

Міністерство освіти і науки України

Національна академія наук України

Національний центр «Мала академія наук України»

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

«Академічна й університетська наука: результати та перспективи»

Збірник наукових праць
за матеріалами

XVIII Міжнародної
науково-практичної конференції

09 – 12 грудня 2025 року

Полтава 2025

досліджень (1 рік). Це дозволило збільшити видобуток газу на вказаних свердловинах до 72,5-85,7 тис. м³/добу. На МДКС підібрана одна орендна КУ потужністю 140-160 кВт.

Висновки. За результатами проведених проведення техніко-економічних розрахунків доцільності застосування орендної КУ на Чутівській УКПГ рекомендовано інвестиційний варіант, тому що додатковий видобуток природного газу 5 свердловин склав 5,209 млн м³ за 1 рік, чистий прибуток отримано 43,04 млн грн., а термін окупності становить 3 місяці.

Література:

1. Бойко В.С. Довідник з нафтогазової справи /В.С. Бойко, Р.М. Кондрат, Р.С. Яремійчук// – К.: Львів, 1996. – с. 620.
2. Жарков П. Є. Газові компресорні станції / П. Є. Жарков, Г. А. Бондаренко, В. Н. Радзівський. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2015. - 285 с.
3. СОУ 60.3-30019775-162:2009 «Компресорні станції. Визначення основних технічних параметрів компресорних агрегатів під час підготовки завдань на проектування дотискних компресорних станцій». - К, 2009. – 32 с.
4. Компресорні станції. Типові технічні вимоги на компресорні агрегати для дотискувальних компресорних станцій підприємств ДК "Укргазвидобування": СОУ 11.2-30019775-000:2009. - [Дійсний з 21.12.2009]. - К.: ДК "Укргазвидобування", 2009. - 30 с.

УДК 624.014:2.004.15:524.042

КОРЕЛЯЦІЙНИЙ АНАЛІЗ У РОЗРАХУНКАХ НАДІЙНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Пічугін С.Ф., д.т.н., професор

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

pichugin.sf@gmail.com

Для будівельного об'єкту, який представляє собою систему, що складається з навантажених елементів (частин, стержнів, вузлів й ін.), визначається результуюча (структурна) надійність системи при заданій її структурі і характері роботи та відомих значеннях надійності всіх елементів. Практичні розрахунки структурної надійності суттєво спрощує використання типових схем систем.

Послідовне з'єднання – самий простий і важливий випадок, широко поширений у схемах різного призначення. Вважається, що елементи у системі з'єднані послідовно у відношенні надійності, якщо відмова будь-якого елемента викликає відмову всієї системи. Для безвідмовної роботи такої системи протягом часу t потрібно, щоб кожний елемент працював безвідмовно цей час. Будемо вважати елементи незалежними, що означає, що вихід із ладу одних елементів не змінює надійності інших. У цьому випадку функція надійності системи в цілому $P(t)$ визначиться як добуток функцій надійності елементів $P_i(t)$:

$$P(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) = \exp(-\lambda_1 t) \cdot \exp(-\lambda_2 t), \quad (1)$$

де λ_1, λ_2 – інтенсивності відмов елементів, що з'єднуються.

При паралельному з'єднанні відмова системи настає тільки тоді, коли виходять із ладу (відмовляють) усі елементи, що входять у систему. Якщо елементи схеми незалежні у відношенні надійності, то функція надійності системи визначається як

$$P(t) = 1 - Q_1(t) \cdot Q_2(t) = 1 - [1 - \exp(-\lambda_1 t)][1 - \exp(-\lambda_2 t)], \quad (2)$$

де $Q_1(t), Q_2(t)$ – ймовірності відмови елементів.

Прийняте припущення про те, що елементи схеми незалежні у відношенні надійності, у схемах реальних об'єктів часто не виконується. Якщо структурна схема містить частини (блоки, елементи), вихід із ладу котрих змінює надійність інших частин, обчислення надійності системи істотно ускладнюється. Для підтвердження цього розглянемо паралельне з'єднання двох залежних елементів, надійності яких підкоряються експоненціальному закону. Для розрахунку необхідно

визначити наступні інтенсивності відмов: λ_1 – для першого елемента; λ_2 – для другого елемента; λ_{12} – для першого елемента за умови, що відмовив другий елемент; λ_{21} – для другого елемента за умови, що відмовив перший елемент.

