

РЕАЛІЗАЦІЯ ОПТИМАЛЬНИХ ЗМІШАНИХ СТРАТЕГІЙ СКЛАДНОЮ СИСТЕМОЮ РАДІОУПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМИ ЗАСОБАМИ

В даній статті проведено реалізацію оптимальних змішаних стратегій складної системи радіоуправління технічними засобами методом статистичних випробувань. Запропонована блок-схема алгоритму, що моделює процес формування реалізації оптимальної змішаної стратегії, яка потрібна для подальших робіт з розробки пристроїв управління технічними засобами, які будуть більш пристосованими до експлуатації з урахуванням електромагнітної сумісності.

Ключові слова: технічні засоби, система радіоуправління, змішані стратегії.

Вступ. Значне збільшення кількості традиційних радіозасобів в останній час, та поява нових радіосервісів різного роду (радіо, сотових, транкінгових і т.д.), привело до різкого погіршення електромагнітної обстановки, особливо в КХ та УКХ діапазонах. Ефективність управління технічними засобами багато в чому визначається повнотою і достовірністю інформації про рівень шумів і перешкод у точці прийому та передачі.

Разом з цим, специфіка радіоуправління технічними засобами обумовлює необхідність внесення в відомий науково-методичний апарат деяких змін і доповнень, що враховують сучасні умови в ефірі. Це може стосуватися переліку вихідних даних взаємодіючих радіоелектронних засобів, моделей поширення радіосигналів, критеріїв забезпечення електромагнітної сумісності (ЕМС), а також особливостей врахування методів зменшення впливу перешкод.

Ефективність керування багато в чому залежить від вибору й функціонування складної системи радіоуправління технічними засобами в умовах протидії.

На новому рівні формування обліку технічних засобів і технологій повстає проблема реальності статистичних гарантій забезпечення безперервного керування по радіо.

Зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.

Одним із завдань наукової роботи в Збройних Силах України (ЗСУ) на сучасному етапі є розв'язання актуальних проблем науково-технічного супроводження заходів Державної цільової оборонної програми розвитку озброєння та військової техніки (ОВТ) ЗСУ на 2012-2017 роки щодо розроблення, модернізації, закупівлі ОВТ; обґрунтування перспективних шляхів розвитку ОВТ, формування оперативнотрагетичних та оперативнотактичних вимог до пріоритетних систем (зразків) ОВТ ЗСУ.

Аналіз досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми. Із часом кількість електронних засобів неухильно росте й до них висуваються усе більш жорсткі вимоги з електромагнітної сумісності. Саме тому ведеться розробка нових методів і засобів боротьби з перешкодами. Надійність і безперервність управління технічними засобами в Збройних Силах України у цей час у значній мірі визначається здатністю забезпечувати їхню роботу з урахуванням електромагнітної сумісності [1, 2].

Кількість і якість параметрів ЕМС технічних засобів визначається шляхом перевірок на спрацювання виробу, вимірів параметрів і випробувань на ЕМС. В останні роки вводяться в дію нові вітчизняні стандарти й методи випробувань, що регламентують обсяг сучасних вимог до технічних засобів по забезпеченню електромагнітної сумісності.

Питання вибору показників, придатних для використання критеріїв ефективності роботи систем, розглянуті в роботах ряду авторів [3, 4]. Зі збільшенням радіоперешкод збільшуються вимоги до систем по управлінню технічними засобами. Технічні засоби повинні бути здатними виконувати покладені на них завдання з урахуванням сучасної електромагнітної сумісності, що потребує подальших досліджень.

Окреслення невирішеної часткової задачі загальної проблеми (мета статті). Під ефективністю складної системи прийнято розуміти здатність системи виконувати покладені на неї завдання. Система радіоуправління технічними засобами має специфічне призначення, принципи дії й умови застосування, що обумовлює особливості кількісної оцінки її ефективності. Найважливіші вимоги, яким повинен відповідати критерій ефективності будь-якої складної системи полягають в наступному:

– відбиття основного призначення системи й відповідність критерію меті проведеного дослідження;

– критичність до параметрів, що характеризують призначення системи;

– наочність і простота визначення.

При цьому специфічний прямий показник характеризує ефект, отриманий при досягненні мети функціонування, а прагматичний прямий показник визначає ступінь досягнення мети (середнє число виконаних завдань, ймовірність досягнення мети).

Мета статті – провести аналіз впливу перешкод на якість радіоуправління технічними засобами та реалізувати оптимальні змішані стратегії складної системи радіоуправління технічними засобами.

