

**Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»**

Методичні вказівки

до практичних робіт з дисципліни

„Гідроаеромеханіка в бурінні”

ДЛЯ СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ

185 "Нафтогазова інженерія та технології"

Дніпро

2020

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Методичні вказівки

до практичних робіт з дисципліни

„Гідроаеромеханіка в бурінні”

ДЛЯ СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ

185 "Нафтогазова інженерія та технології"

Погоджено рішенням методичної комісії спеціальності 185 «Нафтогазова інженерія та технології» (протокол № ____ від 21.01.2020).

Дніпро

2020

Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни "Гідроаеромеханіка в бурінні" для студентів спеціальності 185 "Нафтогазова інженерія та технології" / Упорядн. А.К. Судаков. - Дніпро: НТУ «Дніпровська політехніка», 2020. – 17с.

Упорядник:

А.К. Судаков, докт. техн. наук, проф.

Відповідальний за випуск канд. техн. наук, доц. кафедри техніки розвідки родовищ корисних копалин В.Л.Хоменко

Друкується в редакційній обробці упорядників.

ВСТУП

Методичні вказівки складено згідно з робочою програмою дисципліни «Гідроаеромеханіка в бурінні» для спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології, призначено для надання допомоги при вивченні дисципліни студентами очної і заочної форм навчання.

У курсі «Гідроаеромеханіка в бурінні» використано матеріали багаторічної плідної праці Мислюка М.А. - професора кафедри буріння нафтових і газових свердловин ИФНТУНГ [8], викладено технологічні процеси спорудження нафтових і газових свердловин з використанням основних положень механіки рідин та газів. Оптимізація різноманітних процесів спорудження свердловин, вибір і прийняття раціональних технологічних рішень при бурінні та кріпленні свердловин ґрунтуються на використанні законів руху бурових технологічних рідин в елементах циркуляційної системи свердловини та пластах. Це, по суті, і визначає важливість дисципліни у фаховій підготовці інженерів-буровиків.

Мета вивчення курсу «Гідроаеромеханіка в бурінні» полягає в одержанні студентами теоретичних і практичних знань, необхідних для проектування гідравлічної програми технологічних процесів спорудження свердловини та її практичної реалізації стосовно до конкретних гелого-технічних умов буріння свердловини.

Практичні заняття передбачено, як для старіанарної так і для заочної форм навчання в обсязі 17 та 6 год. відповідно. У переліку практичних занять наведено 4 можливих варіанти їх виконання: 2 заняття за модулем «Попередження флюїдопроявлень» і 2 заняття за модулем «Ліквідація флюїдопроявлень». Проведення практичних занять регламентується викладачем із урахуванням побажань магістрів, в тому числі і за напрямом магістерської роботи. Це допускає можливість використання результатів практичних занять у підготовленні магістерської праці.

ПЕРЕЛІК ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Назва модулів та теми занять	Обсяг занять,	Літе- ратура
1. ОСНОВИ ГІДРОМЕХАНІКИ БУРОВИХ РОЗЧИНІЮ		
Визначення реологічних властивостей бурових розчинів за даними ротаційної віскозиметри	4	1,2,7
Гідравлічні розрахунки промивання свердловин	5	1,2,3,4,7
2. ГІДРОМЕХАНІКА ГАЗІВ ТА АЕРОВАНИХ БУРОВИХ РОЗЧИНІВ		
Гідравлічні розрахунки при бурінні з продувкою та промиванні аерованими буровими розчинами	4	2,7
3. ГІДРАВЛІКА НЕУСТАЛЕНИХ ПРОЦЕСІВ, ЕЛЕМЕНТИ ПІДЗЕМНОЇ ГІДРАВЛІКИ		
Розрахунки тисків при спуско-підймальних операціях у свердловині	4	2,6,7
Всього	17	

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДЛЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

1 Основи гідромеханіки бурових розчинів

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1. Визначення реологічних властивостей бурових розчинів за даними ротаційної віскозиметри

Мета занять: засвоєння сучасних методик обробки даних ротаційної віскозиметрії.

