

Корисна модель належить до галузі трубопровідного транспорту, а саме - до інженерно-технічних засобів, що забезпечують підтримання необхідного температурного режиму в трубопровідних системах, призначених для транспортування вуглеводневої сировини. До таких систем належать магістральні, розподільчі та технологічні трубопроводи, які використовуються для переміщення рідких і газоподібних вуглеводнів, включаючи нафту, нафтопродукти, природний газ, газовий конденсат та інші речовини органічного походження, що мають схильність до фізико-хімічних змін за умов зниження температури.

Існуючі системи терморегулювання трубопроводів передбачають використання різноманітних засобів підігріву: електронагрівальні кабелі, індукційні нагрівачі, парові сорочки тощо.

Існує відома підводна індукційна система нагріву і зв'язаний з ній метод (WO 2022/013757 A1 від 20.01.2022), який пропонує загальні способи підігріву труб, однак не передбачає конструктивного поєднання теплопровідних елементів з використанням матеріалів з високою теплопровідністю у вузлах з'єднання, що значно знижує ефективність теплопередачі до зони труби.

Наближенням до корисної моделі, що пропонується відомий спосіб обробки вуглеводневих рідин пульсуючою електромагнітною хвилею у поєднанні з індукційним нагріванням (US 20110248019 A1 від 13.10.2011), який розкриває систему підігріву трубопроводів із застосуванням нагрівальних елементів, що вбудовуються у зовнішню оболонку труби. Проте зазначене рішення має недоліки, зокрема - високі втрати тепла через відсутність ефективного локального теплообміну в зоні стиків.

В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалення способу регулювання температурного режиму в трубопроводах за рахунок введення нових конструктивних елементів, а саме встановлення кільцевого хомута з графітовим покриттям та теплопровідного стрижня в межах ділянки потенційного утворення парафінових відкладень та гідратів, що піддають впливу електромагнітної індукції. Таким чином підігрів забезпечує контрольовану передачу тепла до ділянок потенційного утворення парафінових відкладень та гідратів, зокрема стику труб, запобігаючи утворенню твердих фракцій, що передбачає підвищення ефективності підтримання температурного режиму в критичних точках трубопроводу, зниження енергоспоживання, зменшення ризику утворення відкладень та вірогідності виникнення аварійних ситуацій, підвищення надійності транспортування вуглеводнів.

Поставлена задача вирішується в способі регулювання температурного режиму в трубопроводах, який включає нагрівання трубопроводів із застосуванням зовнішнього індукційного нагрівання на ділянках трубопроводу згідно з корисною моделлю, на трубопровід, в межах потенційного утворення парафінових відкладень та гідратів, встановлюють кільцевий хомут, що з'єднують з теплопровідним стрижнем, які вкривають матеріалом з підвищеною теплопровідністю та підігрівають до необхідних значень індукційною котушкою нагріву, що розміщують на теплопровідному стрижні.

Спосіб регулювання температурного режиму в трубопроводах зображено на фіг. 1 - поперечний переріз з індукційною котушкою навколо кінцевої частини теплопровідного стрижня, та фіг. 2 - поздовжній переріз трубопровідної ділянки з установленим кільцевим хомутом і стрижнем, де: 1 - кільцевий хомут; 2 - графітове покриття; 3 - зовнішня стінка труби; 4 - теплопровідний стрижень; 5 - індукційна котушка; 6 - зона стику трубопроводу (зона потенційного утворення парафінових відкладень та гідратів).

Запропонований спосіб реалізується наступним чином.

Попередньо на визначені ділянки потенційного утворення парафінових відкладень та гідратів, зокрема в межах стикових з'єднань трубопроводу, встановлюють кільцевий хомут 1. Кільцевий хомут 1 може застосовуватись як на сталевих, так і на трубопроводах з інших матеріалів. Кільцевий хомут 1 є інженерним термотехнічним модулем, який виконує функцію локалізованого теплопередавача з високою ефективністю. Кількість цих хомутів також може бути різноманітною, залежно від конкретних умов їх застосування.

Кільцевий хомут 1 виготовляють з матеріалу, що поєднує в собі високу механічну міцність, термостійкість, стабільність геометрії при нагріванні та високу теплопровідність. Як матеріал корпусу можуть використовуватись: конструкційна або нержавіюча сталь; алюмінієві та або) мідні сплави; сучасні металокомпозитні матеріали з вбудованими теплопровідними каналами або вставками.

За потреби конструкція кільцевого хомута 1 може бути у вигляді суцільного металевого кільця або модульною, складатися з двох або більше сегментів із засобами фіксації (болтовими з'єднаннями, затискними скобами тощо), що дозволяє проводити монтаж без розбирання трубопроводу.

