

УДК 622.691.4

Топоров В.Г., Шеїна З.В., Скрильник К.Ю., Сафта А.В.

### ІМОВІРНІСТЬ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ МАС РІДИНИ В ПОРОЖНИНІ ТРУБОПРОВОДУ

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Моніторинг гідравлічного стану потенційно-небезпечних ділянок після точок підключення газових промислів з метою запобігання аварійним відмовам обладнання внаслідок залпового викиду рідини з порожнини газопроводу та припинення подачі газу споживачам через утворення гідратних пробок слід проводити в такі періоди року:

- під час підготовки до зимового періоду експлуатації магістрального газопроводу, зростання обсягів подачі газу попутним споживачам;
- в зимово-весняний період експлуатації, як найбільш сприятливий для конденсації рідини з газового потоку під час його транспортування;
- під час будь-якої зміни режиму роботи газопроводу, викликаній підключенням нових родовищ, зміни робочого експлуатаційного тиску, перерозподілу потоків газу в системі газопроводів, аварійних відмов обладнання на промислах тощо.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Причиною таких жорстких термінів є погіршення якості газу, зумовлене недосконалою очисткою газу на промислах, незадовільною роботою сепараційного обладнання (механічне винесення рідини), конденсаціїм рідини з газового потоку під впливом сприятливих термодинамічних та швидкісних умов експлуатації газопроводу. Діючий ГОСТ 5542 [1] не регламентує ні вплив цих умов на формування мас рідини на ділянках газопроводу, ні якість газу на вході в газорозподільну станцію (ГРС). Перерозподіл мас рідини ділянками газопроводу внаслідок досягнення величини критичного об'єму забруднень на одній з них або зміни режиму експлуатації газопроводу призводять до залпових викидів рідини з порожнини газопроводу до технологічного обладнання ГРС, компресорної станції (КС), спонукають аварійні відмови обладнання, забруднення навколишнього середовища, припинення подачі газу споживачам [2].

**Формулювання цілі статті.** В практиці експлуатації газозбірної та газотранспортної систем з питань залпових викидів рідини щорічно зустрічаються як оперативні, так і диспетчерські служби. За мету цієї розробки ставиться виявлення ознак майбутнього залпового викиду рідини, можливість запобігання утворенню цього явища.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** Функція критичного куту  $\varphi_{кр}$  (рад.), що відповідає умові залпового викиду рідини з коліна газопроводу

$$\Phi_1(\varphi_{кр}) = \frac{2\beta \cdot \frac{2\pi^2 \omega^2 \gamma_z}{Dg}}{\Delta\gamma \cdot \cos \alpha} = \frac{4\pi^2 \beta \omega^2 P}{zRTDg \cos \alpha \left( \gamma_p - \frac{P}{zRT} \right)}, \quad (1)$$

де  $\beta = 1,045-1,1$  – коефіцієнт Кориоліса;  $\omega$  – лінійна швидкість газу, м/с;  $P$  – середній тиск газу на ділянці газопроводу, Па;  $z$  – коефіцієнт стисливості газу;  $R$  – постійна газова стала, Дж/кг К;  $T$  – середня температура газового потоку на ділянці газопроводу, К;  $D$  – внутрішній діаметр газопроводу, м;  $g$  – прискорення вільного падіння, м/с;  $\alpha$  – кут нахилу ділянки газопроводу до горизонтальної поверхні, рад;  $\gamma_p$  – питома вага рідини, кг/м<sup>3</sup>;  $\gamma_z$  – питома вага газу, кг/м<sup>3</sup>;  $\Delta\gamma = \gamma_p - \gamma_z$ , кг/м<sup>3</sup>.

