

Група винаходів відноситься до області вимірювальної техніки в газовій промисловості і може бути застосована для визначення точки роси природного газу по волозі конденсаційним методом при високих тисках (наприклад, вище 100кг/см^2) на автомобільних газонаповнювальних компресорних станціях (АГНКС).

Умови визначення точки роси природного газу по волозі на АГНКС характеризуються високими вимогами до вмісту вологи - $0,009\text{г/м}^3$ за ГОСТ 27577-87, що відповідає точці роси мінус 32°C при тиску 250кг/см^2 , чи мінус 60°C при атмосферному тиску, при цьому вміст вуглеводнів, які випадають на конденсаційну поверхню при її охолодженні, у багато разів більший, ніж вологи. За таких умов достовірне визначення значень точки роси відомими пристроями практично неможливе.

Відомий спосіб визначення температури точки роси природних газів по волозі конденсаційним методом, реалізований у статичному режимі, при якому конденсаційна поверхня має подовжену форму з постійним в часі та по довжині градієнтом температур. Створення градієнта температур здійснюється завдяки використанню вихрової трубки Ранка, бокова поверхня якої є одночасно конденсаційною поверхнею (див. а.с. СРСР №263943, нац. клас. 42i, 19/05, МПК G01n, опубл. 10.02.1970р.).

Недоліком даного способу є те, що при високих тисках (наприклад, більше 100кг/см^2) діапазон температур, яких можна досягти за допомогою вихрової трубки Ранка, виходить за межі можливого діапазону точок роси природного газу.

Відомий пристрій для визначення точки роси природних газів по волозі, який має герметичний корпус з оглядовим склом, вихрову трубку, бічна поверхня якої є одночасно конденсаційною поверхнею з розподіленими по її довжині термодатчиками і манометр, що вимірює тиск досліджуваного газу. Вихрова трубка розміщена в корпусі, і обігріваемим кінцем з'єднана каналом з оглядовим склом, яке утворює з конденсаційною поверхнею робочу камеру високого тиску (див. а.с. СРСР №263943).

Недоліком цього пристрою є те, що застосування вихрової трубки для створення градієнта температур не дає можливості отримати необхідний діапазон температур на конденсаційній поверхні. Також недолік даного пристрою полягає в тому, що діапазон його робочих тисків ($0\div 60\text{кг/см}^2$) не дозволяє використовувати цей пристрій для визначення точки роси природного газу по волозі при високих тисках у вимірювальній камері (наприклад, більше 100кг/см^2).

Найбільш близьким рішенням способу та пристрою - прототипом - є спосіб визначення точки роси природних газів по волозі конденсаційним методом, який реалізовано у статичному режимі, при якому конденсаційна поверхня має подовжену форму і має постійний в часі та по довжині градієнт температур (див. а.с. СРСР №219261, нац. клас. 42i, 12/07, МПК G01k, опубл. 30.05.1968р.), який реалізовано в пристрої для визначення точки роси по волозі природних газів, що складається з конденсаційної поверхні, охолоджуючого пристрою і термовимірювального приладу (див. а.с. СРСР №219261). Як конденсаційна поверхня застосований металевий дзеркально відполірований стрижень, що омивається досліджуванним газом, з виконаними внутрішніми порожнинами на кінцях, а для створення градієнта температур використана вихрова трубка Ранка, вихід холодного газу з якої з'єднаний з однією порожниною, а вихід гарячого газу з другою. Діапазон тисків досліджуваного газу у вимірювальній камері даного пристрою складає $0\div 60\text{кг/см}^2$.

Недоліком прототипу є те, що при застосуванні його при високих тисках (наприклад вище 60кг/см^2), газ потрібно редукувати до значень тисків, які знаходяться в робочому діапазоні тисків приладу (наприклад, від 0 до 60кг/см^2), при цьому важких вуглеводнів випадає на конденсаційній поверхні у багато разів більше, ніж вологи. Це не дозволяє одержувати достовірні результати точки роси природного газу по волозі. Крім того, при використанні вихрової трубки Ранка для створення градієнту температур в умовах високих тисків діапазон температур, що досягається, виходить за межі можливого діапазону точок роси.

