

РОЗРАХУНОК РЕЖИМУ ОБСЛУГОВУВАННЯ І РАЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ РОЗБИТТЯ БЛОЧНО-КОМПЛЕКТНОГО УСТАТКУВАННЯ ЗА РІЗНИХ СТРАТЕГІЙ РЕМОНТНИХ РОБІТ

О.В. Іванов, Д.Ф. Тимків

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 49358,
e-mail: informatik@iung.edu.ua

Розглядаються стратегії технічного обслуговування і ремонту, а також наводиться розрахункова схема пошкодження блочно-комплектного устаткування магістральних газопроводів. Описуються можливі розрахункові схеми вибору індивідуальних раціональних стратегій обслуговування, а саме: блоки, вузли, деталі. Проводиться поділ показників ремонтпридатності для окремо розглянутих елементів. Досліджується вплив середнього наробітку в справному стані і середньому наробітку в передвідмовному стані на показники ефективності обслуговування блочно-комплектного устаткування, а саме, на коефіцієнт готовності і питомі затрати на обслуговування. Проводиться вибір раціональної стратегії і режиму обслуговування блочно-комплектного устаткування магістральних газопроводів, раціональної схеми виділення елементів зі складових частин блочно-комплектного устаткування.

Об'єктом дослідження є система магістральних газопроводів.

Метою дослідження є пошук можливих рішень для оптимізації обслуговування технологічного обладнання магістральних газопроводів.

Ключові слова: стратегії обслуговування, ремонт, ГПА, надійність, оптимізація.

Рассматриваются стратегии технического обслуживания и ремонта, а так же приводится расчетная схема повреждения блочно-комплектного оборудования магистральных газопроводов. Описаны возможные расчетные схемы выбора индивидуальных рациональных стратегий обслуживания: блоки, узлы, детали. Производится разделение показателей для отдельных элементов.

Исследуется влияние средней наработки в исправном состоянии и средней наработки в предотказном состоянии на показатели эффективности обслуживания блочно-комплектного оборудования, а именно на коэффициент готовности и удельные затраты на обслуживание. Производится выбор рациональной стратегии и режима обслуживания блочно-комплектного оборудования магистральных газопроводов, рациональной схемы выделения элементов из составных частей блочно-комплектного оборудования.

Объектом исследования является система магистральных газопроводов.

Цель исследования – поиск возможных решений для оптимизации обслуживания технологического оборудования магистральных газопроводов.

Ключевые слова: стратегии обслуживания, ремонт, ГПА, надежность, оптимизация.

This research dedicated to the strategy of maintenance and repairs provides a design scheme of the damage of the main pipelines block-equipment. The paper describe possible settlement schemes of selecting individual strategies for maintenance, such as blocks, components, parts. Maintainability indicators are outlined for each of the elements. The influence of the average operating time under good conditions and average operating time in pre-failure conditions on the performance of block maintenance equipment, namely a factor of readiness and unit costs for services. Rational strategies and service mode block-equipment of the main pipelines are discussed, and rational allocation scheme of elements with parts of block equipment is described.

The main subjects of this research is the system of main gas pipelines. The objective of the research is to find possible solutions to optimizing maintenance of technical equipment of the pipeline.

Keywords: maintenance strategy, repair, gas pumping unit, reliability, optimization.

Вступ

Результатом оптимізації процесу технічного обслуговування агрегатів і спорудження газотранспортних систем передбачається скорочення витрат на транспортування газу та зниження його собівартості. У зв'язку з цим питання розробки раціональних стратегій технічного обслуговування елементів систем віддаленого транспортування газу приділяється велика увага.

Збільшення наробітку між відмовами дає змогу збільшити періодичність технічного обслуговування, виключити низку регламентованих операцій, тобто знизити трудомісткість, тривалість і вартість обслуговування.

Оптимізація стратегії технічного обслуговування та ремонту дає змогу вирішити ряд індивідуальних задач керування як при технічному обслуговуванні, так і під час ремонту.

Формування цілей статті

Оптимізації стратегії технічного обслуговування та ремонту – це вибір найкращої стратегії з трьох можливих. Вона повинна бути реальною та забезпечувати досягнення мети – необхідного екстремуму заданого критерію.

Для оптимізації ремонтних робіт потрібно вирішити двовимірну задачу вибору стратегії і оптимального режиму обслуговування та схеми розбиття блочно-комплектного устаткування на елементи обслуговування.

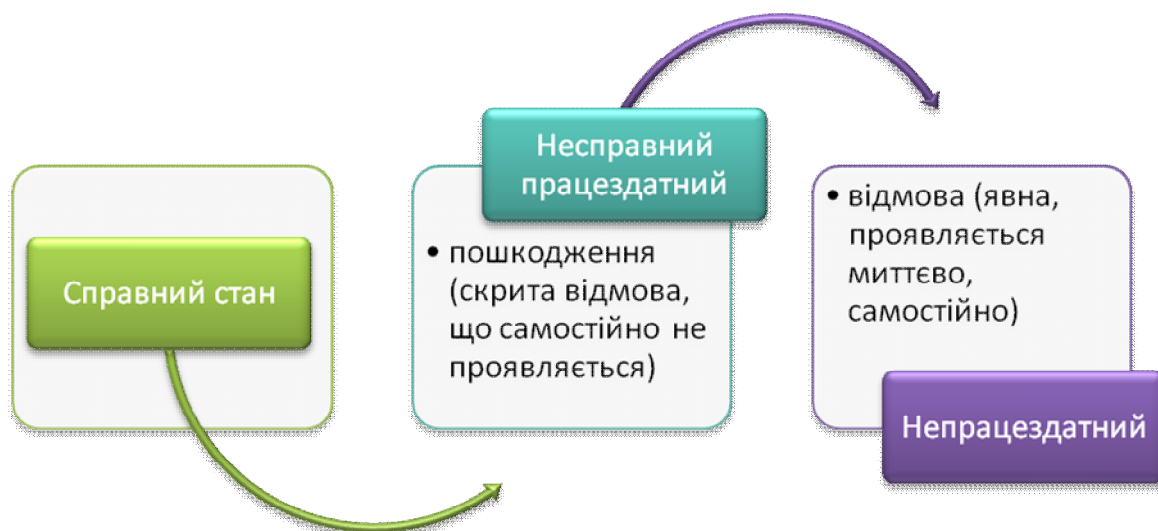


Рисунок 1 – Розрахункова схема пошкодження в БКУ

Оцінка ефективності стратегій технічного обслуговування блочно-комплектного устаткування магістрального газопроводу

Стратегіями обслуговування блочно-комплектного устаткування магістральних газопроводів розмежовуються три стани існування системи: функціонування в справному стані, функціонування в несправному (передвідмовному) стані, відмова (непрацездатний стан) (рис. 1). Тобто схема розвитку пошкодження блочно-комплектного устаткування (БКУ) чи однієї з його складових має вигляд, зображений на рис. 1.

