

# Техніка і технології

УДК 622.276.1/4

## СТРУКТУРОУТВОРЮВАЧ ЯК ВОДОІЗОЛЯЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ У СВЕРДЛОВИНАХ

В. С. Бойко, Р. В. Грибовський, В. М. Чучина

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42195

e-mail: public@ifdtung.if.ua

*Изложены результаты лабораторного изучения битумного структурообразователя в качестве дисперсного тампонирующего материала.*

*There have been stated the results of the laboratory research of bitumen structure-forming agent as for dispersed cementing material.*

Серед багатьох проблем у нафтогазовидобуванні, що потребують першочергового вирішення, є проблема обмеження відбору пластової води, особливо на багатопластових об'єктах шляхом вдосконалення технології і техніки ізоляційних робіт, пошуку і розробки нових тампонажних матеріалів. У даній роботі обґрунтовано можливість використання структуроутворювача як тампонажного матеріалу для здійснення водоізоляційних робіт у нафтових і газових свердловинах.

Нафтовим колекторам тією чи іншою мірою властива тріщинуватість. Тріщинна проникність може мати другорядну роль у загальній проникності, як на більшості родовищ України. Так, коефіцієнт проникності продуктивного пласта Долинського родовища за гідродинамічними даними відрізняється від коефіцієнта проникності пор (кернові дані) в 4,2 рази. При цьому коефіцієнт тріщинної проникності більший від коефіцієнта порової проникності в 3,2 рази, а коефіцієнт проникності тріщин – вже в 1285 разів [1], тобто більший на декілька порядків. За наявності такої неоднорідності колектора доцільно використовувати подрібнені (дисперсні, гранульовані) ізоляційні матеріали, здатні поступати тільки у високорозкриті тріщини (за відсутності проникання в малорозкриті тріщини і пори).

Нами проведено лабораторні дослідження з вивчення властивостей бітумного структуроутворювача з метою застосування його як ізоляційного матеріалу для обмеження припливу води у видобувних свердловинах, регулювання або зменшення в окремих інтервалах приймальності нагнітальних свердловин, створення потоковідхилювальних бар'єрів у міжсвердловинних зонах пласта. Структуроутворювач бі-

тумний марки "БСО-И" (ТУ 390147009-037-90) є продуктом окислювальної дегідрополіконденсації прямогінних гудронів із деяких нафт Дніпровсько-Донецької западини.

Гранулометричний склад структуроутворювача визначали ситовим методом. Результати ситового аналізу і їх опрацювання подано в таблиці 1, а криві розподілу – на рис. 1, де  $N$  – кумулятивна крива,  $n$  – диференціальна крива. Емпіричну щільність розподілу розраховували діленням маси  $i$ -ї фракції на величину інтервалу, що відповідає діаметру частинок. Встановлено, що розмір частинок зазвичай становить 0,17-2 мм, середній ситовий діаметр частинок – 0,864 мм, середнє квадратичне відхилення – 0,84 мм, коефіцієнт варіації – 0,972, ексцес – 3,775.

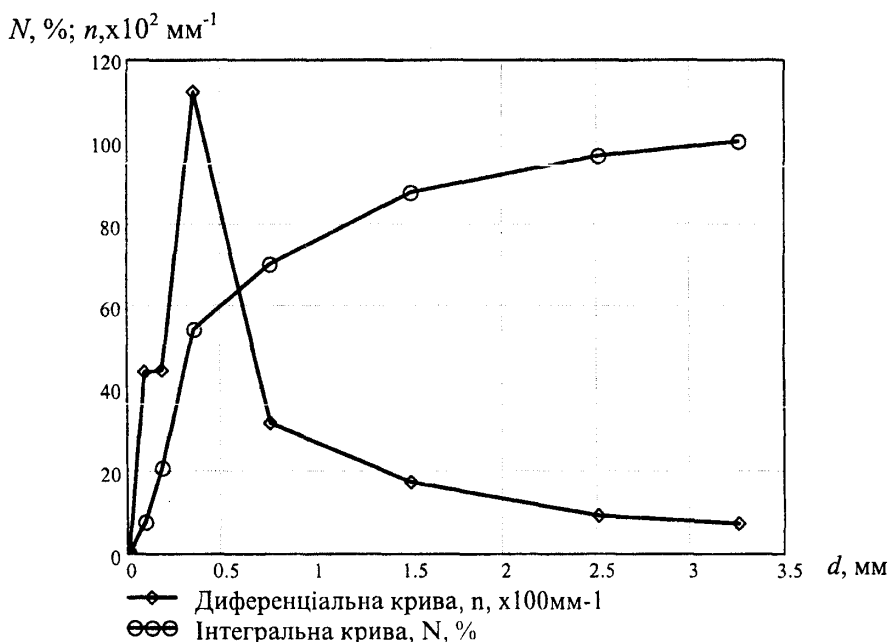
Для визначення дійсної густини сипких матеріалів найбільш поширеним і точним є пікнометричний метод [2]. Досліди проводили при кімнатній температурі згідно з методикою. Густина розраховували за формулою