На заняттях вивчаються методики обробки даних ротаційної віскозиметрії, які зводяться до побудови оцінок реологічних властивостей.

Література: [1, с. 14 -15, 53- 54, 108 - 110, 127 - 137], [2, с.340 - 369], [4, с.320 - 329, 331 - 335], [5, с.84 - 94].

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2. Гідрравлічні розрахунки промивання свердловин

Мета занять: вивчення методик гідрравлічних розрахунків промивання свердловин.

На заняттях вивчаються особливості обґрунтування технологічних рішень під час розбурювання зон АВПТ в умовах використання статистичних методів їх прогнозування. У таких ситуаціях необхідно застосовувати статистичну модель прийняття рішень [5, с. 85 - 88].

Спочатку слід уяснити, що прийняття технологічних рішень при бурінні в зонах АВПТ спрямовано передусім на запобігання усюгадженям і аварій в результаті можливих флюїдопроявів та зумовлено неточністю інформації про порові (пластові) тиски і глибину входження в пласт-кодектор. Технологічні рішення зводяться в основному до регулювання густини бурового розчину (тиску) в свердловині. В окремих випадках виникає необхідність у зміні конструкції свердловини, тобто спуску проміжної колони. Інші заходи (регулювання реологічних властивостей бурового розчину, керування гідродинамічною ситуацією в свердловині при виконанні технологічних операцій, зміна проникності розкритих пластів і т.п.) мають другорядний характер.

Необхідно розглянути вихідну інформацію (результати статистичного прогнозу порових тисків, товщину перехідної зони, допустимі тиски на пласти у відкритому стовбурі і обсадну колону тощо), а також особливості побудови елементів статистичної моделі прийняття рішень (множину A допустимих альтернатив, простір Θ та ймовірності можливих станів градієнту порового тиску, ймовірність $\varphi(z)$ розкриття пласта АВПТ на глибині z , функцію втрат $w(\alpha, \nu) \geq 0$ при реалізації альтернативи a у випадку стану градієнту порового (пластового) тиску).

Рекомендується детально засвоїти приклад 8.12 [5, с.87 - 88] і звернути також увагу на інші критерії вибору рішень, в тому числі за відсутності інформації про ймовірності a можливих станів градієнту порового тиску.

Інформаційною основою задачі вибору технологічних рішень під час

буріння в зонах АВПТ є результати статистичного прогнозу порових тисків і це визнає її динамічний характер, тобто розв'язок задачі будують періодично в міру поглиблення свердловини та отримання нової інформації про порові тиски.

Слід знати, що використання статистичних моделей не забезпечує прийняття оптимальних рішень у кожному конкретному випадку, а визначає оптимальну стратегію прийняття рішень в умовах інформаційної невизначеності.

Література: [5, с.77-94].

Блок 2 Гідромеханіка газів та аерованих бурових розчинів

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3. Гідравлічні розрахунки при бурінні з продувкою та промиванні керованими буровими розчинами

Мета занять: вивчення розрахунків при бурінні з продувкою та промиванні аерованими буровими розчинами.

На заняттях вивчають технології ліквідації флюїдопроявднів у ситуаціях, коли об'єм флюїду, що надійшов у свердловину, менший граничнодопустимого. Вихідною інформацією для вибору технології та обґрунтування її параметрів є геолого-технічні умови буріння під експлуатаційну колону свердловини, яка розглядається у праці. Додаткова інформація про умови виникнення прояву (технологічна операція, глибина, об'єм флюїду, тиски у трубах і затрубному просторі тощо) задається викладачем.

На основі вихідної інформації необхідно:

- оцінити пластовий тиск і густину обважненого бурового розчину;
- вид флюїду, що надійшов у свердловину;
- обґрунтувати технологію ліквідації прояву (метод бурильника, очікування та обважнення, промивання та обважнення, неперервний метод);
- побудувати діаграму тисків у нагнітальній лінії і, за необхідності, у затрубному просторі перед дроселем.