Викладення основного матеріалу. Реалізації оптимальних змішаних стратегій по радіоуправлінню технічними засобами Ξ^* і H^* можуть бути отримані на ЕОМ методом статистичних випробувань

Для того, щоб з сукупності стратегій

$$\{X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_m\} \quad (1)$$

вибрати стратегію X_i , досить вказати номер стратегії i ($i = \overline{1, m}$). Тоді завдання формування реалізації оптимальної змішаної стратегії Ξ^* може бути зведене до завдання формування реалізації дискретної цілої випадкової величини φ , що ухвалює кінцеве число можливих значень

$$1, 2, \dots, i, \dots, m$$

з ймовірностями

$$\xi_1^*, \xi_2^*, \dots, \xi_i^*, \dots, \xi_m^*.$$

Вихідними даними для моделювання є числа

$$\{l_1, l_2, \dots, l_i, \dots, l_m\},$$

які обчислюються по формулі

$$l_i = \sum_{r=1}^i \xi_{r-1}^* \quad (2)$$

де $i = \overline{1, m}$, $l_m = 1$ при $i = m$.

Крім того, застосовуються випадкові числа x_φ , які є можливими значеннями рівномірно розподіленої в інтервалі $(0,1)$ випадкової величини φ . Процес радіоуправління технічними засобами (подія), що полягає в прийнятті випадковою величиною φ значення i визначимо як подію, що полягає у влученні обраного значення x_φ в інте-

рвал $l_{i-1} < x_\varphi \leq l_i$. Ймовірність влучення числа x_φ у зазначений інтервал є ξ_i^* , тому що

$$l_i - l_{i-1} = \xi_i^*.$$

Послідовне порівняння випадкового числа x_φ з числами l_i є змістом процесу моделювання випробувань, названого визначенням результату випробувань по жеребу відповідності з ймовірностями

$$\xi_1^*, \xi_2^*, \dots, \xi_i^*, \dots, \xi_m^*.$$

Переходячи від реалізації випадкової величини φ до реалізації оптимальної змішаної стратегії Ξ^* по радіоуправлінню технічними засобами слід врахувати, що загальний час застосування стратегії X_i в реалізації не повинне перевищувати T тобто

$$\sum T_i^x < T.$$

Для побудови алгоритму, що моделює процес формування реалізації $\Xi_{x_\varphi}^*$, введемо наступні оператори:

Φ_1 – датчик випадкових чисел x_φ ;

F_2 – введення $i = 1$;

P_3 – перевірка умови $x_\varphi \leq l_i$;

F_4 – збільшення i на 1;

F_5 – фіксація i ;

F_6 – видача T_i^x ;

A_7 – підсумовування T_i^x ;

P_8 – перевірка умови $\sum T_i^x < T$;

F_9 – видача чергового x_φ ;

$Я_{10}$ – видача результатів однієї реалізації Ξ^* .

Операторна схема алгоритму має вигляд:

$${}^9\Phi_1 \rightarrow {}^{1,4}F_2 P_3 \uparrow F_4 \rightarrow {}^3F_5 F_6 A_7 P_8 \downarrow F_9 \rightarrow {}^8Я_{10}.$$

Операторна схема й блок-схема алгоритму (рис. 1), що моделює процес формування реалізації оптимальної змішаної стратегії Ξ^* , мають аналогічний вигляд за умови заміни в блок-схемі алгоритму індексу i на j .

Реалізація Ξ^* являє собою послідовність із N цілих чисел, що є номерами i чистих стратегій 1-го гравця, що й ухвалює значення від 1 до m . З кожним числом i зв'язана стратегія x_i . i час її застосування T_i^x . Тому число N залежить від стратегій, що ввійшли в реалізацію, часів їх застосування й часу T . В ігровій моделі конфліктуючі системи S_1 і S_2 представляються двома гравцями із протилежними інтересами. 1-й гравець за допомогою радіозасобу управляє технічними засобами, 2-й гравець працює на цій же частоті й створює перешкоди.

Процес формування реалізації Ξ^* , може здійснюватися як безпосередньо під час гри в

реальному масштабі часу, так і до початку гри. У першому випадку для формування реалізації передбачається використання в грі ЕОМ. У другому випадку сформовану до початку гри за допомогою ЕОМ реалізацію Ξ^* можна розглядати як задану на гру програму вибору стратегій у реальному масштабі часу. У цьому випадку немає необхідності використовувати ЕОМ безпосередньо в грі, і ЕОМ вивільняється для розв'язання інших завдань. Аналогічні міркування можна провести для реалізації оптимальної змішаної стратегії H^* .

