

УДК 621.51; 62-1

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.270421.13.746

НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ТРАНСПОРТУ ГАЗУ. ПРОЕКТУВАННЯ МОБІЛЬНИХ КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ

БЄЛІКОВ А. С.¹, *докт. техн. наук, проф.*,
МАЦУК З. М.^{2*}, *асп.*

¹ Кафедра безпеки життєдіяльності, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

^{2*} Кафедра безпеки життєдіяльності, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (067) 731-52-26, e-mail: matsuk.z.n@gmail.com ORCID ID: 0000-0001-6114-9536

Анотація. Постановка проблеми. Основу безпеки та ефективності магістрального транспорту газу світу складає герметичність газотранспортної системи. Складову рівня виробничої безпеки та ефективності газотранспортних підприємств становлять викиди природного газу в робочу зону, навколишнє природне середовище і витрати, з цим пов'язані. Численні способи ремонту об'єктів трубопровідного транспорту газу, такі як посилення несної здатності трубопроводів, ремонт дефектів під тиском газу без зупинки процесу транспортування тощо, або не позбавлені ризиків із точки зору виробничої безпеки, або енерго- і ресурсо- неефективні. Основний вид ремонту, який відновлює працездатний стан газотранспортної системи, – це заміна дефектного обладнання (устаткування), але він і досі пов'язаний зі стравлюванням великих обсягів природного газу у навколишнє природне середовище. У другому десятиріччі двотисячних років, завдяки стрімкому розвитку компресорної техніки і винаходу достатньої кількості способів підключення компресорних установок (станцій) до магістральних газопроводів без зупинки процесу транспортування газу, у газотранспортних підприємств світу з'явилася реальна можливість евакуйовувати газ із ділянок трубопроводів, що підлягають ремонту (технічному обслуговуванню) або акумулювати його (контролювати тиск газу у локальних ділянках), але аналіз досвіду світового розвитку технології контролю тиску газу в локалізованих ділянках магістральних газопроводів дозволяє стверджувати про наявність між ними певних диспропорцій з точки зору виробничої безпеки та про повну відсутність в Україні нормативного забезпечення процесу транспортування газу за допомогою мобільних компресорних станцій. За такого підходу до виробничого процесу складно підвищити рівень безпеки та ефективності процесу транспортування газу. Потенціал скорочення викидів природного газу на об'єктах газової промисловості світу досягає мільярдів кубічних метрів природного газу на рік. **Мета статті** – розроблення технічних вимог до мобільних компресорних установок (станцій), які дозволять спроектувати вітчизняні газокompresорні установки (станції), здатні безпечно виконати роботу з перекачування природного газу із локалізованої ділянки магістрального газопроводу до діючого магістрального газопроводу протягом не більше ніж 96 годин, без обмежень газопостачання споживачів. **Висновок.** Розроблені нами технічні вимоги до мобільних компресорних установок (станцій) дозволяють спроектувати вітчизняні компресорні установки (станції), здатні безпечно виконати таку роботу.

Ключові слова: безпека; проектування; газ; мобільна компресорна станція

REGULATORY PROVISION OF SAFETY OF GAS TRANSPORT. CONSTRUKTIONAL DESIGN OF MOBILE COMPRESSOR STATIONS

BIELIKOV A.S.¹, *Dr. Sc. (Tech.)., Prof.*,
MATSUK Z.M.^{2*}, *Postgraduate Stud.*

¹ Department of Life Safety, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 756-34-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

^{2*} Department of Life Safety, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (067) 731-52-26, e-mail: matsuk.z.n@gmail.com ORCID ID: 0000-0001-6114-9536

Abstract. Problem statement. The basis for the safety and efficiency of the main gas transportation in the world is the tightness of the gas transportation system. A component of the level of industrial safety and efficiency of gas transmission enterprises is the emissions of natural gas into the working area, the environment and the associated costs. Numerous methods of repairing pipeline gas transportation facilities, such as enhancing the bearing capacity of pipelines, repairing defects under gas pressure without interrupting the transportation process, etc., are either not devoid