Слід звернути увагу на особливості контролю за вибієним тиском під час реалізації прийнятої технології ліквідації прояву, а також побудувати оцінки тисків на небезпечні перерий стовбура свердловини. В цьому плані важливим є підхід щодо оптимального вибору технології ліквідації проявів, який розглядається в [6].

Література: [5, с. 98 - 107, 110 - 115], [6].

Блок 3. Гідромеханіка неусталеїших процесів. Підземна гідравліка

ПРАКТИЧНА РОБОТА №4. Розрахунки тисків при спуско-підіймальних операціях у свердловині

Мета занять: вивчити та засвоїти розрахунки тисків при спуско-підіймальних операціях у свердловині.

На заняттях студенти мають засвоїти технології ліквідації проявів і контролю тиску в ускладнених умовах, а саме: метод низького тиску перед дроселем, метод ліквідації прояву за частинами, спосіб обмеження тиску на гирлі, спосіб постійного тиску на вибої, способи ліквідації проявів під час спуско-підймальних операцій і т. ін. Для цього викладачем надається додаткова інформація щодо ускладнених умов виникнення прояву при бурінні під експлуатаційну колону свердловини, яка розглядається у магістерській праці.

Для випадків контролю тиску в свердловині необхідно звернути увагу на оцінки швидкості міграції газу та його знаходження у свердловині. Такі оцінки будуються в припущенні герметичності свердловини з урахуванням рівняння стану реального газу в умовах свердловини. Тиски у свердловині визначають з урахуванням впливу статичного напруження зсуву. З метою засвоєння цих методик рекомендується порівняти їх результати з оцінками, одержаними для ідеального газу і без урахування структурних властивостей бурового розчину.

Література: [5, С.107 - 115].

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мислюк М.А. Моделювання явищ і процесів у нафтогазопромисловій справі / М.А. Мислюк, Ю.О. Зарубін. - Івано-Франківськ: Екор, 1999. - 494 с.
2. Мислюк М. А. Буріння свердловин: Довідник: У 5 т. Т.1.: Загальні відомості. Бурові установки. Обладнання та інструмент / М. А. Мислюк, І. Й. Рибчин, Р. С. Яремійчук. - К.: Інтерпрес ЛТД, 2002. - 367 с.
3. Мислюк М. А. Буріння свердловин: Довідник: У 5 т. Т.2.: Промивання свердловин, Відробка доліт / М. А. Мислюк, І. Й. Рибчин, Р. С. Яремійчук. - К.: Інтерпрес ЛТД, 2002. - 303 с.
4. Мислюк М. А. Буріння свердловин: Довідник: У 5 т. Т.3.: Вертикальне та скероване буріння / М. А. Мислюк, І. Й. Рибчин, Р. С. Яремійчук. - К.: Інтерпрес ЛТД, 2004. - 294 с.
5. Мислюк М, А. Буріння свердловин: Довідник: У 5 т. Т.4.: Завершення свердловин / М. А. Мислюк, І, И, Рибчин, - К: Інтерпрес ЛТД, 2012. - 608 с.
6. Мислюк М. А. Буріння свердловин: Довідник: У 5 т. Т.5.: Ускладнення. Аварії. Екологія / М. А. Мислюк, І. Й. Рибчин, Р. С. Яремійчук. - К.: Інтерпрес ЛТД, 2004. - 376 с.
7. Мислюк М.А., Богославець В.В. Гідроаеромеханіка в бурінні: Методичні вказівки. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2017. - 31с.
8. Дудля М.А. Промивальні рідини в бурінні. Підручник.: -3-є вид. доп. -Д.: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет». 2011. - 542с.
9. Дудля Н.А., Стричек С., Островский И.Р. Предупреждение и ликвидация аварий при бурении: Учебное пособие.- 2-е изд., перераб. и доп.- Д.:ЧП «Лири ЛДТ». 2007. - 328с.