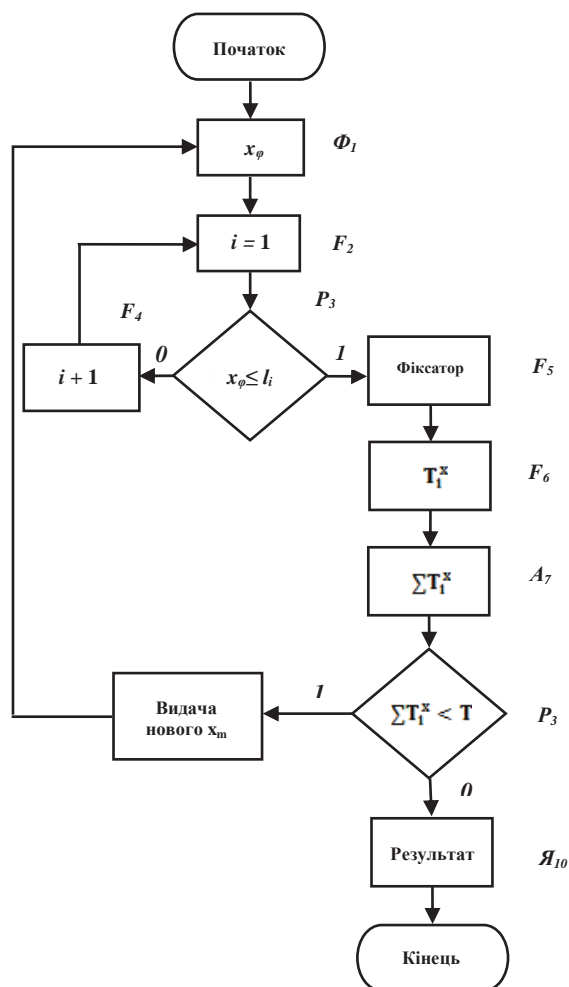


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритму моделювання оптимальної змішаної стратегії

Реалізація Ξ^* може бути записана у вигляді функції $i(t)$, де під $i(t)$ розуміється застосовувана в момент t стратегія 1-го гравця з номером i . Для того, щоб описати відповідно до даної реалізації поведінку 1-го гравця, введемо наступні позначення:

l – номер ходу 1-го гравця в грі,

i_l – номер застосовуваної 1-м гравцем чистої стратегії при l -тому ході,

t_l – час від початку гри до моменту вико-

нання l -того ходу, причому для 1-го ходу прийmemo $t_1 = 0$.

Використовуючи одиничні функції типу $1(x)$, для яких

$$1(x) = \begin{cases} 1 & \text{при } x \geq 0, \\ 0 & \text{при } x < 0. \end{cases}$$

можна записати функцію $i(t)$ у наступному вигляді

$$i(t) = \sum_{l=1}^{N+1} i_l \cdot 1(t - t_l) \cdot 1(t_{l+1} - t), \quad (3)$$

де $t_{l+1} = t_l + T_{i_l}^x$.

Таким чином, при заданій реалізації Ξ^* функція $i(t)$ для 1-го гравця є правилом виконання ходів протягом гри, записаним в аналітичному виді. Помітимо, що $i(t)$ не залежить від поведінки 2-го гравця й виконуваних їм ходів. За аналогією реалізація H^* представляється у вигляді функції $j(t)$ яка визначає правило виконання ходів 2-м гравцем.

При переході до функціонування складної системи S_1 шуканий оператор керування записується у вигляді

$$G_{\text{упр}} = i(t). \quad (4)$$

Функціонування системи S_1 здійснюється в такий спосіб. У момент початку функціонування t_1 включається захист x_{i_1} . Через час $T_{i_1}^x$ у момент t_2 керуючий вплив включає захист x_{i_2} на час $T_{i_2}^x$ і т.д.

Керування захистами здійснюється в умовах протидії функціонуванню системи радіоуправління технічними засобами S_1 незалежно від поведінки антисистеми S_2 . Керування захистами за законом $i(t)$ забезпечує функціонування системи S_1 з ефективністю в середньому не нижче M . Антисистема S_2 повинна управляти перешкодами за законом $j(t)$, щоб ефективність системи S_1 у середньому не перевищувала M .