$$\rho = \frac{(M_2 - M) \rho_{\text{сп}}}{(M_1 + M_2) - (M + M_3)}, \quad (1)$$

де:  $\rho$  – густина гранульованого матеріалу, кг/м<sup>3</sup>;  $M_1$  – маса пікнометра, заповненого етиловим спиртом, кг;  $M_2$  – маса пікнометра з довільною кількістю етилового спирту і матеріалу, кг;  $M$  – маса пікнометра з довільною кількістю етилового спирту, кг;  $M_3$  – маса пікнометра, заповненого етиловим спиртом і матеріалом, кг;  $\rho_{\text{сп}}$  – густина етилового спирту, кг/м<sup>3</sup>.

Таблиця 1 - Результати ситового аналізу бітумного структуроутворювача

Номери сит	Розмір комірок сит, мм	Частоти масового складу фракцій, $\times 10^{-2}$	Накопичені частоти мас ситового складу фракцій $N$ , $\times 10^{-2}$	Розмір діаметрів частинок, мм	Середини класів діаметрів частинок $d$ , мм	$\ln d$	Величина інтегралу валу діаметра частинок, мм	Щільність розподілу діаметра частинок $n$ , $\text{мм}^{-1}$
1	3,0	3,5	100,00	3,0	3,25	1,18	0,5	7,0
2	2,0	8,91	96,5	2,0-3,0	2,5	0,92	1,0	8,91
3	1,0	17,36	87,59	1,0-2,02	1,5	0,405	1,0	17,36
4	0,5	15,85	70,23	0,5-1,0	0,75	-0,29	0,5	31,70
5	0,2	33,57	54,38	0,2-0,5	0,35	-1,05	0,3	111,9
6	0,17	13,35	20,81	0,17-0,2	0,185	-1,69	0,03	44,5
7	0,17	7,46	7,46	0,17	0,85	2,46	0,17	43,88

Рисунок 1 – Інтегральна  $N$  і диференціальна  $n$  емпіричні криві розподілу діаметрів  $d$  частинок структуроутворювача

Дійсна густина структуроутворювача становила  $1025 \text{ кг/м}^3$ .

Для визначення позірної густини 100 мл ущільненого структуроутворювача в циліндрі зважували на технічній вазі (з точністю до  $0,01 \text{ г}$ ) і ущільнювали шар до припинення зміни об'єму. За різницею мас наповненого структуроутворювачем і порожнього циліндрів розраховували позірну (насіпну) густина, яка становила  $522 \text{ кг/м}^3$ .

Вивчення розчинення структуроутворювача здійснювали за методикою для визначення розчинності бітумів [3]. Розчинність структуроутворювача  $x$  в % обчислювали за формулою

$$x = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \cdot 100, \quad (2)$$

де:  $G_1$  – наважка досліджуваного структуроутворювача, г;  $G_2$  – маса осаду на фільтрі, г.

Окрім того, ми провели дослідження розчинності структуроутворювача в ксилолі, хлороформі, бензині, конденсаті (табл. 2). Результати свідчать про добру розчинність структуроутворювача в ароматичних вуглеводнях і галогенопохідних (ксилол, хлороформ), а в гасі і нафті спостерігається повне його розчинення.

Для визначення маси частинок, що спливали, брали наважку структуроутворювача  $10 \text{ г}$ , висушено до постійної маси, засипали в склянку ємністю  $0,5 \text{ л}$  і додавали  $300 \text{ мл}$  дистильованої води. Перемішували протягом  $3 \text{ хв.}$  склянкою паличкою і дали суміші відстоятися протягом  $30 \text{ хв.}$  Частинки, що спливали, відфільтрували на лійці Бюхнера. Осад сушили до постійної маси, зважували на аналітичній вазі з точністю  $\pm 0,0001 \text{ г}$ .

