



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **34381** (13) **U**
(51) МПК (2006)
F17D 3/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ**ОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**видається під
відповідальність
власника
патенту**(54) СПОСІБ КОНТРОЛЮ УТВОРЕННЯ ГІДРАТІВ У ГАЗОПРОВОДІ**

1

2

(21) u200802859

(22) 05.03.2008

(24) 11.08.2008

(46) 11.08.2008, Бюл.№ 15, 2008 р.

(72) ХИМКО МИРОСЛАВ ПЕТРОВИЧ, UA, ФРОЛОВ ВАДИМ АНАТОЛІЙОВИЧ, UA, ТКАЧ ОЛЕГ ІВАНОВИЧ, UA, ПЕНЗІЙ ЮРІЙ МИКОЛАЙОВИЧ, UA, ПОНОМАРЬОВ ЮРІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, UA, КОТОК ВАЛЕРІЙ БОРИСОВИЧ, UA, ТЕВЯШЕВ АНДРІЙ ДМИТРОВИЧ, UA, ТЕВЯШЕВА ОЛЬГА АНДРІЇВНА, UA, ПШЕНЯНИК ІРИНА ОЛЕКСАНДРІВНА, UA, БАНТЮКОВ ЄВГЕН МИКОЛАЙОВИЧ, UA

(73) ДОЧІРНЯ КОМПАНІЯ "УКРТРАНСГАЗ", UA

(57) Спосіб контролю утворення гідратів у газопроводі, що включає визначення тиску і температури газу на початку ділянки газопроводу, тиску і температури газу наприкінці ділянки газопроводу і відносної щільності газу по повітрю, по величині якої формують рівноважну криву температури утворення гідратів залежно від тиску газу - $T_{ГО} = f(P)$ для газу, що транспортується по газопроводу, який відрізняється тим, що визначають вміст води в газі, що транспортується, формують по отриманому вмісту води криву зміни температури точки роси залежно від тиску - $T_{ТР} = f(P)$ для газу, що транспортується, після кожного визначення тиску і температури газу, що транспортується, на початку і наприкінці ділянки газопроводу порівнюють температуру газу на початку ділянки з температурою утворення гідратів і з температурою точки роси при тиску, що дорівнює тиску газу на початку ділянки, і, якщо температура газу нижче температури утворення гідратів і нижче температури точки роси, то видають повідомлення про можливість утворення гідратів на початку ділянки газопроводу, а, якщо температура газу вище температури утворення гідратів або температури точки роси газу, або обох зазначених температур, то складають функцію $T_r = f(P)$ - залежності температури газу від зміни тиску газу по довжині ділянки

газопроводу, знаходять точки перетинання кривої $T_{ГО} = f(P)$ із кривою $T_r = f(P)$ і точки перетинання кривої $T_{ТР} = f(P)$ з кривою $T_r = f(P)$, що розташовують у порядку убуття величин тиску в них і визначають знаки різниць $T_{ГО} - T_r$ і $T_{ТР} - T_r$ на інтервалах тиску, утворених тисками сусідніх точок перетинання зазначених кривих і тиском в останній точці перетинання і тиском наприкінці ділянки газопроводу, визначають відстань X від початку ділянки газопроводу до початку першого інтервалу, на якому обидві різниці мають позитивний знак,

за формулою: $X = \frac{105,087^2 \cdot (P_H^2 - P_X^2) \cdot D^5}{Q^2 \cdot \lambda \cdot \Delta \cdot Z_{cp} \cdot T_{cp}}$, де P_H -