Таким чином, керування засобами захисту при відсутності інформації про застосовувані у цей момент перешкоди припускає наявність наступних етапів:

- обчислення ймовірності застосування захисту без урахування часу його однократного використання;
- обчислення ймовірності застосування захисту з урахуванням часу його однократного використання;
- формування реалізації $i(t)$;
- конкретне керування захистами відповідно до керуючого впливу $i(t)$.

Перші три етапи є підготовчими й можуть бути реалізовані до початку функціонування системи S_1 . Четвертий етап реалізується в процесі

функціонування системи S_1 . При керуванні системою відповідно до програми $i(t)$, ефективність системи в середньому не нижче M .

Оптимальна змішана стратегія Ξ^* , яка реалізується, отримана з P^* з урахуванням термінів однократного застосування захистів.

Відхилення системи S_1 від Ξ^* може тільки знизити ефективність її функціонування. Зміна термінів застосування хоча б одного із захистів вимагає зміни ймовірностей застосування всіх вхідних захистів в Ξ^* . При цьому ефективність функціонування системи S_1 зберігається на рівні не нижче M , а якщо ні, то ефективність системи S_1 може тільки понизитися. При переході від P^* до Ξ^* склад активних захистів зберігається, змінюються тільки ймовірності їх застосування. Стратегія Ξ^* не залежить від поведінки антисистеми S_2 . Зміна ймовірностей застосування перешкод і часів їх застосування в порівнянні з H^* може тільки підвищити ефективність системи S_1 .

Наявність в системі S_1 інформації про терміни однократного застосування перешкод не приводить до підвищення ефективності системи S_1 у порівнянні з випадком відсутності інформації про ці терміни, а дозволяє лише висунути вимоги до часів розпізнавання цих перешкод. Умова наявності інформації про часи однократного застосування перешкод не є істотною і не впливає на систему керування захистами, у цьому випадку ця інформація є надлишковою.

У наведеному вище випадку прийемо поведінку 2-го гравця "нерозумним", що відповідає випадку гри 1-го гравця з "природою" (перешкодами на частотах, на яких працює 1-й гравець). У розглянутій грі дані множин чистих стратегій 1-го гравця й "природи"

$$x = \{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_m\} \text{ і } y = \{y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_n\}.$$

Множини часу однократного застосування зазначених стратегій

$$T^x = \{T_1^x, T_2^x, \dots, T_i^x, \dots, T_m^x\} \text{ і } T^y = \{T_1^y, T_2^y, \dots, T_j^y, \dots, T_n^y\}.$$

"Природа" не аналізує поведінку 1-го гравця. Ця умова означає, що $t_i^x = \infty$ для кожного $i = 1, m$. 1-й гравець не встигає визначити застосовувану природою стратегію й $t_j^y > T_j^y$ для кожного $j = 1, n$

За результатами аналізу статистичних випробувань поведінки природи 1-му гравцеві відома стратегія природи H , записана у вигляді множини

$$H = \{\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_j, \dots, \eta_n\}, \quad (5)$$

де η_j – ймовірність застосування стратегії y_j – з урахуванням часу її однократного застосування.

Слід знайти оптимальну стратегію 1-го гравця, що забезпечує йому одержання максимального середнього виграшу M за час гри T .

За даних умов вибір оптимальної стратегії необхідно робити, використовуючи методи теорії статистичного розв'язання. У відповідності із зазначеною теорією для кожної стратегії x_i 1-го гравця обчислюється середній виграш \bar{a}_i по формулі

$$\bar{a}_i = \sum_{j=1}^n q_j \cdot a_{ij},$$

де q_j – ймовірність застосування "природою" стратегії y_j без урахування часу T_j^y .

Оптимальною стратегією $x^* = x_i$ виявиться та, при якій величина \bar{a}_i обертається в максимум. При цьому максимальний середній виграш M_{max} дорівнює.

$$M_{max} = \max_i \bar{a}_i = \max_i \sum_{j=1}^n q_j a_{ij}. \quad (6)$$

В розглянутій задачі задані ймовірності η_j ($j = 1, n$), а вхідні ймовірності q_j у виразі (6) невідомі.

Тому дане завдання є зворотним завданням визначення невідомої ймовірності η_j по відомій q_j .

