

Трубопровідний транспорт, нафтогазосховища

УДК 621.438:622

DOI: 10.31471/2304-7399-2019-1(53)-104-115

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ РЕМОНТНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПІДРОЗДІЛІВ У СИСТЕМІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДІВ

В. Я. Грудз¹, Я. В. Грудз¹, В. М. Боднар², М. С. Чернецький³

¹Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу;

76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15;

тел. (0342) 727138; e-mail: public@nung.edu.ua;

²БМФ Укргазпромбуд; e-mail: bodmar-vm@utg.ua;

³ПВІ ЗІТ Нафтогазбудізоляція; e-mail: michael.chernetsky@mail.com

Проведено класифікацію відмов і пошкоджень лінійної частини і її окремих елементів, сформульовано варіанти технології проведення профілактичних і ремонтно-відновлювальних робіт та модульно-технологічну структуру ремонтно-експлуатаційних підрозділів. Особливу увагу звернено на підвищення ефективності функціонування окремого ремонтно-експлуатаційного підрозділу у ході технічного обслуговування і ремонту при відомій схемі розміщення і визначеному режиму контрольної-відбудовних робіт за рахунок вибору оптимальної технології робіт і раціональної комплектації підрозділів і бригад, що виїжджають на трасу. На основі аналізу технології виконання робіт показано, що лише невелика частина ремонтно-експлуатаційних заходів вимагає використання могутньої техніки й устаткування, до яких відносяться роботи першого рівня пріоритету по заміні ділянок газопроводу, роботи з ліквідації ушкоджень, роботи з ліквідації істотних переміщень газопроводу, роботи з відновлення ґрунтового обвалування магістрального газопроводу.

Крім того, кожний з видів робіт на об'єктах лінійної частини вимагає використання однотипних транспортних засобів. Тип і кількість транспортних засобів залежать від особливих умов експлуатації, а також від можливості і доцільності придбання й експлуатації того чи іншого виду техніки.

Розроблено методику оцінки показників ремонтпридатності лінійної частини магістральних газопроводів і ефективності функціонування ремонтно-експлуатаційних підрозділів у ході технічного обслуговування і ремонту.

Ключові слова: *ремонтно-відновлювальні роботи, технічне обслуговування, ремонтно-експлуатаційний підрозділ, ефективність.*

Удосконалювання організації функціонування ремонтно-експлуатаційних підрозділів у системі технічного обслуговування і ремонту лінійної частини магістрального газопроводу є актуальною задачею підвищення ефективності технічного обслуговування, розв'язання якої дозволяє скоротити фінансові, матеріальні, трудові і тимчасові витрати.

Принцип системності розгляду задач з удосконалення обслуговування і ремонту лінійної частини магістрального газопроводу вимагає дослідження процесу функціонування окремого ремонтно-експлуатаційного підрозділу в рамках сформованих вище структурних схем. Комплексний підхід зумовлений також необхідністю оцінки показників ремонтпридатності лінійної частини магістрального газопроводу і ефективності функціонування ремонтно-експлуатаційного підрозділу, використовуваних у якості вихідних даних у представлених вище моделях технічного обслуговування і ремонту.

Лінійна частина магістрального газопроводу – складна лінійно-протяжна технічна система, що складається з великого числа елементів, об'єктів і підсистем, що потребують проведення контрольно-профілактичних і ремонтно-відновлювальних заходів.

Умовно розіб'ємо лінійну частину магістрального газопроводу на наступні системи:

- лінійно-протяжні об'єкти обслуговування;
- елементи (зосереджені об'єкти) лінійної частини;
- технологічно незалежні лінійно-протяжні об'єкти обслуговування;
- технологічно незалежні елементи обслуговування.