тиск на початку ділянки газопроводу, P_X - тиск на початку інтервалу, на якому обидві різниці $T_{ГО} - T_r$ і $T_{ТР} - T_r$ мають позитивний знак, D - зовнішній діаметр труби газопроводу, Q - витрата газу по ділянці газопроводу, Z_{cp} - коефіцієнт стискальності газу на ділянці газопроводу, T_{cp} - середня температура газу на ділянці, λ - коефіцієнт гідралічного опору на ділянці газопроводу, Δ - відносна щільність газу по повітрю, і видають повідомлення про можливість утворення гідратів у точці початку зазначеного інтервалу і відстані до цієї точки від початку ділянки, а якщо криві $T_r = f(P)$ і $T_{ГО} = f(P)$ та криві $T_r = f(P)$ і $T_{ТР} = f(P)$ не перетнулися або на жодному з інтервалів тиску, утворених тисками сусідніх точок перетинання зазначених кривих і тиском в останній точці перетинання та тиском наприкінці ділянки газопроводу, різниці $T_{ГО} - T_r$ і $T_{ТР} - T_r$ не мають одночасно позитивного знака, то видається повідомлення про відсутність на даній ділянці можливості утворення гідратів при обмірюваних значеннях параметрів газу, що транспортується.

Корисна модель відноситься до газової промисловості і може бути використана для визначення моменту початку і місця можливого утво-

рення гідратів на ділянках газопроводу.

Відомий спосіб контролю утворення гідратів у газопроводі [А. с. СРСР №1705666, кл. F17D 3/00,

(13) **U**
(11) **34381**
(19) **UA**

БИ №2, 1992] по витраті газу, що включає пере-пуск газу по байпасу з накопичуванням гідратів у виді гідралічного опору і на прямолінійній ділянці газопроводу без запірно-регулюючої арматури і контроль утворення гідратів у залежності від спів-відношення витрат газу у байпасі і газопроводі, при цьому при наявності рідкої фази її відділення роблять у байпасі до накопичувача гідратів.

Даний спосіб контролю утворення гідратів у газопроводі так само, як і спосіб контролю утво-рення гідратів у газопроводі, що заявляється, при-значений для контролю утворення гідратів - ви-значення моменту початку їхнього утворення. Однак, відсутність визначення тиску і температури газу, відносної щільності газу по повітрю і вмісту води в газі, визначення інтервалів тиску, на яких температури гідратування і точки роси вище температури газу на ділянці газопроводу різко знижує вірогідність виявлення можливості гідрату-вання і функціональні можливості способу, тому що не можна визначити відстань від початку ділянки газопроводу до точки можливого гідрату-вання.

Відомий спосіб контролю утворення гідратів у газопроводі [Патент України №63654, кл. F17D 3/00, G05D 27/00, БИ №5, 2007], що включає ви-значення складу і відносної щільності газу по пові-трю, по величині якої вибирають рівноважну криву утворення гідратів для газу, що транспортується по газопроводу, періодичний вимір тиску і темпе-ратури газу після запірно-регулюючої арматури на відстані не більш двох метрів від неї, визначення за обмірюваним значенням тиску і температури газу і по обраній рівноважній кривій утворення гі-дратів значення температури утворення гідратів при обмірюваному тиску, що порівнюють з обмі-рюваним значенням температури і, якщо обмірю-вана температура нижче температури утворення гідратів, то видають сигнал про можливості утво-рення гідратів.

Даний спосіб контролю утворення гідратів у газопроводі так само, як і спосіб контролю утво-рення гідратів у газопроводі, що заявляється, включає визначення тиску і температури газу і відносної щільності газу по повітрю, по величині якої формують рівноважну криву утворення гідра-тів - $T_{го} = f(P)$ для газу, що транспортується по газопроводу. Однак, відсутність визначення вмісту води в газі, що транспортується, формування по отриманому вмісту води кривої зміни температу-ри точки роси в залежності від тиску - $T_{тр} = f(P)$ для газу, що транспортується, видачі повідомлен-ня про можливості утворення гідратів на початку ділянки газопроводу, якщо температура газу на початку ділянки нижче і температури утворення гідратів і нижче температури точки роси при тиску, рівному тискові газу на початку ділянки, після кож-ного визначення тиску і температури газу, що транспортується, складання функції $T_r = f(P)$ - залежності температури газу від зміни тиску газу по довжині ділянки газопроводу, знаходження то-чок перетинання кривих $T_{го} = f(P)$ і $T_r = f(P)$ і то-чок перетинання кривих $T_{тр} = f(P)$ і $T_r = f(P)$, що