Значення q_j знайдемо по відомим η_j і T_j^y . Із загального числа змін стратегій N^y стратегія y_j використовується ($\eta_j \cdot N^y$) раз протягом часу ($\eta_j \cdot N^y \cdot T_j^y$). Тоді

$$q_j = \frac{\eta_j \cdot N^y \cdot T_j^y}{T} = \frac{\eta_j \cdot N^y \cdot T_j^y}{\sum_{j=1}^n \eta_j \cdot N^y \cdot T_j^y} = \eta_j \frac{T_j^y}{\sum_{j=1}^n \eta_j \cdot T_j^y}. \quad (7)$$

Перетворимо вираз до виду

$$q_j = \frac{\eta_j}{k_j^y}. \quad (8)$$

Порівнюючи (7) і (8) одержимо вираз для K_j^y

$$K_j^y = \frac{\sum_{j=1}^n \eta_j \cdot T_j^y}{T_j^y}, \quad (9)$$

при цьому

$$\sum_{j=1}^n \eta_j \cdot T_j^y = \Delta T_{\text{экр}}^y. \quad (10)$$

Помітимо, що при відомій множині

$$H = \{\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_j, \dots, \eta_n\}$$

для обчислення $\Delta T_{\text{ЭКВ}}^y$ використовується вираз (10) і при відомих

$$Q = \{q_1, q_2, \dots, q_j, \dots, q_n\}.$$

Формула (7) дозволяє обчислити ймовірності q_j , не враховуючи часи однократного застосування стратегій, по ймовірностях η_j , які ці часи враховують.

Підставляючи у формулу (6) вираз для q_j , одержуємо

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \max_i \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot \left(\frac{\eta_j \cdot T_j^y}{\sum_{j=1}^n \eta_j \cdot T_j^y} \right) = \\ &= \max_i \frac{\sum_{j=1}^n \eta_j \cdot T_j^y \cdot a_{ij}}{\sum_{j=1}^n \eta_j \cdot T_j^y}. \end{aligned} \quad (11)$$

З аналізу виразу (11) випливає, що знаходження визначення x^* можна спростити. Оскільки $\sum_{j=1}^n \eta_j \cdot T_j^y$ не залежить від i , де при відшуванні x^* слід визначити таке i , при якому забезпечується

$$\max_i \sum_{j=1}^n \eta_j \cdot T_j^y \cdot a_{ij}. \quad (12)$$

Таким чином, оптимальною стратегією 1-го гравця є чиста стратегія $x^* = x_i$ що забезпечує йому середній вигравш M_{\max} , причому, при визначенні x^* використовується вираз (12), а при визначенні одержуваного при цьому вигравшу використовується вираз (11).

Якщо системі S_1 протидіє "природа" з відомими перешкодами, часом їх однократного застосування і ймовірностями застосування цих перешкод, то система S_1 повинна використовувати захист x^* , при цьому ефективність функціонування такої системи в середньому M_{\max} . Якщо ймовірності застосування перешкод "природою" не відомі, то слід використовувати оптимальну змішану стратегію Ξ^* , при цьому ефективність функціонування системи S_1 у середньому буде не нижче M .

В процесі визначення оптимальної стратегії 1-го гравця отримані формули переходу від ймовірностей η_j до ймовірностей q_j . Узагальнюючи результати, розглянемо формули переходу від ймовірностей P_i, q_j до ймовірностей ξ_i, η_j і навпаки:

$$\xi_i = \frac{P_i}{T_i^x} \cdot \left(\sum_{i=1}^m \frac{P_i}{T_i^x} \right)^{-1};$$

$$\eta_j = \frac{q_j}{T_j^y} \cdot \left(\sum_{j=1}^n \frac{q_j}{T_j^y} \right)^{-1}; \quad (13)$$

$$P_i = \frac{\xi_i \cdot T_i^x}{\sum_{i=1}^m \xi_i \cdot T_i^x}; \quad q_j = \frac{\eta_j \cdot T_j^y}{\sum_{j=1}^n \eta_j \cdot T_j^y}. \quad (14)$$

Висновки.

1. Задача розробки і впровадження нових методів і технічних рішень, які дозволяють забезпечити управління по радіо технічними засобами з урахуванням електромагнітної сумісності, є однією з актуальних на сучасному етапі розбудови ЗС України. Можливість визначення рівня шумів і перешкод, які зустрічаються в радіоэфірі, дозволяє ставити завдання побудови моделі технічної системи, яка буде оптимальною при експлуатації з урахуванням електромагнітної сумісності.

