

УДК 621.643-027.45

DOI: 10.30838/J.PMNTM.2413.280323.46.944

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ СТАНІВ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ ЗА ЇХ РОБОТОЗДАТНІСТЮ

ТКАЧОВА В. В.¹, канд. техн. наук, доц.,

БЕРЕЗЮК Г. Г.², ст. виклад.,

СОЛОД Л. В.³, канд. техн. наук, доц.,

АДЕГОВ О. В.^{4*}, канд. техн. наук, доц.,

ПРОКОФ'ЄВА Г. Я.⁵, канд. техн. наук, доц.

¹ Кафедра опалення, вентиляції, кондиціонування та теплогазопостачання, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-92, e-mail: tkachova.valeriia@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-9943-1852

² Кафедра опалення, вентиляції, кондиціонування та теплогазопостачання, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-92, e-mail: bereziuk.hanna@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-4790-3421

³ Кафедра опалення, вентиляції, кондиціонування та теплогазопостачання, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-92, e-mail: solod.leontina@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-4789-9514

^{4*} Кафедра опалення, вентиляції, кондиціонування та теплогазопостачання, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-92, e-mail: adehov.oleksandr@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-8837-4936

⁵ Кафедра опалення, вентиляції, кондиціонування та теплогазопостачання, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-92, e-mail: chornomorets.halina@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-4964-5785

Анотація. Постановка проблеми. Більшість існуючих газорозподільних систем населених пунктів досягли свого граничного терміну експлуатації, тому важливим завданням стала їх модернізація та реконструкція із застосуванням новітніх технологій реновації трубопровідних систем. Крім того, останнім часом збільшилася кількість аварійних ситуацій, пов'язаних не тільки зі старінням складових систем, а й з руйнуванням газопроводів унаслідок російської агресії. Для прийняття обґрунтованих та ефективних рішень про відновлення, реконструкцію або модернізацію систем газопостачання необхідна оцінка їх реального технічного стану, а саме роботозданості. **Мета статті** – систематизувати стани газорозподільних мереж за їх роботоздатністю для визначення доцільності та способу реконструкції (модернізації) систем. **Висновок.** Запропоновано систематизацію станів газорозподільних систем за їх роботоздатністю. Рішення про необхідність та вид реконструкції (модернізації) розподільних мереж газопостачання доцільно приймати залежно від стану роботозданості систем. Це дозволить мінімізувати витрати на реконструкцію та отримати оптимальні параметри системи.

Ключові слова: газорозподільна система; систематизація; надійність; роботоздатність

SYSTEMATIZATION OF STATES OF GAS DISTRIBUTION NETWORKS ACCORDING TO THEIR OPERABILITY

TKACHOVA V.V.¹, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,

BEREZIUK H.H.², *Sen. Lect.*,

SOLOD L.V.³, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,

ADEHOV O.V.^{4*}, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,

PROKOFIEVA H.Ya.⁵, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*

¹ Department of Heating, Ventilation, Air Conditioning, Heat and Gas Supply, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-92, e-mail: tkachova.valeriia@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-9943-1852

² Department of Heating, Ventilation, Air Conditioning, Heat and Gas Supply, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-92, e-mail: bereziuk.hanna@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-4790-3421

³ Department of Heating, Ventilation, Air Conditioning, Heat and Gas Supply, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-92, e-mail: solod.leontina@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-4789-9514

^{4*} Department of Heating, Ventilation, Air Conditioning, Heat and Gas Supply, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-92, e-mail: ad5ehov.oleksandr@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-8837-4936

⁵ Department of Heating, Ventilation, Air Conditioning, Heat and Gas Supply, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-92, e-mail: chornomorets.halyna@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-4964-5785