До лінійно-протяжних об'єктів віднесемо ділянки власне лінійної частини. Технологічно незалежні лінійно-протяжні об'єкти містять у собі земляний покрив траси газопроводу, проїзди і дороги вздовж траси, ЛЕП, лінії зв'язку й автоматичного керування лінійними кранами. До елементів (зосереджених об'єктів) лінійної частини відносяться запірна арматура; повітряні переходи через струмки і яри, місця перетину із залізними чи шосейними дорогами, конденсатозбірники, продувні свічки, вузли прийому-запуску очисних пристроїв, компенсатори, установки ЕХЗ, підвідні переходи. Технологічно незалежними елементами обслуговування будемо вважати аварійні запаси труб, додаткові спорудження (площадки збереження, огорожі, кілометрові стовпчики, покажчики та ін.).

Аналізуючи структурне дерево об'єктів і підсистем лінійної частини магістрального газопроводу легко зрозуміти, що працездатність лінійної частини визначається станом елементів, що безпосередньо беруть участь у технологічному процесі перекачування газу (власне труба, кранове господарство, відводи, переходи та ін.), що забезпечує визначений рівень пріоритету зазначених об'єктів у потоці вимог на обслуговування [1, 2].

Існує велика кількість причин і видів відмов на об'єктах лінійної частини. Для того, щоб систематизувати їх, скористаємося методами аналізу дерев відмовлення [3, 4, 5].

У розглянутій задачі при побудові дерева відмов обмежимося лише видами і причинами аварій, що визначають специфіку і технологічні особливості проведення ремонтно-відновлювальних робіт. Верховою подією в представленому дереві відмовлень лінійної частини є порушення працездатності ділянки газопроводу, що виявляється миттєво і самостійно.

Особливістю дерева відмовлень є те, що його "крона" звужується, тобто різноманіття причин відмовлень різних об'єктів зводиться до набору характерних видів аварій на лінійній частині, загальних для всіх елементів системи, і далі до декількох найбільш розповсюджених заходів для їхнього відновлення.

Отже, види відмов (аварій) на об'єктах лінійної частини магістрального газопроводу зводяться до наступного технологічного комплексу ремонтних робіт [6, 7]:

- заміна ділянки газопроводу (при ушкодженні ділянок значної довжини);
- заміна окремих елементів лінійної частини (трійників, відводів та ін.);
- врізання котушок (при заміні ушкоджених ділянок незначної довжини);
- врізання запірних вузлів (кранів).

Подібний поділ представлених наборів робіт з відновлення об'єктів лінійної частини зумовлено визначеними розбіжностями в технології, послідовності і складі виробничих операцій відповідно до діючих нормативних документів і реальної практики технічного обслуговування і ремонту на газопроводах. Перераховані комплекси робіт віднесемо до першого рівня пріоритету в потоці заявок на відновлення працездатності системи. Іншими словами, поява кожного з вищевказаних відмовлень на лінійній частині вимагає негайного його усунення незалежно від наявності заявок на технічне обслуговування і ремонт більш низького рівня пріоритету (будемо називати ці роботи аварійно-відбудовними – АВР).

На відміну від відмов, що виявляються самостійно і миттєво, ушкодження і несправності лінійної частини виявляються тільки в результаті спеціальних перевірок. Крім ушкоджень, пов'язаних з пору-

шенням герметичності газопроводу (витоків, свищів), необхідно враховувати несправності (руйнування) об'єктів, що представляють загрозу нормальному функціонуванню системи і потребують також негайних заходів для їх усунення [4, 6, 8].

Такий підхід дозволяє визначити границі другого рівня пріоритету в потоці заявок на ремонтно-відновлювальні роботи на лінійній частині [7, 9]. До другого рівня пріоритету віднесемо:

- несправності на елементах (об'єктах), що безпосередньо впливають на працездатність усієї системи (свищі і витoki на трубі, лінійній арматурі та інших об'єктах);

- відмовлення об'єктів і систем, технологічно не зв'язаних з лінійною частиною, але виробничі функції яких впливають на працездатність системи (відмови системи автоматичного керування лінійними кранами, обривши лінії зв'язку, ЛЕП та ін.);

- граничні (передаварійні) стани об'єктів систем, здатні привести до серйозних відмовлень (ушкодження опор повітряних переходів, спливання труби на болотах, розмив відкосів і оголення труби, випущення труби в ході експлуатації).