Виходячи з положень, обґрунтованих у роботах [1, 2], об'єктами технічного обслуговування і ремонту може бути як БКУ загалом, так і його складові частини на різних рівнях структурної ієрархії конструкції БКУ.

Розглянемо три стратегії обслуговування і ремонту блочно-комплектного устаткування магістральних газопроводів:

Стратегія А. У початковий момент експлуатації блочно-комплектного устаткування планується:

- терміни й обсяги технічного обслуговування (види ТО);
- терміни заміни елементів за наробітком.

Середній і капітальний ремонт не планується і не проводиться. У випадку виникнення аварій елементи, що відмовили заміняються новими, а терміни чергових заміन переплановуються. Терміни й обсяги технічних обслуговувань (види ТО) не переплановуються.

Ця стратегія найбільш близька до застосовуваного на об'єктах магістральних газопроводів у даний час, але істотно від них відрізняється:

1) поряд із профілактичним обслуговуванням передбачені заміни (хоча це і не стратегія замін), тобто використовуються конструктивні особливості БКУ;

2) проведення заміни елементів дає змогу відмовитися від середніх і капітальних ремонтів;

3) проведення заміни в умовах застосування уніфікованих блоків, вузлів і агрегатів дає змогу модернізувати устаткування;

4) стратегія регламентована, але не жорстко, тому що після усунення наслідків аварій переплановуються терміни чергових заміни елементів, що відмовили.

Складність і підвищена трудомісткість експлуатації об'єктів магістральних газопроводів у екстремальних кліматичних умовах (наприклад, в гірських районах), розвиток вахтового і безвахтового методів обслуговування, перехід до "безлюдної технології" вимагають пошуку принципово нових стратегій обслуговування устаткування. Особливого значення набуває при цьому проведення перевірок устаткування з метою попередження відмов і аварій.

Друга стратегія, розроблена для блочно-комплектного устаткування – стратегія обслуговування з перевіркою.

Стратегія В. У початковий момент експлуатації блочно-комплектного устаткування планується:

- терміни проведення і обсяги технічних обслуговувань (види ТО);
- терміни заміни елементів за наробітком;
- терміни проведення додаткових перевірок, за результатами яких також проводяться заміни елементів.

У випадку аварії замінюються елементи, що відмовили. Для будь-яких заміненних елементів терміни чергових заміни переплановуються. Терміни додаткових перевірок не переплановуються.

Стратегія В може трактуватися як стратегія А з додатковими перевіркою і додатковими замінами. При стратегії В зростають витрати на технічне обслуговування, але досягається підвищення надійності в порівнянні зі стратегією А. Підвищення надійності означає зниження аварійності, а, отже, і зниження експлуатаційних витрат.

Найбільш перспективною групою стратегій є стратегії обслуговування устаткування за станом. Застосування устаткування блокової конструкції сприяє переходу до стратегій технічного обслуговування і ремонту за станом [3]. Обслуговування і ремонт за станом вимагає широкого розвитку діагностування як ГПА, так і іншого устаткування магістральних газопроводів [49]. У сучасних умовах і на даному рівні розвитку методів і засобів діагностики доцільно застосовувати найпростіші види стратегій за станом. Подібна стратегія формується в такий спосіб.

Стратегія С. У початковий момент часу планується:

- терміни й обсяги технічних обслуговувань (види ТО),
- додаткові періодичні перевірки.

Під час перевірок оцінюється технічний стан БКУ і його елементів за основними параметрами і системи коефіцієнтів стану (експертні оцінки), що коректують значення наробітку до планової заміни. За результатами оцінки приймається рішення про заміну елементів.

При аварії замінюються елементи, що відмовили. Терміни й обсяги технічних обслуговувань і періодичність перевірок не переплануються.

Стратегія С найбільш близька до прогресивної групи стратегій "за станом". В даній час у галузі існує необхідність переходу на технічне обслуговування і ремонт устаткування за станом. Однак фактичний перехід підприємств і організацій, що експлуатують і ремонтують устаткування магістральних газопроводів, затруднений через відсутність досить ефективних засобів і методів діагностування [4]. Пропонована стратегія С дозволяє вже сьогодні враховувати фактичний стан устаткування при призначенні робіт з обслуговування і ремонту. Експертні оцінки використовуються оскільки:

- по-перше, немає потрібної статистики;
- по-друге, немає необхідних засобів і методів діагностики.

Для вибору раціональної стратегії мінімізуються середні питомі витрати на обслуговування при фіксованому коефіцієнті готовності. Кожна стратегія прораховується для різних рівнів: БКУ (наприклад, ГПА), блок, вузол. Блоки і вузли ГПА (чи ГРС) розглядаються як відособлені об'єкти. Загалом блочно-комплектний ГПА розглядається як відособлена система послідовно з'єднаних (за надійністю) елементів (блоків) з незалежними відмовами. Відмова одного елемента (блоку або вузла) призводить до відмови системи ГПА загалом.

Раніше проведені дослідження [1] дають можливість розподіляти блочно-комплектне устаткування і його складові частини по групах стратегій:

а) до передвідмовного стану - для об'єктів, відмова яких залежить від наробітку і може вплинути на безперебійність функціонування; об'єкти, що володіють достатнім рівнем контролепридатності; для об'єктів діагностування

технічного стану яких наявні достовірні, економічно доцільні методи і засоби;

б) до безпечної відмови (тобто, з контролем рівня надійності) - для об'єктів, що відповідають таким вимогам: відмова об'єктів не впливає на безперебійність транспортування газу, основними видами відмов є випадкові, що не залежать від наробітку; наявні методи і засоби виявлення відмов цих об'єктів у процесі чи експлуатації при технічному обслуговуванні. Експлуатаційна технологічність цих об'єктів забезпечує відновлення працездатності системи після їхнього відмови протягом часу, передбаченого на технічне обслуговування;

в) до вироблення ресурсу - для об'єктів, у яких: відмова впливає на безперебійність функціонування і може призвести до зриву плану або небезпечної ситуації; інтенсивність відмов зростає з наробітком; коли відсутні достовірні, економічно доцільні методи і засоби їхнього діагностування, рівень експлуатаційної технологічності такий, що не дозволяє робити заміну і відновлення працездатності системи після появи відмови протягом часу, що відводиться на технічне обслуговування БКУ.