Конструкція кільцевого хомута передбачає можливість встановлення на трубопроводі будь-якого типу та діаметра, незалежно від того, чи є вони новозмонтованими, чи вже експлуатуються. Монтаж не потребує демонтажу або глибокого втручання в структуру трубопроводу, що робить систему зручною для адаптації до існуючої інфраструктури. Завдяки цьому пристрій може застосовуватись у широкому спектрі промислових і транспортних об'єктів - від нафтопроводів і газопроводів до хімічних трубопроводів, зокрема на наземних, підземних та підводних ділянках.

На внутрішню поверхню кільцевого хомута 1 наносять графітове покриття 2 - спеціальне тонкошарове покриття, виготовлене з високотеплопровідного графіту, природного або штучного походження. Графітове покриття 2 виконує декілька критично важливих функцій: оптимізація

теплогового контакту між тілом хомута та зовнішньою стінкою труби 3; компенсація мікронерівностей поверхні для запобігання утворенню повітряних зазорів; механічна амортизація при температурному розширенні/звуженні матеріалів; захист труби від локального перегріву завдяки рівномірному розподілу тепла по контактній площині. Графіт має дуже низький коефіцієнт теплового опору, що дозволяє передавати тепло з високим ККД навіть при незначній різниці температур.

Кільцевий хомут 1 встановлюють в зоні стику трубопроводу 6 - тобто на ділянці, де дві окремі труби з'єднані між собою шляхом зварювання, фланцевого з'єднання або іншого способу. Саме ця зона є найбільш вразливою до теплових втрат, оскільки: має змінену структуру металу після зварювання (зона термічного впливу); часто порушено суцільність теплоізоляції; геометричні нерівності та наявність стику можуть сприяти охолодженню та утворенню точок конденсації або кристалізації.

До корпусу кільцевого хомута 1 прикріплюють теплопровідний стрижень 4, який має містити безпосередній контакт з графітовим покриттям 2 для максимального теплообміну та забезпечує передачу теплової енергії від джерела нагріву до кільцевого хомута 1. При цьому, матеріал теплопровідного стрижня 4 вибраний із групи, що включає графіт, мідь, алюміній або матеріали або сплави з підвищеною теплопровідністю або будь-які інші високотеплопровідні метали або їх поєднання. Теплопровідний стрижень 4 може мати циліндричну, прямокутну або сплюснуту форму, залежно від умов монтажу та необхідної площі теплопередачі. Довжина теплопровідного стрижня 4 визначається за спеціальною методикою для конкретних умов експлуатації трубопроводу.

Теплопровідний стрижень 4 одним кінцем жорстко з'єднують із кільцевим хомутом 1, інший - виведений у зону нагріву. У зоні нагріву навколо кінцевої частини теплопровідного стрижня 4 розташовують індукційну котушку 5, яка створює електромагнітне поле, спрямоване на індукційне нагрівання стрижня за рахунок вихрових струмів. Індукційна котушка 5 виконана з можливістю безконтактного нагрівання теплопровідного стрижня 4 до температури, достатньої для запобігання загущенню нафти, кристалізації парафінів або утворенню гідратів у природному газі. Такий принцип дозволяє підвищувати надійність (відсутність зношуваних контактів); безпеку (немає прямого контакту з електроживленням); точність регулювання температури. Індукційна котушка 5 може бути розташована навколо теплопровідного стрижня 4 у будь-якому його місці, залежно від конкретних технічних вимог.

Температурні параметри можуть задаватися програмно залежно від типу середовища, умов транспортування та необхідної інтенсивності підігріву.

Система контролю температури є ключовим елементом для забезпечення стабільної та ефективної роботи індукційного підігріву трубопроводу. Вона включає апаратно-програмний комплекс, що здійснює моніторинг та регулювання теплових параметрів у реальному часі. Датчики температури (термопари або термістори): встановлюються безпосередньо на зовнішній поверхні трубопроводу поблизу зони нагріву та/або на теплопровідному стрижні; передають дані в режимі реального часу до контролера; залежно від точності, можуть бути використані наприклад термопари тощо. Контролер (мікропроцесорна система): приймає сигнали від температурних датчиків; порівнює отримані значення з заданими температурними параметрами; визначає потребу у збільшенні або зниженні потужності індукційної котушки; підтримує алгоритми регулювання або керування. Інтерфейс програмного керування: дозволяє оператору задавати параметри температури залежно від (типу середовища, температури довкілля, довжини ділянки нагріву, швидкості потоку в трубопроводі); візуалізує температурні графіки, аварійні сповіщення, історію змін. Індукційне джерело живлення з регульованою потужністю: реалізує електромагнітне нагрівання через індукційну котушку; отримує сигнали з контролера для зміни частоти та сили струму; працює в режимі плавного регулювання для запобігання перегріву. Модулі безпеки та аварійного вимкнення: автоматично зупиняють нагрів у випадку перевищення критичної температури або виходу системи з ладу; можуть бути обладнані сигналізацією та GSM/інтернет-модулем для віддаленого сповіщення.

