

- тільки в зоні низьких градієнтів швидкості зсуву за температури 5 °С методом поступового «розкачування» трубопроводу протягом 10 год можна досягнути значення напруження зсуву, яке дозволить надати високов'язкій нафті текучості, хоча і без суттєвого збільшення продуктивності перекачування.

Отримані результати вказали на шляхи подальших досліджень тиксотропних властивостей високов'язкої долинської нафти, а саме:

- дослідити поведінку долинської нафти в широкому діапазоні температур (від 0 °С до 60 °С);
- дослідити процес релаксації парафінистої нафти в зоні низьких градієнтів швидкості зсуву;
- встановити максимальний час зупинки перекачування нафтопроводом Долина – Дрогобич без витіснення долинської нафти малов'язкою російською в діапазоні температур від 10 °С до 60 °С;
- визначити тривалість прикладання допустимого навантаження під час пускових режимів роботи НПС Долина в процесі «розкачування» долинської нафти в діапазоні робочих температур.

Список використаних джерел

1. Овчинников П.Ф. Реология тиксотропных систем / П.Ф. Овчинников, Н.Н. Круглицкий, Н.В. Михайлов // – Киев: Наукова думка, 1972. – 120 с.
2. Пилипів Л.Д. Дослідження впливу термообробки високов'язкої долинської нафти на її реологічні та транспортабельні властивості / Л.Д. Пилипів // Нафтогазова галузь України. – 2015. – №1 (13). – С. 18-20.
3. Modeling the rheological behavior of waxy crude oils as a function of flow and temperature history / Mendes R., Vinay G., Ovarlez G., Coussot Ph. // Journal of the Society of Rheology, Japan, Society of Rheology. – 2015. – №59 (3). – pp.703-732.
4. Reversible and irreversible destructuring flow in waxy oils: An MRI study / Mendes R., Vinay G., Ovarlez G., Coussot Ph. // Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics. – June 2015. – pp.77-86.

УДК 621.64.029

ВПЛИВ ЗАВАНТАЖЕННЯ ГАЗОПРОВОДУ НА НЕСТАЦІОНАРНІСТЬ ТЕЧІЇ ГАЗУ

В. Б. Михалків, В. С. Скорик

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, mikhalkivv@gmail.com

На даний час недовантаження газотранспортної системи України становить 42,4 % і продовжує збільшуватись. В процесі падіння продуктивності газопроводу суттєво змінюються режими його роботи: змінюється тиск і температура газу, проходить перерозподіл потоків газу в системі газопроводів, змінюється кількість працюючих газоперекачувальних агрегатів та компресорних станцій. Ці зміни викликають не стаціонарність в роботі газотранспортної системи. Отже виникає необхідність дослідження режимів роботи газотранспортної системи в період недовантаження. В якості об'єкта досліджень вибрано західну ділянку газотранспортної системи України, через яку проходить більше половини газу, призначеного на експорт.

Газотранспортна система (ГТС) України – одна з найбільших у світі газотранспортних систем. Вона виконує дві основні функції: забезпечення природним газом внутрішніх споживачів, а також транзит природного газу через територію України у країни Західної та Центральної Європи. Газотранспортна система України має протяжність більше 36 тис. км. В неї входять газопроводи діаметром до 1400 мм, міжниткові перемички, компресорні станції з різним типом приводу, запірні арматура та ін.. Протяжність газопроводів діаметром більше 1020 мм становить 14 тис. км. Пропускна здатність газотранспортної системи на вході 288 млрд. м³ на рік, а на виході 178,5 млрд. м³ на рік, в тому числі у країни Європи 142,5 млрд. м³ на рік. Проте якщо в 2011 р. транзит газу територією України становив 104,2 млрд. м³, що було нижче запланованого, то за 2013 р. до країн Європи він склав лише 83,7 млрд. м³ або 58,7 %.. Тенденція зменшення транзиту газу територією України продовжилася і у 2014 р., об'єм транзиту газу зменшився ще на 27,8 % до 62,2 млрд. м³ на рік, що становить 42,4 % від максимального завантаження. За квітень 2015 р. транзит газу склав 5,2

млрд. м³. Отже можна зробити висновок, що газотранспортна система України працює зі значним недовантаженням [1].