Дослідження, проведені в даній роботі вказують на доцільність і високу економічну ефективність розподілу устаткування, блоків і вузлів за розробленими для блочно-комплектного устаткування магістральних газопроводів принципово новими стратегіями (стратегії А, В і С).

Пропоновані стратегії (А, В і С) можуть бути застосовані і до устаткування магістральних газопроводів у традиційному виконанні. Для цього досить планувати не заміни, а проведення ремонтно-відновлювальних робіт. У такий спосіб для неблокового (традиційного) устаткування одержуємо три стратегії.

Найбільш загальною є стратегія В тому будемо розглядати її формування і дамо оцінку ефективності для відокремленого блочно-комплектного об'єкта магістрального газопроводу.

За визначаючі приймаємо параметри:

1) Розподіл часу роботи БКУ в справному стані. Для його описання використовується одна з декількох, що рівні за ступенем зручності функцій:

функція розподілу часу роботи агрегату в справному стані:

$$F(t) = P\{\xi \leq t\}, \quad (1)$$

де ξ – випадкова тривалість роботи БКУ в справному стані;

густина імовірності:

$$f(t) = \frac{dF}{dt}. \quad (2)$$

Розподіл часу роботи в передвідмовному стані:

функція розподілу часу роботи БКУ в несправному, тобто в перед відмовному стані

$$\Phi(t) = P\{\eta \leq t\}. \quad (3)$$

Принциповою умовою є припущення про незалежність тривалості станів, тобто

$$P\{\xi \leq x; \eta \leq y\} = F(x)\Phi(y). \quad (4)$$

Для створення математичної моделі введено такі позначення:

для показників ремонтпридатності:

T_p – назначений ресурс (планове напрацювання);

τ – час на обслуговування (або проведення операцій);

C – вартість обслуговування (або проведення операцій);

для показників ефективності обслуговування:

Z_p – абсолютні середні затрати на обслуговування за період регенерації;

t_p – абсолютний середній час на обслуговування;

t'_p – напрацювання до зняття (заміни).

Для опису стратегії перевірок прийемо:

- всього проводиться n перевірок, в момент T_p перевірка не проводиться;

- перевірки проводяться з періодичністю θ ;

- змінами стану об'єкта під час роботи перевірки нехтуємо;

- проведення перевірок не впливає на надійність об'єкта обслуговування;

- кожна перевірка забезпечує абсолютну достовірність визначення пошкодження (передвідмовного стану).

Таким чином, кількість перевірок становить:

$$n = \left\lceil \frac{T_p}{\theta} \right\rceil - 1, \quad (5)$$

де θ – періодичність перевірок.

Для всіх показників у математичних моделях прийнято загальні індекси подій:

пр – перевірка;

пред – попереджувальна заміна за результатами перевірки;

плпред – попереджувальна заміна в момент T_p за умови передвідмовного стану;

пл – заміна в момент T_p за умови справно-го стану;

ав – аварійна заміна.

Виходячи зі схеми розвитку пошкодження для відокремленого блочно-комплектного об'єкта магістрального газопроводу, отримано значення середніх сумарних затрат на обслуговування за період регенерації:

$$\begin{aligned} \bar{Z}_p(\theta, T_p) = & \sum_{\kappa=0}^{n-1} \int_{\kappa}^{(\kappa+1)\theta} dF(t) \left\{ \kappa C_{np} + \bar{\Phi}[(\kappa+1)\theta - t] \times \right. \\ & \left. \times [C_{np} + C_{npred}] + \int_0^{(k+1)\theta-t} d\Phi(y) [C_{ав}] \right\} + \\ & \int_{n\theta}^{T_p} dF(t) \left\{ n C_{np} + \bar{\Phi}(T_p - t) C_{плпред} + \Phi(T_p - t) C_{ав} \right\} + \\ & + \bar{F}(T_p) [C_{нл} + n C_{np}], \end{aligned} \quad (6)$$

де $\bar{\Phi} = (1 - \Phi)$ – функція ненадійності ;

Φ – функція надійності по $\bar{F}(t)$ і $F(t)$;

де $C_{ав}$ – час аварійного ремонту (заміни);

C_{np} – час на перевірку;

C_{npred} – час на ремонт (заміну) за результатами перевірки;

$C_{нлан}$ – час на ремонт (заміну) в справному стані;

$C_{нлпред}$ – час на попереджувальний ремонт (заміну) в передвідмовному стані.

Для моделювання розрахунків стратегій і режиму обслуговування блочно-комплектного устаткування магістральних газопроводів використано розподіл Вейбулла.

Таким чином, для розподілу часу роботи в справному стані маємо:

$$F(t) = 1 - \exp(-a_1 t^{b_1}), \quad (7)$$

$$\bar{F}(t) = \exp(-a_2 t^{b_2}); \quad (8)$$

а для розподілу часу роботи в передвідмовному (несправному, але роботоздатному) стані маємо:

$$\Phi(t) = 1 - \exp(-a_{\Phi} t^{b_{\Phi}}), \quad (9)$$

$$\bar{\Phi}(t) = \exp(-a_{\Phi} t^{b_{\Phi}}); \quad (10)$$

де a_F і a_{Φ} – параметр масштабу,

b_F і b_{Φ} – параметр форми.

Для середнього напрацювання до заміни або зняття з експлуатації отримуємо:

$$\begin{aligned} t'_p(\theta, T_p) = & \sum_{\kappa=0}^{n-1} \int_{\kappa\theta}^{(\kappa+1)\theta} dF(t) \left\{ t + \bar{\Phi}[(\kappa+1)\theta - t] \times \right. \\ & \left. \times [(\kappa+1)\theta - t] + \int_0^{(k+1)\theta-t} d\Phi(y) y \right\} + \\ & + \int_{n\theta}^{T_p-t} dF(t) \left\{ t + \bar{\Phi}(T_p - t)(T_p - t) + \int_{n\theta}^{T_p-t} d\Phi(y) y \right\} + \\ & + \bar{F}(T_p) T_p. \end{aligned} \quad (11)$$