Перераховані вище роботи будемо називати ремонтно-відновлювальними (РВР) і віднесемо їх до другого рівня пріоритету. Умовно розділимо роботи з експлуатаційного обслуговування на два рівні пріоритету: третій рівень – профілактичні роботи та поточне обслуговування (ПР); четвертий рівень – контрольні перевірки (КП).

Результати проведеного дослідження системи ремонтно-експлуатаційного обслуговування лінійної частини магістрального газопроводу дозволяють сформулювати ієрархічну об'єктно-технологічну структуру і створити перелік технологічних наборів робіт з технічного обслуговування і ремонту з розбивкою по рівнях пріоритету (АВР, РВР, ПР, КП) і об'єктах, що потребують проведення тих чи інших заходів.

Кожний з наборів робіт являє собою сукупність елементарних технологічних операцій. Кожна операція має свої кількісні і якісні характеристики (тривалість, вартість, витрати за матеріалами, необхідна техніка і механізми і т.д.):

$$R_{jv}^{KN} = \sum_{i=1}^I r_{ijv}^{KN}, \quad i = \overline{1, I}, \quad (1)$$

де r_{ijv}^{KN} – i -а операція в складі j -ого набору робіт N -ого рівня пріоритету, здійснюваного на v -ому об'єкті k -тим ремонтно-експлуатаційним підрозділом.

Реальна оснащеність виробничих підрозділів у системі технічного обслуговування і ремонту не відповідає вимогам діючих нормативів. Аналогічна ситуація складається в галузі у питаннях комплектації ремонтно-експлуатаційних підрозділів обслуговуючим персоналом. Тому задачі підвищення ефективності використання наявних у розпоряджен-

ні технічних засобів (включаючи транспортні) при проведенні відновлювальних заходів на основі наукової організації технічного обслуговування і ремонту та оптимального керування технічними ресурсами отримують у даний момент усе більш важливе значення. Пропонується наступна модульно-технологічна модель ремонтно-експлуатаційних підрозділів у системі технічного обслуговування і ремонту лінійної частини магістрального газопроводу.

Опираючись на приведену вище класифікацію ремонтно-експлуатаційних заходів на об'єктах лінійної частини, загальний обсяг робіт на магістральному газопроводі ($v = \overline{1, V}$) можна оцінити так:

$$R_{jv}^{KN} = \sum_{i=1}^I r_{ijv}^{KN}, \quad i = \overline{1, I}, \quad (2)$$

де $N = 1, 2, 3, 4$ – рівні пріоритету робіт; v – найменування об'єкта лінійної частини; j – найменування технологічного набору робіт даного рівня пріоритету.

Для виконання цього обсягу робіт необхідно залучити визначені потужності (набір машин і механізмів та обслуговуючий персонал). Сукупність технічних засобів і людських ресурсів прийнято називати модулем.

Сукупність машин, механізмів і персоналу кожного ремонтно-експлуатаційного підрозділу, необхідних для виконання загального обсягу (комплексу) робіт на лінійній частині будемо вважати комплексним модулем M_V^K . Для виконання j -го технологічного набору робіт N -го пріоритету з ремонту і відновлення v -го об'єкта лінійної частини потрібно задіяти M_{jv}^{KN} технологічний модуль ($M_{jv}^{KN} \in M_V^K$). Склад технологічного модуля визначається насамперед технологією виконуваних робіт, а також особливими умовами, наявністю того чи іншого типу техніки, тимчасовими обмеженнями та іншими факторами.