of risks from the point of view of industrial safety, or are energy and resource inefficient. The main type of repair that restores the operable state of the gas transmission system is the replacement of defective equipment, but it is still associated with the release of large volumes of natural gas into the environment. In the second decade of the 2000s, thanks to the rapid development of compressor technology and the invention of a sufficient number of ways to connect compressor units (stations) to main gas pipelines, without stopping the gas transportation process, gas transmission enterprises of the world had a real opportunity to evacuate gas from pipeline sections subject to repair (maintenance) or accumulate it (control gas pressure in local areas), but the analysis of world experience in the development of gas pressure control technology in localized sections of gas pipelines allows us to assert that there are certain disparities between them in terms of operational safety and the complete absence of regulatory support for the transportation process in Ukraine gas using mobile compressor stations. With this approach to the production process, it is difficult to improve the safety and efficiency of the gas transportation process. The potential for reducing natural gas emissions from the world's gas industry reaches billions of cubic meters of natural gas per year. **Purpose of the article.** Development of technical requirements for mobile compressor units (stations), which will make it possible to design domestic gas compressor units (stations) capable of safely performing work on pumping natural gas from a localized section of the main gas pipeline to an existing main gas pipeline, within no more than 96 hours, without restrictions on gas supply to consumers. **Conclusion.** The technical requirements developed by us for mobile compressor units (stations) allow us to design domestic compressor units (stations) capable of safely performing work on pumping natural gas from a localized section of the main gas pipeline to the existing main gas pipeline, within no more than 96 hours, without restrictions on gas supply to consumers.

Keywords: *safety; constructional design; gas; mobile compressor station*

Постановка проблеми. Основу безпеки та ефективності магістрального транспорту газу світу складає герметичність газотранспортної системи. Складову рівня виробничої безпеки та ефективності газотранспортних підприємств становлять викиди природного газу у робочу зону, навколишнє природне середовище і витрати, з цим пов'язані. Потенціал економії природного газу на об'єктах газової промисловості світу сягає мільярдів кубічних метрів природного газу на рік. Численні способи ремонту об'єктів трубопровідного транспорту газу, такі як посилення несної здатності трубопроводів, ремонт дефектів під тиском газу без зупинки процесу транспортування тощо, або не позбавлені ризиків із точки зору виробничої безпеки, або енерго- і ресурсо- неефективні.

Основним видом ремонту, який відновлює працездатний стан газотранспортної системи, стала заміна дефектного обладнання (устаткування), але він і досі пов'язаний зі страляванням великих обсягів природного газу у навколишнє природне середовище. За такого підходу до виробничого процесу складно підвищити рівень безпеки та ефективності процесу транспортування газу.

У другому десятиріччі двотисячних років, завдяки стрімкому розвитку компресорної техніки і винаходу достатньої

кількості способів підключення компресорних установок (станцій) до магістральних газопроводів без зупинки процесу транспортування газу, у газотранспортних підприємств світу з'явилася реальна можливість евакуювати газ із ділянок трубопроводів, що підлягають ремонту (технічному обслуговуванню), або акумулювати його [1–3].

Ці дії дали можливість різко підвищити загальний рівень безпеки й ефективності процесів транспорту газу. Разом із цим, актуальним залишається науково-технічне завдання розроблення компресорної установки (станції), здатної безпечно виконати роботу з перекачування великих обсягів природного газу із локалізованої ділянки магістрального газопроводу до діючого магістрального газопроводу протягом не більше ніж 96 годин, без обмежень газопостачання споживачів.

Аналіз публікацій. Аналіз досвіду світового розвитку технології контролю тиску газу у локалізованих ділянках магістральних газопроводів [4–8] дозволяє стверджувати про наявність між ними певних диспропорцій з точки зору виробничої безпеки та про повну відсутність в Україні нормативного забезпечення процесу транспортування газу за допомогою мобільних компресорних станцій, що стримує використання технології.

Крім того, подальша перспектива диверсифікації та перерозподілу шляхів транспорту газу, завдяки скороченню обсягів транзиту та споживання газу, вже найближчим часом, із високим ступенем імовірності, зумовить виведення з експлуатації ділянок магістральних газопроводів великої протяжності, багатьох компресорних та газорозподільних станцій, як наслідок – циклічні коливання тиску газу широкої амплітуди, що без належного темпу, обсягів і рівня ресурсоефективності ремонтних робіт може спричинити значні економічні витрати для країни та зниження рівня її національної безпеки.

