

## СУЧАСНИЙ НАПРЯМОК ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ДОСЛІДЖЕНЬ ГАЗОВИХ ТА ГАЗОКОНДЕНСАТНИХ СВЕРДЛОВИН

**М.М. Рой<sup>1</sup>, О.О. Акульшин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кодратюка, Полтава, Україна, E-mail: ongp1@ukr.net  
Кандидат технічних наук, доцент*

<sup>2</sup> *Публічне акціонерне товариство Український нафтогазовий інститут, Київ, Україна, E-mail: aleks-aaa@ukr.net  
Доктор технічних наук, заступник голови правління*

Виходячи з аналізу стану робіт з досліджень газових та газоконденсатних свердловин з точки зору складності, витратності, тривалості, екологічного аспекту, виявлено, що позитивним можна вважати виконання робіт з дослідження свердловин у випадку стаціонарної фільтрації за традиційною технологією чи за технологією на одному фактично відпрацьованому режимі. У випадку дослідження високопроникних пластів, що характеризуються нестационарною фільтрацією, дослідження базується на отриманні кривих відновлення тиску і застосування математичних прийомів для інтерпретації фактичних даних для знаходження потрібної інформації про досліджувані пласти. Тому, є актуальним створення способу дослідження та методики інтерпретації фактичних даних. В публікації також наведено деякі важливі елементи методики розрахунку газогідродинамічних параметрів продуктивних газових та газоконденсатних свердловин для випадку нестационарної фільтрації продукції до вибою свердловини.

*Ключові слова:* дослідження свердловин, нестационарний режим фільтрації, газогідродинамічні параметри

## MODERN DIRECTION OPTIMIZATION OF PROCESS OF GAS AND GAS- CONDENSATE WELLS RESEARCHES

**N.N. Roy<sup>1</sup>, A.A. Akulshin<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava, Ukraine,  
E-mail: ongp1@ukr.net  
PhD, Assistant Professor*

<sup>2</sup> *Ukrainian Oil and Gas Institute Open Joint-Stock Company, Ukraine,  
E-mail: aleks-aaa@ukr.net  
DSc, Deputy Chairman of the Board*

The purpose of wells research, as known, finding as possible of greater information content is about a productive layer and saturant him layer flyuid. Because these information is basis for productive

descriptions of object determination and their potential extractive possibilities. For this reason exactness of determination of gas-hydrodynamic parameters is the mortgage of exactness of supplies count of products in a productive well. That, from one side the amount of the parameters of layers expected due to gas-hydrodynamic researches plays an important role. De autre part quality of these parameters is a no less valuable index for their next use.

Coming from the analysis of the state of works from researches of gas and gas-condensate wells from point of complication, costs, duration, ecological aspect, it is discovered that it is possible positive to count implementation of works from wells research in the case of stationary filtration on traditional technology or on new technology - on one actually exhaust mode.

In first case get parameters in a two-bit. Some of them determine laboratory or geophysical methods, as for example, coefficient of porosity or effective power of productive layer. In second case of parameters it is possible to get in once or twice anymore. Thus all of them settle accounts analytically. And exactly it talks in behalf of their exactness.

In the case of research of high-permeability layers which are characterized non-stationary filtration, research is based on the receipt of curves of proceeding in pressure application of mathematical receptions for a receipt by findings interpretation of necessary information about the probed layers. Therefore the developed method of research and method of interpretation of got is actual here information. In a publication some important elements of calculation method of gas-hydrodynamic parameters of productive gas and gas-condensate wells are also resulted for the case of non-stationary products filtration to the well bottom.

On the whole increase of amount of the expected gas-hydrodynamic parameters of the system hole-layer at wells research only on one actually exhaust mode and increase of their quality due to the removal of laboratory and geophysical methods is the elements of process optimization of wells research.

Plays the not last role circumstance that information turns out due to interpretation self-containment of fact sheets only of one research mode. Other from 5-8 traditional modes become unnecessary in practical realization. And if a well works not in a gas pipeline, it is possible to present as far as it is a keeping factor for an ecological environment. And in the scales of all planet it no doubt will promote stabilizing of climatic terms, which presently are not in the best state.