Принцип роботи системи контролю: встановлені датчики фіксують поточну температуру на поверхні труби або теплопровідного стрижня; контролер зчитує ці показники та порівнює їх із заданими значеннями, що були встановлені через інтерфейс управління; у разі відхилення від допустимого діапазону система автоматично змінює параметри індукційного струму (підвищує потужність, якщо температура нижча заданої; знижує або вимикає підігрів при досягненні необхідної температури); усі зміни та процеси фіксуються.

В результаті роботи всієї системи досягається локальний, контрольований підігрів зони стику трубопроводу 6, що забезпечує: збереження необхідної температури транспортованої речовини (нафти, газу, конденсату) у критично важливих точках трубопроводу; запобігання фазовим переходам (випаданню парафінів, загущенню, утворенню гідратів); зменшення гідравлічного опору, що дозволяє знизити витрати енергії на перекачування; підвищення надійності, ефективності та експлуатаційного ресурсу теплопровідної системи; можливість автономного або модульного встановлення на існуючі трубопроводи без зняття із експлуатації. Це сприяє покращенню загальної продуктивності трубопроводу, підвищенню коефіцієнта пропускної здатності та стабілізації параметрів

транспортування незалежно від зовнішніх кліматичних умов.

Завдяки високій теплопровідності всіх складових і продуманій геометрії, значно скорочуються теплові втрати, що властиві традиційним системам підігріву.

Система є модульною, що дає змогу встановлювати один або кілька хомутів послідовно на трубопроводі, залежно від потреби. Наприклад, на ділянках з підвищеним ризиком (перепади температур, зони підводних переходів, стики поблизу компресорних або насосних станцій) можна інстальовувати додаткові пристрої без впливу на функціонування основного трубопроводу. Це дає змогу масштабувати рішення відповідно до реальних умов експлуатації, гнучко реагувати на технічні виклики та оптимізувати витрати на теплопідтримку.

Завдяки стабільному локальному підігріву у критичних зонах, система запобігає утворенню відкладень, обмерзанню або закупорюванню трубопроводу, що у звичайних умовах потребувало б частого очищення, зупинки потоку або навіть аварійного втручання. Таким чином, знижується не лише ризик виникнення аварійних ситуацій, але й потреба в регулярному технічному обслуговуванні, що суттєво зменшує операційні витрати експлуатуючих підприємств та подовжує міжремонтні інтервали.

Таким чином, корисна модель є особливо корисною і доцільною для використання в умовах, де експлуатація трубопровідних мереж потребує високого рівня захисту від негативного впливу температурного чинника та є надзвичайно актуальною у контексті експлуатації трубопроводів у складних кліматичних або техногенних умовах, легко інтегрується в існуючі трубопровідні системи та здатна істотно підвищити їх надійність і довговічність у складних температурних умовах експлуатації.

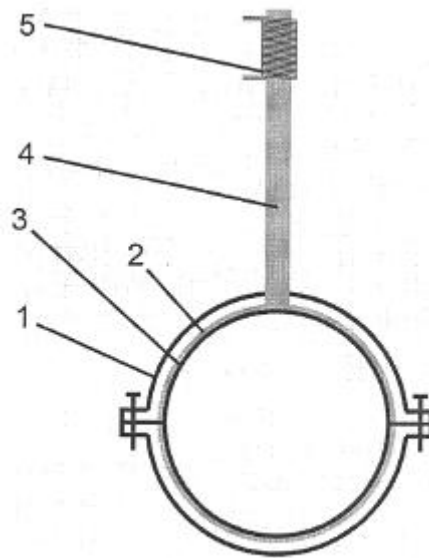


Fig. 1

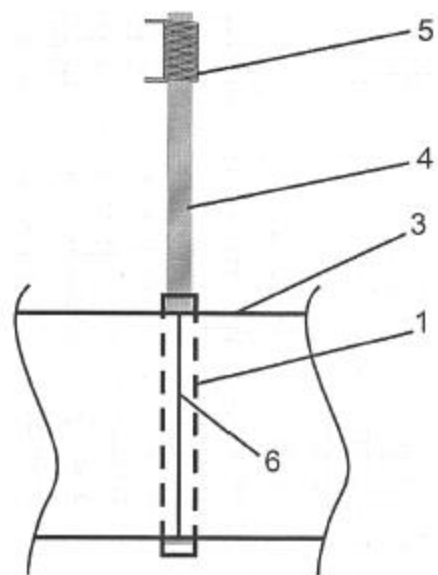


Fig. 2