Задачею даної групи винаходів є створення способу і пристрою для вимірювання точки роси природних газів по волозі в умовах високих тисків (наприклад, вище 100кг/см^2).

Для вирішення поставленої задачі у відомому способі визначення точки роси природного газу по волозі шляхом заміру температури початку конденсації на охолоджуваній конденсаційній поверхні згідно з винаходом, газ подають у пристрій єдиним потоком з тиском, що дорівнює тиску газу в газопроводі, розділяють його на досліджений та робочий газ, вимірюють точку роси при високих тисках, при яких відсутня конденсація важких вуглеводнів, наприклад вище 100кг/см^2 , при цьому градієнт температур на конденсаційній поверхні створюють внаслідок нагрівання одного кінця стрижня, бічна поверхня якого є одночасно конденсаційною поверхнею, газом в інтервалі тисків $100\div 250\text{кг/см}^2$ і охолодження іншого кінця стрижня в результаті омивання його, охолодженням внаслідок редукування в розширювальній камері газом з подальшим скиданням відпрацьованого проредукованого газу в систему низького тиску на компресорній станції.

Для реалізації цього способу пропонується пристрій для визначення точки роси природного газу по волозі, який містить встановлений в герметичному корпусі з оглядовим склом металевий стрижень з внутрішніми порожнинами на кінцях, бічна поверхня якого є конденсаційною поверхнею і утворює з оглядовим склом вимірювальну камеру, з розподіленими по довжині конденсаційної поверхні термодатчиками та охолоджуючий пристрій. Згідно з винаходом в корпусі пропонуємого пристрою розташовані два канали, а в якості охолоджуючого пристрою застосована розширювальна камера, яка закріплена зовні на металевому стрижні і має зв'язок із системою низького тиску компресорної станції, при цьому, при цьому металевий стрижень має ділянку з розширеною за рахунок нанесеної нарізки площею тепловіддачі.

Технічним результатом групи винаходів, що пропонуються, є підвищення точності вимірювання точки роси газу внаслідок одержання постійного у часі градієнту температур, що перекидає весь діапазон можливих точок роси. Застосування групи винаходів на АГНКС дає можливість проводити вимірювання точки роси без зупинки обладнання і дозволяє своєчасно проводити регенерацію та заміну сорбентів, які використовуються для осушування природного газу. Подача газу в пристрій без редукування дає змогу отримати пробу газу з незмінним складом, внаслідок відсутності конденсації вологи у вхідних каналах. Завдяки зв'язку розширювальної камери пристрою із системою низького тиску АГНКС, куди надходить відпрацьований у пристрої газ, запобігаються викиди газу в атмосферу, що поліпшує екологічну ситуацію на

АГНКС та сприяє значній економії ресурсів.

На фіг.1 зображена схема пристрою, на фіг.2 - поперечний переріз А-А фіг.1, на фіг.3 - повздовжній переріз Б-Б фіг.1, на фіг.4 - криві фазової рівноваги природного газу по волозі та вуглеводням. На фіг.4 позиціями зазначені: I - зона конденсації вологи; II - зона конденсації важких вуглеводнів; III - зона відсутності конденсації важких вуглеводнів; 22 - крива рівноважного стану по волозі неосушеного газу; 23 - крива рівноважного стану по волозі газу осушеного газу; 24, 25, 26 - криві рівноваги по важких вуглеводнях для газів з різним вмістом C_5 і вищих; поз. 27, 28, 29, 30 - точки конденсації важких вуглеводнів при різних тисках для газів з означеним вологовмістом, крива 31 - крива зміни температури під час проведення вимірювань з тиском 100кг/см^2 ; крива 32 - крива зміни температури під час проведення вимірювань з тиском 50кг/см^2 .