Аналіз технології виконання робіт показує, що лише невелика частина ремонтно-експлуатаційних заходів вимагає використання могутньої техніки і устаткування. До них відносяться:

- усі роботи першого рівня пріоритету (аварійно-відбудовні роботи) по заміні ділянок газопроводу, врізанню котушок, трійників, лінійних кранів та інших елементів;
- роботи з ліквідації мікросвищів і ушкоджень;
- роботи з ліквідації істотних переміщень газопроводу;
- роботи з відновлення ґрунтового обвалування магістрального газопроводу і ліквідації розмивів та зсувів на об'єктах лінійної частини.

Крім того, кожний з видів (наборів) робіт на об'єктах лінійної частини (включаючи профілактику і контрольні перевірки) вимагає використання визначених, як правило однотипних, транспортних засобів. Тип і кількість транспортних засобів залежать від особливих умов ек-

плататції (природно-кліматичні умови, наявність доріг, характеристики інфраструктури та ін.), а також від можливості і доцільності придбання та експлуатації того чи іншого виду техніки.

Нехай кожен технологічний модуль M_{jv}^{KN} складається з набору так званих операційних модулів m_{ijv}^{KN} , що представляють собою елементарні набори техніки і персоналу для виконання окремих технологічних операцій r_{ijv}^{KN} .

Технологічні модулі відрізняються за призначенням й об'єктами застосування, за числом операційних модулів, що входять до їхнього складу, за оснащенням технікою, кількістю і кваліфікацією обслуговуючого персоналу:

$$M_{jv}^{KN} = \sum_{i=1}^I m_{ijv}^{KN}, \quad i = \overline{1, I}. \quad (3)$$

Така модульно-технологічна структура дозволяє вирішувати задачі з оцінки ефективності функціонування окремого ремонтно-експлуатаційного підрозділу у ході технічного обслуговування і ремонту та вибору оптимальної технології робіт і комплектації підрозділів.

Розроблені математичні моделі структурної схеми розміщення РЕП у регіоні обслуговування і планування контрольно-відновлювальних заходів у системі технічного обслуговування і ремонту вимагають визначення показників ремонтпридатності лінійної частини магістрального газопроводу, що характеризують ефективність функціонування окремого експлуатаційного підрозділу.

Під ефективністю функціонування виробничих підрозділів у системі технічного обслуговування і ремонту розуміємо здатність виконувати необхідний комплекс робіт з найменшими витратами. Витрати на проведення робіт з технічного обслуговування і ремонту (включаючи витрати на матеріали, експлуатацію техніки, оплату персоналу, транспортні витрати та ін.) – цілком традиційний техніко-економічний показник. Разом з тим на процес ремонтно-відновлювального обслуговування лінійної частини накладаються дуже суворі обмеження за часом, через те, що зниження продуктивності (пропускної здатності) газопроводу чи його простій призводять до значних збитків, пов'язаних з недопоставкою газу споживачу. Тому облік і визначення тимчасових витрат при виконанні кожного окремого виду робіт з технічного обслуговування і ремонту має важливе значення при оптимальній організації функціонування ремонтно-експлуатаційного підрозділу.

Запропонована комп'ютерноорієнтована методика призначена для оперативного розрахунку загальних витрат на проведення заходів з технічного обслуговування і ремонту на лінійній частині магістрального газопроводу і їхньої сумарної тривалості. Використання методики дозволяє робити багаторазову оцінку техніко-економічних показників

ефективності функціонування ремонтно-експлуатаційного підрозділу, що зумовлює доцільність її застосування при вирішенні деяких організаційно-управлінських задач, які виникають у ході експлуатаційного обслуговування елементів та систем лінійної частини магістрального газопроводу.

Розроблений алгоритм розрахунку дає можливість оцінити:

- вартість виконання визначених комплексів робіт на різних об'єктах лінійної частини магістрального газопроводу;
- вартість експлуатації машин і механізмів при виконанні робіт на лінійній частині;
- вартість експлуатації транспортних засобів у процесі технічного обслуговування і ремонту;
- вартість втраченого (стравленого) газу при проведенні РВР;
- тривалість виконання ремонтно-відновлювальних робіт на об'єктах лінійної частини;
- час на збір і підготовку ремонтно-експлуатаційного підрозділу до виконання робіт;
- час на транспортування і перебазування ремонтно-експлуатаційного підрозділу в ході робіт.

