

УДК 621.438.622

**Грудз Володимир Ярославович**

*доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри спорудження та ремонту газонафтопроводів і газонафтоосховищ  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

**Grudz Vladimir Yaroslavovich**

*доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой сооружения и ремонта газонефтепроводов  
и газонефтехранилищ*

*Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа*

**Grudz Volodymyr**

*Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of  
Construction and Repair Oil and Gas Pipelines and Storage Facilities  
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*

**Дволітка Михайло Ярославович**

*аспірант*

*Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу*

**Dvolitka Mikhail Yaroslavovich**

*аспірант*

*Ивано-Франковского национального технического университета нефти и газа*

**Dvolitka Mykhailo**

*PhD Student of the*

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ВИТРАТ НА РЕМОНТНІ РОБОТИ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ АГРЕГАТІВ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЗАТРАТ НА РЕМОНТНЫЕ РАБОТЫ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ

## RESEARCH OF REPAIR WORKS EXPENSES DYNAMICS FOR GAS PUMPING AGGREGATES

**Анотація.** Розглянуто питання оцінювання техніко-економічного стану газоперекачувальних агрегатів в умовах компресорних станцій магістральних газопроводів протягом заданого періоду часу. Запропоновано методи прогнозування витрат, які потрібні при наступних ремонтних роботах. На основі обробки статистичної інформації про показники експлуатації газоперекачувальних агрегатів шляхом математичного моделювання визначено, що загальна вартість ремонтних робіт має тенденцію до зростання. Розрахунковими методами встановлено, що незважаючи на зростання кошторисної вартості ремонтних робіт, вартість ремонту окремого газоперекачувальний агрегат значно знижується.

**Ключові слова:** техніко-економічний стан, газоперекачувальний агрегат, кошторисна вартість.

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы оценки технико-экономического состояния газоперекачивающих агрегатов в условиях компрессорных станций магистральных газопроводов течение заданного периода времени. Предложены методы прогнозирования затрат, которые требуются при следующих ремонтных работах. На основе обработки статистической информации о показателях эксплуатации газоперекачивающих агрегатов, путем математического моделирования определено, что общая стоимость ремонтных работ имеет тенденцию к росту. Расчетными методами установлено, что несмотря на рост сметной стоимости ремонтных работ, стоимость ремонта отдельного газоперекачивающих агрегатов значительно снижается.

**Ключевые слова:** технико-экономическое положение, газоперекачивающий агрегат, сметная стоимость.

**Summary.** *Beals with the evaluation of the technical and economic condition of gas pumping units in the conditions of compressor stations of main gas pipelines during a given period of time are considered. The methods of forecasting expenses, which are required during subsequent repair works, are offered. On the basis of the processing of statistical information on the performance indicators of gas pumping units, by means of mathematical modeling it is determined that the total cost of repair works tends to increase. The calculated methods have shown that despite the increase in the estimated cost of repairs, the cost of repairing a separate gas-pumping unit is significantly reduced.*

**Key words:** *technical and economic condition, gas-pumping unit, estimated cost.*

Основною функцією, що визначає надійність системи газопостачання є безперебійність постачання споживачам газу потрібної якості. Вирішуючи завдання аналізу і оптимізації надійності, систему газопостачання і її підсистеми можна розглядати як однопродуктові об'єкти, оскільки газ тут складає основну частку відносно інших видів продукції газової промисловості.

Для систем газопостачання можна прийняти класифікацію завдань в області дослідження надійності, що складаються з п'яти основних класів, а саме: концептуальних, інформаційних, функціональних, нормативних та оптимізаційних.

Концептуальні завдання включають визначення місця проблеми надійності в загальній проблемі керування розвитком і режимом газопостачальних систем, у тому числі під час створення автоматизованої системи планування і керування розвитком єдиної системи газопостачання та її об'єктів.

Інформаційні завдання включають питання створення достовірної бази даних, методології одержання необхідної вихідної інформації (детермінованої, ймовірно-визначеної і ймовірно-невизначеної), дослідження її властивостей.

У складі необхідної для аналізу вихідної інформації основне значення мають дані про надійність і продуктивність устаткування компресорних станцій (особливо ГПА), технологічних апаратів і установок, запірної і регулюючої апаратури, систем автоматики й керування. Не менше значення мають дані, що характеризують роботу системи розподілу і споживання газу, тобто дані про фактичну надійність газопостачання споживачів, про збитки від зниження надійності газопостачання.

Функціональні завдання пов'язані з визначенням фактично досягнутих рівнів надійності транспортування газу, а також відповідних структурних характеристик системи, даних про перерозподіл потоків газу, про фактичні резерви продуктивності і їх розподіл, характеристики надійності устаткування, про нерівномірність газоспоживання (особливо сезонної).