Середній час на обслуговування визначасмо з наступного отриманого виразу:

$$\begin{aligned} t_p(\theta, T_p) = & \sum_{\kappa=0}^{n-1} \int_{\kappa\theta}^{(\kappa+1)\theta} dF(t) \left\{ \kappa \tau_{np} + \bar{\Phi}[(\kappa+1)\theta - t] \times \right. \\ & \left. \times [\tau_{np} + \tau_{npred}] + \int_0^{(k+1)\theta-t} d\Phi(y) \tau_{ав} \right\} + \\ & + \int_{n\theta}^{T_p-t} dF(t) \left\{ n \tau_{np} + \bar{\Phi}(T_p - t) \tau_{нлпред} + \Phi(T_p - t) \tau_{ав} \right\} + \\ & + \bar{F}(T_p) [\tau_{нл} + n \tau_{np}], \end{aligned} \quad (12)$$

де $\tau_{ав}$ – час аварійного ремонту (заміни);

τ_{np} – час на перевірку;

$\tau_{пред}$ – час на ремонт (заміну) за результатами перевірки;

$\tau_{план}$ – час на ремонт (заміну) в справному стані;

$\tau_{плпред}$ – час на попереджувальний ремонт (заміну) в передвідмовному стані.

Питомими показниками ефективності обслуговування і ремонту є:

$\bar{z}_p = \frac{z_p}{t'_p}$ – питомі затрати на одиницю напруцювання;

$\bar{z}'_p = \frac{z_p}{t'_p + t_p}$ – питомі затрати на одиницю календарного часу;

$K_G = \frac{t'_p}{t'_p + t_p}$ – середня частка часу в працездатному стані (коефіцієнт готовності).

За наявності повної інформації про тривалість роботи об'єкта в справному і передвідмовному стані, коли відомі функції розподілу $F(t)$ і $\Phi(t)$, знаходимо оптимальне число перевірок і їх періодичність, котрі забезпечують мінімальні затрати за умови забезпечення високого коефіцієнта готовності.

Задачу вибору оптимального режиму обслуговування БКУ магістральних газопроводів необхідно розв'язувати як оптимізаційну задачу, що дозволяє мінімізувати питомі затрати на обслуговування БКУ при обмеженнях, накладених на коефіцієнт готовності обладнання. Таким чином, за наявності повної інформації про параметри функцій розподілу $F(t)$ і $\Phi(t)$ задача вибору оптимального режиму обслуговування БКУ запишеться в вигляді [6/64, 65, 66]:

$$\left. \begin{aligned} \min_{\theta, T_p} \bar{z}_p(\theta, T_p) \\ \text{при } K_G(\theta, T_p) \geq K_{G \min}^0 \end{aligned} \right\}, \quad (13)$$

де $K_{G \min}^0$ – задане мінімальне значення коефіцієнта готовності.

Рациональні стратегії обслуговування для структурних схем відокремленого блочно-комплектного устаткування магістральних газопроводів

Як відокремлене блочно-комплектне устаткування розглянемо блочний газоперекачуючий агрегат, який є основним видом технологічного устаткування як традиційних, так і блочно-комплектних компресорних станцій.

Всі роботи за технічного обслуговування і ремонту повинні виконуватися в повній відповідності з діючими інструкціями з технічного обслуговування і ремонту конкретного устаткування. А зокрема, для ГПА за діючою в теперішній час методикою розрахунки термінів виведення в плановий ремонт проводяться за щорічними статистичними даними про відмови ГПА. При цьому враховується надійність тіль-

ки механічної частини ГПА. Відбудовні роботи на допоміжних системах пристосовуються до ремонту деталей і вузлів агрегату /3/. Після того, як для кожної деталі ГПА визначено оптимальні терміни дефектації, розробляється об'єднання ремонтних робіт для деталей, що мають близькі значення періодів регенерації. У такий спосіб використовується не весь ресурс елементів ГПА, тобто утворюється так званий залишковий ресурс.

Блочно-комплектний ГПА складається, як правило, із блоків, вузлів і деталей. У деяких ГПА авіаційний привод має модульну конструкцію. Резервування на жодному з перерахованих структурних рівнів блочно-комплектних ГПА немає.

При обслуговуванні за стратегіями А, В і С замінними елементами для об'єкта загалом є блоки, вузли і деталі; для блоків - блоки, вузли і деталі; для вузлів - вузли і деталі. У такий спосіб об'єктами обслуговування є ГПА, блоки і вузли. Очевидно, що замінити тільки блоки або тільки деталі недоцільно. Виходячи з цього, маємо різні розрахункові схеми (рис. 2). Однак слід зазначити, що в перспективі під час створення необхідного обмінного фонду обслуговування і ремонт БКУ магістральних газопроводів шляхом заміни тільки блоків може виявитися досить ефективним і економічно доцільним. Насамперед це може мати місце для блочно-комплектних об'єктів, експлуатованих у важкодоступних регіонах зі складним природно-кліматичними умовами.

При виборі індивідуальних раціональних стратегій обслуговування структурних рівнів відособленого блочно-комплектного устаткування магістрального газопроводу необхідно, насамперед, виходити з технологічних міркувань (уніфікації, ремонтної технологічності, доцільного розчленовування і тощо). Потім з конкуруючих варіантів вибрати за результатами проведених розрахунків найбільш раціональний, тобто конкретну стратегію, що забезпечує за даних значень безвідмовності і ремонтопридатності екстремуми показників ефективності режиму обслуговування.

При кожній конкретній схемі розбивання БКУ на об'єкти обслуговування і для кожного окремо розглянутого блоку чи вузла деталі існуватиме досить строге співвідношення показників ремонтпридатності (рис. 3).

Відповідно до побудованої моделі технічного обслуговування і ремонту БКУ магістральних газопроводів досліджений вплив середнього наробітку в справному стані і середньому наробітку в передвідмовному стані на показники ефективності обслуговування БКУ. Результати розрахунків представлені на рисунках 4 і 5.