Методику розроблено в рамках загальної моделі системи технічного обслуговування і ремонту лінійної частини магістрального газопроводу та комплексного підходу з підвищення її ефективності.

При розробці методики враховувалися наступні положення принципового характеру:

- відомі місце розташування пункту базування ремонтно-експлуатаційного підрозділу, довжина і технологічні характеристики ділянок у регіоні обслуговування, структура і характеристики доріг і проїздів;
- ремонтно-експлуатаційний підрозділ оснащено й укомплектовано визначеним набором машин і механізмів, а також обслуговуючим персоналом;
- визначена спеціалізація, виробничі задачі і режим функціонування ремонтно-експлуатаційного підрозділу у ході тих чи інших контрольно-відновлювальних заходів.

Необхідність створення подібної методики зумовлена трудомісткістю і неточністю існуючих методів розрахунку експлуатаційних витрат з використанням довідково-нормативної документації. Разом з тим, діючі норми та нормативи безумовно враховуються в даній розробці як складові частини бази даних.

В основу методики покладено результати розробки об'єктно-технологічної і модульної структури системи технічного обслуговування і ремонту. Велике число об'єктів (елементів) лінійної частини, різноманіття видів робіт технічного обслуговування і ремонту, випадковий характер процесу руйнування магістрального газопроводу, багато-

варіантність організаційно-технологічних рішень у ході експлуатації зумовлюють значний обсяг обчислень і розрахунків, що вимагає використання сучасних обчислювальних засобів для упорядкування вихідної і нормативної інформації, яка відображає найбільш стійкі властивості об'єктів обслуговування і процесів технічного обслуговування та ремонту, а також сформованої бази даних у виді набору інформаційних масивів.

У відповідності з розробленою об'єктно-технологічною модульною структурою технічного обслуговування і ремонту лінійної частини магістрального газопроводу будь-який обсяг робіт (R_V^K відбудовних, профілактичних, контрольно-регульованих) на різних об'єктах лінійної частини, виконуваних комплексним модулем M^K , можна розбити на елементарні операції r_{ijv}^{KN} , виконуваних m_{ijv}^{KN} операційним модулем (де i – номер операції).

Кожна з елементарних технологічних операцій характеризується відповідно до діючих нормативних документів визначеною тривалістю і трудомісткістю t_{ijv}^{KN} (люд/година), τ_{ijv}^{KN} (година).

Крім того, кожний операційний модуль характеризується визначеним набором машин і механізмів (чи відсутністю такого) і кадровим складом персоналу. Машина чи механізм у складі модуля характеризується нормою амортизаційних відрахувань і нормативним числом днів роботи в році n_{ijv}^{KN} , h_{ijv}^{KN} . Кожний працівник модуля в відповідності зі своєю кваліфікацією і видом виконуваної роботи має тарифну ставку z_{ijv}^{KN} .

Тоді заробітна плата за виконання i -ої операції складає:

$$Z_{ijv}^{KN} = z_{ijv}^{KN} \cdot t_{ijv}^{KN}, \quad (4)$$

а вартість експлуатації механізму при виконанні i -ої операції модулем:

$$W_{ijv}^{KN} = w_{ijv}^{KN} \cdot \varpi_{ijv}^{KN},$$

$$w_{ijv}^{KN} = \frac{n_{ijv}^{KN}}{h_{ijv}^{KN}}, \quad (5)$$

де ϖ_{ijv}^{KN} – час роботи машини при виконанні i -ої операції;

Необхідно відзначити, що через суттєвий вплив випадкових факторів на процес виробництва ремонтно-експлуатаційних заходів, тривалість робіт лінійної частини кожний раз приймає різні величини. Безумовно, можна оцінити τ_{ijv}^{KN} за даними нормативно-довідкової літератури, але це не відповідає реальним умовам експлуатації. Тому в даному випадку доцільно використовувати ретроспективну інформацію про тривалість проведення тих чи інших робіт на лінійній частині. За відсу-

тності подібної інформації, τ_{ijv}^{KN} будемо визначати на основі існуючих нормативів або статистичних даних по експлуатації інших газотранспортних систем.