Нормативні завдання включають вибір показників і критеріїв надійності, які використовуються для різних об'єктів у різні часові періоди, а також визначення їх нормативних рівнів. До цих завдань відноситься і розробка нормативних вимог до структури й побудови системи і засобів резервування, надійності устаткування, надійності транспортування газу до споживачів.

Оптимізаційні завдання пов'язані з вибором оптимальних рівнів надійності й резервів, оптимальної структури й будови системи з урахуванням чинників надійності та економічної ефективності, оптимальним розподілом резервів між підсистемами і об'єктами систем транспорту газу та інших питань прийняття оптимальних рішень, пов'язаними з чинниками надійності.

Надійність роботи системи газопостачання, її підсистем й об'єктів залежить від багатьох чинників, серед яких можна виділити такі:

- рівень надійності елементів устаткування, що входять до системи;
- рівень експлуатації й керування системою;
- склад вхідних у систему елементів і структура зв'язків між ними;
- обсяг і структура резервування.

Надійність і технологічні характеристики елементів цих систем (середній час міжремонтного напрацювання, середній час аварійних і планових ремонтів і час очікування ремонтів, продуктивність елементів) багато в чому залежать від якості устаткування й рівня експлуатації систем.

Значення цих параметрів обмежуються досягнутим рівнем науково-технічного прогресу й економічною доцільністю додаткових витрат на вдосконалювання техніки й технології виробництва.

За досягнутого рівня надійності устаткування й рівня експлуатації, автоматизації й керування системою основними визначальними чинниками є:

- будова самої системи;
- структура й обсяг резервів.

Зазначені чинники можуть змінюватися як за рахунок більш раціонального використання й розподілу витрат на створення і розвиток системи, а також витрат на засоби резервування, так і за рахунок збільшення цих витрат. Тому проблема надійності — проблема техніко-економічна.

Розрахунок будь-яких показників, що характеризують стан об'єкта в майбутньому, ґрунтується на елементах прогнозу. Головне завдання прогнозування — виявлення оптимальної зміни прогнозуючих характеристик і параметрів в цілях отримання максимального ефекту за заздалегідь вибраним критерієм (економічним, технічним, технологічним тощо). При цьому прогноз виступає як результат прогнозування у вигляді сукупності висловів про майбутнє досліджуваного процесу [4].

Основною метою в завданнях прогнозування стає вибір таких проектних варіантів розвитку системи,

які забезпечували б задану потребу в газі на планований період при оптимальних (чи нормативних) рівнях надійності.

У зв'язку з цим можна виділити такі основні завдання надійності, пов'язані із прогнозуванням функціонування систем і об'єктів транспорту газу:

- вибір оптимальної структури, будови і складу системи із врахуванням чинників надійності;
- визначення оптимальних рівнів резервування і розподілу резервів у системі;
- розробка структури і вибір засобів керування об'єктами в умовах відмов устаткування;
- визначення оптимальних обсягів, структури та організації системи ремонтно-профілактичного обслуговування об'єктів;
- обґрунтування показників надійності системи.

Ретроспекція, діагностика і прогноз — три етапи повного циклу прогнозування. Перший етап полягає в дослідженні прогнозованого процесу у минулому, виявленні і уточненні характеристик і структурних параметрів процесу з його аналізом і розчленуванням, встановлення характеру і зміни цих показників. За результатами цього циклу розробляють динамічну модель процесу, який вивчається.

На етапі діагностики встановлюють початкові і допустимі характеристики параметрів, вимірюють їх і вибирають методи прогнозування. На третьому етапі здійснюють прогноз.

Прогноз повинен ґрунтуватися на обліку реального процесу зміни технічного стану елементів ГПА з виявленням впливу комплексу чинників, в першу чергу, керуючих, прогнозуючих. Ними слугують технічні вимоги на ремонт і обслуговування та періодичність контролю (діагностування) технічного стану агрегатів.

Облік і прогноз технічного стану можна здійснювати в такій послідовності:

- процеси зміни параметрів стану і відмови елементів;
- ремонт (списання) ГПА;
- визначення вартісних характеристик відмови і ремонту;
- видача прогнозуючих показників, в тому числі показників надійності ГПА.

Зібрані статистичні дані щодо технічного стану всіх типів ГПА УМГ «Прикарпаттрансгаз», їх рівня напрацювання, причин відмов та витрат на ремонтні роботи, величина яких залежить від конструктивних особливостей агрегатів, умов їх експлуатації, складності конструкції, типу приводу тощо, мають достатній рівень інформативності. Аналізуючи вартісні характеристики відмов і ремонтів, проведено прогнозування вартості ремонтів (середніх і капітальних) (див. рис. 1 та рис. 2) на майбутні періоди та їх вплив на показники надійності.