Та сама функція, виходячи із геометрії трубопроводу, має ступеневу залежність від величини центрального кута до дзеркала рідини (рис. 1)

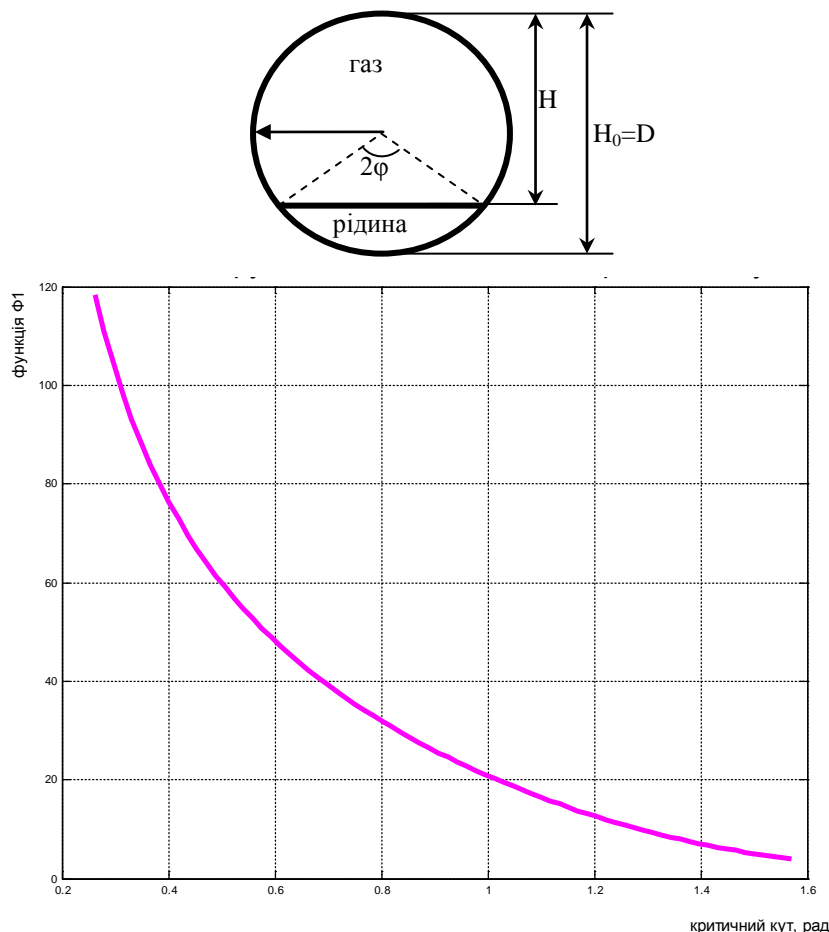


Рисунок 1 – Залежність функціональної умови  $\Phi_1(\varphi_{кр})$

Функціональну умову  $\Phi_1(\varphi_{кр})$  розраховують за формулою (1) для кожного конкретного газопроводу із такими умовами експлуатації:

- швидкісний режим роботи газопроводу від 1,0 до 15,0 м/с;
- рельєф траси прокладання газопроводу (від рівнинного газопроводу (кут нахилу ділянки –  $0^0$ ) до газопроводу, прокладеного в складних гірських умовах (кут нахилу ділянки до  $60^0$ );
- діаметральний ряд (DN100–DN1400);
- режим роботи газопроводів відповідає реальним режимам експлуатації промислових газопроводів України і, що транспортують газ власного видобутку (від 1,0 МПа до 6,0 МПа);
- якісний склад забруднень в порожнині газопроводу (вода  $\gamma_p = 998$  кг/м<sup>3</sup>, нафта  $\gamma_p = 820$  кг/м<sup>3</sup>, конденсат  $\gamma_p = 740$  кг/м<sup>3</sup>).

Критичний об'єм забруднень  $V_{кр.}$  ( $\text{м}^3$ ), що відповідає умові залпового викиду рідини з коліна газопроводу, на досліджуваній ділянці визначається за формулою:

$$V_{кр} = \frac{D^2}{4} (2\varphi - \sin 2\varphi) L. \quad (2)$$

В першу чергу, на можливість проходження залпового викиду рідини діє рельєф місцевості, адже відповідно до теорії А. Чарного, сконденсована рідина займає коліно трубопроводу (рис. 2).