розташовують у порядку убуття величин тиску в них і визначення знаків різниць $T_{го} - T_r$ і $T_{тр} - T_r$ на інтервалах тиску, утворених тисками сусідніх точок перетинання зазначених кривих і тиском наприкінці ділянки газопроводу і визначення від-стані - X від початку ділянки газопроводу до почат-ку першого інтервалу, на якому обидві різниці ма-ють позитивний знак і, отже, на якому можливе утворення гідратів, по приведеній формулі і видачі повідомлення про можливості утворення гідратів у точці початку зазначеного інтервалу і про відстань до цієї точки від початку ділянки різко знижує віро-гідність виявлення можливості гідратування і функціональні можливості способу, тому що не можна визначити відстань від початку ділянки га-зопроводу до точки можливого гідратування.

Найбільш близьким по технічній сутності є спосіб контролю утворення гідратів у газопроводі [Патент України №49762, кл. F17D 3/00], що вклю-чає вимір витрати газу на установці відключаючих пристроїв, тиску і температури газу на усті сверд-ловини, визначення щільності газу при нормаль-них умовах і відносній щільності газу по повітрю, по величині якої вибирають рівноважну криву утворення гідратів для газу, що транспортується по газопроводу, і періодичний вимір тиску і темпе-ратури газу на установці відключаючих пристроїв, вибір на газопроводі від устя свердловини до установки відключаючих пристроїв "I" розрахунко-вих точок, розподілених по довжині газопроводу, визначення і запам'ятовування довжини ділянок газопроводу від установки відключаючих пристроїв до кожної з розрахункових точок, визначення тем-ператури ґрунту, розрахунок для газопроводу се-реднього значення коефіцієнта стискальності газу - Z_{cp} і розрахункового коефіцієнта - A і визначен-ня тиску - P_n і температури - T_n газу в кожній з розрахункових точок від I-ої до 1-ої по формулах:

$$T_n = T_{гр} + (T_k - T_{гр}) e^{\frac{0.62 k D_n l_i}{\Delta C_p \cdot 10^6 Q}};$$

$$P_n = \sqrt{Q^2 \cdot Z_{cp} \cdot T_{cp} \cdot l_i \cdot A + P_k^2},$$

де $T_{гр}$ - температура ґрунту на рівні залягання труби, К;

k - коефіцієнт тепловіддачі;

D_n - зовнішній діаметр труби, м;

Δ - відносна щільність газу по повітрю;

C_p - середня ізобарна теплоємність газу, кдж/(кг·К);

l_i - довжина ділянки газопроводу, що відпові-дає i-й розрахунковій точці, км;

Q - витрата газу на установці пристроїв, що відключають, млн.м³/добу;

$T_{cp} = \frac{T_n + T_k}{2}$ - середня температура газу на ділянці газопроводу, К,

запам'ятовування отриманих тисків і темпера-тур газу в кожній з розрахункових точок газопрово-ду, і, визначення моменту початку утворення гі-дратів і розрахункових точок, у яких гідрати почали утворюватися, шляхом порівняння величини тиску

в кожній розрахунковій точці з величиною граничного тиску, визначений по обраній рівноважній кривій утворення гідратів для кожної розрахункової точки при температурі, рівній температурі у розрахунковій точці.