Діагностування ГПА різних типів проводиться з встановленою нормативною документацією періодичністю за допомогою технічних вимог на ремонт і обслуговування, що дає змогу керувати станом та надійністю агрегатів. Ці вимоги є сукупністю початкових і допустимих значень параметрів стану (зношування деталей, яке допускається), що обумовлюють нормальну роботу елементів машин.

Попередження відмов можливе в результаті проведення робіт по заміні, регулюванню або ремонту об'єкта, значення параметра якого наблизилося до граничного. На практиці це здійснюється завдяки таким заходам:

- застосуванню в документації по технічному обслуговуванню і ремонту системи значень (відхилень) параметрів, що допускаються;
- застосуванню при технічному обслуговуванні методів прогнозування зміни ресурсного параметра і визначення залишкового ресурсу конкретного об'єкту;
- регламентованому по напрацюванню попереджувальному проведенню операцій.

Проте вигода в зменшенні числа відмов супроводжується і негативним явищем — неповним

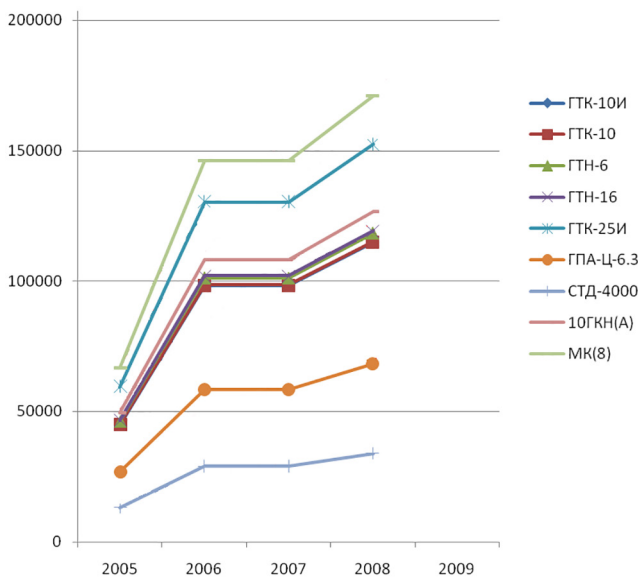


Рис. 1. Прогнозування витрат на середні ремонтні роботи агрегатів

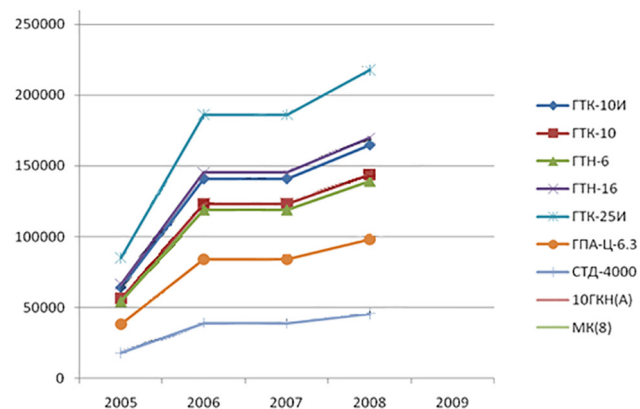


Рис. 2. Прогнозування витрат на капітальні ремонтні роботи агрегатів

використанням ресурсу попереджувально-відновлених об'єктів. Це особливо відчутно коли мають справу з ресурсними параметрами, відновлення яких потребує зупинки агрегату для капітального ремонту.

Застосування методу прогнозування зміни параметра конкретного об'єкту дозволяє уникнути цього недоліку і практично повністю використовувати ресурс об'єкту, попередивши його відмову в процесі технічного обслуговування або ремонту. Після регламентованого напрацювання об'єкт піддають заміні або іншій операції незалежно від його стану.

Для оцінки технічного стану ГПА застосовують різні методи діагностування, що поділяються на організаційні і технологічні.

Організаційні методи визначають характер основних завдань діагностування, застосування діагностичних засобів, періодичність їх використання і т.д.

Технологічні методи діагностування безпосередньо визначають прийоми і способи вимірювання параметрів виявлення якісних ознак стану. При перевірці працездатності ГПА застосовуються методи діагностування, що виявляють (без вказівки місця і причини) певну сукупність відмов і пошкоджень (наприклад, зниження потужності, економічності). При пошуку дефектів методи діагностування дозволяють виявити місце, вигляд і причину дефекту (розрегулювання конкретного механізму, невірний момент нагнітання палива, зношування, поломка поршневих кілець тощо).