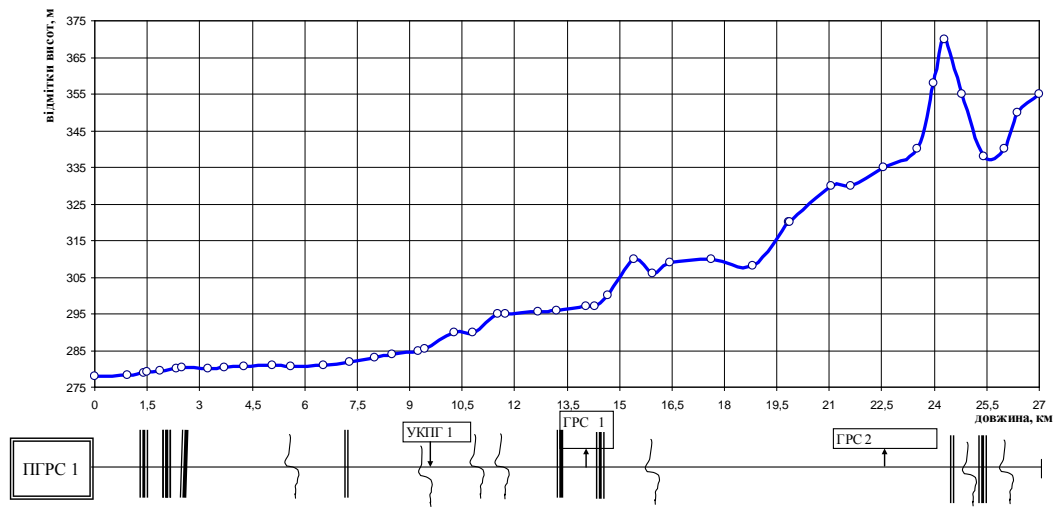


Рисунок 2 – Поздовжній план-профіль траси трубопроводу

Отже, слід звернути увагу, в першу чергу, на рельєфні трубопроводи із значною кількістю переходів через природні та штучні перешкоди, трубопроводи розміщені в горбистій чи гірській місцевостях. Крім того, слід зауважити, що залежно від діаметрального ряду, аналізуючи формули (1) і (2), залповий викид може статись швидше для труб малого діаметру, але з меншим обсягом, або ставатись дуже рідко, але із великою потужністю для труб великого діаметру.

Зміна швидкісного режиму експлуатації можлива лише за двох умов:

- зменшення величини робочого тиску і відповідного збільшення складової втрат на тертя;
- збільшення продуктивності трубопроводу (тобто його завантаження), що при-таманно зимовому періоду року, як наслідок природного збільшення споживання газу для обігріву помешкань (рис. 3).

Таким чином, основним періодом моніторингу мають стати осінньо-зимові місяці експлуатації газопроводів, які супроводжуються різкими перепадами у відборах газу споживачами.

Зміна газоводоконденсатної системи під час розробки родовища є процесом довготривалим, а отже, раптово спровокувати залповий викид рідини не може. Виключеннями можуть стати:

- зміна джерела подачі газу в газотранспортну систему, наприклад заміна подачі газу з установки комплексної підготовки газу на подачу газу з підземного сховища газу через систему комунікацій промислової газорозподільної станції;

– аварійний винос більш важкої рідини з сепараційного обладнання, порівняно з тією, що є вже сконденсованою в трубопроводі.

Основною причиною є зміна робочого тиску під час експлуатації трубопроводу, до якої можуть призвести:

- будь-які роботи з очистки порожнини ділянок трубопроводу;
- збільшення робочого тиску внаслідок проведення будь-яких ремонтних робіт;
- роботи з продувки ділянок трубопроводу;
- зменшення величини робочого тиску на вході в кінцевий пункт внаслідок забруднення, появи гідратів, зменшення акумулятивної здатності труби внаслідок потужного відбору.