Даний спосіб контролю утворення гідратів у газопроводі так само, як і спосіб контролю утворення гідратів у газопроводі, що заявляється, включає визначення тиску і температури газу і відносної щільності газу по повітрю, по величині якої вибирають рівноважну криву утворення гідратів для газу, що транспортується по газопроводу. Однак, відсутність визначення вмісту води в газі, що транспортується, формування по отриманому вмісту води кривої зміни температури точки роси в залежності від тиску - $T_{TP} = f(P)$ для газу, що транспортується, видачі повідомлення про можливість утворення гідратів на початку ділянки газопроводу, якщо температура газу на початку ділянки нижче і температури утворення гідратів і нижче температури точки роси при тиску, рівному тиску газу на початку ділянки, після кожного визначення тиску і температури газу, що транспортується, складання функції $T_r = f(P)$ - залежності температури газу від зміни тиску газу по довжині ділянки газопроводу, знаходження точок перетинання кривих $T_{r0} = f(P)$ і $T_r = f(P)$ і точок перетинання кривих $T_{TP} = f(P)$ і $T_r = f(P)$, що розташовують у порядку убуття величин тиску в них, визначення знаків різниць $T_{r0} - T_r$ і $T_{TP} - T_r$ на інтервалах тиску, утворених тисками сусідніх точок перетинання зазначених кривих і тиском в останній точці перетинання і тиском наприкінці ділянки газопроводу, і визначення відстані - X від початку ділянки газопроводу до початку першого інтервалу, на якому обидві різниці мають позитивний знак і, отже, на якому можливе утворення гідратів, по приведеній формулі і видачі повідомлення про можливість утворення гідратів у точці початку зазначеного інтервалу і про відстань до цієї точки від початку ділянки різко знижує вірогідність виявлення можливості гідратуутворення і функціональні можливості способу, тому що не можна визначити відстань від початку ділянки газопроводу до точки можливого гідратуутворення.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення способу контролю утворення гідратів у газопроводі за рахунок підвищення вірогідності виявлення можливості утворення гідратів на ділянці газопроводу шляхом фіксації можливості утворення гідратів на ділянці газопроводу при зменшенні температури газу не тільки нижче температури гідратуутворення, але і при зменшенні її нижче температури точки роси в точці ділянки газопроводу і розширення функціональних можливостей шляхом визначення відстані від початку ділянки газопроводу до точки, у якій можливе утворення гідратів.

Поставлена задача вирішується тим, що у відомому способі контролю утворення гідратів у газопроводі, що включає визначення тиску і температури газу на початку ділянки газопроводу, тиску і температури газу наприкінці ділянки газо-

проводу і відносної щільності газу по повітрю, по величині якої формують рівноважну криву температури утворення гідратів у залежності від тиску газу - $T_{r0} = f(P)$ для газу, що транспортується по газопроводу, Згідно корисної моделі визначають вміст води в газі, що транспортується, формують по отриманому вмісту води криву зміни температури точки роси в залежності від тиску - $T_r = f(P)$ для газу, що транспортується, після кожного визначення тиску і температури газу, що транспортується, на початку і наприкінці ділянки газопроводу порівнюють температуру газу на початку ділянки з температурою утворення гідратів і з температурою точки роси при тиску, рівному тиску газу на початку ділянки, і, якщо температура газу нижче температури утворення гідратів і нижче температури точки роси, то видають повідомлення про можливість утворення гідратів на початку ділянки газопроводу, а, якщо температура газу вище температури утворення гідратів або температури точки роси газу або обох зазначених температур, то складають функцію $T_r = f(P)$ - залежності температури газу від зміни тиску газу по довжині ділянки газопроводу, знаходять точки перетинання кривої $T_{r0} = f(P)$ із кривою $T_r = f(P)$ і точки перетинання кривої $T_{TP} = f(P)$ з кривою $T_r = f(P)$, що розташовують у порядку убуття величин тиску в них і визначають знаки різниць $T_{r0} - T_r$ і $T_{TP} - T_r$ на інтервалах тиску, утворених тисками сусідніх точок перетинання зазначених кривих і тиском в останній точці перетинання і тиском наприкінці ділянки газопроводу, визначають відстань - X від початку ділянки газопроводу до початку першого інтервалу, на якому обидві різниці мають позитивний знак, по формулі $X = \frac{105,087^2 \cdot (P_H^2 - P_X^2) \cdot D^5}{Q^2 \cdot \lambda \cdot \Delta \cdot Z_{cp} \cdot T_{cp}}$, де P_H -