Abstract. Problem statement. Gas distribution systems of settlements are compound complexes, the main task of which is the reliable and safe supply of gas to consumers. Most of the existing gas distribution systems of settlements have reached their maximum service life, therefore an important task is to modernize and reconstruct them using the latest technologies of the renovation of pipeline systems. In addition, the number of emergencies has recently increased due not only to the ageing of the system components but also to the destruction of gas pipelines as a result of russian aggression. To make informed and effective decisions on the restoration, reconstruction or modernization of gas supply systems, it is necessary to assess their actual technical condition, namely, their operability. The operability of an operating gas pipeline is determined on the basis of a database of its technical condition, namely: executive documentation, drawings and passports of gas pipelines, route schemes, defect lists, certificates of pipes and welded joints, capacity, etc. Moreover, gas supply systems are complex and dynamic, therefore a systematic approach is needed to determine operability as a state by which the ability to perform specified functions is assessed, according to the reliability theory. **The purpose of the article** – is to systematize the states of gas distribution networks according to their operability to determine the expediency and method of reconstruction (modernization) of the systems. **Conclusion.** The article proposes a systematization of the states of gas distribution systems according to their operability. The decision on the need and type of reconstruction (modernization) of gas distribution systems should be made depending on the state of the systems' operability. This will allow to minimize the cost of reconstruction and obtain optimal system parameters.

Keywords: *gas distribution network; systematization; reliability; operability*

Постановка проблеми. Газорозподільні системи населених пунктів – це складні комплекси, основне завдання яких – надійне і безпечне постачання газу споживачам. Велика кількість існуючих газорозподільних систем населених пунктів досягли свого граничного терміну експлуатації, тому необхідна їх сучасна модернізація та реконструкція із застосуванням новітніх технологій реновації трубопровідних систем. Крім того, останнім часом збільшилася кількість аварійних ситуацій, пов'язаних не тільки зі старінням складових систем, а й з руйнуванням газопроводів унаслідок російської агресії.

Для прийняття обґрунтованих та ефективних рішень про відновлення, реконструкцію або модернізацію систем газопостачання необхідна оцінка їх реального технічного стану, а саме роботоздатності.

Аналіз публікацій. Для забезпечення надійної експлуатації діючих газопроводів потрібне постійне оцінювання їх реального технічного стану, яке проводиться за допомогою цілого комплексу предметної

діагностики трубопроводів [1]. Велика увага в сучасних умовах приділяється вдосконаленню методів, способів та засобів контролю технічного стану газорозподільних мереж [2; 3].

Методи забезпечення стабільної роботи об'єктів становлять предмет теорії надійності. В теорії надійності роботоздатність визначається як стан, за яким об'єкт здатний виконувати задані функції з параметрами, передбаченими технічною документацією [4].

Розподільні системи газопостачання населених пунктів є по суті підсистемами великих систем енергетики. Надійність газорозподільних систем – це комплексна властивість за нормальних умов експлуатації, протягом певного часу транспортувати споживачам необхідну кількість газу з дотриманням заданих параметрів системи [5]. Питанням функціональної надійності газорозподільних систем присвячені праці М. Г. Сухарева, А. А. Іоніна, В. О. Сідака, Г. С. Ратушняка та ін.

Мета статті – систематизувати стани газорозподільних мереж за їх роботоздатністю для визначення доцільності та способу реконструкції (модернізації) систем.

Виклад матеріалу. Роботоздатність діючого газопроводу визначається на основі бази даних його технічного стану, а саме: виконавчої документації, креслень і паспортів газопроводів, маршрутних схем, дефектних відомостей, сертифікатів труб і

зварних з'єднань, навантажень тощо. Разом із цим, системи газопостачання складні та динамічні, тому до визначення роботоздатності як стану, за яким оцінюється здатність виконувати задані функції, відповідно до теорії надійності, необхідний системний підхід.

Пропонується систематизація станів газорозподільних систем за їх роботоздатністю, наведена на рисунку.