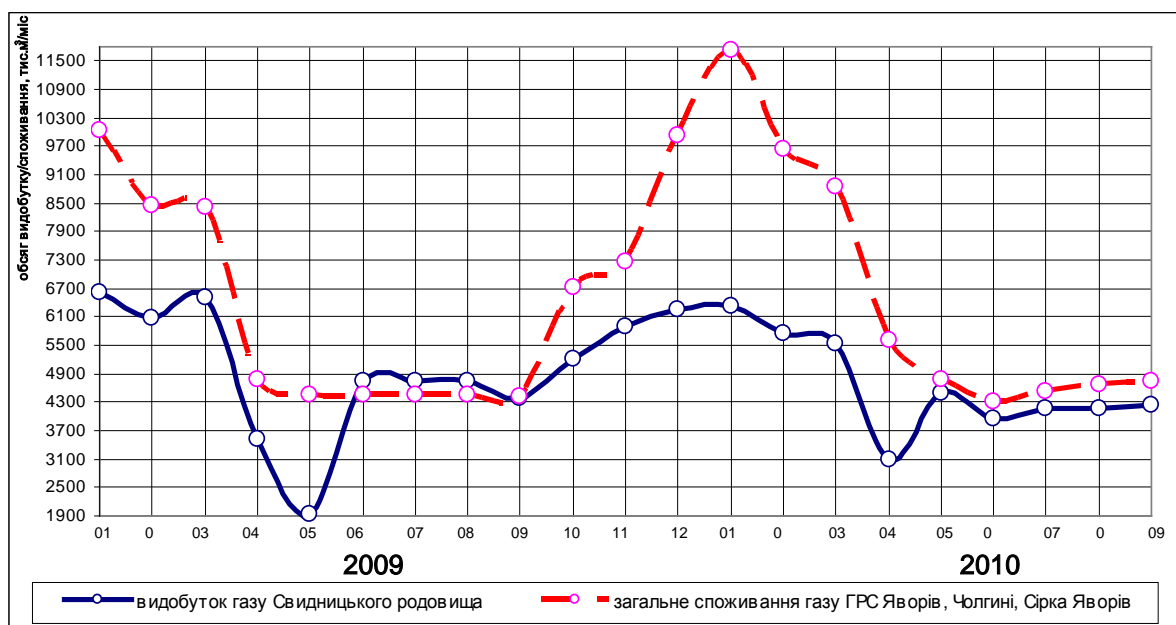


Рисунок 3 – Зміна видобутку газу родовища і споживання газу в регіоні видобутку

Останній з чинників представлено в таблиці даних про режим роботи потенційно-небезпечної ділянки трубопроводу (табл.1), на якій стався залповий викид рідини.

Таблиця 1 – Зміна режиму експлуатації ділянки трубопроводу

Дата	Абсолютний початковий тиск, кгс/см <sup>2</sup>	Абсолютний кінцевий тиск, кгс/см <sup>2</sup>	Перепад тиску на ділянці г/п, кгс/см <sup>2</sup>	Надлишкові втрати тиску на ділянці г/п, кгс/см <sup>2</sup>	Лінійна швидкість газу на ділянці г/п, м/с	Розрахунковий об'єм рідинних забруднень, м <sup>3</sup>	Критичний об'єм рідинних забруднень, м <sup>3</sup>	Гідрати
16.01.2013	12,5	12,0	0,5	0,48	0,5	11,9	15,8	вик.
01.02.2013	12,5	12,0	0,5	0,49	0,5	11,86	18,17	вик.
05.03.2013	12,5	12,0	0,5	0,49	0,49	11,86	18,11	вик.
01.04.2013	11,9	11,5	0,4	0,39	0,47	12,63	19,68	вик.
10.10.2013	11,1	9,5	1,6	1,6	0,27	13,3	20,4	не вик.
03.11.2013	11,9	10,5	1,4	1,4	0,2	13,46	22,47	не вик.
12.12.2013	11,9	6,5	5,4	5,38	0,8	14,09	14,5	вик.