тиск на початку ділянки газопроводу, P_X - тиск на початку інтервалу, на якому обидві різниці $T_{r0} - T_r$ і $T_{TP} - T_r$ мають позитивний знак, D - зовнішній діаметр труби газопроводу, Q - витрата газу по ділянці газопроводу, Z_{cp} - коефіцієнт стискальності газу на ділянці газопроводу, T_{cp} - середня температура газу на ділянці, λ - коефіцієнт гідравлічного опору на ділянці газопроводу, Δ - відносна щільність газу по повітрю, і видають повідомлення про можливість утворення гідратів у точці початку зазначеного інтервалу і відстані до цієї точки від початку ділянки, а якщо криві $T_r = f(P)$ і $T_{r0} = f(P)$ і криві $T_r = f(P)$ і $T_{TP} = f(P)$ не перетнулися або на жодному з інтервалів тиску, утворених тисками сусідніх точок перетинання зазначених кривих і тиском в останній точці перетинання і тиском наприкінці ділянки газопроводу, різниці $T_{r0} - T_r$ і $T_{TP} - T_r$ не мають одночасно позитивний знак, то видається повідомлення про відсутність на даній ділянці можливості утворення гідратів при обмірюваних значеннях параметрів газу, що транспортується.

Уведення визначення вмісту води в газі, що

транспортується, формування по його значенню кривої зміни температури точки роси в залежності від тиску - $T_{TP} = f(P)$ для газу, що транспортується, порівняння температури газу на початку ділянки з температурою утворення гідратів і з температурою точки роси при тиску, рівному тиску газу на початку ділянки, після кожного визначення тиску і температури газу, що транспортується, на початку і наприкінці ділянки газопроводу, видачі повідомлення про можливість утворення гідратів на початку ділянки газопроводу, якщо температура газу нижче температури утворення гідратів і нижче температури точки роси, складання функції $T_r = f(P)$

- залежності температури газу від зміни тиску газу по довжині ділянки газопроводу, якщо температура газу вище температури утворення гідратів або температури точки роси газу або обох зазначених температур, знаходження точок перетинання кривих $T_{TO} = f(P)$ і $T_r = f(P)$ і точок перетинання кривих $T_{TP} = f(P)$ і $T_r = f(P)$, визначення знаків різниць $T_{TO} - T_r$ і $T_{TP} - T_r$ на інтервалах тиску, утворених тисками сусідніх точок перетинання зазначених кривих і тиском наприкінці ділянки газопроводу, визначення відстані - X від початку ділянки газопроводу до початку першого інтервалу, на якому обидві різниці мають позитивний знак, по приведеній формулі і видачі повідомлення про можливість утворення гідратів у точці початку зазначеного інтервалу і про відстань до цієї точки від початку ділянки, і видачі повідомлення про відсутність на даній ділянці можливості утворення гідратів при обмірюваних значеннях параметрів газу, що транспортується, якщо криві $T_r = f(P)$ і $T_{TO} = f(P)$ або криві $T_r = f(P)$ і $T_{TP} = f(P)$ не перетнулися або на жодному з інтервалів тиску, утворених тисками сусідніх точок перетинання зазначених кривих і тиском наприкінці ділянки газопроводу, різниці $T_{TO} - T_r$ і $T_{TP} - T_r$ не мають одночасно позитивний знак, підвищує вірогідність виявлення можливості утворення гідратів на ділянці газопроводу шляхом фіксації можливості утворення гідратів на ділянці газопроводу тільки у випадку, якщо температура газу не тільки нижче температури гідратуутворення, але і нижче температури точки роси в точці ділянки газопроводу і розширює функціональних можливості шляхом визначення відстані від початку ділянки газопроводу до точки, у який можливе утворення гідратів.