*Key words:* research of wells, non-stationary filtration mode, gas-hydrodynamic parameters

## **СОВРЕМЕННОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ИССЛЕДОВАНИЙ ГАЗОВЫХ И ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ СКВАЖИН**

**Н.Н. Рой<sup>1</sup>, А.А. Акульшин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кодратюка, Полтава,  
Украина, E-mail: ongp1@ukr.net  
Кандидат технических наук, доцент*

<sup>2</sup> *Публичное акционерное общество Украинский нефтегазовый институт, Киев,  
Украина, E-mail: aleks-aaa@ukr.net*

*Доктор технических наук, заместитель председателя правления*

Исходя из анализа состояния работ по исследованию газовых и газоконденсатных скважин с точки зрения сложности, затратности, продолжительности, экологического аспекта, обнаружено, что положительным можно считать выполнение работ по исследованию скважин в случае стационарной фильтрации по традиционной технологии или по технологии исследования на одном фактически отработанном режиме. В случае исследования *Проблеми та перспективи нафтогазової промисловості. 2019. Випуск 3*

высокопроницаемых пластов, которые характеризуются нестационарной фильтрацией, исследования базируются на получении кривых восстановления давления и применения математических приемов для получения с помощью интерпретации полученных данных нужной информации об исследуемых пластах. Поэтому необходимо создание способа исследования и методики интерпретации полученных при этом данных. В публикации приводятся также некоторые важные элементы методики расчета газогидродинамических параметров продуктивных газовых и газоконденсатных скважин для случая нестационарной фильтрации продукции к забою скважины.

*Ключевые слова:* исследование скважин, нестационарный режим фильтрации, газогидродинамические параметры

## **Вступ**

Для вивчення геометричних характеристик покладу (розміри резервуарів продукції, зміна загальної та ефективної потужності пласта), колекторських і фільтраційних властивостей пласта (пористість, проникність, газопровідність, п'єзопровідність, стискуваність, пластові, вибійні, устьові тиски і температури), фізико-хімічних властивостей газу і газоконденсату (в'язкість, густина, коефіцієнт стискання, газонасиченість, вологість), гідрогазодинамічних і термодинамічних умов у стовбурі свердловини у процесі експлуатації, технологічного режиму роботи свердловини при наявності різних факторів, таких, як руйнування привибійної зони, наявності підшовної води, конструкцій і властивостей використовуваного обладнання та наземних комунікацій – застосовуються газогідродинамічні, геофізичні та лабораторні дослідження.

## **Аналіз сучасного стану досліджень**

Газогідродинамічні методи досліджень свердловин висвітлювались в наукових працях Ю.П. Коротаєва, А.П. Полянського, Е.Б. Чекалюка, І.А. Чарного, Г.О. Зотова, С.М. Тверковкіна, А.П. Канюги, А.І. Ширковського, А.С. Величковського, Б.А. Матуса та ін. В інструкціях з комплексного дослідження газових та газоконденсатних свердловин описані технології та технічні засоби для проведення робіт з дослідження для стаціонарного режиму фільтрації.

В той же час ні у вітчизняній, ні в закордонній науково-технічній літературі не висвітлені технологія та технічні засоби для здійснення дослідження газових та газоконденсатних свердловин в складних гірничо-геологічних умовах, тобто в умовах нестационарної фільтрації продукції до вибою свердловини. І ця проблема залишається невирішеною протягом кількох десятиліть. Вирішення цієї проблеми дозволило б підняти дослідження газових та газоконденсатних свердловин на якісно новий рівень.

### **Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми**

Зараз нестационарні режими фільтрації вивчаються на певному рівні, що дає можливість отримати невеликий обсяг інформації про досліджувані продуктивні пласти на основі використання даних, отриманих при обробленні кривих відновлення тиску. Ці дані не є вичерпними і точність їх визначення не є достатньою, оскільки отримують їх в результаті комплексного підходу – застосування лабораторних, геофізичних чи газогідродинамічних методів. Відсутня технологія дослідження у випадку нестационарної фільтрації, яка б давала можливість розраховувати значно більшу кількість даних про систему свердловина – пласт та насичуючий його флюїд.

### **Основні результати дослідження**

В публікації висвітлюється рівень газогідродинамічних досліджень для обох випадків фільтрації газу та газоконденсату до вибою свердловини – стаціонарної та нестационарної.

Означено напрямок дослідження газових та газоконденсатних свердловин для випадку, коли фільтрація газу не є стаціонарним процесом за рахунок створеного нового способу дослідження.

Пропонуються аналітичне визначення найважливіших параметрів досліджуваних газових та газоконденсатних свердловин, незалежно від того, чи є режим дослідження стаціонарним, чи нестационарним.