Подібний підхід дозволяє оцінити вартість та тривалість будь яких наборів робіт певного виду (рівня пріоритету) на різних об'єктах та елементах лінійної частини.

Так для j -ого технологічного набору робіт (N -ого рівня пріоритету) на v -ому об'єкті (елементі) маємо:

$$\begin{aligned} z_{jv}^{KN} &= \sum_{i=1}^J z_{ijv}^{KN} \cdot t_{ijv}^{KN}, \\ T_{jv}^{KN} &= \sum_{i=1}^J \tau_{ijv}^{KN}, \\ W_{jv}^{KN} &= \sum_{i=1}^J \frac{n_{ijv}^{KN}}{h_{ijv}^{KN}} \varpi_{ijv}^{KN}. \end{aligned} \quad (6)$$

Для оцінки вартості і тривалості всіх робіт, вартості експлуатації машин і механізмів, проведених на v -ому об'єкті лінійної частини, використовуємо наступні формули:

$$\begin{aligned} z_v^K &= \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^G \sum_{i=1}^J z_{ijv}^{KN}, \\ T_v^K &= \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^G \sum_{i=1}^J \tau_{ijv}^{KN}, \\ W_v^K &= \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^G \sum_{i=1}^J W_{ijv}^{KN}. \end{aligned} \quad (7)$$

Аналогічно, витрати на експлуатацію машин і механізмів, вартість і тривалість однотипних j -х комплексів робіт різних рівнів пріоритету лінійної частини складуть:

$$\begin{aligned} z_j^K &= \sum_{n=1}^N \sum_{v=1}^V \sum_{i=1}^J z_{ijv}^{KN}, \\ T_j^K &= \sum_{n=1}^N \sum_{v=1}^V \sum_{i=1}^J \tau_{ijv}^{KN}, \\ W_j^K &= \sum_{n=1}^N \sum_{v=1}^V \sum_{i=1}^J W_{ijv}^{KN}. \end{aligned} \quad (8)$$

Витрати на експлуатацію техніки, вартість і тривалість однотипних j -х наборів робіт N -го рівня пріоритету на об'єктах (елементах) лінійної частини будуть наступними:

$$\begin{aligned}
 3_j^K &= \sum_{v=1}^V \sum_{i=1}^J 3_{ijv}^{KN}, \\
 T_j^K &= \sum_{v=1}^V \sum_{i=1}^J \tau_{ijv}^{KN}, \\
 W_j^K &= \sum_{v=1}^V \sum_{i=1}^J W_{ijv}^{KN}.
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

Оцінюючи таким чином загальні витрати на заробітну плату та експлуатацію машин і механізмів, тривалість робіт з ремонту і профілактики об'єктів (елементів) лінійної частини, одержимо:

$$\begin{aligned}
 3_j^K &= \sum_{n=1}^N \sum_{v=1}^V \sum_{j=1}^G \sum_{i=1}^J (3_{ijv}^{KN} \cdot t_{ijv}^{KN}), \\
 W_j^K &= \sum_{n=1}^N \sum_{v=1}^V \sum_{j=1}^G \sum_{i=1}^J \frac{n_{ijv}^{KN}}{h_{ijv}^{KN}} \cdot \varpi_{ijv}^{KN}, \\
 T_j^K &= \sum_{n=1}^N \sum_{v=1}^V \sum_{j=1}^G \sum_{i=1}^J \tau_{ijv}^{KN}.
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