ДОДАТКИ

Таблиця А1 — Завдання для визначення реологічних властивостей бурових розчинів за даними ротаційної віскозиметрії

Варіант	Кут закручування го (град) при частоті обертання, об/хв							
	3	6	30	60	100	200	300	600
А	14	15	21	25	31	45	59	91
Б	10	13	20	30	42	68	91	149
В	4	5	9	13	18	28	38	63
Г	5	6	13	17	22	33	42	65
Д	7	8	15	20	27	41	54	88
Е	13	14	17	19	21	24	27	35

Таблиця А2 - Характеристика віскозиметра

Варіант	α	k_{τ} , Па/град
1	0,94	0,48
2	0,95	0,67
3	0,93	0,54
4	0,96	0,52
5	0,97	0,50

Таблиця Б1 - Завдання для визначення розрахунків промивання гідравлічних свердловин

Долото	190,5СЗ- ГАУ	215,9 С-ГАУ	269,9 С-ГАУ	295,3 СЗ- ГАУ
Варіант	А	Б	В	Г
Глибина свердловини, м	3400	4200	2500	2700
Глибина спуску проміжної колони, м	2700	3200	200	300
Діаметр проміжної колони, мм	219	245	299	324
Товщина стінки проміжної колони, мм	10,2	11,1	9,5	9,5
Діаметр ОБГ, мм	146	165	203	229
Довжина ОБГ, м	250	180	120	100
Бурильні труби (тип, товщина стінки)	ПК114×11	ПН127×13	ПК140×9	ПК140×11
Вибійний двигун	—	—	ТУ240К	ТВШ-240

Таблиця Б2 - Завдання для визначення гідравлічних розрахунків промивання свердловин

Варіант	Густина, кг/м ³	Насос
1	1280	У8-6МА2
2	1300	У8-6МА2
3	1320	У8-6МА2
4	1340	НБТ-600-І
5	1360	НБТ-ШН
6	1380	НБТ-600-1
7	1400	У8-7МА
8	1420	У8-7МА

Таблиця Б3 - Завдання для визначення гідравлічних розрахунків промивання свердловин

Варіант	Реологічні властивості моделі Оствальда	
	к, Па·с ⁿ	n
1	2,993	0,391
2	2,405	0,423
3	2,786	0,405
4	0,954	0,543
5	3,617	0,386
6	3,262	0,378
7	2,900	0,389
8	3,097	0,436
9	2,152	0,409
10	2,108	0,384
11	1,547	0,435
12	1,142	0,474
13	2,885	0,383
14	0,983	0,523
15	2,993	0,391
16	2,457	0,400
17	2,324	0,417
18	2,918	0,342
19	2,573	0,360
20	2,400	0,407
21	1,540	0,424
22	3,845	0,345
23	2,496	0,413

24	2,901	0,379
25	3,700	0,384
26	2,786	0,405
27	2,152	0,410
28	4,442	0,346
29	4,627	0,339
30	4,210	0,330

Таблиця Б4 - Завдання для визначення гідравлічних розрахунків промивання свердловин

Варіант	Реологічні властивості моделі Шведова - Бінгама	
	τ_0 , Па	η , Па·с
1	2,100	0,024
2	2,400	0,035
3	2,640	0,050
4	2,520	0,032
5	1,540	0,028
6	1,090	0,058
7	2,220	0,026
8	2,180	0,021
9	2,410	0,036
10	2,670	0,048
11	2,420	0,032
12	1,210	0,023
13	2.892	0.011
14	5.256	0,030
15	3.675	0,018
16	4.295	0.024
17	6.769	0.031
18	5.686	0.027
19	5.722	0.028
20	5.353	0.031
21	5.927	0.038
22	4.932	0.027
23	3,872	0,043
24	6.19	0,028
25	2,562	0,042
26	3.239	0,038
27	4,726	0,045

28	2,154	0,033
29	2,165	0,029
30	4,153	0,031

Таблиця Б 5 - Завдання для визначення гідравлічних розрахунків промивання свердловин