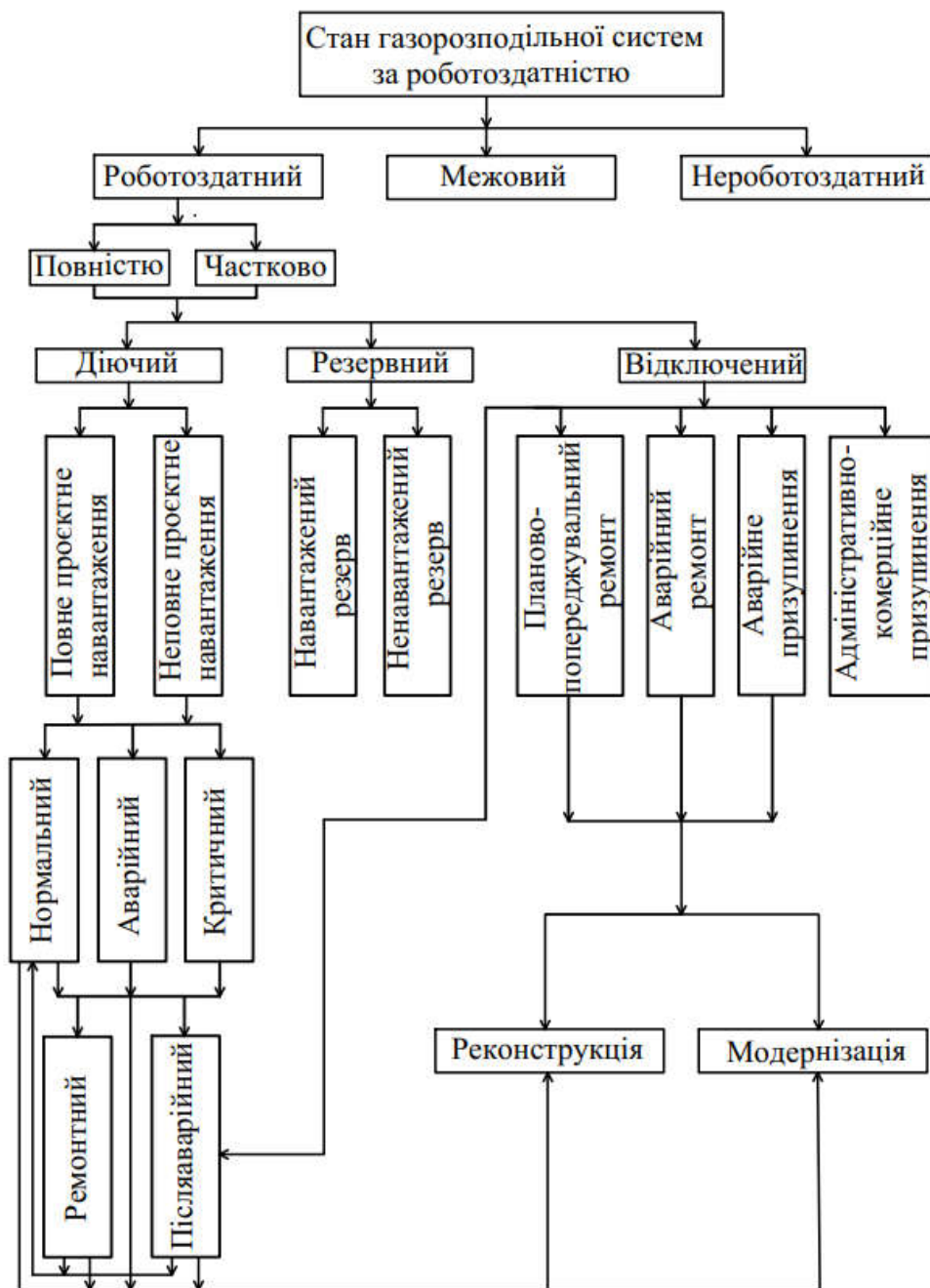


Рис. Систематизація станів газорозподільних систем за їх роботоздатністю

Для розподільних систем газопостачання характерні такі стани, що характеризуються відповідними рівнями роботоздатності: повністю роботоздатний стан, частково роботоздатний стан (складають у сукупності роботоздатний стан), нероботоздатний і межовий. Межовий відповідає стану, коли усунути неприпустиме зниження рівня роботоздатності виявляється неможливим. Нероботоздатний стан може бути основним і другорядним. За основного нероботоздатного стану об'єкт припиняє виконувати своє функціональне призначення, а за другорядного подальша робота об'єкта з міркувань техніки безпеки повинна бути припинена або обмежена по робочих параметрах.