Як видно з таблиці, падіння робочого тиску, викликане значним відбором природного газу в зимовий місяць, падінням робочого тиску та утворенням гідратів при низькій температурі, значно знижує межу критичної величини рідини в порожнині трубопроводу та підвищує імовірність виникнення залпового викиду до обладнання ГРС.

**Висновки.** Підсумовуючи вищесказане, зазначимо:

1. На формування певного критичного об'єму рідини в порожнині газопроводу, при досягненні величини якого відбувається перерозподіл мас рідини із залповим надходженням останньої до обладнання ГРС, КС тощо, значно впливає рельєф місцевості і технічна характеристика труб. Причому, в гірській, горбистій, а також місцевості із значною кількістю природних перешкод (яри, балки, урочища та річки) рідина формуватиме локальні зони значно активніше, причому імовірність її залпового викиду значно вища, а потужність значно менша для трубопроводів малого діаметру та навпаки для трубопроводів великого діаметру.

2. Кількість обходів операторів та лінійних обхідників траси трубопроводу, а також частота опитування приладів вимірювання має бути збільшена в періоди:

- проведення будь-яких ремонтних робіт;
- виконання будь-яких робіт з очистки попередніх або наступних за рухом газу ділянок трубопроводів чи під час їх продування;
- різкого зменшення температури навколишнього середовища із відповідним збільшенням обсягів відбору газу.

3. Будь-яка аномальна зміна робочого тиску в будь-якій точці трубопроводу може свідчити про активізацію процесу перерозподілу мас рідини або утворення гідратів, що вимагає нагального впровадження заходів щодо попередження цих явищ (зміна режиму роботи за робочим тиском, продування дренажних трубок трасою трубопроводу тощо).

#### Література

1. ГОСТ 5542-87 Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия.
2. Братах М.І. Математична модель залпового викиду рідини з порожнини газопроводу / М.І. Братах, В.Г. Топоров, І.М. Рuzина, А.В. Соболева // XVIII (ежегодная) международная научно-техническая конференция "Экологическая и техногенная безопасность, охрана водного и воздушного бассейнов, утилизация отходов".– Бердянск: Сб. научн. трудов, 2010.– С. 444–452.

#### Bibliography (transliterated)

1. GOST 5542-87 Gazyi goryuchie prirodnyie dlya promyishlennogo i kommunalno-byitovogo naznacheniya. Tehnicheskie usloviya.
2. Bratah M.I. Matematichna model zalpovogo vikidu ridini z porozhnini gazoprovodu M.I. Bratah, V.G. Toporov, I.M. Ruzina, A.V. Soboleva HVIII (ezhegodnaya) mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya "Ekologicheskaya i tehnogennaya

bezopasnost, ohrana vodnogo i vozdušnogo basseynov, utilizatsiya othodov".– Berdyansk: Sb. nauchn. trudov, 2010.– P. 444–452.

УДК 622.691.4

Топоров В.Г., Шеина З.В., Скрыльник К.Ю., Сафта А.В.

**ВЕРОЯТНОСТЬ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАСС ЖИДКОСТИ  
В ПОЛОСТИ ТРУБОПРОВОДА**

На основе анализа теории И.А. Чарного и формулы зависимости критического объема загрязнения полости трубопровода от технических и технологических параметров представлены факторы, которые увеличивают вероятность протекания процесса залпового перераспределения жидкости между участками рельефного трубопровода.

Toporov V.G., Sheina Z.V., Skrylnyk K.Y., Safta A.V.

**THE PROBABILITY OF THE PROCESS FLUID REALLOCATION BETWEEN THE  
SECTIONS OF PIPELINE**

Based on the analysis of the theory of I.A. Charny and the critical volume of pollution in pipeline formulas depending on technical and technological parameters the article shows the factors that increase the probability of the process fluid reallocation between the sections of the relief pipeline.