На основі (7) – (10) запишемо наступні вирази:

$$\begin{aligned}
 S_{jv}^{KN} &= \sum_{i=1}^I s_{ijv}^{KN} \cdot l_{ijv}^{KN}, \\
 S_v^{KN} &= \sum_{j=1}^G \sum_{i=1}^I s_{ijv}^{KN} \cdot l_{ijv}^{KN}, \\
 S_v^K &= \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^G \sum_{i=1}^I s_{ijv}^{KN} \cdot l_{ijv}^{KN}, \\
 S_j^K &= \sum_{n=1}^N \sum_{v=1}^V \sum_{i=1}^I s_{ijv}^{KN} \cdot l_{ijv}^{KN}.
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

Загальні витрати на матеріали, запчастини та устаткування в системі технічного обслуговування і ремонту об'єктів (елементів) лінійної частини магістрального газопроводу складуть:

$$S_v^K = \sum_{n=1}^N \sum_{v=1}^V \sum_{j=1}^G \sum_{i=1}^I s_{ijv}^{KN} \cdot l_{ijv}^{KN}.$$

У підсумку, з урахуванням усіх перерахованих вище параметрів, одержуємо загальні сумарні витрати на проведення ремонтно-експлуатаційне обслуговування об'єктів систем лінійної частини магістрального газопроводу (з урахуванням усіх видів робіт), здійснюваного *K*-м ремонтно-експлуатаційним підрозділом:

$$\begin{aligned}
 3_{PEO}^K &= \sum_{n=1}^N \sum_{v=1}^V \sum_{j=1}^G \sum_{i=1}^I \left[z_{ijv}^{KN} \cdot t_{ijv}^{KN} + \frac{n_{ijv}^{KN}}{h_{ijv}^{KN}} \varpi_{ijv}^{KN} + s_{ijv}^{KN} \cdot l_{ijv}^{KN} + 3_{ijvTP}^{KN} \right] + \\
 &+ \sum_{n=1}^N \sum_{v=1}^V \sum_{j=1}^G C_{jv}^{KN}.
 \end{aligned}$$

Загальна сумарна тривалість ремонтно-експлуатаційних заходів на лінійній частині магістрального газопроводу складе:

$$T_{\text{РЕО}}^K = \sum_{n=1}^N \sum_{v=1}^V \sum_{j=1}^G \sum_{i=1}^I \left(\tau_{ijv}^{KN} + \tau_{ijvTj}^{KN} + \tau_{ijv}^{KN} \left(1 - e^{-\bar{\lambda}_M t_M} \right) - \tau_{\text{обс}} \left(m_{ijv}^{KN} \left(1 - e^{-\bar{\lambda}_M t_M} + e^{-2\bar{\lambda}_M t_M} \right) + K_n \cdot \tau_{ijv}^{KN} \cdot N_{\text{КЛ}} \right) \right).$$

Висновки

Дана методика дозволяє проводити оперативний розрахунок показників ефективності функціонування ремонтно-експлуатаційного підрозділу при обслуговуванні лінійної частини та її елементів за допомогою різних технічних засобів відповідно до стану системи й обраною технологією робіт. Варіюючи параметрами j (технологія робіт), v (об'єкти лінійної частини), N (рівень пріоритету, вид обслуговування) легко визначити показники ремонтпридатності, що фігурують в математичних моделях планування КВЗ ($Z_{\text{АВ}}$, $Z_{\text{п}}$, $Z_{\text{ТР}}$) і структурних схемах розміщення ремонтно-експлуатаційного підрозділу у системі технічного обслуговування і ремонту ($Z_{\text{ТР}}$, $\tau_{\text{р}}$, $\tau_{\text{ТР}}$). Пропонований підхід дозволяє успішно розв'язувати задачу підвищення ефективності функціонування окремого ремонтно-експлуатаційного підрозділу у ході технічного обслуговування і ремонту при відомій (сформованій) схемі розміщення і визначеному режимі контрольно-відбудовних робіт за рахунок вибору оптимальної технології робіт і раціональної комплектації підрозділів і бригад, що виїжджають на трасу.