Діючий стан характеризується режимами роботи розподільних систем газопостачання. Нормальний режим завжди відповідає повному проектному навантаженню, критичний – неповному проєктному навантаженню. За нормального режиму забезпечуються значення заданих параметрів роботи і резервування у встановлених межах.

Як основні параметри режиму роботи розподільної мережі розглядаються: перепад тиску, витрати газу на ділянках і ступінь забезпеченості споживачів природним газом. Ступінь резервування при цьому визначається розрахунковою схемою системи газопостачання житлових районів, комплексів, окремих об'єктів, величиною розрахункового навантаження резервного газопроводу від джерел системи газопостачання (ГРС, ГРП тощо), наявністю можливого використання резервного енергопостачання споживачів.

Критичний режим відрізняється тим, що незалежно від значення параметрів режиму не забезпечується резервування у встановлених межах. Наприклад, критичний режим може виникати під час пікових навантажень на систему газорозподілу, у випадку втрати роботоздатності одного з кільцевих ГРП. Внаслідок цього тиск у кінцевого споживача зменшиться, але система залишиться у роботоздатному стані.

Ремонтним вважається такий стан системи, за якого частина її елементів перебуває у стані запобіжного або аварійного ремонту. В загальному випадку ремонтний стан може бути нормальним і критичним. Наприклад, якщо запірна арматура (засувки, крани тощо) газорозподільної системи перебуває у стані запобіжного, а не аварійного ремонту, ремонтний режим буде вважатися нормальним, тому що це стан, на який система розраховується.

Аварійний стан виникає зазвичай в результаті відмови частини елементів системи і триває до моменту локалізації відмови цих елементів і зумовлених ними відмов. Локалізація полягає зазвичай у виведенні з роботи відмовлених елементів і введенні в роботу елементів, які перебувають у резервному стані.

Післяаварійним вважається стан, у якому система перебуває в результаті відмови частини її елементів після локалізації відмови до встановлення нормального або критичного режиму роботи. Як правило, післяаварійний стан системи – критичний. Проте у ряді випадків післяаварійний стан може бути нормальним, якщо забезпечується підтримання заданих параметрів режиму роботи і ступеня резервування у встановлених межах. Післяаварійний режим може відповідати не тільки робочому, а й відключеному стану системи, якщо система не може виконати всіх заданих функцій після ремонту.

Резервний стан об'єкта – це роботоздатний стан, за яким здійснюються функції резервування інших об'єктів. Стан навантаженого резерву характеризується тим, що об'єкт виконує функції резервування інших об'єктів і перебуває в роботі, а ненавантаженого – не перебуває в роботі, але його функції передбачають резервування інших об'єктів. Наприклад, роботу газорозподільної системи житлового району забезпечують чотири ГРП, при цьому два ГРП в кільці перебувають у ненавантаженому резервному стані, тобто не редукують тиск газу, але перебувають у робочому стані і включаються в роботу

тільки у випадках аварійних ситуацій або у разі зниження тиску газу в мережі низького тиску.

Відключений стан газорозподільної системи поділяється на стани ремонту (планово-попереджувального та аварійного) і призупинення (адміністративно-комерційного і аварійного). У відключеному стані може перебувати як нероботоздатна система, так і повністю або частково роботоздатна. Роботоздатний стан відповідає станам адміністративно-комерційного простою і планово-попереджувального ремонту, за умови, що у процесі ремонту роботоздатність об'єкта не порушується або порушується тільки частково.

Стан планово-попереджувального ремонту характеризується тим, що на об'єкті проводяться роботи з виявлення, попередження або усунення несправності, що може спричинити його відмову.

У стані аварійного ремонту на об'єкті проводяться роботи з відновлення його роботоздатності, яка була порушена в результаті відмови елементів системи. Наприклад, відключення ділянки газопроводу для виконання аварійно-відбудовного ремонту в разі механічного пошкодження газопроводу.