Результуюча функція надійності для блока з двох паралельно з'єднаних залежних елементів має наступний розгорнутий вигляд [1]

$$P(t) = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2 - \lambda_{21}} \exp(-\lambda_{21}t) + \frac{\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2 - \lambda_{12}} \exp(-\lambda_{12}t) - \left[\frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2 - \lambda_{21}} + \frac{\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2 - \lambda_{12}} - 1 \right] \exp[-(\lambda_1 + \lambda_2)t]. \quad (3)$$

Отриманий вираз значно відрізняється від формули для паралельного з'єднання незалежних елементів (2). Розглянутий елементарний приклад показує, наскільки ускладнюються обчислення надійності системи, що включає залежні елементи. У загальному випадку задача оцінки надійності систем із залежними елементами не вирішується. При цьому досить громіздкі формули рішення цієї задачі завжди можуть бути складені, якщо відомі умовні ймовірності відмови одних елементів за умови відмови інших. Основна складність виявляється не в обчисленнях за цими формулами, а в тому, що звичайно невідомі умовні ймовірності, а їх дослідне визначення вимагає нереально великого обсягу випробувань.

Плідним виявився кореляційний аналіз систем із великою кількістю залежних елементів, реалізований, зокрема, у форматі корельованої випадкової послідовності перевантажень елементів (на основі метода узагальненої коваріації [2]). Випадковий процес функціонування системи $\tilde{X}(t)$ заміняється випадковою послідовністю, між перерізами \tilde{X}_k якої враховуються парні коефіцієнти кореляції $\rho_{k,l}$, по яких обчислюються усереднений ρ_{mt} і узагальнений ρ коефіцієнти кореляції

$$\rho_{mt} = \frac{2}{r(r-1)} \sum_{k < l} \rho_{k,l}; \quad \rho \approx \rho_{mt} \left\{ 2 - \left[\rho_{mt} + \frac{(1-\rho_{mt})(3-\lg r)}{1-0,1\rho_{mt}^2(3-\lg r)^2} \right] \right\},$$

де r – кількість розрахункових перерізів випадкової послідовності.

Імовірність безвідмовної роботи системи за час t визначається як

$$P(t) \approx \rho P + (1 - \rho) \prod_{k=1}^r P_{k_{min}}, \quad (4)$$

де P_k – імовірність неперевикнення вибраного рівня в k -му перерізі випадкової послідовності..

Для практичних розрахунків рекомендується ряд підходів і наближених оцінок надійності систем, що складаються із великої кількості елементів [3]:

- розбивання системи на такі частини, що із фізичних міркувань є незалежними, і кожна така частина вважається одним елементом; якщо надійність цих частин визначена з досвіду, то надійність усієї системи розраховується досить просто;

- двостороння оцінка надійності системи, межі якої визначають значення надійності, обчислені в припущенні незалежності елементів і в припущенні того, що відмови одних елементів виводять із ладу залежні від них елементи;

- аналіз поведінки вихідних параметрів системи без поелементного розгляду її структури;

- метод перебору станів, у які система переходить внаслідок відмови окремих елементів; метод наочно ілюструється графом станів;

- логіко-ймовірний метод, що базується на складанні логічних функцій успішного функціонування або відмови системи.

Література:

1. Пічугін С.Ф. *Надійність технічних систем. Навчальний посібник* / С.Ф. Пічугін. – Полтава: ПДТУ, 2000. – 157 с..

2. Kudzys A. *Reliability estimation of reinforced concrete structures* / A. Kudzys. – Vilnius: Mokslas Publishers, 1985. – 156 p.

3. Пічугін С.Ф. *Розрахунок надійності будівельних конструкцій* / С.Ф. Пічугін. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2016. – 520 с.