З метою підвищення вірогідності результатів визначення температури точки роси природного газу по волозі вимірювання проводяться при високих тисках у вимірювальній камері (наприклад, вище 100кг/см^2). Визначення температури точки роси при високих тисках має ряд переваг. Так, в зоні тисків вище крикоденбарі (наприклад, вище 100кг/см^2), відсутня конденсація важких вуглеводнів на конденсаційній поверхні, що призводить до підвищення точності визначення температури точки роси природного газу по волозі. Верхня границя обраного робочого діапазону тисків - 250кг/см^2 - обумовлена конструктивними можливостями пристрою, що пропонується для визначення точки роси природних газів на АГНКС. З теоретичних розрахунків (номограма рівноважного вмісту парів води в системі природний газ-вода) видно, що похибка визначення температури точки роси при високих тисках менша, ніж при низьких тисках. Так, при наявності похибки вимірювання температури в 1°C , помилка визначення вологовмісту при тиску 40кг/см^2 складає $0,0015\text{г/м}^3$, а при тиску 200кг/см^2 вона складає тільки $0,0008\text{г/м}^3$. Внаслідок неможливості застосування вихрової трубки для створення градієнта температур при роботі в області тисків (наприклад, $100\text{--}250\text{кг/см}^2$) у пристрої, що пропонується, градієнт температур створюється в результаті нагрівання одного кінця стрижня газом, що надходить у пристрій з тиском вище 100кг/см^2 й охолодження другого кінця стрижня в результаті омивання його тим же газом, температура якого знижується при редукуванні в розширювальній камері. При використанні такого способу охолодження на конденсаційній поверхні створюється перепад температур від температури газу високого тиску (наприклад, $+25^\circ\text{C}$) до температури газу після редукування (наприклад, мінус 35°C), що дає можливість одержати на конденсаційній поверхні температури, які знаходяться в діапазоні можливих точок роси. Для забезпечення представницької проби досліджуваній газ подається в пристрій єдиним потоком без додаткового редукування, що перешкоджає можливій конденсації в підвідних каналах вологи, присутньої в газі.

Приклад реалізації здійснення способу. Розглянемо типову фазову діаграму в координатах тиск-температура на фіг.4. Пунктиром зображені криві рівноважного стану по волозі неосушеного газу, що надходить на АГНКС, з вмістом вологи $0,3\text{г/м}^3$ (крива 22) та газу, який пройшов осушення на установці довгоциклової адсорбції, з вмістом вологи $0,009\text{г/м}^3$ (крива 23). Криві рівноваги 24, 25, 26 по важких вуглеводнях умовно взяті для газів з різним вмістом C_5 і вищих і відповідають при тиску 50кг/см^2 температурі точки роси по вуглеводням -4 , $+8$ та $+21^\circ\text{C}$. Ці криві прив'язані тільки до однієї точки роси, а саме через це вони умовні і показують лише тенденцію зміни фазового стану. Однак цього достатньо для з'ясування питань, які необхідно вирішувати при аналізі пропонованої фазової діаграми. Проаналізуємо умови вимірювання точки роси газу по волозі, який надходить на АГНКС з газопроводів при вмісті вологи $0,3\text{г/м}^3$ (крива 22), а також при різних значеннях тиску в точках 27, 28, 29, 30. Так, наприклад, у точках 27, 28, 29 важкі вуглеводні на конденсаційній поверхні можуть випадати або не випадати в залежності від точки роси по вуглеводням. У тих випадках, коли точка роси газу по вуглеводням трохи вища точки роси по волозі, кількість вуглеводнів випаде незначна і не перешкодить вимірюванню точки роси по волозі. У точці 30 кривої 22 при тиску 100кг/см^2 вплив вуглеводнів на зміну точки роси по волозі взагалі не буде виявлятися, тому що при таких значеннях тиску при незначних кількостях важких вуглеводнів вони знаходяться в газоподібному (одно-фазовому) стані. Значно складніше вимірювати точку роси по волозі конденсаційним методом газу, який пройшов осушення до вмісту вологи $0,009\text{г/м}^3$ (крива 23). Так, наприклад, у точках 27, 28, 29 при різних значеннях тиску ($1\text{--}50\text{кг/см}^2$) перевищування точки роси по вуглеводням в порівнянні з точкою роси по волозі може досягнути, наприклад, 40°C при атмосферному тиску і, наприклад, 60°C при тиску 50кг/см^2 . Розглянемо процес визначення точки роси газу після осушення (крива 23) при різних тисках. При визначенні точки роси природного газу по волозі при тиску, наприклад, 100кг/см^2 (крива 31), на конденсаційній поверхні відбувається конденсація лише вологи, тому що при тисках вищих точки крикоденбарі (наприклад 100кг/см^2) конденсація важких вуглеводнів відсутня (зона III). Якщо визначення точки роси проводиться при тиску, наприклад, 50кг/см^2 (крива 32), то при пониженні температури конденсаційної поверхні від значень, приблизно, мінус 10°C починається зона конденсації важких вуглеводнів (зона II), які починають накопичуватись на ній. При подальшому пониженні температури конденсаційної поверхні процес накопичування важких вуглеводнів триває. І тільки при досягненні температури конденсаційної поверхні приблизно мінус 40°C починається конденсація вологи (зона I). Але на фоні накопичених на конденсаційній поверхні важких вуглеводнів визначити її неможливо.