На кресленнях для пояснення реалізації запропонованого способу приведені: Фіг.1 - рівноважні криві утворення гідратів; Фіг.2 - залежність вмісту води в газі від тиску і температури.

Попередньо для діапазону можливих величин відносних щільностей - Δ по повітрю газу, подаваного в газопровід, рівноважні криві гідратуутворення (див. Фіг.1), приведені у відповідній довідковій літературі [наприклад, див. Трубопровідний транспорт нафти і газу. Під загальною редакцією проф. В.А. Юфина, М, Надра, 1978, стор. 82, мал. 3.18], апроксимують і представляють у вигляді функції $T_{TO} = f(P, \Delta) = C_0(\Delta) + C_1(\Delta)P + C_2(\Delta)P^2 + C_3(\Delta)P^3 + C_4(\Delta)P^4 + C_5(\Delta)P^5$, де T_{TO} і P - відповідно температура гідратуутво-

рення і тиск газу в точці газопроводу, $C_i(\Delta) = C_{i,0} + C_{i,1}\Delta + C_{i,2}\Delta^2 + C_{i,3}\Delta^3 + C_{i,4}\Delta^4$, $i = 0, 1, 2, 3, 4, 5$ - і-ий функціональний коефіцієнт апроксимації, $C_{i,0}, C_{i,1}, C_{i,2}, C_{i,3}, C_{i,4}$ - і-ті числові коефіцієнти апроксимації. Аналогічно для діапазону можливих величин вмісту води - W у газі, подаваному в газопровід, криві вмісту води в газі (див. Фіг.2), приведені у відповідній довідковій літературі [наприклад, див. Трубопровідний транспорт нафти і газу. Під загальною редакцією проф. В.А. Юфина, М, Надра, 1978, стор. 79, мал. 3.16], апроксимують і представляють у вигляді функції $T_{TP} = f(P, W) = D_0(W) + D_1(W)P + D_2(W)P^2 + D_3(W)P^3 + D_4(W)P^4 + D_5(W)P^5$, де T_{TP} і P - відповідно температура точки роси і тиск у точці газопроводу, $D_i(W) = D_{i,0} + D_{i,1}W + D_{i,2}W^2 + D_{i,3}W^3 + D_{i,4}W^4$, $i = 0, 1, 2, 3, 4, 5$ - і-ий функціональний коефіцієнт апроксимації, $D_{i,0}, D_{i,1}, D_{i,2}, D_{i,3}, D_{i,4}$ - і-ті числові коефіцієнти апроксимації. Коефіцієнти $C_{i,0}, C_{i,1}, C_{i,2}, C_{i,3}, C_{i,4}$ і $D_{i,0}, D_{i,1}, D_{i,2}, D_{i,3}, D_{i,4}$ для $i = 0, 1, 2, 3, 4, 5$ вводять у пам'ять пристрою, що контролює утворення гідратів. З опису умов утворення гідратів у газопроводі [наприклад, див. Трубопровідний транспорт нафти і газу. Під загальною редакцією проф. В.А. Юфина, М, Надра, 1978, стор. 77-83] випливає, що в точці газопроводу утворення гідратів можливо, якщо температура газу в цій точці газопроводу менше і температури гідратуутворення і температури точки роси в цій же точці газопроводу.

Спосіб контролю утворення гідратів у газопроводі реалізують у такий спосіб.