*Проблеми та перспективи нафтогазової промисловості. 2019. Випуск 3*

Дослідження стаціонарної та нестаціонарної фільтрації виявило позитивні сторони і недоліки (Акульшин, Рой, 2013). Позитивним є те, що існує можливість визначати певну кількість параметрів досліджуваних пластів незалежно від тривалості дослідження, а негативним – відносно незначна кількість параметрів, недостатня їх точність і значні затрати часу, а отже і коштів, на дослідження.

Зрозуміло, що абсолютно стаціонарних режимів припливу пластового флюїду в природі не існує, оскільки об'єми газових та газоконденсатних родовищ зрештою мають обмежені розміри. Однак, при певній умовності можна назвати стаціонарним режимом такий нестаціонарний режим, при якому зміна тиску і дебіту протягом певного часу існуючими найбільш точними приладами не фіксується. Звісно, проміжок часу, протягом якого вимірюється необхідний параметр, повинен бути значно меншим, ніж час вичерпання покладу. Стаціонарні режими добре вивчені і їх досліджують відомими способами: сталих відборів, ізохронним, монотонно-ступінчастого пониження тиску, експрес-методом. Для цього свердловину досліджують на 5 - 8 режимах прямого ходу, починаючи з найменшого дебіту, та на кількох режимах зворотного ходу. Кожен режим дослідження складається з двох процесів, що протікають в часі: процес відкритого періоду, коли свердловина відкрита і працює на режимі (для зняття кривої стабілізації тиску і дебіту), і закритого періоду, коли свердловина закрита і записується КВТ. Тобто, в результаті дослідження отримують 5 - 8 кривих припливу, 5 - 8 кривих відновлення тиску і кілька кривих при зворотному ході дослідження. Це займає певний час, залежно від продуктивності свердловини (один лише режим може тривати від години до місяця). Тобто можна уявити скільки часу будуть відпрацьовуватись 5 - 8 режимів при несприятливих для цього умовах через невисоку продуктивність свердловини.

Інтерпретуючи отримані при дослідженні фактичні дані з використанням відомих методик отримують від 5 до 8 параметрів досліджуваних пластів. Але існує спосіб дослідження та методика оброблення даних, які використовують дані лише одного фактично відпрацьованого режиму дослідження, і дозволяють отримати аналітично, не опираючись на лабораторні чи геофізичні дані досліджень, двадцять параметрів продуктивних досліджуваних пластів (Матус, Рой, Ластовка та ін., 2005; Матус, Курилюк, Славін, Горлачова, Токарев, Клименко, 2002). До них належать: пластовий тиск на глибині досліджуваного пласта, пластова температура, газопровідність присвердловинної та віддаленої зон пласта, коефіцієнт при вибійного закупорювання пласта, коефіцієнти лінійного та інерційного опорів, рівняння припливу газу до вибою свердловини, абсолютно вільний дебіт газу, комплексні параметри п'єзопровідності, зведений радіус, радіус контуру дренажування, коефіцієнт п'єзопровідності, параметр відношення проникності до пористості, провідність та ємність продуктивного пласта, функція добутку ємності і провідності, функція добутку ємності і проникності, ефективна потужність пласта, коефіцієнт пористості, скін-ефект, середній діаметр пор продуктивного пласта. Всі ці параметри створюють єдине функціональне середовище і пов'язані між собою прямо, чи опосередковано. Вони існують у тісному зв'язку з досліджуваною системою, яку називають свердловина-пласт і всебічно її характеризують. Тому що вивчаючи будь-який об'єкт, ми прагнемо мати про нього якнайбільше інформації. І якщо стаціонарні процеси в наших газових об'єктах добре вивчені, то цього не можна сказати про нестаціонарні процеси.

Тобто, що стосується свердловин, для яких характерна нестаціонарна фільтрація, то способів їх дослідження не існує ні у вітчизняній, ні у світовій практиці. Існують різні підходи, які не є коректними, як наприклад, штучне сповільнення процесу припливу або відновлення тиску. Такі свердловини характеризуються високою продуктивністю і при відкритті таких свердловин

*Проблеми та перспективи нафтогазової промисловості. 2019. Випуск 3*

для зняття кривих припливу чи закритті для зняття КВТ процеси протікають настільки швидко, що оператори не завжди можуть зафіксувати одночасно два параметри - тиск і час або ж дебіт і час. Для вирішення цієї проблеми розроблено спосіб дослідження свердловин в умовах нестационарної фільтрації (Рой, 2014) і є необхідність у створенні методики розрахунку не менше 20 газогідродинамічних параметрів досліджуваних пластів у газових та газоконденсатних свердловинах. Причому, для збільшення точності отриманої інформації, її теж бажано отримувати аналітично, не користуючись наближеними лабораторними чи геофізичними методами. В даний час в повному об'ємі методика інтерпретації теж розробляється, що потребує певного часу, бо існує необхідність опрацювання значного за обсягом масиву промислових даних.