Література

1. Райншке К., Ушаков И.А. Оценка надежности систем с использованием графов / Под ред. И.А. Ушакова. – М.: Радио и связь, 1988. – 208 с.
2. Сухарев Е.Р., Ставрокекий Е.Р., Брянских Е.Р. Оптимальное развитие систем газоснабжения. – М.: Недра, 1981. – 294 с.
3. Грудз В.Я., Михалків В.Б., Тимків Д.Ф., Лінчевський М.П. Керування режимами газотранспортних систем – К.: Укргазпром, 1996. – 150 с.
4. Трубопровідний транспорт газу. / М.П. Ковалко, В.Я. Грудз, В.Б. Михалків та ін. – К.: АренаЕКО, 2002. – 600 с.
5. Шибнев А.В. Определение потокораспределения и текущего состояния сложных систем газоснабжения // ЭИ: Транспорт, хранение и использование газа в народном хозяйстве. – М.: БНИИЭГАЗпром, 1983. – №1. – С. 14-16.
6. Грудз Я.В. Энергоэффективность газотранспортных систем. / Я.В. Грудз – Івано-Франківськ: Лілея-НВ, 2012. – 186 с.
7. Грудз В.Я. Обслуговування і ремонт газопроводів / В.Я. Грудз, Д.Ф. Тимків, В.Б. Михалків та ін. – Івано-Франківськ: Лілея-НВ, 2009. – 710 с.

8. Energy Charter Secretariat. Gas Transit Tariffs in selected Energy Charter Treaty Countries. – www.encharter.org. – January 2006. – 86 p.
9. Orynyak I.V., Lokhman I.V. The spring splines procedure with prescribed accuracy for determination of the curvatures of the pipeline based on the 3-D measurements of its position // Rio Pipeline Conference & Exposition 2011, IBP1029_11.

*Стаття надійшла до редакційної колегії 19.08.2019 р.
Рекомендовано до друку д.т.н., професором Тимківим Д.Ф.,
д.т.н., професором Говдяком Р.М. (м. Київ)*

IMPROVING THE EFFICIENCY OF FUNCTIONING OF REPAIR-OPERATING UNITS IN THE SYSTEM OF MAINTENANCE AND REPAIR OF MAGISTRALS

V. Y. Grudz¹, V. V. Grudz¹, V. M. Bodnar², M. S. Chernetsky³

¹*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas;
76019, Ivano-Frankivsk, Carpathians str., 15; e-mail: snp@nung.edu.ua;*

²*BMF Ukgazprobud; e-mail: bodmar-vm@utg.ua;*

³*PI ZIT Oil and Gas Building; e-mail: michael.chernetsky@mail.com*

The classification of failures and damages of the linear part and its separate elements is carried out, variants of technology of carrying out of preventive and repair-restoration works and modular-technological structure of repair and maintenance units are formulated. Particular attention is paid to improving the efficiency of the operation of a separate repair and maintenance unit during maintenance and repair with a known layout scheme and a certain mode of control and restoration works by choosing the optimal technology of work and rational equipment of units and crews leaving for the route. On the basis of the analysis of the technology of work execution it is shown that only a small part of the repair and maintenance measures requires the use of powerful machinery and equipment, which include the first level of priority work on the replacement of gas pipeline sections, work, damage elimination, work on elimination of significant pipeline displacements, work for restoration of soil collapse of the main gas pipeline.

In addition, each type of work on the objects of the linear part requires the use of the same vehicles. The type and number of vehicles depend on the particular operating conditions, as well as on the possibility and feasibility of purchasing and operating a particular type of equipment.

The method of estimation of indexes of maintenance of linear part of main gas pipelines and efficiency of functioning of repair and maintenance units during maintenance and repair is developed.

Key words: *repair and restoration work, maintenance, repair and maintenance unit, efficiency.*