Мета статті – розроблення технічних вимог до мобільних компресорних установок (станцій), які дозволять спроектувати вітчизняні газокompресорні установки (станції), здатні безпечно виконати роботу з перекачування природного газу із будь-якої локалізованої ділянки магістральних газопроводів до діючих магістральних газопроводів протягом не більше ніж 96 годин, без обмежень газопостачання споживачів.

Результати досліджень. Суть технології евакуації природного газу з ділянок об'єктів магістральних газопроводів (далі – МГ), що підлягають ремонту (технічному обслуговуванню) та/або відключенню, полягає в тому, що такі ділянки МГ «А» (рис.) перекриваються з обох боків (локалізуються), після чого газ, що залишається у порожнині обраної трубопровідної системи, перекачується у ділянку іншого діючого МГ «Б» (рис.) за допомогою мобільних компресорних станцій (далі – МКС) [1–3]. Загальну пневматичну схему мобільної компресорної станції наведено на рисунку.

Проведені нами дослідження дозволили встановити, що актуальним науково-технічним завданням сьогодення в галузі компресоробудування постає розроблення компактної МКС, здатної перекачати газ із локалізованої ділянки МГ1 (рис.) довжиною 25...30 км (діаметром 500...1 400 мм) за перекривний вимикальний пристрій (лінійний кран) по ходу/проти ходу газу, або

у сусідній МГ2, тиском від 55 до 100 bar, до надлишкового тиску ≤ 1 bar, протягом 48...96 годин.

Разом із цим, з огляду на те, що МКС можливо використовувати для проведення випробувань ділянок магістральних газопроводів, робочий тиск у нагнітальному колекторі агрегатів МКС повинен відповідати $\geq 1,25$ робочого тиску трубопроводів, що підлягають випробуванню.

Пропонуємо такий підхід до проектування МКС.

Відомо, що завдання на проектування визначає обґрунтовані вимоги замовника до планувальних, архітектурних, інженерних і технологічних рішень об'єкта будівництва, його основних параметрів, вартості та організації його будівництва і складається з урахуванням технічних умов, містобудівних умов та обмежень [9].

У випадку розроблення технології евакуації природного газу з ділянки магістрального газопроводу, що підлягає ремонту (відключенню), проектуванню підлягають як вузли підключення мобільних компресорних станцій, так і самі мобільні компресорні станції.

Питання проектування магістральних газопроводів (вузлів підключення) розкриті чинними будівельними нормами та нормами технічного проектування і не потребують детального висвітлення. Зупинимось на особливостях проектування мобільних компресорних станцій.

Наведені нижче вимоги повинні поширюватись на проектування мобільних компресорних станцій для евакуації (перекачування) газу з ділянки магістрального газопроводу, що підлягає ремонту (відключенню).

1. Призначення та сфера застосування

Мобільна компресорна станція (МКС) призначена для перекачування природного газу з ділянки магістрального газопроводу, що підлягає ремонту (відключенню), у діючий магістральний газопровід.

Під час роботи МКС перебуває просто неба, тобто під впливом усіх видів кліматичних явищ.

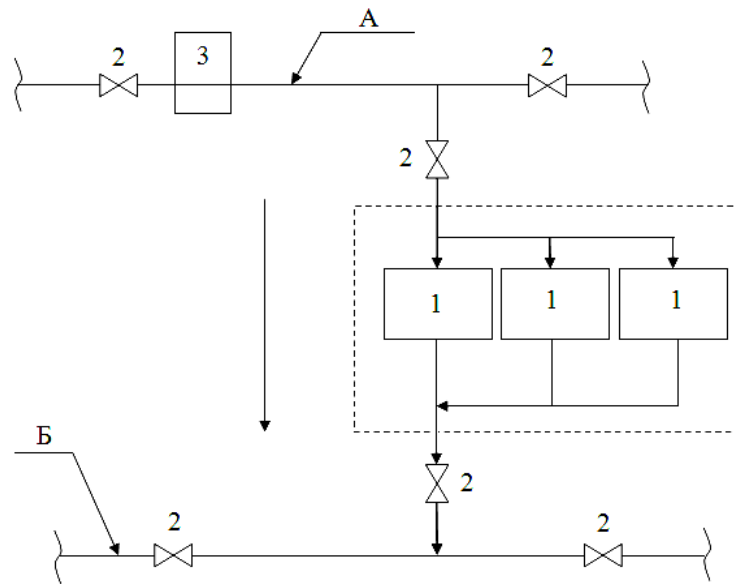


Рис. Загальна пневматична схема мобільної компресорної установки:

1 – компресори; 2 – перекривна арматура; 3 – дефектна ділянка МГ; «А» – газопровід, з якого перекачується газ; «Б» – газопровід, до якого перекачується газ; —> напрямок руху газу

2. Умови експлуатації та зберігання.