Визначення відносної щільності газу по повітрю і вмісту води в газі робить хімічна лабораторія відповідно до технологічного регламенту, наприклад, один раз на добу. Підставивши обмірювану величину відносної щільності газу у вираз для функціональних коефіцієнтів C_i одержують їхні числові значення і формують залежність $T_{TO} = f(P)$ у вигляді багаточлена п'ятого ступеня з числовими коефіцієнтами для даного значення відносної щільності газу по повітрю. Аналогічно, підставивши обмірювану величину вмісту води в газі у вираз для функціональних коефіцієнтів D_i одержують їхні числові значення і формують залежність $T_{TP} = f(P)$ у вигляді багаточлена п'ятого ступеня з числовими коефіцієнтами для даного значення вмісту води в газі. Отримані залежності $T_{TO} = f(P)$ і $T_{TP} = f(P)$ використовують до наступного визначення відносної щільності газу по повітрю і вмісту води в газі і перерахування залежностей $T_{TO} = f(P)$ і $T_{TP} = f(P)$.

Контроль утворення гідратів виконують або з установленням періодом, або по команді оперативного персоналу.

При надходженні команди на виконання контролю утворення гідратів вимірюють тиск - P_n і температуру - T_n газу на початку ділянки газопроводу і тиск - P_k і температуру - T_k газу наприкінці ділянки газопроводу. По величині тиску P_n і по

залежностях від тиску температури утворення гідратів $T_{ГО} = f(P)$ і температури точки роси - $T_{ТР} = f(P)$ для газу, що транспортується, обчислюють значення температури гідратуутворення - $T_{ГОН}$ і температури точки роси - $T_{ТРН}$ на початку контрольованої ділянки газопроводу, кожне з яких порівнюють з обмірюваною температурою газу T_H .

Якщо $T_H \leq T_{ГОН}$ і $T_H \leq T_{ТРН}$, то видають повідомлення про можливість утворення гідратів на початку ділянки газопроводу. Якщо температура газу T_H вище однієї з температур $T_{ГОН}$ або $T_{ТРН}$, або вище обох цих температур, то складають функцію $T_r = f(P)$ - залежності температури газу від зміни тиску газу по довжині ділянки газопроводу. Для цього у відому залежність температури газу від відстані від початку ділянки газопроводу підставляють значення відстані - $X(P)$, виражене через

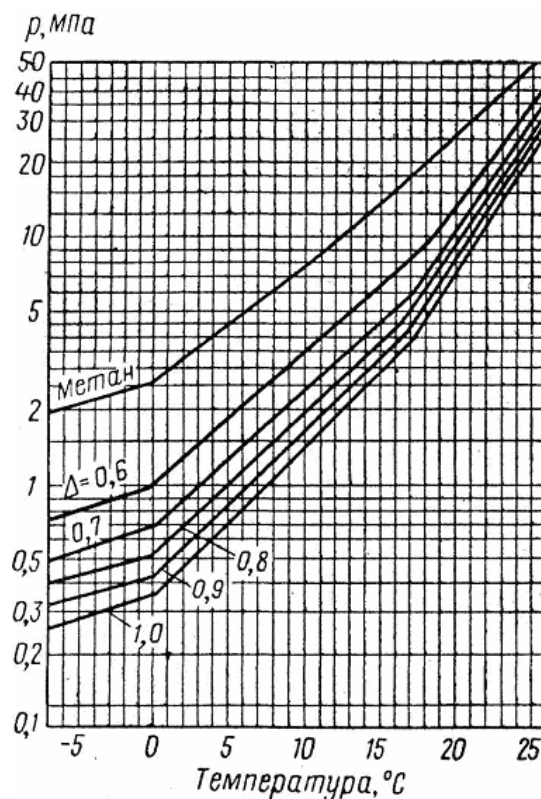
тиск, $X(P) = \frac{105,087^2 \cdot (P_H^2 - P^2) \cdot D^5}{Q^2 \cdot \lambda \cdot \Delta \cdot Z_{cp} \cdot T_{cp}}$, де P - величи-

на тиску на ділянці газопроводу, що змінюється від P_H до P_K , D - зовнішній діаметр труби газопроводу, Q - витрата газу по ділянці газопроводу, Z_{cp} - коефіцієнт стискальності газу на ділянці газопроводу, T_{cp} - середня температура газу на ділянці, λ - коефіцієнт гідралічного опору на ділянці газопроводу, і одержують залежність