Для стратегій з ремонтом вартість і час планових і планово-попереджувальних ремонтів можуть бути близькі за абсолютним значенням мінімальним аварійним:

$$\begin{aligned} \max \tau_{пл} \leq \max \tau_{пл.пред} \leq \min \tau_{аб} \\ \max c_{пл} \leq \max c_{пл.пред} \leq \min c_{аб} \end{aligned} \quad (14)$$

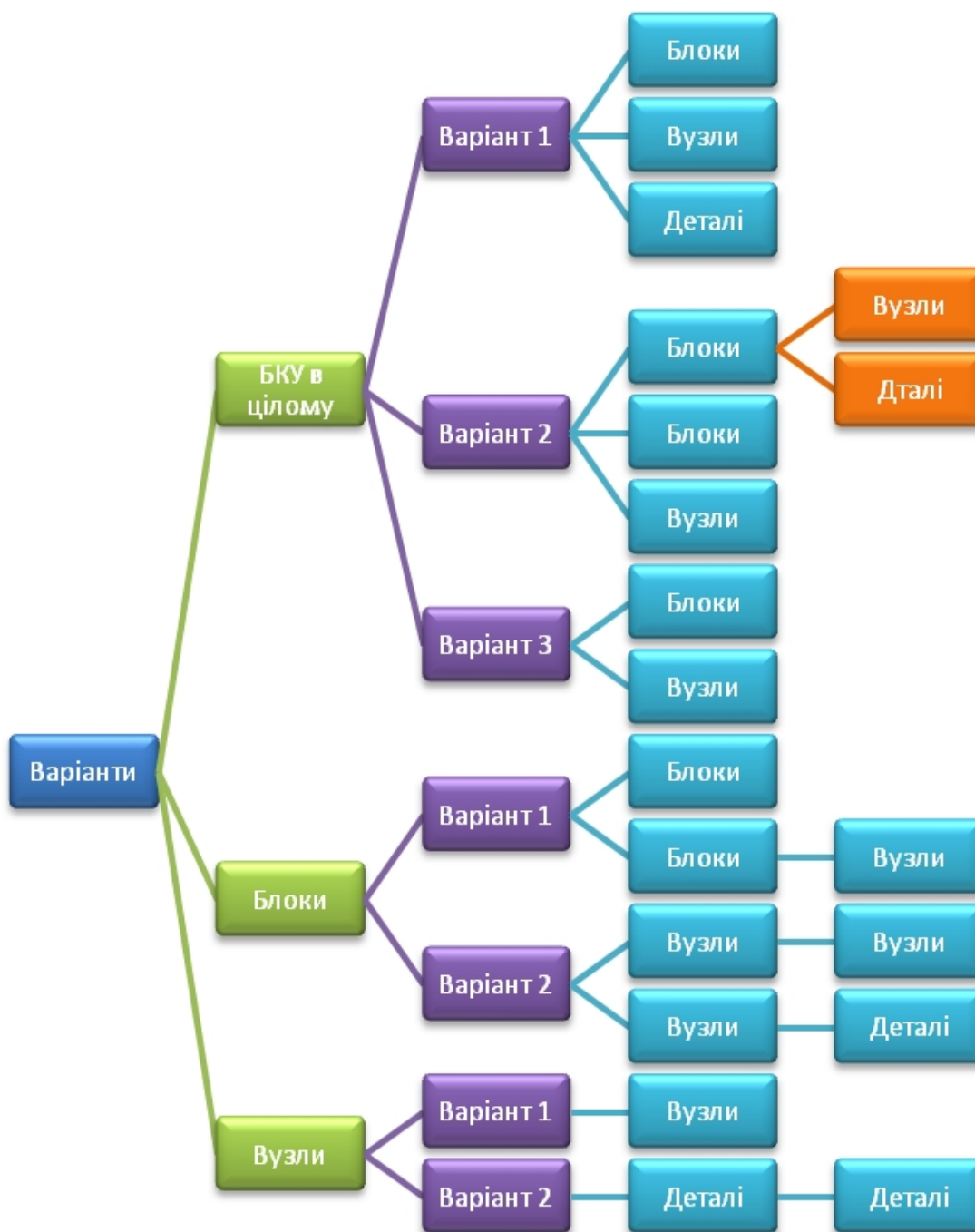


Рисунок 2 – Можливі розрахункові схеми вибору індивідуальних раціональних стратегій обслуговування

Для перевірок по стратегіях з ремонтом маємо:

$$\begin{aligned} \tau_{np} < \tau_{nl}, \\ c_{np} < c_{nl} \end{aligned} \quad (15)$$

У випадку стратегії із замінами (тобто обслуговується блочно-комплектне устаткування) все по-іншому. Час заміни (планової, планово-попереджувальної, і навіть попереджувальної) може виявитися меншим часу, необхідного на перевірку цього ж елемента. Невисокою є вартість власне операції "заміна", і в окремих випадках вона може бути меншою витрат на перевірку. Однак необхідно мати на

увазі, що ні абсолютний час на заміну, ні вартість операції із заміни елемента не характеризують процес технічного обслуговування і ремонту. При технічному обслуговуванні і ремонті за стратегіями А, В і С у пропонуваніх математичних моделях, визначаючи значення показників ремонтпридатності, варто враховувати витрати і час, пов'язані з демонтажно-монтажними роботами, очікуванням і доставкою запасного елемента, та (за необхідності) спеціалізованої ремонтної бригади [5]. Необхідно включати у витрати вартість елемента, отриманого з обмінного фонду (з чи обліком без обліку зданого в ремонт).