Пристрій складається з корпусу 1, в якому розташовано металевий стрижень 2 з дзеркально відполірованою конденсаційною поверхнею 3. Металевий стрижень 2 на кінцях має порожнини 4 та 5. Порожнина 5 має вхідний вентиль 6 для входу газу через канал 7 до вимірювальної камери 8, а в порожнині 4 розміщується стрижень 9 з теплоізоляційного матеріалу (наприклад, текстоліту), по довжині якого розташовані температурні датчики 10. Зовні на металевому стрижні 2 закріплена розширювальна камера 11.3 верхньої сторони до корпусу 1 за допомогою силових скоб 12 кріпиться оглядове скло 13. Оглядове скло 13 завдяки ущільненню 14 утворює із конденсаційною поверхнею 3 герметичну камеру високого тиску. Всередині корпусу 1 розташовані канали 15 по яких рухається газ. Для реєстрації тиску цього газу використовується манометр 16, що розташований на боковій поверхні корпусу 1 пристрою. Закріплений на корпусі 1 вентиль 17 встановлений для видалення залишків газу з вимірювальної камери 8 пристрою в разі його демонтажу. Внутрішні канали 15 через вентиль 18 та канал 19 з'єднані з розширювальною камерою 11, на якій розташовано вихідний вентиль 20, що з'єднаний із системою низького тиску на АГНКС (на кресленнях не позначена). Металевий стрижень 2 має ділянку з розширеною за рахунок нанесеної нарізки

21 площею тепловіддачі.