Отже, створено дві технології дослідження газових свердловин – для стаціонарного характеру припливу продукції з пласта і нестационарного. В обох випадках дослідження проводяться на одному режимі. Відповідно розроблені дві методики інтерпретації отриманих даних, які обслуговують ці технології.

Зупинимося на одному з найважливіших фрагментів, який дозволяє визначати ефективну потужність, коефіцієнти пористості та проникності. Існує щонайменше три причини, щоб на цьому зупинитися детальніше:

- для обох методик він є спільним і може бути застосованим;
- важливість аналітичного визначення цих параметрів очевидна, бо вони використовуються при підрахунку запасів;
- до цього часу ці параметри визначалися лабораторними чи геофізичними методами і не мали аналітичного вирішення.

Таким чином, завдяки новій методиці розрахунку гідрогазодинамічних характеристик пласта у випадку їх стаціонарної фільтрації (Матус, Рой, Ластовка та ін., 2005; Матус, Курилюк, Славін, Горлачова, Токарев, Клименко, 2002; Акульшин, Рой, 2008, 2011) стало можливим розрахувати значно більшу їх кількість та підвищивши їх точність.

При проведенні аналізу результатів інтерпретації газоконденсатних свердловин за фактичними даними, отриманими в результаті відпрацювання їх на 5 - 7 стаціонарних режимах згідно з діючими інструкціями з дослідження свердловин (Інструкція..., 1961; Зотов, 1970; Інструкція..., 1971; Інструкція..., 1980; Руководство..., 1995; Чекалюк, 1961) видно, що для визначення гідродинамічних параметрів пластів у розрахункові формули підставляють нібито заздалегідь визначені значення ефективної потужності пласта  $h$  та пористості  $m$ , тобто як такі, що попередньо, до проведення самого дослідження, були визначені лабораторними чи геофізичними методами. Такий підхід породжує сумнів у достатній точності розрахунків. Тому була зроблена спроба отримати вказані параметри з більшою точністю, застосувавши аналітичні методи.

Пропонується новий методичний підхід до визначення ефективної потужності газоконденсатного пласта  $h$  та пористості  $m$  за рахунок того, що для цього використовується найбільш точний метод - аналітичний. Цінність методу не лише в підвищенні точності, а і в тому, що завдяки такому методичному підходу стало можливим дослідження свердловин проводити лише на одному фактично відпрацьованому режимі замість кількох, як цього вимагають інструкції з дослідження свердловин, і відпрацьовувати лише один режим дослідження свердловини навіть у випадку нестаціонарної фільтрації припливу газу та газоконденсату до вибою свердловини.

Результатом численних спроб пошуків аналітичного визначення вказаних параметрів продуктивного пласта для газонасичених пластів є функція (Акульшин, Рой, 2008, 2011) добутку ємності і провідності пласта  $F = mh \cdot kh$ . Аналогічно для газоконденсатних систем створено функцію добутку ємності пласта  $mh$  та його проникності  $k$ , яка наведена на рис. 1.

$$f = mh \cdot k \quad (1)$$



Якщо проаналізувати отриману функцію, то з урахуванням того, що ємність пласта дорівнює подвоєному значенню величини  $x_0^*$  (Зотов, 1970), можна записати її інакше:

$$f = mh \cdot k = 2x_0^* \cdot k = \frac{2x_0^*}{m} \cdot km = \left[ \frac{2x_0^*}{m} \right] \cdot mk \quad (2)$$

Якщо ввести позначення:  $mk = x$  та врахувати, що  $\psi = \frac{k}{m}$ , то рівняння (2) трансформується в наступне:

$$2x_0^* \cdot k = 2x_0^* \cdot \psi m = \left[ \frac{2x_0^*}{m} \right] \cdot x \quad (3)$$

Вирішивши його відносно  $m$ , отримуємо  $2x_0^* \psi m^2 = 2x_0^* \cdot x$ , звідки маємо:

$m = \sqrt{\frac{x}{\psi}} = \frac{\sqrt{x}}{\sqrt{\psi}}$ . Підставивши отриманий вираз для пористості в формулу (2),