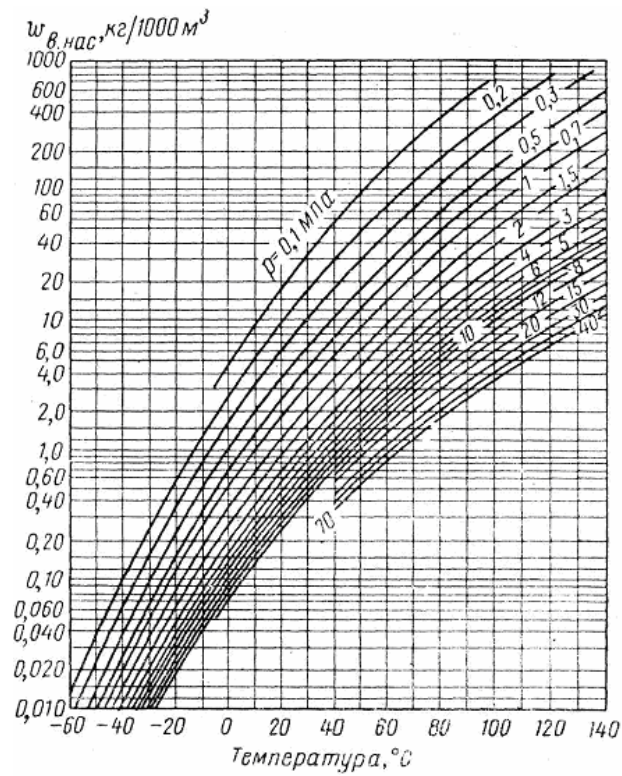
$$T_r = f(P) = T_{rp} + (T_H - T_{rp}) e^{-ax(P)} - Di \frac{P_H^2 - P_K^2}{2aLP_{cp}} (1 - e^{-ax(P)})$$

. Після цього знаходять точки перетинання кривих $T_r = f(P)$ і $T_{ГО} = f(P)$ і кривих $T_r = f(P)$ і $T_{ТР} = f(P)$, що розташовують у порядку убутання величини тиску і визначають знаки різниць $T_{ГО} - T_r$ і $T_{ТР} - T_r$ на інтервалах тиску, утворених тисками сусідніх точках перетинання зазначених кривих і тиском в останній точці перетинання і тиском наприкінці ділянки газопроводу. Точка, на інтервалі після якої обидві різниці мають позитивний знак, є точкою, у якій можливе утворення гідратів. По величині тиску в цій точці визначають відстань від початку ділянки по формулі $X(P_x) = \frac{105,087^2 \cdot (P_H^2 - P_x^2) \cdot D^5}{Q^2 \cdot \lambda \cdot \Delta \cdot Z_{cp} \cdot T_{cp}}$,

де P_x - тиск у точці початку інтервалу, на якому знаки різниць $T_{ГО} - T_r$ і $T_{ТР} - T_r$ позитивні, і після цього видають повідомлення про можливість утворення гідратів на ділянці газопроводу і о відстані від початку ділянки до точки, у якій можливе утворення гідратів. Якщо криві $T_r = f(P)$ і $T_{ГО} = f(P)$ і криві $T_r = f(P)$ і $T_{ТР} = f(P)$ не перетнулися або на жодному з інтервалів тиску, утворених тисками сусідніх точок перетинання зазначених кривих і тиском в останній точці перетинання і тиском наприкінці ділянки газопроводу, знаки різниць $T_{ГО} - T_r$ і $T_{ТР} - T_r$ не мають одночасно позитивний знак, то видають повідомлення про відсутність на даній ділянці можливості утворення гідратів при обмірюваних значеннях параметрів газу, що транспортується.



Фиг. 1



Фиг. 2