При аналізі та плануванні функціонування ГТС виникає завдання розрахунку режиму. Якщо газопровід представити у вигляді послідовності лінійних ділянок (ЛД) і компресорних станцій (КС), то завдання зводиться до послідовного розрахунку режимів цих технологічних об'єктів. Необхідність багаторазового розрахунку ЛД і КС виникає також при вирішенні завдань оптимізації транспорту газу [2, 3]. Таким чином газодинамічний розрахунок ЛД і КС є базовим практично для всіх видів режимно-технологічних розрахунків, необхідність в яких виникає при аналізі та плануванні режимів і розвитку ГТС. Вдосконалення методів розрахунку цих технологічних об'єктів дозволить підвищити ефективність вирішення широкого кола завдань управління ГТС. Гідравлічний розрахунок інженерної мережі вимагає рішення системи нелінійних рівнянь великої розмірності, а необхідність теплового розрахунку призводить до організації зовнішньої ітераційної процедури ув'язки температур, у зв'язку з чим весь розрахунковий цикл вимагає значних витрат машинного часу, тому такий підхід може бути рекомендований лише для мереж вельми складної структури. Однак на практиці, як правило, реалізується обмежений набір типів конфігурацій, що призвело до виникнення низки специфічних методів розрахунку ЛД. Метод "еквівалентування", наприклад, передбачає подання ЛД у вигляді послідовності елементарних ділянок (ЕД), кожна з яких має кілька паралельних простих газопроводів, причому відбори (притоки) газу зосереджені на кордонах ЕД. Кожна ЕД за певними правилами замінюється "еквівалентним" простим газопроводом, і розрахунок ЛД зводиться до послідовного їх розрахунку. Існують загальні моделі розрахунку мереж з активними елементами, які можуть бути використані і для розрахунку КС. Так як використання загальних "мережових" методів для розрахунку КС призводить до великих витрат машинного часу, ці методи не набули широкого поширення. Також існують алгоритми засновані на ітераційній процедурі ув'язки, але сходимість цих методів досить низька. Подальші дослідження в напрямку створення ефективних методів розрахунку ГТС привели до створення універсальної методики, що отримала найменування «автоматизованої імітаційної моделі» [2]. Проте всі методи засновані на розв'язку громіздких систем диференціальних рівнянь і не враховують завантаження газопроводу і перебіг газодинамічних процесів.

Для проведення досліджень вибрана західна частина газотранспортної системи, яка цілком відповідає конфігурації загальної системи. Загальна проектна продуктивність обраної ділянки ГТС становить 111 млрд. м³ на рік [4]. Схема ділянки подана на рисунку 1.

На ділянці можливе вимірювання технологічних параметрів на вході і виході кожної КС, а також параметри на вході і виході. Для вимірювання використовувались штатні прилади газотранспортних підприємств. Основними параметрами, що вимірювались, прийнято тиск та витрату газу.

Компримування газу на компресорних станціях здійснюється відцентровими нагнітачами з приводом від газових турбін та електродвигунів. Необхідно зауважити, що електропривод має можливість регулювання обертів.

На даній ділянці проводились дослідження режимів роботи шляхом обробки даних диспетчерської служби за 2013...2015 р. р. усього було проаналізовано більше 450 режимів роботи. За характером протікання газотермодинамічних процесів в газопроводах їх можна поділити на стаціонарні, нестаціонарні і квазістаціонарні. Оскільки внаслідок турбулентності руху газу в потоці спостерігаються пульсації параметрів в часі, то з фізичної точки зору чисто стаціонарні процеси в газопроводах неможливі, мова може йти лише про квазістаціонарні процеси, математичний опис яких з певним ступенем вірогідності може бути здійснений на основі моделей стаціонарного руху газу.

Найбільш складно моделювати неізотермічні неусталені режими течії газу по трубопроводу.

Для опису функціонування складної газотранспортної системи передбачається використання агрегативного підходу до теорії складних систем [5]. Тому для кожного елемента мережі граничні умови при $x=0$ і $x=L$ слід задавати у вигляді рівнянь тиску та температури газу.

Нестаціонарні процеси в газопроводі при використанні ізотермічної і неізотермічної моделі перекачування порівнювались між собою за критерієм нестаціонарності режиму руху [1].