отримаємо:  $f = \frac{2x_0^* x \sqrt{\psi}}{\sqrt{x}}$  або:

$$f = 2x_0^* \sqrt{x\psi} \quad (4)$$

Щоб позбавитися від радикала, піднесемо обидві частини рівності до квадрату і отримаємо:

$$f^2 = 4x_0^{*2} x\psi = 4(x_0^*)^2 x\psi = 2 \left[ 2(x_0^*)^2 \psi \right] \cdot x \quad (5)$$

Видно, що це є парабола з фокальним параметром  $p_f = 2x_0^* \psi$ . Тоді, половина величини фокального параметра дорівнює відстані від початку координат до фокуса параболи (абсциса фокуса):  $\frac{p_f}{2} = x_0^* \psi$ . Звідси випливає, що  $p_f = 2x_0^* \psi$ , а отже, можна знайти величину  $x_0^*$ :

$$x_0^* = \sqrt{\frac{p_f}{2\psi}} = \sqrt{\frac{p_f m}{2k}} \quad (6)$$

Графік функції  $f$  добутку ємності і проникності продуктивного пласта  $f=2x_0^*k$  в координатах  $y= f=2x_0^*k$ ,  $x=mk$ , створений на основі реальних промислових даних, приведений на рис. 1. Перша похідна від функції  $f$  по  $mk$  (параболи ОАВ) на інформативній ділянці  $\alpha\delta$  дорівнює половині ефективної товщини пласта:

$$\frac{df}{d(mk)} = \frac{1}{2}h \quad (7)$$

де  $h$  - ефективна товщина продуктивного пласта, м;

$m$  - коефіцієнт пористості продуктивного пласта, частка одиниці;

$k$ - коефіцієнт проникності продуктивного пласта, м<sup>2</sup> ;

Із рис. 1 видно, що:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{2}{h} \quad (8)$$

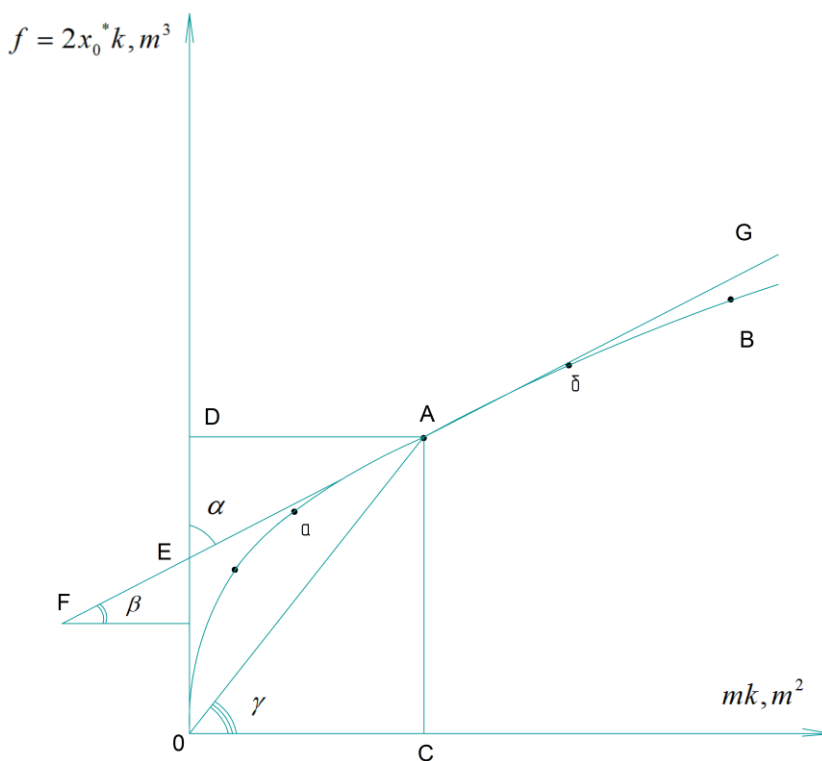
$$\operatorname{tg}\beta = \frac{df}{d(mk)} = \frac{1}{2}h \quad (9)$$

$$\operatorname{tg}\gamma = h \quad (10)$$

Ордината точок А і D на рис. 1 чисельно дорівнює добутку ємності і проникності пласта. Абсциса точки А, позначена як С, дорівнює добутку реальних значень коефіцієнтів пористості та проникності даного продуктивного пласта. Дотична FAG до параболи в точці А нахилена під кутом  $\beta$ , тангенс якого, як показано в формулі (9), чисельно дорівнює  $\frac{1}{2}h$ . Ордината, позначена як Е, завжди дорівнює половині добутку ємності і проникності продуктивного пласта.