Стан аварійного призупинення відрізняється від попереднього тим, що на об'єкті не проводяться роботи з відновлення його роботоздатності. Стан адміністративно-комерційного призупинення виникає внаслідок вимушеного відключення елементів системи або проведення на ній робіт, що потребують відключення системи.

Наприклад, причинами такого призупинення можуть бути: несвоєчасна та/або неповна оплата послуг постачальнику згідно з умовами договору розподілу природного газу; втручання в роботу газорозподільної системи, зокрема, несанкціонований відбір природного газу або відновлення газоспоживання; відмова споживача в доступі на об'єкти або земельну ділянку, де розташована газорозподільна система та/або газове обладнання представникам газорозподільних мереж; відсутність сертифіката відповідності системи нормативно-технічній документації тощо.

Резервний і відключений стани переважно характеризують роботоздатність елементів газорозподільної системи.

Газорозподільні системи можуть підлягати реконструкції та модернізації при діючих станах (за повного та неповного проектного навантаження) та відключених станах (під час планово-попереджувального ремонту, аварійного ремонту та аварійного призупинення). Залежно від роботоздатності системи приймається відповідний спосіб поновлення, реконструкції або модернізації.

Висновок

Запропоновано систематизацію станів газорозподільних систем за їх роботоздатністю.

Рішення про необхідність та вид реконструкції (модернізації) розподільних систем газопостачання доцільно приймати залежно від стану роботоздатності систем. Це дозволить мінімізувати витрати на реконструкцію та отримати оптимальні параметри системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Порядок технічного огляду, обстеження, оцінки та паспортизації технічного стану, здійснення запобіжних заходів для безаварійного експлуатування систем газопостачання URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1326-11#Text> (дата звернення: 12.03.23).
2. Сідак В. С. Інноваційні технології в діагностиці та експлуатації систем газопостачання : навч. посіб. Харків, 2006. 228 с.
3. Ратушняк Г. С., Ободянська О. І. Управління змістом проектів із забезпечення надійності зовнішніх газорозподільних мереж : монографія. Вінниця, 2014. 130 с.
4. Васілевський О. М., Поджаренко В. О. Нормування показників надійності технічних засобів : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2010. 129 с.
5. Сідак В. С., Дудолад О. С. Комплексні підходи до керування надійністю систем газопостачання : навч. посіб. Харків, 2006. 248 с.

REFERENCES

1. *Poriadok tekhnichnoho ohliadu, obstezhennia, otsinky ta pasportyzatsii tekhnichnoho stanu, zdiisnennia zapobizhnykh zakhodiv dlia bezavariinoho ekspluatuvannia system hazopostachannia* [Procedure for technical inspection, examination, assessment and certification of technical condition, implementation of preventive measures for the accident-free operation of gas supply systems]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1326-11#Text> (Accessed on: 12 March 2023). (in Ukrainian).
2. Sidak V.S. *Innovatsiini tekhnologii v diahnostytsi ta ekspluatatsii system hazopostachannia : navch. posib.* [Innovative technologies in diagnostics and operation of gas supply systems : tutorial]. Kharkiv, 2006, 228 p. (in Ukrainian).
3. Ratushniak H.S. and Obodianska O.I. *Upravlinnia zmistom proektiv iz zabezpechennia nadiinosti zovnishnikh hazorozpodilnykh merezh : monografija* [Control of the content of projects to ensure the reliability of external gas distribution networks : monograf]. Vinnytsia, 2014, 130 p. (in Ukrainian).
4. Vasilevskyi O.M. and Podzharenko V.O. *Normuvannia pokaznykiv nadiinosti tekhnichnykh zasobiv : navch. posib.* [Standardization of technical equipment reliability indicators : tutorial]. Vinnytsia : VNTU Publ., 2010, 129 p. (in Ukrainian).
5. Sidak V.S. and Dudolad O.S. *Kompleksni pidkhody do keruvannia nadiinistiu system hazopostachannia : navch. posib.* [Integrated approaches to controlling the reliability of gas supply systems : tutorial]. Kharkiv, 2006, 248 p. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції 20.03.2023.