2. Запропонований алгоритм моделювання дозволяє реалізовувати оптимальні змішані стратегії складної системи радіоуправління технічними засобами з урахуванням ЕМС і може бути використаний в подальших дослідженнях з розробки пристрою для управління технічним засобом, який буде більш пристосований до експлуатації з урахуванням електромагнітної сумісності.

3. Важливим напрямком подальших досліджень роботи систем по управлінню технічними засобами є здатність виконувати покладені на них завдання з урахуванням сучасної електромагнітної сумісності.

Список використаних джерел

1. Максименко Ю. А. Вихідні дані методик для визначення структури системи радіоуправління технічними засобами з урахуванням електромагнітної сумісності / Ю. А. Максименко // Сборник научных трудов SWORLD. – Одеса, 2014. – № 4(37). – С. 49-52.
2. Тихонов В. И. Оптимальный прием сигналов / В. И. Тихонов. – М.: Радио и связь, 1983. – 234 с.
3. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем: Изд-во «Наука»/ Н. П. Бусленко, 1968. – 356 с.
4. Гуткин Л. С. Проектирование радиосистем и радиоприборов / Л. С. Гуткин. – М.: Радио и связь, 1986. – 288 с.

Надійшла до редакції 05.05.15

Рецензент: д.т.н., проф., провідний науковий співробітник Скачков В.В., Військова академія, м. Одеса.

Ю. А. Максименко

РЕАЛИЗАЦИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ СМЕШАННЫХ СТРАТЕГИЙ СЛОЖНОЙ СИСТЕМОЙ РАДИОУПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ

В данной статье проведена реализация оптимальных смешанных стратегий сложной системы радиоправления техническими средствами методом статистических испытаний. Предложена блок-схема алгоритма моделирования процесса формирования реализации оптимальной смешанной стратегии, которая необходима для дальнейшей разработки устройств управления техническими средствами, более приспособленными к эксплуатации с учетом электромагнитной совместимости.

Ключевые слова: технические средства, система радиоправления, смешанные стратегии.

Y. A. Maksymenko

IMPLEMENTATION OF OPTIMAL MIXED STRATEGIES COMPLEX SYSTEM RADIO TECHNICAL MEANS

In this article the realization of optimal mixed strategies of a complex system of radio technical means by statistical tests is performed. Block diagram of an algorithm that simulates the implement of optimal mixed strategy for continued work on the development of devices for the management of technical equipment that will be more suitable for operation considering EMC is proposed.

Keywords: technical means, radio control system, mixed strategies.

УДК 632.564

В. І. Мілованов, д.т.н., В. М. Ярошенко, к.т.н., А. А. Ябс

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОЦЕСУ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛА ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ГАЗОТУРБІННИХ УСТАНОВОК

Розглянуто можливості визначення ефективних режимів експлуатації газотурбінних установок. Розглянуто та проаналізовано метод утилізації тепла відпрацьованих газів, як один з основних раціональних напрямків підвищення енергоефективності всієї енергоустановки в цілому, шляхом охолодження циклового повітря на вході в компресор, а також охолодження перекачувального газу тепловикористовуючими холодильними машинами. У статті пропонується інтегральний критерій оцінки ефективності роботи систем компримування компресорних станцій і методика визначення оптимальних режимів роботи газоперекачувальних агрегатів з метою зниження енерговитрат завдяки використанню енергоохолоджувальних установок на низькокиплячих робочих тілах, що працюють на основі використання теплоти відпрацьованих газів газотурбінних установок, в конкретних кліматичних умовах експлуатації.

Ключові слова: компресорна станція, газотурбінна установка, відпрацьовані гази, теплоутилізаційна енергоустановка, теплоутилізаційна холодильна установка.

Вступ

Газотранспортна система України є другою в Європі і однією з найбільших у світі. Газотранспортна система «Укртрансгазу» складається з магістральних газопроводів протяжністю 37,6 тис. км в односторонньому обчисленні, 72 компресорної станції (КС) загальною потужністю 5405 МВт. Пропускна спроможність на кордоні Російської Федерації з Україною становить

288 млрд. м³ на рік, на кордоні України з Польщею, Румунією, Білоруссю, Молдовою – 178,5 млрд. м³ на рік, у тому числі з країнами ЄС – 142,5 млрд. м³ на рік [1].

У 2012 році через українські газопроводи до Європи було транспортовано близько 81 млрд. м³ російського газу. В склад вище зазначених компресорних станцій входить 122 компресорних цехи з газотурбінним і парогазовим енергетичним