Практично для розрахунку ефективної товщини пласта  $h$  необхідно спочатку виділити інформативну ділянку параболи  $\alpha\delta$  (рис. 1). Абсцису точки  $\alpha$  можна розрахувати, якщо умовно прийняти, що інтервал перфорації (або відкритий стовбур свердловини) дорівнює ефективній товщині продуктивного пласта. Абсцису точки  $\delta$  можна визначити із верхньої обвідної масиву значень  $k = f(\psi, m)$  при фіксованому (реальному для даного продуктивного пласта)

значенні  $\psi = \frac{k}{m}$ . Величину  $\psi = \frac{k}{m}$  визначають за формулою  $\psi = \frac{k}{m} = \frac{\alpha \cdot \mu}{P_{nl}}$  (Зотов, 1970).



**Рис. 1.** Графік функції  $f$  добутку ємності і проникності продуктивного пласта

**Fig.1.** Graph of the function  $f$  of the product capacity and permeability of the productive layer

Ділянку параболи вирівнюють, обробляючи математично, наприклад, методом найменших квадратів. В результаті отримують величину  $tg\beta$ , тобто

величину  $\frac{1}{2}h$ .

За відомою величиною ефективної товщини продуктивного газоконденсатного пласта не складно знайти величини коефіцієнтів проникності  $k$  та пористості  $m$ , використавши вже визначені раніше комплексні параметри провідності  $kh$  та ємності  $mh$ . Слід відмітити, що комплексний параметр провідності  $kh$  легко визначається з комплексного параметра гідрогазопровідності віддаленої зони продуктивного пласта  $\frac{kh}{\mu}$ , отриманого при обробленні віддаленої зони кривої відновлення пластового тиску (КВТ) методом Е.Б. Чекалюка (Инструкция..., 1961; Зотов, 1970; Инструкция ...1971; Инструкция... 1980; Руководство... 1995; Чекалюк, 1961), просто помноживши його на динамічну в'язкість флюїду в пластових умовах  $\mu$ . Відповідно комплексний параметр ємності провідного пласта визначається із вже визначеної раніше величини  $\psi = \frac{k}{m} = \frac{kh}{mh}$  та відомого значення комплексного параметру  $kh$ . Таким чином, визначивши комплексні параметри провідності  $kh$  і ємності  $mh$ , можна легко визначити проникність  $k$  та пористість  $m$ , просто поділивши їх на вже знайдену величину ефективної товщини продуктивного пласта  $h$ .

Вказаним методом практично були розраховані газогідродинамічні характеристики продуктивного пласта св. №2 Кавердинського газоконденсатного родовища. Сverdловина була досліджена на 7 режимах звичайним способом. Потім, на основі нової методики розрахунку газогідродинамічних параметрів (Матус, Рой, Ластовка та ін., 2005; Матус, Курилюк, Славін, Горлачова, Токарев, Клименко, 2002), була виконана переінтерпретація матеріалів дослідження за даними лише одного з семи режимів дослідження (а саме – першого режиму, оскільки він відпрацьований найбільш коректно з точки зору технології і свердловина запущена в роботу на режимі із статичного стану), а всі інші режими дослідження можуть бути розраховані аналітично. В результаті математичного оброблення результатів

дослідження свердловини лише на одному режимі дослідження (оброблення кривої припливу та КВТ методами І.А.Чарного і Е.Б. Чекалюка (Матус, Курилюк, Славін, Горлачова, Токарев, Клименко, 2002)) було отримано коефіцієнти лінійного  $A$  та інерційного  $B$  опорів рівняння припливу продукції до вибою свердловини, а отже і рівняння припливу.

Також аналітично розраховано значно більшу кількість параметрів пласта, у порівнянні з тими, що були отримані за результатами досліджень на 7 режимах.

Спосіб та методика інтерпретації для умов нестационарної фільтрації газу чи газоконденсату також апробовані у виробничих умовах (на св. № 6-Мар'їнська) і теж показали добрий результат.

Звичайно, потрібні напрацювання результатів на багатьох свердловинах, щоб впевнено рекомендувати нові способи дослідження, але опрацювання промислових даних дослідження може дати відповідь про ефективність запропонованого способу.

