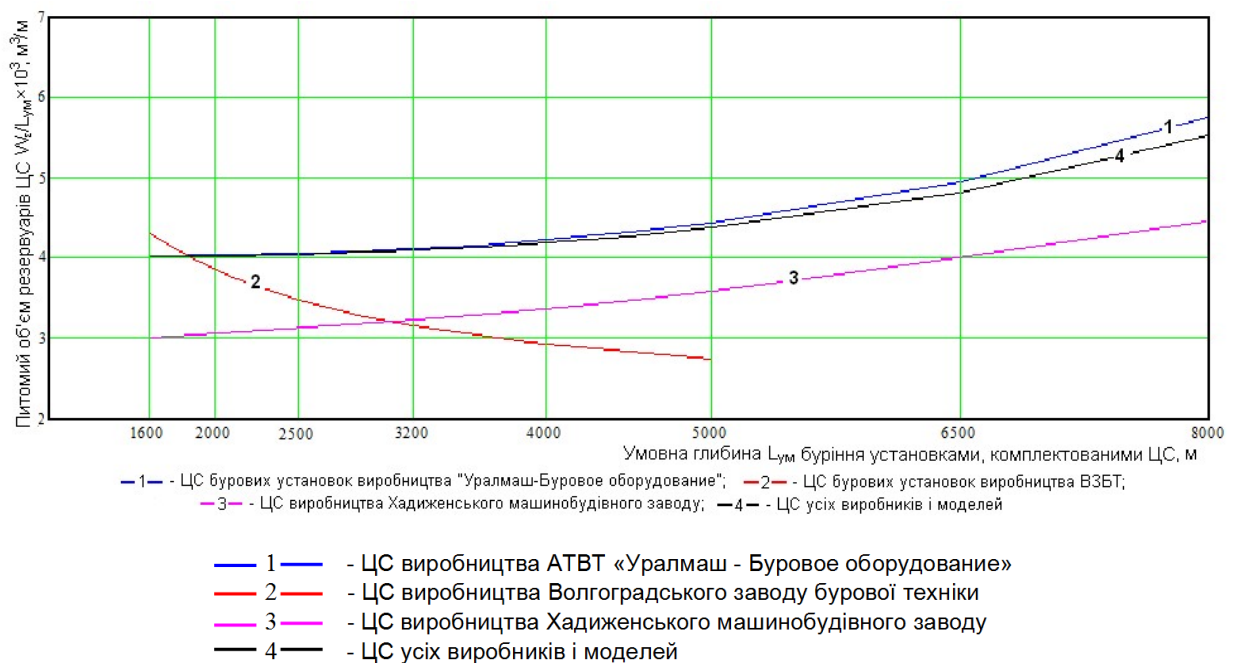


Рисунок 2 – Залежність питомого об'єму $W_{\Sigma}/L_{ум} = \varphi(L_{ум})$ резервуарів ЦС від умовної глибини буріння $L_{ум}$ комплектованими установками

Література

- 1 ОСТ 26 02-2077-86 СПКП. Оборудование нефтепромысловое, буровое и геологоразведочное. Номенклатура показателей.
- 2 НПАОП 11.1- 1.20-03 Правила безпеки у нафтогазодобувній промисловості України.
- 3 ДБН А.2.2-3-2004 Проектування. Склад, порядок розроблення, погодження та затвердження проектної документації для будівництва.
- 4 НПАОП 11.2-1.18-82 Єдині технічні правила ведення робіт при будівництві свердловин на нафтових, газових і газоконденсатних родовищах.
- 5 ГОСТ 16293-89 Установки буровые комплектные для эксплуатационного и глубокого разведочного бурения. Основные параметры.
- 6 Веб-сторінки виробників бурових установок та циркуляційних систем:
ВАТ «Уралмаш – Буровое оборудование» - <http://www.uralmash.ru/>;
Волгоградського заводу бурової техніки - <http://www.vzbt.ru/>;
Хадиженського машинобудівного заводу - <http://www.hmzavod.ru/>;
групи компаній «Нефтегазмаштехнологии» - <http://www.ngmt.ru/>.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
07.02.14*

*Рекомендована до друку
професором **Івасівим В.М.**
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)
канд. техн. наук **Бучинським М.Я.**
(ПрАТ «Пласт», Київська обл., м. Миронівка)*