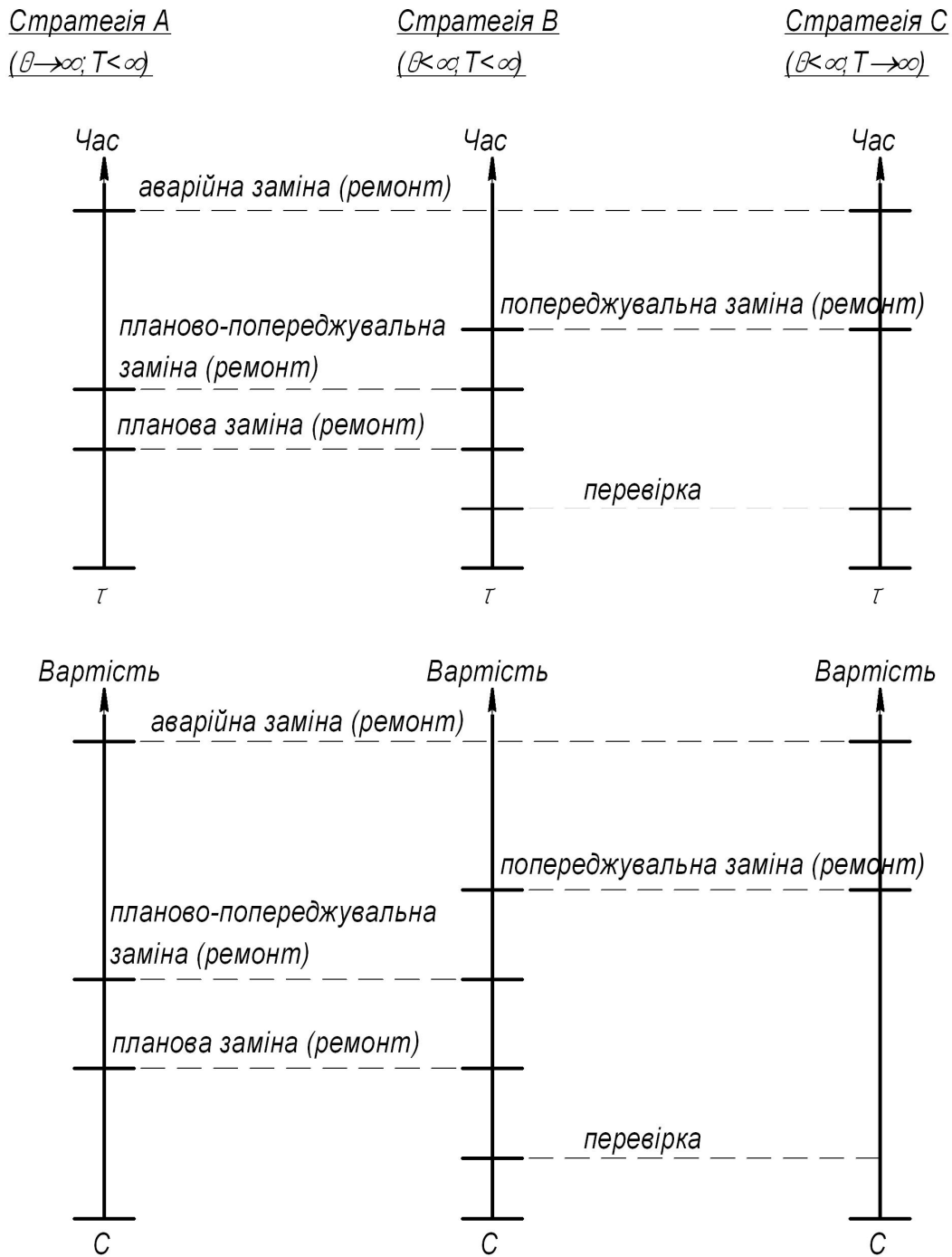


Рисунок 3 – Поділ показників ремонтпридатності для окремо розглянутих елементів

При фіксованій стратегії обслуговування (стратегія В) і фіксованому місці ремонту (ремонт на базі) визначаємо оптимальні рівні обслуговування БКУ, тобто вибираємо раціональну схему розбиття БКУ на об'єкти обслуговування. У таблиці 1 наведено фрагмент результатів розрахунків для трьох альтернативних схем розчленовування блочно-комплектного ГПА на об'єкти обслуговування. Аналіз розрахунків свідчить, що з трьох розглянутих альтернативних схем розбиття (на блоки, на вузли, на деталі) схема розчленовування на вузли загалом для досліджуваних об'єктів є раціональною. Однак у ряді випадків за певних умов

(наприклад, у табл. 1 для ГПА № 1 при $T_p = 20000$ год, $\theta = 870$ год) раціональною може бути і схема розбиття на блоки. Виконані розрахунки і дослідження показали, що найбільш раціональними для блочно-комплектних ГПА є схеми типу II, IV і V (рис. 3).

Для структурних рівнів відособленого блочно-комплектного устаткування магістральних газопроводів вибираємо індивідуальні раціональні стратегії обслуговування, вирішуючи задачу виду (13) для кожного конкретного об'єкта.

Аналіз і розрахунки, проведені по блочно-комплектних ГПА ГТК-25, ГПА-Ц6,3 ГТН-16 довели:

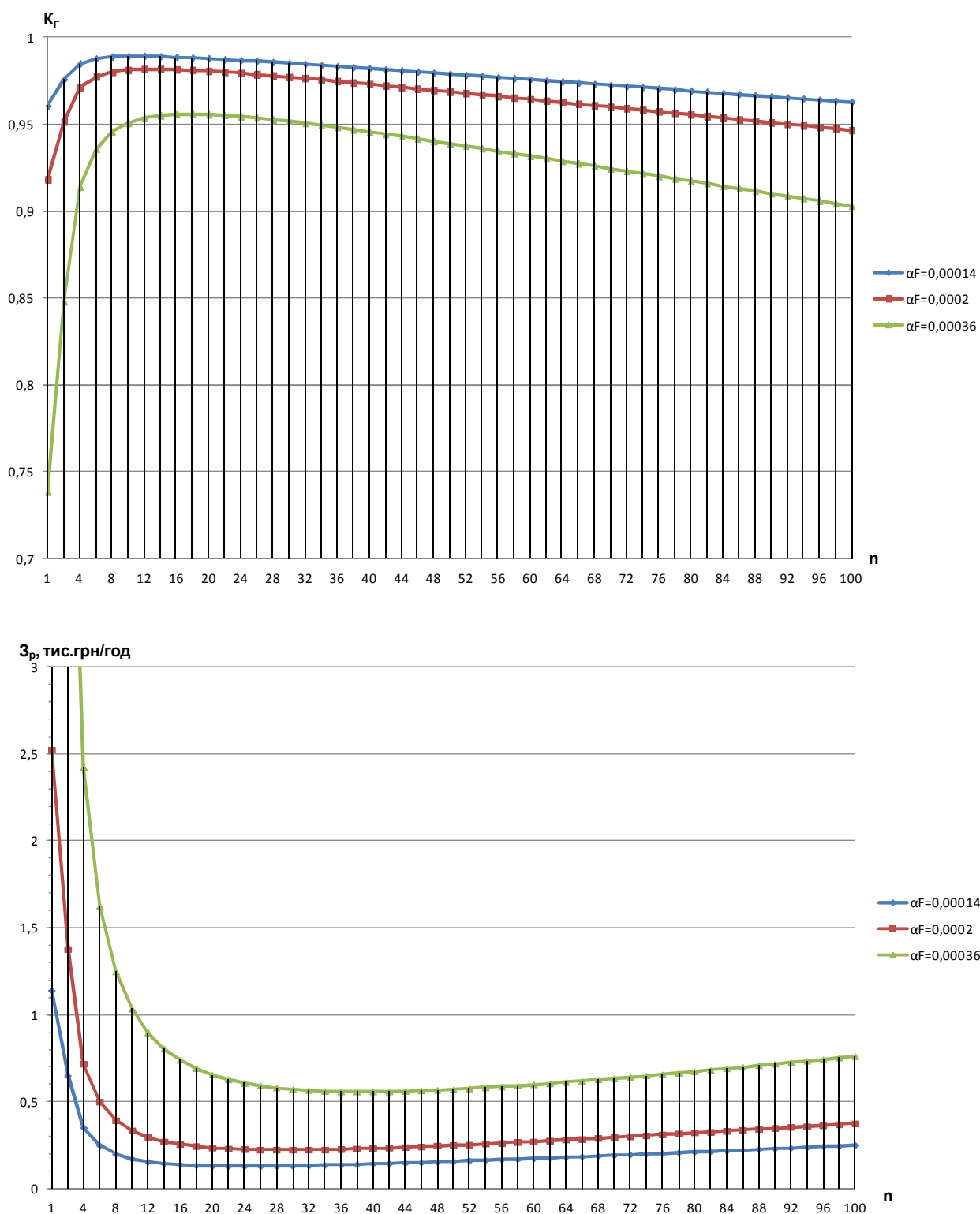


Рисунок 4 – Зміна показників обслуговування БКУ за різних значень середнього напрацювання в справному стані (параметр α_F)