Завдяки новому способу дослідження газових та газоконденсатних свердловин лише на одному стаціонарному (Матус, Рой, Ластовка та ін., 2005; Матус, Курилюк, Славін, Горлачова, Токарев, Клименко, 2002) або нестационарному (Матус, Курилюк, Славін, Горлачова, Токарев, Клименко, 2002) режимі дослідження складовими економічного ефекту можна вважати:

- визначення 20 газогідродинамічних параметрів досліджуваних свердловин з підвищеною точністю (аналітично);
- економію часу на відпрацювання одного режиму дослідження порівняно з часом на відпрацювання декількох режимів;
- економію газу, якщо свердловина працювала не в газопровід, а на викид в атмосферу, та збереження екології навколишнього середовища;
- економію часу на виконання математичної інтерпретації результатів дослідження завдяки створеній математичній моделі для розрахунків.

Якщо говорити про конкретний економічний ефект у абсолютному вираженні, то це взагалі було б некоректно. Тому що вартість дослідження свердловин при стаціонарному чи нестаціонарному режимі фільтрації для різних свердловин буде різною. Конкретна свердловина потребує конкретних витрат. Але можна говорити про економічний ефект у відносному вираженні. Загальні економічні витрати на дослідження в кілька разів будуть меншими від вартості аналогічних робіт, виконаних іншими можливими підходами і способами, оскільки в разі зменшується кількість режимів досліджень. Тобто вартість робіт з дослідження конкретної свердловини будь-яким традиційним способом необхідно зменшити в 5 разів, і це наближено можна вважати вартістю дослідження за технологіями, які вже розроблені (Матус, Курилюк, Славін, Горлачова, Токареєв, Клименко, 2002; Рой 2017).

Аналогічний технологічний підхід до дослідження нафтових свердловин також можна вважати перспективним. Методика розрахунку гідродинамічних параметрів нафтових свердловин на даний час знаходиться в стадії розробки, але, без сумніву, вона теж дасть можливість проводити дослідження нафтових свердловин лише на одному режимі дослідження, що буде означати визначення напрямку оптимізації досліджень свердловин з різним характером флюїдонасичення та з різними властивостями режимів досліджень.

### **Висновки**

Можна зробити висновок про те, що віднині є принципова можливість досліджувати не лише середньо дебітні і низькопродуктивні, а і високодебітні газові свердловини, після зупинки роботи яких тиск на вибої відновлюється практично миттєво. Причому для цього достатньо проводити лише один режим дослідження. Тобто необхідність проведення 5 – 8 режимів дослідження відпадає.

Постає питання – чи є оптимізацією такий підхід до дослідження свердловин? З точки зору технологічного рішення безперечно є, бо скорочує кількість режимів дослідження з 5 – 8 до одного. Чи забезпечує це оптимізацію загалом процесу освоєння свердловин? Забезпечує, бо знову ж таки скорочує час, а отже і кошти. Чи відбулася оптимізація процесу дослідження в методичному плані? Так, відбулася, бо завдяки новим методикам ми можемо отримувати в кілька разів більше інформації про досліджувані об'єкти і краще вивчити їх властивості. Чи підвищилася при цьому якість отриманих газогідродинамічних параметрів? На це питання теж можна відповісти ствердно, бо аналітично розраховані параметри мають більшу точність, ніж ті, що вимірюються приладами.

Всі разом ці аргументи говорять на користь оптимізації процесу дослідження в цілому. В чому це виразиться? Зрозуміло, що це стане вагомим фактором здешевлення робіт. Тобто собівартість вуглеводневої продукції може бути знижена і за рахунок цього продукція буде здатна конкурувати з аналогічною на ринку. Не останню роль при цьому відіграє збереження довкілля, якому зараз приділяють велику увагу.

Все це є незаперечним доказом оптимальності нових способів дослідження газових та газоконденсатних свердловин.

### Список літератури

1. Акульшин О.О. Використання розрахункових і аналітичних методів під час дослідження газоконденсатних свердловин / О.О. Акульшин, М.М. Рой // Нафтова і газова промисловість. – 2008 р. – №4. – С. 40-41.
2. Акульшин О.О. Підвищення ефективності дослідження газових та газоконденсатних свердловин / О.О. Акульшин, М.М. Рой // Проблеми нафтогазової промисловості. – 2011. – №9. – С. 227-234.
3. Акульшин О.О. Моніторинг промислових даних при дослідженні газових та газоконденсатних свердловин при нестационарному режимі фільтрації / О.О. Акульшин, М.М. Рой: тези наук.-техн. конф. «Нафтогазова енергетика 2013», (Івано-Франківськ, 7 - 11 жовтня 2013 р.) – Івано-Франківський нац. техн. ун-т нафти і газу, 2013. – С. 507 - 512.
4. Зотов Г.А. Газогидродинамические методы исследования газовых скважин / Г.А. Зотов., С.М. Тверковкин – М.: Недра, 1970. – 192 с.
5. Инструкция по исследованию газовых скважин. – М.: Гостоптехиздат, 1961. – 110 с.