Пристрій працює таким чином: газ високого тиску ($100-250 \text{ кг/см}^2$) через клапан 6 подається в корпус 1 через порожнину 5, нагріваючи «гарячий» кінець стрижня 2. Проходячи через порожнину 5, газ розділяється на досліджуваний (газ, що потрапляє до вимірювальної камери 8) і робочий (газ, що обігріває корпус 1 приладу, а після редукування охолоджує «холодний» кінець стрижня 2). Газ, що надходить у канал 7 (досліджуваний), омиваючи стрижень 2, проходить над конденсаційною поверхнею 3, а газ, що надходить у канал 15 (робочий), використовується для обігріву корпусу 1 і далі для охолодження «холодного» кінця стрижня 2. З'єднуючись на виході з корпусу 1 в каналі 19, газ надходить у розширювальну камеру 11, де він редукується (наприклад, до 10 кг/см^2). При редукуванні температура газу знижується (ефект Джоуля-Томпсона) і газ, омиваючи «холодний» кінець стрижня 2, охолоджує його. При цьому ділянка стрижня 2 з розширеною за рахунок нарізки 21 площею тепловіддачі сприяє скороченню часу встановлення статичного режиму розподілення температур вздовж конденсаційної поверхні 3. Таким чином, температура «гарячого» кінця стрижня 2 відповідає температурі газу, який подається в пристрій після компримування (наприклад, $+30 \div +50^\circ\text{C}$), що вище максимально можливої точки роси. У свою чергу мінімальна температура «холодного» кінця стрижня 2 відповідає температурі газу, охолодженого в розширювальній камері 11 (наприклад, $-30 \div -40^\circ\text{C}$), що дозволяє досягти на конденсаційній поверхні 3 температури нижче мінімально можливої точки роси. Досліджуваний газ, омиваючи конденсаційну поверхню 3, переміщується в напрямку від «гарячого» до «холодного» кінця стрижня 2, охолоджуючись при цьому. При температурах нижче температур рівноважного стану, волога, яка присутня у досліджуваному газі, конденсується на конденсаційній поверхні 3, утворюючи зону конденсації, яку можна спостерігати в оглядове скло 13. Визначаючи температуру границі зони конденсації за допомогою термодатчиків 10, визначають температуру точки роси досліджуваного газу по волозі. Відпрацьований газ з камери 11 надходить у систему низького тиску АГНКС через клапан 20. По закінченню циклу вимірювання нагрівають всю конденсаційну поверхню 3 з метою підготовки пристрою для наступного циклу вимірювання. Для цього перекривають клапан 20 та повністю відкривають клапан 18, при цьому тиск в розширювальній камері 11 зрівнюється з тиском у вимірювальній камері 8. Внаслідок того, що на клапані 18 редукування газу відсутнє, при відкритті клапана 20 утворюється теплий потік газу із вимірювальної камери 11 в розширювальну камеру 8, який омиваючи холодний кінець стрижня 2, нагріває його. Через деякий час стрижень 2 рівномірно нагрівається до температури компримованого газу, що потрапляє у пристрій. Після закінчення процесу нагріву стрижня 2 пристрій готовий до наступного циклу вимірювання вологості газу.

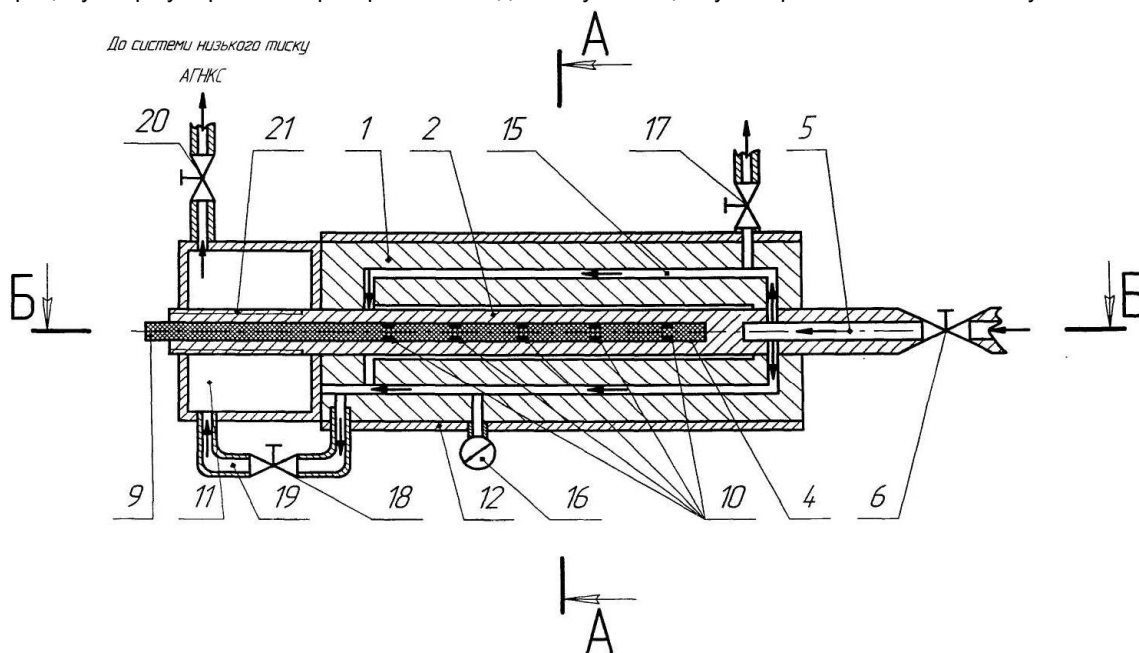
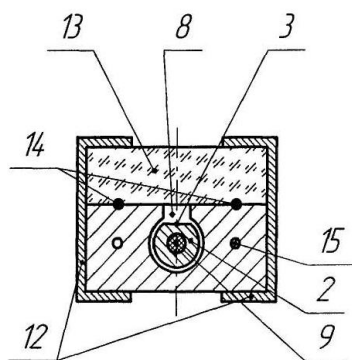