Варіант	Реологічні властивості моделі Гершеля - Балцгі		
	τ_0 , Па	k , Па·с ⁿ	n
1	4,982	2,193	0,415
2	4,699	2,287	0,410
3	4,488	2,394	0,397
4	5,748	1,777	0,451
5	7,164	1,341	0,482
6	5,413	1,469	0,468
7	6,575	1,58	0,467
8	3,32	2,618	0,387
9	5,091	1,977	0,433
10	4,977	1,583	0,459
11	5,239	1,775	0,452
12	6,036	2,178	0,336
13	2,185	3,719	0,378
14	5,953	2,220	0,456
15	5,067	2,428	0,437
16	3,441	2,669	0,414
17	3,49	2,601	0,417
18	3,669	3,384	0,388
19	3,585	2,713	0,409
20	3,902	2,599	0,419
21	2,551	3,455	0,385
22	2,843	2,677	0,406
23	2,670	3,043	0,398
24	2,670	3,043	0,398
25	3,482	2,245	0,438
26	4,251	2,506	0,423
27	3,585	2,713	0,410
28	4,216	2,836	0,414
29	2,573	3,120	0,389
30	1,277	4,023	0,365

Таблиця В1 - Завдання для розрахунків при бурінні з продувкою та промиванні аерованими буровими розчинами

Варіант	Долото, кількість і діаметр насадок (мм)	Діаметр ОБТ, мм	Бурильні труби	Проміжна колона, мм		G, кг/с	Температура T ₀ / градуси	Газ
				діаметр	δ			
А	Є1ХЄ ΛVΓ-C5'061	146	ПН114×9	219	10,2	0,45	25/0,031	Повітря
Б	71ХЄ ΛVΓ 215,9СЗ- ЄЄЄ'51Z	165	ПН127×9	245	11,1	0,55	22/0,027	Азот
В	269,9МСЗ- ΓΑΥ 3x17	203	ПН140×9	299	9,5	0,70	28/0,028	Природний газ ρ _г =0,6
Г	295,3СЗ- ΓΑΥ 3x19	229	ПН140×11	324	11,0	0,80	26/0,034	Природний газ -ρ _г =0,7

Таблиця В2 - Завдання для розрахунків при бурінні з продувкою та промиванні аерованими буровими розчинами

Варіант	Глибина свердловини, м	Глибина спуску проміжної колони, м	Довжина ОБТ, м	Викидна лінія			Тиск на викиді p_v , МПа
				довжина, м	діаметр, мм	товщина стінки, мм	
1	2200	1800	120	100	140	9	0,21
2	1600	1000	100	120	140	9	0,18
3	1800	800	90	ПО	140	11	0,17
4	1500	900	70	150	140	10	0,20
5	1400	1000	ПО	140	140	9	0,22
6	1300	600	80	130	140	10	0,19
7	1200	700	75	90	140	11	0,18
8	1100	500	115	160	140	11	0,16

Таблиця Г1 - Завдання для розрахунків тисків при спуско-підіймальних операціях

Варіант	Глибина свердловини, м	Діаметр долота, мм	Проміжна колона			Діаметр ОБТ, мм	Довжина ОБТ, м	Діаметр БТ, мм
			глибина, м	діаметр, мм	товщина стінки, мм			
1	1800	295,3	800	324	9,5	229	100	140
2	2000	295,3	1000	324	10,6	229	220	127
3	2500	295,3	1500	324	11,0	203	180	127
4	3100	295,3	1920	324	9,6	178	110	114
5	3200	295,3	1980	324	9,6	219	120	140
6	3300	295,3	2000	324	8,6	203	130	127
7	3400	215,9	2100	225	10,6	178	150	127
8	3600	215,9	2200	225	10,6	178	160	127
9	3700	215,9	2500	225	9,6	178	180	117
10	3800	215,9	2600	225	10,6	178	190	114
11	3900	215,9	2800	225	9,6	178	200	114
12	4000	215,9	2920	225	8,6	178	210	114
13	4200	215,9	3100	225	8,6	146	220	114
14	4300	215,9	3200	225	9,2	146	230	114
15	4400	215,9	3540	225	9,6	146	280	114
16	2100	295,3	1200	225	10,6	203	100	140
17	2200	295,3	1300	225	11,0	219	110	140
18	2300	295,3	1400	225	11,0	203	120	140
19	2400	295,3	1500	225	10,6	203	130	140
20	2600	295,3	1900	324	11,0	229	150	140
21	2800	295,3	1800	324	10,6	229	180	140
22	3000	295,3	1900	324	9,6	229	130	140
23	3300	215,9	2150	324	9,6	203	110	140
24	3100	215,9	2100	225	9,6	178	100	127
25	3200	215,9	2400	255	9,6	178	120	127
26	3400	215,9	2500	225	9,6	178	220	127
27	3600	215,9	2920	225	10,6	178	280	114
28	4000	215,9	2980	225	8,6	146	180	114
29	4100	215,9	3300	225	9,6	146	220	114
30	4200	215,9	3200	225	9,6	146	180	114