Процент частинок, що спливали, розраховували за формулою

Таблиця 2 – Розчинність структуроутворювача

Розчинник	Маса розчинника, г	Маса структуроутворювача, г	Маса осаду, г	Розчинність, %
Ксилол	100	5	0,0984	98,032
Хлороформ	100	5	0,09	98,2
Бензин	100	5	1,695	33,9
Конденсат	100	5	2,7065	54,13

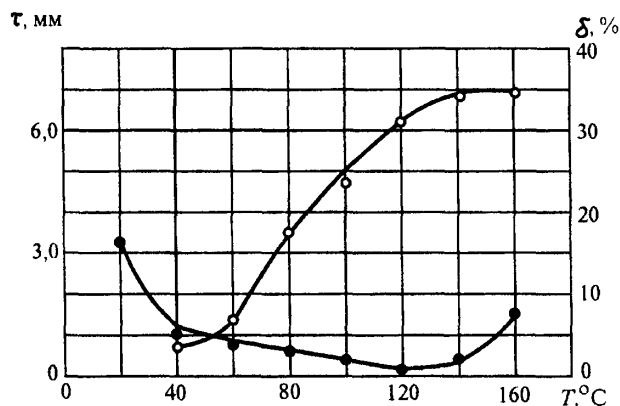
$$a = \frac{g_1}{g_2} \cdot 100, \quad (3)$$

$$b = \frac{V_1}{V_2} \quad (4)$$

де:  $g_1$  – вхідна наважка структуроутворювача, г;  
 $g_2$  – маса частинок, що спливли, г.

Маса частинок, що спливають, становить 35,5%.

У результаті проведених досліджень згідно зі стандартною методикою щодо залежності рухомості  $\tau$  структуроутворювача від температури встановлено, що вона змінюється неоднорозлично (рис. 2, крива 1). Так, внаслідок зміни температури від 20 до 120°C рухомість зменшується спочатку різко (за 20-40°C), відтак – повільно. Це пояснюється тим, що з ростом температури матеріал ще зберігає свою гранулярну структуру, відбувається часткове розм'якшення і злипання гранул між собою, а відтак він починає втрачати свою гранулярну структуру і перетворюється в пластичну масу. За 120°C рухомість мінімальна і становить 0,2 мм. З підвищенням температури від 120 до 160°C рухомість збільшується і сягає 1,5 мм, оскільки структуроутворювач на цьому інтервалі температур далі розм'якшується і топиться. У ході подальшого підвищення температури до 180°C рухомість практично не змінюється, оскільки структуроутворювач перебуває в розтопленому і розм'якшеному стані.

Рисунок 2 – Залежність рухомості  $\tau$  (1) і усадки  $\delta$  (2) структуроутворювача від температури  $T$ 

Нами вивчалась також усадка структуроутворювача під дією температури. Усадку визначали за зміною лінійного розміру висоти об'єму структуроутворювача в циліндрі за різних температур і робили перерахунок на об'єм. Усадку структуроутворювача характеризували коефіцієнтом зменшення об'єму

і коефіцієнтом об'ємної усадки, %

$$\beta = \frac{V_1 - V_2}{V_1} \cdot 100 = \frac{b - 1}{b} \cdot 100, \quad (5)$$

де  $V_1, V_2$  – відповідно початковий і кінцевий (за заданої температури) об'єми матеріалу.

Дані експерименту подано в табл. 3.

Таблиця 3 – Зміна усадки структуроутворювача

Температура, °C	$\delta$ , %	B
20	–	–
40	3,49	1,036
60	6,94	1,074
80	17,24	1,209
100	24,18	1,319
120	31,38	1,457
140	34,54	1,527
160	34,51	1,527

Зміна рухомості підтверджується і залежністю усадки структуроутворювача від температури (крива 2 на рис. 2). Побудовану за експериментальними даними криву можна розділити на три ділянки. Перша ділянка – усадка незначна, інтервал температур від 20 до 40°C. Пояснюється це частковою деформацією гранул і їх ущільненням. Друга ділянка – від 40 до 140°C. Під дією ваги циліндра відбувається часткова втрата його гранулярної структури. Коефіцієнт об'ємної усадки становить від 7 до 34,54%. За температури понад 140°C коефіцієнт об'ємної усадки практично постійний і дорівнює 34,5%.

Також визначали пенетрацію для суміші структуроутворювача і нафти. Результати експериментів подано в табл. 4. Експерименти показали, що пенетрація (рухомість) сухого (без нафти) структуроутворювача становить 3,25 мм, а за невеликого вмісту нафти – мінімальна внаслідок поверхневого злипання окремих гранул. В міру збільшення кількості нафти в суміші починається набухання, розм'якшення і розчинення гранул, що супроводжується ростом пенетрації.