Якщо час, потрібний на усунення наслідків аварії (аварійну заміну) не перевищує часу на проведення планових робіт, то максимальний коефіцієнт готовності для високонадійних об'єктів обслуговування (наприклад, блоків) досягається при стратегії А. При переході до стратегії В коефіцієнт готовності, природно, знижується, тобто перші перевірки нічого, крім ви-

трат часу і коштів, не дають. Однак при наступних перевірках коефіцієнт готовності починає зростати, досягає максимального значення при визначеній (оптимальній) періодичності перевірок, і знову спадає, тобто подальше збільшення кількості перевірок недоцільне. При цьому середні питомі витрати змінюються не-монотонно. При невеликій кількості перевірок

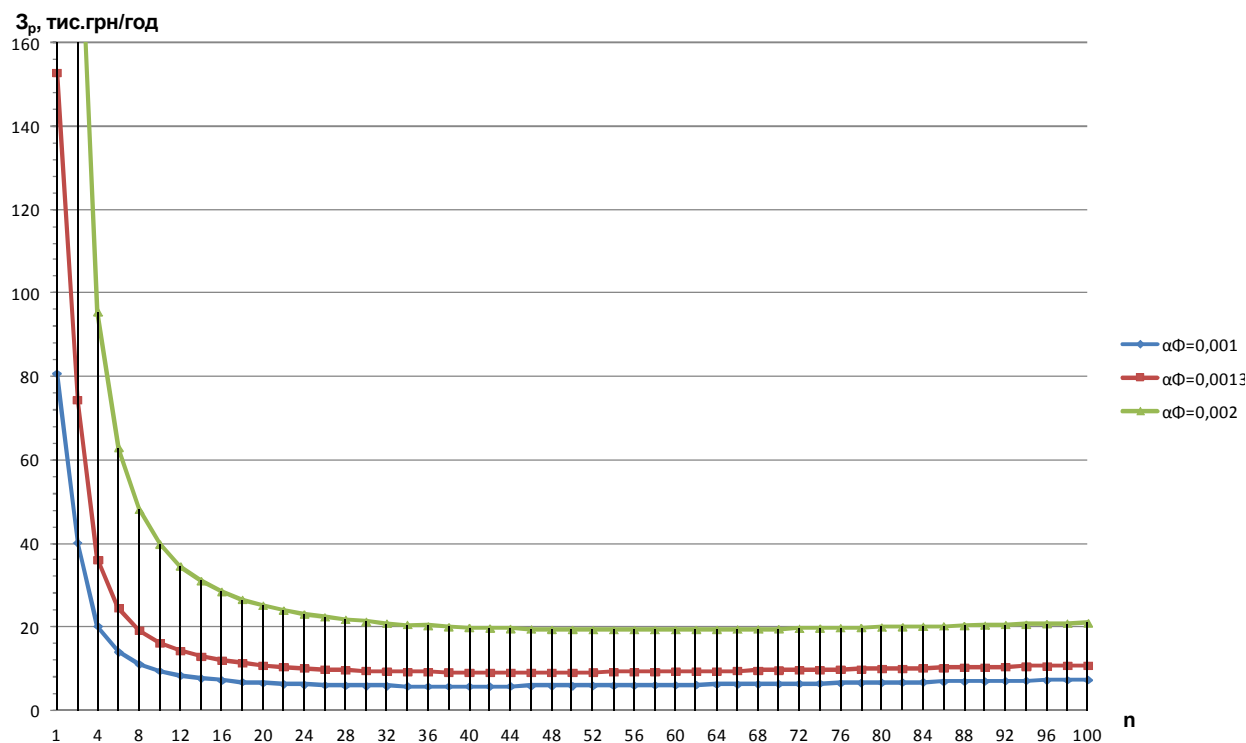
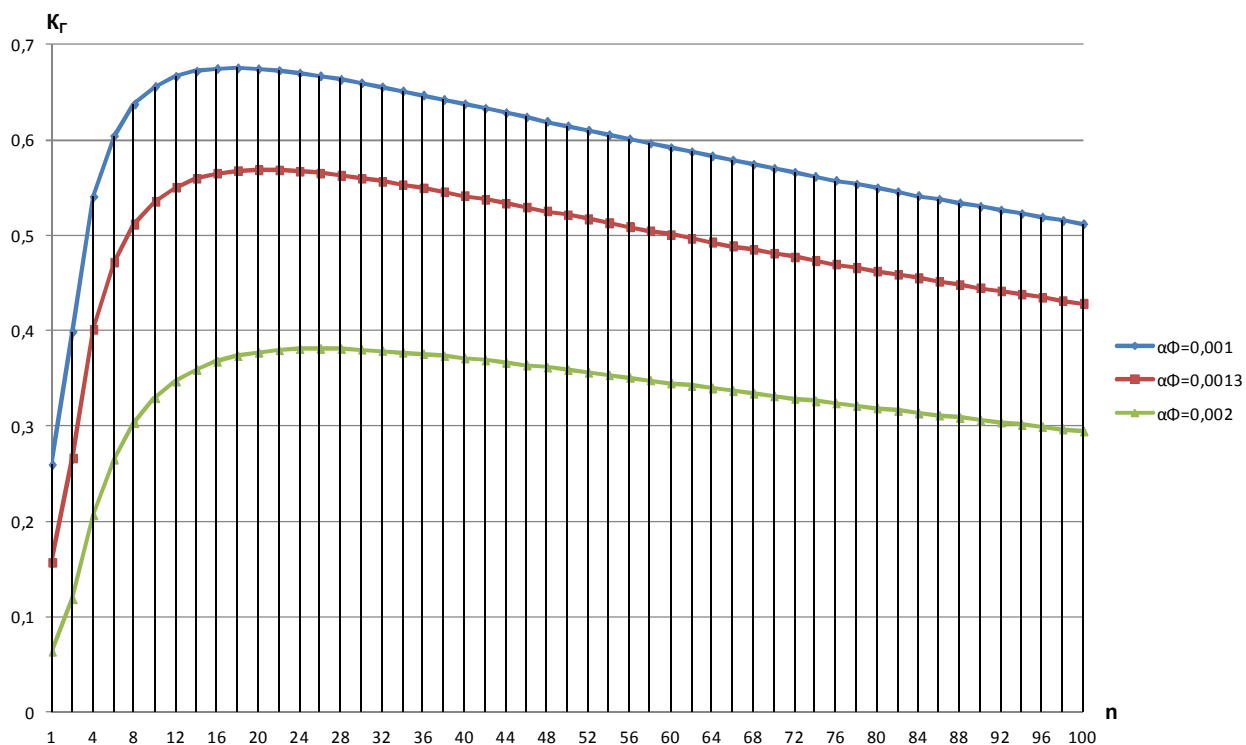