Для розрахунку неусталеного неізотермічного режиму транспортування газу по трубопроводних системах необхідно спочатку визначити початкові розподіли температур, тиску, густини і масової витрати, у зв'язку з чим потрібно розв'язати відповідну стаціонарну задачу на основі середньоінтегральних значень вказаних величин. Нестаціонарний процес перекачування газу по

трубопроводу описується системою диференціальних рівнянь руху, нерозривності та енергії. Крім того, для стінки трубопроводу та ґрунту використовувались двомірні рівняння теплопровідності.

Вивчення перехідних процесів у газопроводах проводили шляхом аналізу чисельних розв'язків математичної моделі газодинамічних процесів. Розрахунки проводили при різних значеннях параметрів перекачування. Нестационарні процеси в газопроводі при різних об'ємах перекачування зіставлені між собою за критерієм нестационарності режиму руху [4].

Аналіз результатів показав, що граничну межу, при якій у модель процесу необхідно проводити розрахунок з врахуванням нестационарності, можна задати критерієм нестационарності $N_{гр} = 3,5$ [2]. Якщо для заданого процесу $N \leq N_{гр}$, то нестационарність процесу може не враховуватись.

Для досліджень вибиралися дані з експлуатації системи газопроводів на протязі 1986...2015 р.р., при зміні ступеня завантаження системи газопроводів від 1,08 у 1988 р. до 0,1 січні у 2008 р. коли транзит газу територією України припинявся повністю. В результаті досліджень встановлено взаємозв'язок між коефіцієнтом завантаження і нестационарністю газодинамічного процесу.

Для наглядності введено поняття відносного коефіцієнта нестационарності $N_v = N/N_{гр}$. Тоді відносний граничний коефіцієнт нестационарності рівний 1. В нашому випадку граничному коефіцієнту нестационарності відповідає завантаження 0,524. Отже при завантаженні газопроводу менше 0,524 нестационарність течії газу можна не враховувати, що значно спрощує розрахунки режимів роботи.

Список літератури

- 1 Інтернет-ресурс. <http://mpe.kmu.gov.ua/>
- 2 Режим газотранспортних систем / Є.І.Яковлев, О.С.Казак, В.Б.Михалків, Д.Ф.Тимків, В.Я.Грудз. - Львів: Світ, 1992. - 170 с.
- 3 Трубопровідний транспорт газу/М.П.Ковало, В.Я.Грудз, В.Б.Михалків та ін. - Київ:- АренаЕКО, - 2002. - 600 с.
- 4 Інтернет ресурс: http://uk.wikipedia.org/wiki/Газотранспортна_система_України
- 5 Растрюгин Л.А. Введение в идентификацию объектов управления / Л.А.Растрюгин, Н.Е.Маджаров. - М.: Энергия, 1977. - 216 с.: ил.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ГАЗОРІДИННИХ СУМІШЕЙ ПРИ ЗАБРУДНЕННІ ТРУБОПРОВОДУ

Горін П. В.

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, informatik@nung.edu.ua

Вибір оптимального способу очистки систем збору і транспортування нафтогазопромислової продукції є актуальним як на стадії проектування так і на стадії експлуатації цих систем для родовищ. Це пов'язано із металоємністю конструкції і відповідними капіталовкладеннями. Аналіз зібраних даних при експлуатації родовищ дає змогу виділити два основних типи способів відведення забруднень з порожнини нафтогазопроводів:

- постійної дії (пристрій, що встановлено на трубопроводі і який працює в квазістационарному режимі приймання і відведення забруднень, і за принципом дії і технологічним процесом подібний до експлуатації сепараторів на УКПН і УКПГ;

- періодичної дії (заходи і пристрої спрямовані на періодичне видалення забруднень з порожнини трубопроводів по мірі їх накопичення).

Відповідно до технології збір нафтогазопромислової продукції свердловин здійснюється промисловими трубопроводами, до складу яких на нафтогазових і газоконденсатних родовищах входять шлейфи свердловин, призначені для транспортування нафти, газу і газового конденсату від свердловин родовищ до установок збору і підготовки нафти і газу. Розрблені вимоги розповсюджуються на ці трубопроводи в частині виконання гідравлічних розрахунків. Згідно з ними гідравлічні розрахунки виконують для:

- газопроводів, що транспортують природний газ в однофазовому стані;