Дослідженням гранулометричного складу, дійсної та позірної густин, частки частинок, що спливли, розчинності, рухомості (сипкості) і зміни об'єму залежно від температури та умов

гідротранспорту підтверджено можливість його використання для ізоляції припливу пластової води.

**Таблиця 4 – Пенетрація суміші структуроутворювача і нафти**

Номера сумішей	Вміст суміші, %		Пенетрація, мм
	структуроутворювач	нафта	
1	100	0	3,25
2	80	30	0,57
3	60	40	5,6
4	40	60	10,3

Таким чином, експериментальне вивчення властивостей структуроутворювача дало змогу запропонувати його як водоізоляційний матеріал для тампонування високопровідних тріщин у видобувних і нагнітальних свердловинах, для створення міжсвердловинних потоковідхилювальних бар'єрів. Великий інтервал зміни розмірів частинок (0,17-2 мм) і велика гранулометрична неоднорідність дають змогу рекомендувати його для тампонування різнорозкритих тріщин великої провідності. Він може переноситися водою на великі відстані (густина 1025 кг/м<sup>3</sup>). У разі невеликого надходження нафти в зону тампонування створюється злипла маса, а при вмісті нафти понад 20% відбувається розчинення і вимивання тампонуємого матеріалу, що виключає перекриття нафтопровідних тріщин. Температура його застосування не повинна перевищувати 140-160°C. За більш високих температур пенетрація розтопу наближається до пенетрації (рухомості, сипкості) структуроутворювача за нормальних умов. За температур вище 40°C різко знижується його рухомість, що обмежує застосування структуроутворювача в районах з високою температурою повітря.

#### Література

1. Бойко В.С. Об определении проницаемости трещин трещиновато-пористой среды. – Иваново-Франковск: ИФИНГ, 1988. – 8 с. – Деп. в УкрНИИТИ 25.05.88, №1288-Ук 88.
2. Физические свойства горных пород (Петрофизика): Справочник геофизика. – М.: Недра, 1984. – 455 с.
3. Беянин Б.В., Эрих В.Н. Технический анализ нефтепродуктов и газа. – Л.: Химия, 1970. – 260 с.

УДК 622.691

## ТЕРМОГАЗОДИНАМІЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ДІАГНОСТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЦИЛІНДРА ПОРШНЕВОГО КОМПРЕСОРА

*В. Я. Грудз, В. В. Костів, Я. В. Грудз*

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42157*

*e-mail: public@ifdtung.if.ua*

*УМГ "Прикарпаттрансгаз", 76000, м. Івано-Франківськ, вул. Незалежності, 15, тел. (03422) 42195, e-mail: public@ifdtung.if.ua*

*Рассмотрены вопросы создания математической модели цилиндра поршневого компрессора с учетом возможных перетоков сквозь неплотности. Сделаны предпосылки создания на основе предложенного математического аппарата диагностической модели поршневого компрессора.*

В циліндрі поршневого компрессора відбувається сукупність термодинамічних процесів, що називається циклом і об'єднує послідовно минаючі процеси: розширення робочого тіла з мертвого простору, наповнення, стиски, нагнітання. У циклі відбувається обмін із зовнішнім середовищем у вигляді тепла, роботи і маси робочого тіла. Корисний масообмін, тобто такий, що відповідає функціональному призначенню компрессора, проходить у процесах наповнення і нагнітання. Шкідливий масообмін, тобто такий, що відповідає нефункціональному призначенню компрессора, проходить при будь-якому процесі циклу і визначається перетоками через негерметичності ущільнень.

*The questions of creation of mathematical model of the cylinder of a piston compressor are reviewed taking into account of possible overflow through leakiness. Are made thenecessary prerequisites for creation on the basis of the proposed mathematical vehicle of diagnostic model of a piston compressor.*

Негерметичність ущільнень може створити отвір, щілина, що конструктивно не передбачені, негерметичність оцінюється кількісно розміром площі перерізу отвору або щілини, скорочено – перетином негерметичності. Переріз негерметичності є функцією процесу: якщо процес циклу передбачає "відключення" ущільнення, наприклад, відкриття клапана, то переріз негерметичності відключеного клапана тотожно дорівнює нулю; в інших процесах розмір перерізу негерметичності залежить від посадки ущільнюючого елемента, перепаду тисків на ущільненні, маси рухомих елементів, пружних характеристик деталей. Таким чином, розмір перерізу негерметичності – змінний,