2.1. Середовище, що перекачується, – природний газ.

2.2. Діапазон температур газу на вході МКС.....від -10 до $+40$ °С.

2.3. Діапазон температур газу на виході МКС.....від $+20$ до $+40$ °С.

2.4. Температури газу на вході в МГ \leq температури термостійкості ізоляційного покриття МГ.

2.5. Діапазон тиску газу на вході МКС від $10,0$ до $1,0$ МПа.

2.6. Максимальний тиск нагнітання МКС $15,0$ МПа.

2.7. Продуктивність МКС – компресорна станція повинна забезпечувати перекачування газу з будь-якої ділянки магістрального газопроводу, що обмежена двома найближчими лінійними кранами, у діючий газопровід не більше ніж за 96 годин, з урахуванням температури газу в локалізованій ділянці магістрального газопроводу ≥ 67 тис. ст. м³/год.

2.8. Паливо приводного агрегату МКС – природний газ.

2.9. Температура навколишнього середовища:

– під час експлуатації – від -40^0 до $+50$ °С;

– під час зберігання – від -40 до $+50$ °С.

2.10. Ресурс компресорних установок МКС, до капремонту окремих вузлів ≥ 40 тис. мот. год.

2.11. Розрахунковий строк служби МКС ≥ 8 років.

2.12. Рівень шумового навантаження МКС повинен відповідати вимогам державних/галузових стандартів.

2.13. Кількість викидів шкідливих речовин повинна відповідати вимогам державних стандартів.

2.14. МКС повинна мати можливість переміщуватися автомобільним, повітряним, водним, авіаційним, іншими видами транспорту.

2.15. МКС повинна постачатися в іскро- та вибухозахищеному виконанні.

2.16. Конструкція МКС повинна відповідати вимогам безпеки державних та галузових стандартів.

2.17. Електропроводне обладнання МКС повинне мати безперервний, відносно заземлення, електричний ланцюг. Система заземлення МКС повинна відповідати

вимогам державних стандартів. МКС повинна мати систему блискавкозахисту.

2.18. Кут нахилу виробничого майданчика МКС $\leq 10^0$.

2.19. Модулі компресорних установок (далі – КУ) МКС повинні бути оснащені системою вентиляції. Кратність повітрообміну повинна відповідати вимогам державних стандартів.

2.20. Поверхні обладнання з робочої температурою $\geq 45^0\text{C}$ повинні бути теплоізовані та мати захисні кожухи.

2.21. МКС повинна бути оснащеною системами аварійного/протиаварійного захисту і блокування. Параметри систем захисту та блокування повинні відповідати державним та галузевим стандартам. Системи захисту/блокування МКС, у разі досягнення граничних значень параметрів (відповідних уставок), повинні забезпечувати відключення привідних двигунів компресорів, закриття перекривних пристроїв на вході/виході МКС та стравлювання газу з контуру МКС.

2.22. МКС повинна бути оснащена системою автоматичного тестування працездатного стану МКС, системою сигналізації, системою раннього сповіщення про можливу аварійну ситуацію, системою контролю загазованості повітря робочої зони МКС і системою пожежогасіння відповідно до вимог державних та галузевих стандартів.

2.23. МКС повинна бути оснащена ручним та дистанційними пультами керування та кнопкою аварійного відключення компресорних агрегатів.

2.24. Обладнання МКС повинне мати сигнально-попереджувальне фарбування у відповідності до вимог державних та галузевих стандартів.

2.25. Технологічна обв'язка МКС повинна включати:

- рукава високого тиску для підключення МКС до МГ;
- рукава високого тиску для підключення КУ МКС;
- сталеві трубопроводи різного діаметра;

– інвентарні опори для сталевих трубопроводів;

– перекривну та регулювальну арматури;

– зворотні клапани;

– продувні свічки з опорними пристроями;

– маніфольд на лінії всмоктування, у разі необхідності;

– маніфольд на лінії нагнітання, у разі необхідності;

– інше обладнання, устаткування, передбачене проектом МКС.