Таблиця Г2 — Завдання для розрахунків тисків при спуско- підіймальних операціях

Варіант	Глибина поглинаючого пласта, м	Градієнт тиску, Па/м	Густина бурового розчину, кг/м ³	В'язкість, Па·с	Динамічне напруження зсуву, Па
1	1300	$1,37 \cdot 10^4$	1320	0,026	3,1
2	1500	$1,37 \cdot 10^4$	1280	0,024	2,8
3	2000	$1,37 \cdot 10^4$	1180	0,035	3,3
4	2600	$1,37 \cdot 10^4$	1200	0,050	2,7
5	2700	$1,37 \cdot 10^4$	1160	0,032	2,9
6	2800	$1,37 \cdot 10^4$	1180	0,028	3,8
7	2900	$1,37 \cdot 10^4$	1190	0,058	5,1
8	3100	$1,37 \cdot 10^4$	1200	0,026	4,7
9	3200	$1,37 \cdot 10^4$	1210	0,021	3,3
10	3300	$1,37 \cdot 10^4$	1280	0,036	1,8
11	3400	$1,37 \cdot 10^4$	1290	0,048	2,6
12	3500	$1,37 \cdot 10^4$	1280	0,032	2,3
13	3700	$1,37 \cdot 10^4$	1310	0,023	2,1
14	3800	$1,37 \cdot 10^4$	1380	0,011	4,5
15	3900	$1,37 \cdot 10^4$	1180	0,030	3,5
16	1600	$1,37 \cdot 10^4$	1200	0,018	3,6
17	1700	$1,37 \cdot 10^4$	1280	0,024	2,8
18	1800	$1,37 \cdot 10^4$	1520	0,031	2,7
19	2700	$1,37 \cdot 10^4$	1460	0,027	2,2
20	2100	$1,37 \cdot 10^4$	1350	0,028	3,8
21	2300	$1,37 \cdot 10^4$	1320	0,031	4,1
22	2500	$1,37 \cdot 10^4$	1220	0,024	5,5
23	2800	$1,37 \cdot 10^4$	1250	0,035	3,1
24	2600	$1,37 \cdot 10^4$	1240	0,026	2,8
25	2700	$1,37 \cdot 10^4$	1450	0,028	3,8
26	2900	$1,37 \cdot 10^4$	1200	0,021	4,5
27	3100	$1,37 \cdot 10^4$	1160	0,023	1,6
28	3500	$1,37 \cdot 10^4$	1180	0,024	1,8
29	3600	$1,37 \cdot 10^4$	2100	0,023	2,0
30	3700	$1,37 \cdot 10^4$	2200	0,021	3,0

Упорядник:

Судаків Андрій Костянтинович

Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни

“Гідроаеромеханіка в бурінні”.

Редакційно-видавничий комплекс

Підписано до друку 03.12.02. Формат 30x42/4.
Папір Captain. Ризографія. Умовн. друк. арк. 1.0.
Обліково-видавн. арк. 1.0. Тираж 100 прим.
Зам. №

Національний гірничий університет
49005, м. Дніпро, просп. Д.Яворницького, 19.