*Проблеми та перспективи нафтогазової промисловості. 2019. Випуск 3*

6. Инструкция по комплексному исследованию газовых и газоконденсатных скважин. – М.: Недра, 1971. – 208 с.
7. Инструкция по комплексному исследованию газовых и газоконденсатных пластов и скважин: [під ред. Г.А. Зотова, З.С. Алиева]. – М.: Недра, 1980. – 301 с.
8. Матус Б.А. Про можливість дослідження свердловин на одному стаціонарному режимі / Б.А. Матус, М.М. Рой, Ю.В. Ластовка та ін. // Збірник наукових праць УкрДГРІ. – 2005. – № 2. – С. 210-211.
9. Пат. 51729 Україна, МПКЗ E21B 47/06. Спосіб дослідження газових свердловин / Матус Б.А., Курилюк Л.В., Славін В.І., Горлачова Л.Ф., Токарев В.П., Клименко Ю.О.; заявник і патентовласник Матус Б.А. – № U 200601237; заявл. 01.04.99; опубл. 16.12.02, Бюл. №12.
10. Пат. 121860 Україна, МПК (2017.01) E21 B 47/00 Спосіб дослідження високопродуктивних газових та газоконденсатних свердловин при нестационарному режимі фільтрації / Рой М.М.; заявник і патентовласник Рой М.М.; заявл. 09.02.17; опубл. 26.12.17, Бюл. №24.
11. Руководство по исследованию скважин / [ Гриценко А.И., Алиев З.С., Ермилов О.М., и др.] . – М.: Наука, 1995. – 523 с.
12. Чекалюк Э.Б. Основы пьезометрии залежей нефти и газа / Э.Б. Чекалюк. – К.: Государственное издательство технической литературы УССР, 1961. – 286 с.

### References

1. Akulshin O.O., N.N. Roy. 2008. The use of calculation and analytical methods is during gas and gas-condensate wells research. Oil and gas industry. №4. P. 40-41. (in Ukrainian).
2. Akulshin O.O., Roy N.N. 2011. Increase of efficiency of gas and gas-condensate wells research. Problems of oil and gas industry. № 9. P. 227-234. (in Ukrainian).
3. Akulshin O.O., N.N. Roy. 2013. Monitoring of industrial information is at research of gas and gas-condensate wells at the non-stationary filtration mode: thesis of scientific-practical conference «Oil and Gas energy 2013». Ivano-Frankivsk. P. 507 - 512 (in Ukrainian).
4. Sotov G.A. Tverkovkin C.M. 1970. Gas-hydrodynamic methods of gassers research. M. Nedra. 192 p. (in Russian).
5. Instruction on research of gassers 1961. M. Gostoptechisdat. 110 p. (in Russian).
6. Instruction on complex and gas-condensate wells research. 1971. M. Nedra. 208 p. (in Russian).
7. Zotova G.A., Alieva Z.C. et al. 1980. Instruction on complex research of and gas-condensate layers and wells. M.Nedra. 301 p. (in Russian).
8. Matus B.A., Roy N.N., Lastovka Y.V. and al. 2005. About possibility of wells research on one stationary mode. Collection of scientific works UkrSGRI. №2. P. 210-211. (in Ukrainian).
9. Matus B.A., Kuriluk L.B., Slavin B.I., Gorlacheva L.F., Tokarev V.P., Klimenko U.O.; decl and hold. Matus B.A. 16.12.02. Pat. 51729 Ukraine, MPK E21B 47/06. Method of gassers research. № U 200601237; decl. 01.04.99. publ. Buil. №12. (in Ukrainian).
10. Roy N.N. decl and hold. Roy N.N. 09.02.17. Pat. 121860 Ukraine, MPK (2017.01) E21 B 47/00 A method of highly productive gas and gas-condensate wells research is at the non-stationary filtration mode. decl. publ. 26.12.17. Biul. № 24 (in Ukrainian).
11. Gritsenko A.I., Aliev Z.C., Ermilov O.M. et al. 1995. Guidance on wells research. M. Nauka. 523 p. (in Russian).
12. Tsekalyuk E.B. 1961. Bases piezometry of oil and gas beds K. State publishing house of technical literature USSR. 286 p. (in Russian).