Усі елементи обв'язки МКС повинні бути виготовлені і випробувані у заводських умовах.

Вимоги до маніфольдів.

МКС, у складі якої є дві та більше КУ, можуть мати передбачені проектом вхідний та вихідний маніфольди. Маніфольди виготовляються та випробовуються в заводських умовах.

Маніфольд – комплекс труб з одним чи кількома випускними отворами, до якого підводять кілька трубопроводних ліній. Маніфольд, як правило, представлений єдиним блоком із набором вентилів (іноді кульових кранів) для змішування або перерозподілу потоку робочого середовища між входом і декількома виходами або декількома входами/виходами. Маніфольд завжди оснащений клапанами та контрольно-вимірювальними приладами для моніторингу витрати продукту, що транспортується по індивідуальних трубопроводах [10].

Маніфольд на лінії всмоктування (нагнітання) МКС, у разі наявності, повинен оснащуватись патрубками з кульовими кранами, швидкоз'ємними з'єднаннями для підключення КУ, штуцерами з кульовими кранами для підключення паливних ліній КУ МКС, швидкоз'ємними з'єднаннями для підключення трубопроводів обв'язки МКС, інвентарним днищем, манометричним штуцером (штуцерами) та манометром (манометрами).

Маніфольд на лінії нагнітання МКС оснащується вузлом обліку газу,

термодавачем (давачами), іншими контрольно-вимірювальними приладами.

Перекривна арматура МКС повинна мати пневмогідропривід, електропривід та можливість ручної перестановки.

Регулювальна арматура (регулятори) повинна бути автоматичною, забезпечувати максимальний діапазон регулювання параметрів системи, мати можливість зупинятись у будь-якому положенні, перебувати у цьому положенні будь-який час та починати рух з обраного положення у будь-якому напрямку.

Трубопроводи, перекривна та запобіжна арматури повинні забезпечувати максимальну продуктивність та безпеку МКС, відповідати будівельним нормам, нормам технічного проектування, державним/галузевим стандартам.

2.26. Вимоги до одного автопоїзда «тягач-напівприцеп»:

- повна маса..... $\leq 38,0$ т;
- загальна довжина..... $\leq 18,75$ м;
- ширина..... $\leq 2,55$ м;
- сумарна загальна висота, з контейнером..... $\leq 4,0$ м.

2.27. Комплект документації МКС повинен включати:

- настанову з монтажу, обслуговування та експлуатації МКС;
- технічні паспорти на кожну установку та вузли;
- сертифікати відповідності;
- дозволи.

2.28. До складу МКС повинні входити:

- компресорні установки у блочно-модульному виконанні;

- система комплексної підготовки газу, що перекачується;

- система охолодження газу, що перекачується;

- система підготовки та редукування паливного газу КУ;

- пускова, передпускова системи приводів КУ;

- система сигналізації, безпеки, захисту та блокування;

- система пожежогасіння;

- система автоматичного керування виробничими процесами;

- автономна система електропостачання;

- система освітлення;

- автомобілі (трактори-тягачі;

- автомобільні напівпричеми (причеми на лижах);

- рукава високого тиску на роз'ємних з'єднаннях ($P_{роб} \geq 10$ МПа);

- швидкозбірні трубопровідні системи обв'язки МКС ($P_{роб} \geq 10$ МПа);

- система рекуперації теплової енергії;

- вхідний та вихідний маніфольди, у разі необхідності;

- прилади, запасні частини, витратні матеріали;

- технічна документація;

- засоби зв'язку, обміну інформацією;

- кількість КУ МКС:

- до 10,0 МПа – (2...4) од.;

- до 5,5 МПа – (1...2) од.

Висновок. Наведені технічні вимоги значно полегшують формування завдання на проектування мобільних компресорних станцій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аксютин О. Е., Ишков А. Г., Аكوпова Г. С., Тетеревлев Р. В. Отечественный и зарубежный опыт перекачки природного газа с использованием мобильных компрессорных станций. *Газовая промышленность*. 2013. № 1. С. 42–45.

2. Спосіб контролю тиску газу у магістральних, технологічних або міжпромислових газопроводах : пат. 99367 Україна : МПКF17D 1 /00 / З. М. Мацук. № u201500629; заявл. 26.01.2015; опубл. 25.05.2015, Бюл. № 13. 10 с.