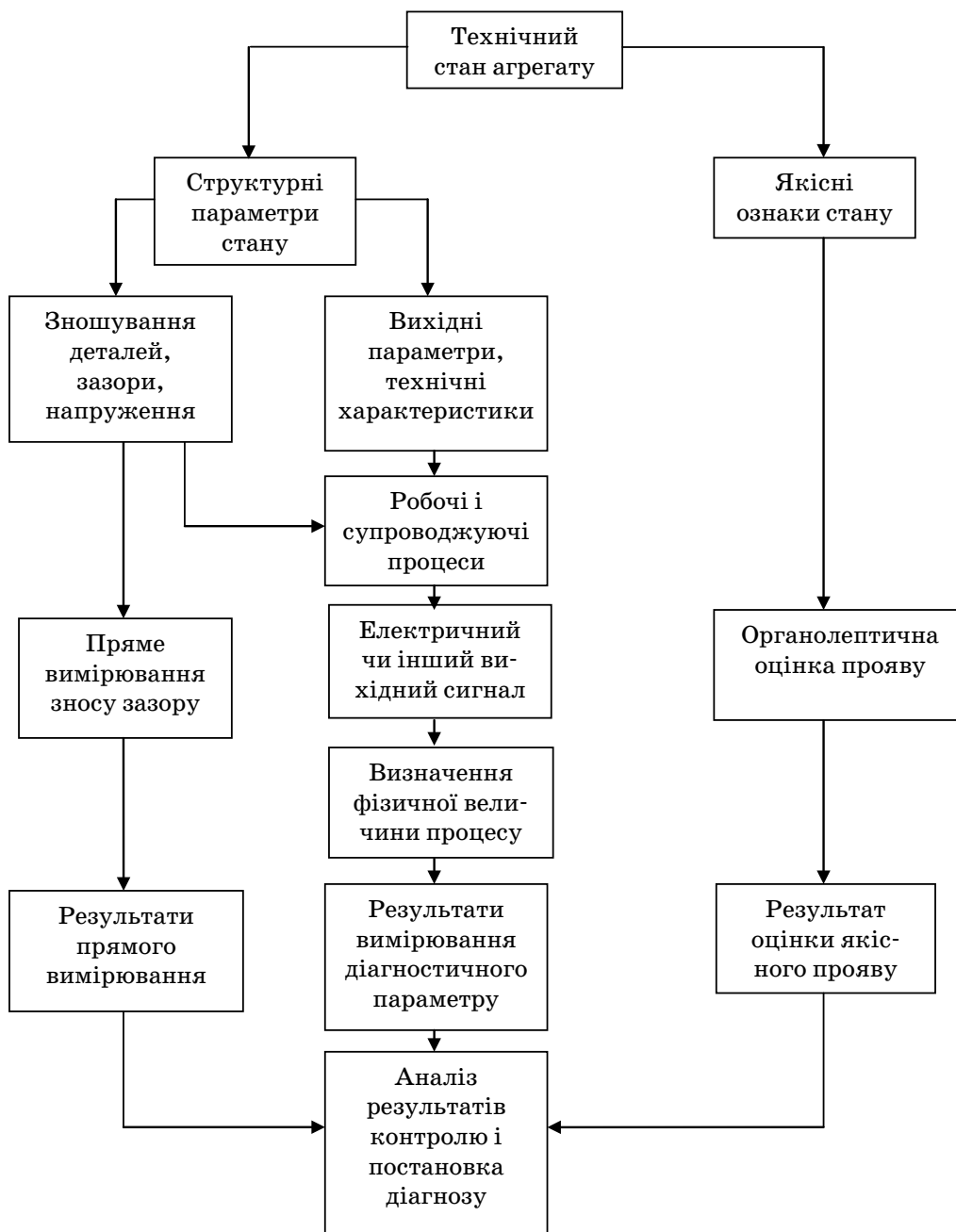


Рис. 3. Модель визначення технічного стану агрегату

По застосуванню діагностичних засобів методи діагностування поділяють на дві групи: органолептичні (або суб'єктивні) і інструментальні (об'єктивні). Органолептичні методи включають прослуховування, огляд, перевірку дотиком і нюхом. Всі якісні ознаки технічного стану встановлюють органолептичними методами діагностування (рис. 3). Інструментальні методи застосовують для вимірювання і контролю всіх параметрів технічного стану, використовуючи при цьому діагностичні засоби.