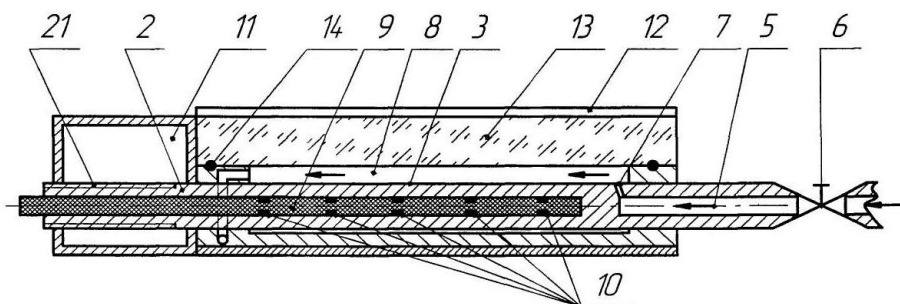
Fig. 1

A - A

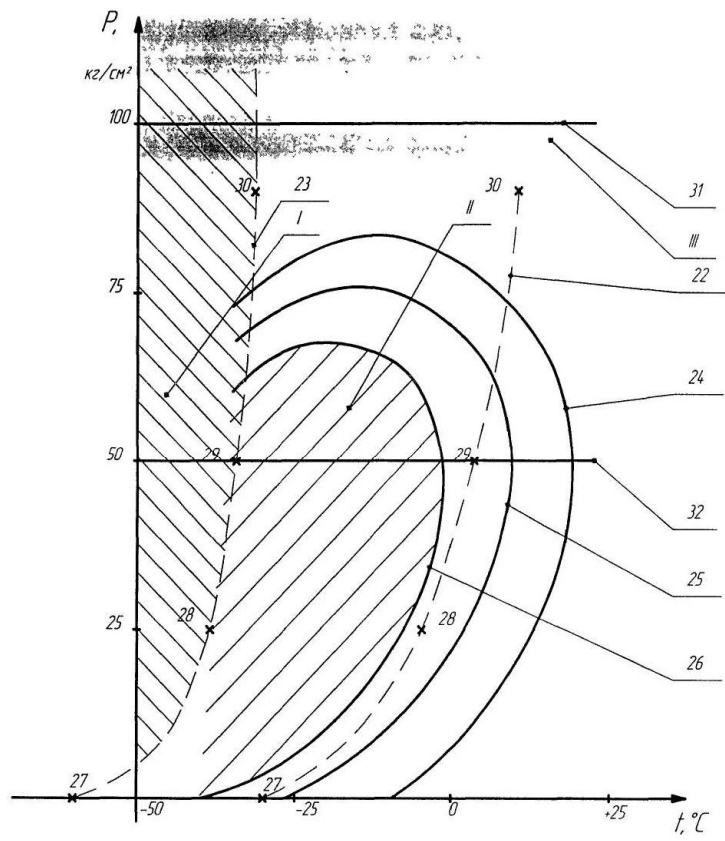


Фиг. 2

Б - Б



Фиг. 3



Фиг. 4