3. Установка транспортирования газа : пат.100214 Україна : МПКF17D 1/00, F17D 5/00, F25J 3/00. З. М. Мацук. № u201501759; заявл. 02.03.2015; опубл. 10.07.2015, Бюл. № 13. 21 с.

4. ПАТ «Укртрансгаз» розпочав експлуатацію пересувної компресорної станції. URL : <https://prompolit.info/2017/03/27/ukrtransgaz-rozpochav-ekspluatatsiyu-peresuvnoyi-kompresornoj-stantsiyi/>. (Дата звернення: 06.02.2021).

5. Укртрансгаз начал эксплуатацию мобильной компрессорной станции для снижения потерь газа при ремонтах газопроводов. URL : <http://neftegaz.ru/news/Oborudovanie/211544ukrtransgaz-nachal-ekspluatatsiyu-mobilnoy-kompresornoj-stantsii-dlya-snizheniya-poter-gaza-pri-rem/>. (дата звернення: 17.03.2020).

6. Газпром МКС. URL : <https://mks.gazprom.ru/>. (дата звернення: 17.03.2020).
7. LMF .URL : <https://www.lmf.at/business-areas/pipeline-evacuation>. (дата звернення: 17.03.2020).
8. Использование МКС. URL : <https://investproekt.gazprom.ru/projects/proekty-na-stadii-realizatsii/ispolzovanie-mobilnykh-kompre/?mode=preview>. (дата звернення: 17.03.2020).
9. ДБН А.2.2-3:2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво [чинні від 2014-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2014. 39 с. (Державні будівельні норми України). URL : <https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/building/tech-reg/normuvannya/derzhavni-ta-galuzevi-budivelni-normi/> (дата звернення: 17.03.2020).
10. Маніфольд. URL : <https://ru.wikipedia.org/wiki/Манифольд>. (дата звернення: 17.03.2020).

REFERENCES

1. Aksutin O.E., Ishakov A.G., Akopov G.S. and Teterevlev P.V. *Otechestveniy i zarubegni opit perekachki prirodnogo gaza s ispolzovaniem mobilnih kompresornih stanciy* [Domestic and foreign experience in pumping natural gas using mobile compressor stations]. *Gazovaya promyshlennost'* [Gas Industry]. 2013, no. 1, pp. 42–45. (in Russian).
2. *Sposib kontrolu tisku gazu u magistralnih, tehnologichnih abo migpromislovi gazoprovodah* [Method of gas pressure control in main, technological or inter-industrial gas pipelines]. Pat. 999367 Ukraine, no. u201500629; claimed 26.01.2015; publ. 25.05.2015, no. 10; 10 p. (in Ukrainian).
3. *Ustanovka transportuvanna gazu* [Gas transportation installation]. Pat. 100214 Ukraine, no. u201501759; claimed 02.03.2015; publ.10.07.2015, no. 13, 21 p. (in Ukrainian).
4. *PAT «Ukrtransgaz» rozpochav ekspluatatsiyu peresuvnoy kompresornoj stancii*: web-site [PJSC "Ukrtransgaz" began operating a mobile compressor station]. (Accessed : 17 March 2021). (in Ukrainian).
5. *Ukrtransgaz nachal ekspluatatsiyu mobilnoy kompresornoj stancii dlia snigeniya poter gaza pri remontah gazoprovodov* : web-site [Ukrtransgaz began operating a mobile compressor station to reduce gas losses during gas pipelines]. (Accessed :17 March 2021). (in Russian).
6. *Gazprom MKS* [Gazprom ISS: web-site]. (Accessed :17 March 2021). (in Russian).
7. *LMF* [LMF: web-site]. (Accessed :17 March 2021). (in Austrian).
8. *Ispolzovanie MKS* [Using the ISS : web-site]. (Accessed :17 March 2021). (in Russian).
9. *DBN A.2.2-3:2014. Sklad ta zmist proektnoi dokumentacii na budivnictvo*. [SCN A.2.2-3:2014. Composition and content of design documentation for construction]. [Valid from 2020-10-01]. Official edition. Kyiv : Ministry of Regional Construction of Ukraine, 2014, 39 p. (State Building Codes of Ukraine). (in Ukrainian).
10. *Manifold* [Manifold]. Wikipedia (Accessed : 17 March 2021).(in Russian).

Надійшла до редакції: 24.03.2021.