За періодичністю методи діагностування бувають використаними в плановому регламентованому, і в позаплановому порядку. Діагностування, що проводиться в плановому порядку, в основному вирішує завдання перевірки працездатності, а також визначення залишкового ресурсу елементів та агрегату в цілому. Для цього зі всієї сукупності діагностичних параметрів виділяють узагальнені, які обов'язково вимірюють при технічних обслуговуванні і огляді. Серед узагальнених є група ресурсних діагностичних параметрів, досягнення якими граничного значення обумовлює капітальний ремонт складової частини. Діагностування, що проводиться позапланово, вирішує завдання пошуку дефектів в тому випадку, якщо за наслідками вимірювання узагальненого параметра стану виявлено порушення працездатності складової частини серед певного складу інших.

Методи діагностування певного об'єкту розрізняються між собою вимірюваними параметрами, прийомами вимірювання і обробки результатів. За режимом роботи об'єкту діагностування можна виділити методи діагностування при сталому, неусталеному і статодинамічному режимах роботи. Діагностування при сталому режимі проводять для об'єкту, що працює в стаціонарному режимі при постійних швидкісному, температурному і силовому навантаженнях. Діагностування при неусталеному режимі роботи застосовують для вимірювання параметра в нестаціонарних умовах (розгін, різке гальмування або зняття навантаження, прогрів або охолодження об'єкту, що діагностується). Статодинамічний метод в процесі діагностування

використовується при чергуванні сталого і неусталеного режимів роботи об'єкту, що діагностується.

В даний час при діагностуванні ГПА в переважній більшості застосовуються методи діагностування на сталому режимі, набагато рідше — на неусталеному і дуже рідко — статодинамічному. Із застосуванням електронних і автоматизованих засобів діагностування область застосування останніх двох методів розширюється. Статодинамічний метод може бути реалізований тільки в автоматизованому засобі діагностування, оскільки вимірюють параметри, що чергуються в строго заданому сталому і неусталеному режимі.

В процесі експлуатації ГПА в основному ставить завдання підтримування їх надійності на високому рівні, управлінні нею протягом тривалого періоду.

Керування надійністю при одному і тому ж рівні використання агрегатів досягається шляхом виявлення і попередження відмов. Своєчасне виявлення відмов дозволяє, з одного боку, запобігти подальшим поломкам, аваріям ГПА, з іншого — оперативно припинити зниження ефективності їх експлуатації (зменшення потужності, продуктивності, збільшення втрат природного газу).

**Висновки.** У результаті проведених аналітичних і статистичних досліджень встановлено, що для ГПА в період з 2005 по 2008 роки спостерігається загальна вартість ремонтних робіт зростає з часом, що свідчить про об'єктивний процес, пов'язаний із старінням обладнання та зростанням ціни запасних частин, які використовуються при ремонті. Шляхом математичного моделювання визначено, що загальна вартість ремонтних робіт має тенденцію до зростання. За 5 років її темп приросту склав 90,2%. Це пояснюється зростанням вартості використаних запасних частин на 170%. Незважаючи на зростання кошторисної вартості ремонтних робіт, вартість ремонту окремого ГПА значно знижується. У порівнянні із 2003 роком вартість ремонту ГПА знизилась на 65%, що пояснюється зменшенням трудозатрат, зниженням непродуктивних втрат часу, ефективною організацією постачання, характером ушкоджень.

#### Література

1. Грудз В. Я. Обслуговування і ремонт газопроводів: монографія / В. Я. Грудз, Д. Ф. Тимків, В. Б. Михалків, В. В. Костів. — Івано-Франківськ: Лілея-НВ, 2009. — 711 с.
2. Михлин В. М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники / В. М. Михлин. — М.: Колос. — 1994. — 335 с.
3. Мозгалевский А. В. Техническая диагностика / А. В. Мозгалевский, Д. В. Гаспаров. — М.: Высшая школа. — 1975. — 495 с.
4. Ставровский Е. Р. Методы расчета надежности магистральных газопроводов / Е. Р. Ставровский, М. Г. Сухарева, Н. М. Карасевич. — Новосибирск: Наука. — 1982. — 92 с.
5. Бородавкин П. П. Трубопроводы в сложных условиях / П. П. Бородавкин, В. Я. Таран. — М.: Недра, 1968. — 346 с.
6. Поршаков Б. П. Газотурбинные установки для транспорта газа / Б. П. Поршаков. — М.: Недра. — 1982. — 321 с.
7. Багнюк А. З. Прогнозування технічного стану і показників надійності обладнання компресорних станцій / А. З. Багнюк, В. Я. Грудз, О. Т. Мартинюк та ін. // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. — 2014. — № 4(12). — С. 73–76.