Рисунок 5 – Зміна показників обслуговування БКУ за різних значень середнього напрацювання в передвідмовному стані (параметр α_Φ)

(велика періодичність) вони зростають, потім зменшуються, досягають оптимального значення і знову ростуть.

В даний час як машинобудівні заводи, що випускають блокові ГПА, так і спеціалізовані підприємства з виготовлення блочно-комплектних пристроїв враховують, що ресурс вузлів і деталей, що мають обмежений термін служби,

повинний бути погоджений із установленим міжремонтним періодом, тобто бути рівним чи кратної йому.

У такий спосіб для кожного елемента з трьох стратегій (А, В и С) вибираємо найбільш раціональну. Якщо під час перевірки на працюючому устаткуванні не можна переконаватися в повній справності блоків чи вузлів, то

Таблиця 1 – Вибір раціональної схеми розчленування БКУ на об'єкти обслуговування (на прикладі блочного ГПА «ГТК-101» при $K_{\Gamma \min}^0 = 0,98$)

Стационарний № ГПА	Режим обслуговування		Питомі витрати за різних схем розчленування		
	θ , год.	Тр, год.	$\min \bar{Z}_p$, грн./год		
			На блоки	На вузли	На деталі
1	800	8000	80,58	63,24	83,64
	800	12000	66,81	59,67	83,13
	842	16000	60,18	55,59	82,11
	870	20000	56,1	59,67	83,64
2	800	8000	82,11	63,75	86,19
	800	12000	67,32	61,2	84,66
	842	16000	62,22	56,61	83,64
	870	20000	57,63	60,69	86,7
3	800	8000	90,27	66,81	90,78
	800	12000	88,23	63,24	87,72
	842	16000	82,11	59,67	87,21
	870	20000	75,99	61,2	87,21
4	800	8000	89,76	65,79	91,29
	800	12000	86,19	62,22	87,21
	842	16000	80,58	59,16	86,19
	870	20000	74,97	60,69	86,7

Таблиця 2 – Вибір раціональної стратегії і режиму обслуговування БКУ магістральних газопроводів (на прикладі блоків приводів БКУ)

Тип ГПА	Стратегія	$K_{\Gamma \min}^0$	$\min \bar{Z}_p$, грн/год	Режим обслуговування і ремонту	
				θ , год.	Тр, год.
ГТК-251	A	0,945	94,35	-	4000
	B	0,955	61,71	516	16000
	C	0,955	57,63	738	-
ГТН-16	A	0,63	41,31	-	6000
	B	0,65	33,15	387	12000
	C	0,65	26,52	452	-
ГПА-Ц6,3	A	0,74	62,57	-	8000
	B	0,68	39,2	842	16000
	C	0,68	31,5	968	-

необхідно вивести БКУ на профілактику і зняти вузол для контролю на спеціальних стендах і приладах. Діагностика проводиться відповідно до методів, розроблених в [6] і нормативних документів.

Розрахунки показали, що найкращими для елементів БКУ магістральних газопроводів є стратегії B і C, при яких можливе забезпечення високого коефіцієнта готовності за істотного зниження питомих витрат у порівнянні зі стратегією A (табл. 2).

Висновки

На основі виконаних досліджень доказана доцільність розчленування БКУ на елементи різного рівня ієрархії, вибору раціональної схе-

ми розчленування БКУ на об'єкти обслуговування, визначення стратегії і режиму обслуговування для кожної схеми.

Проведені дослідження показали, що періодичність обслуговування і ремонту блочно-комплектних ГПА і їхніх елементів істотно залежить не тільки від індивідуальних надійнісних характеристик (зокрема, показників безвідмовності), але і від призначеного ресурсу (тобто терміну до планового чи ремонту заміни). Одержуємо вершину оптимуму. При цьому домагаємося питомих витрат на технічне обслуговування, істотно менших, ніж для стратегії A, тобто під час обслуговування без перерв.

В результаті отримали, що більш кращими для елементів БКУ магістральних газопроводів

є стратегії В і С, за яких можливе забезпечення високого коефіцієнта готовності при істотному зниженні питомих витрат у порівнянні зі стратегією А (табл. 2).

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.: іл. – 703-708. - 4 курс, 5 курс.

2 Іванов О.В. Аналіз обслуговування технологічного обладнання магістральних газопроводів / О.В. Іванов // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2012. – №2(43). – С. 56-65.

3 Куриц С.Я. Блочно-комплектное строительство в нефтяной и газовой промышленности / С.Я. Куриц. – М.: Недра, 1977. – 304 с.

4 Технічна діагностика трубопровідних систем: монографія / [Грудз В.Я., Грудз Я.В., Костів В.В. та ін.]. – Івано-Франківськ: Лілея-НВ, 2012. – 512 с.

5 Комягин А.Ф. Централизация технического обслуживания газопроводов / А.Ф. Комягин, О.А. Атаев. – М.: Недра, 1978. - 288 с.

6 Терентьев Л.И. Ремонт газоперекачивающих агрегатов с газотурбинным приводом / Терентьев Л.И., Седых З.С. – М.: Недра, 1985. – 232 с.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
26.02.13*

*Рекомендована до друку
професором **Грудзом В.Я.**
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)
професором **Петришиним Л.Б.***

*(Прикарпатський національний університет
імені В. Стефника, м. Івано-Франківськ)*