

УДК 621.311

Г.І. Лагутін

*Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків*

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КОМПЛЕКСІВ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

У статті розглядаються можливі підходи до визначення характеристик і показників якості електроенергії систем електропостачання комплексів озброєння та військової техніки з урахуванням вимог з боку військових споживачів електричної енергії. Для обґрунтування характеристик та показників якості систем електропостачання пропонується використовувати методи факторного аналізу, кластерного аналізу або таксонометричного аналізу.

**Ключові слова:** комплекси озброєння й військової техніки, системи електропостачання, автономні джерела електричної енергії, характеристики й показники електротехнічних засобів.

### Вступ

**Постановка проблеми.** При оснащенні Збройних Сил України новими зразками комплексів озброєння й військової техніки (ОВТ) необхідно одночасно передбачати модернізацію та оновлення систем електропостачання, які забезпечують ці комплекси електричною енергією. При цьому слід визначитися з тим, які само технічні, експлуатаційні, економічні та інші характеристики повинні мати такі системи електропостачання для підтримання на заданому рівні бойового потенціалу комплексів ОВТ [1]. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити ряд завдань, в числі яких на одному з перших місць стоїть аналіз можливих методів визначення характеристик та показників якості джерел електроенергії, які використовуються у Збройних Силах України.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У цей час питанням розвитку систем електропостачання комплексів ОВТ, що відповідають новим тенденціям функціонування Збройних Сил з використанням сучасних методів ведення бойових дій і засобів керування військами, приділяється досить велика увага.

У цілому ряді публікацій розглядаються вимоги до автономних джерел електричної енергії, використовуваних у збройних силах різних держав при підготовці й веденні бойових дій. Був проведений аналіз автономних джерел електричної енергії загальновійськового призначення для рішення завдання обґрунтування переліку характеристик і показників електротехнічних засобів комплексів ОВТ. В [2, 3] з метою уточнення вимог до джерел електричної енергії, що використовуються у Збройних Силах України, розглядається їх стан і проводиться оцінка перспектив розвитку військових засобів електропостачання з урахуванням досвіду проведення антитерористичної операції. Однією з найбільш важливих технічних характеристик автономних

джерел електроенергії зразків ОВТ є їх потужність. Методи визначення розрахункових навантажень комплексів ОВТ, що дозволяють обґрунтувати необхідні потужності автономних електростанцій, викладено в [4]. Особливості обґрунтування технічних характеристик і показників якості електротехнічних засобів, які входять до складу систем електропостачання комплексів озброєння й військової техніки, з використанням математичного апарата теорії графів проаналізовані в [1]. В [5] розглянуті особливості визначення переліку параметрів і характеристик систем електропостачання комплексів ОВТ із застосуванням математичного апарата кореляційного аналізу.

**Метою статті** є аналіз можливих підходів до визначення характеристик і показників якості електроенергії систем електропостачання комплексів ОВТ з урахуванням вимог з боку військових споживачів електричної енергії.

### Виклад основного матеріалу

Вимоги, пропонувані до компонентів систем електропостачання комплексів ОВТ, повинні встановлюватися відповідно до системного підходу, виходячи з ролі й місця системи електропостачання в тому або іншому комплексі озброєння, і обумовлюватися завданнями, виконання яких покладається на систему в складі даного комплексу озброєння. Із цього випливає, що при обґрунтуванні вимог, пропонуваних до системи електропостачання, необхідно насамперед визначитися з тим, у складі якого комплексу озброєння слід її розглядати, які її завдання є основними, а які допоміжними, яка ступінь її сумісності з іншими комплексами озброєння й військової техніки й т.п. [6].

Принципи, на яких базується методологія розробки вимог до компонентів систем електропостачання комплексів озброєння й військової техніки, такі [7]:

системність;

урахування закономірностей розвитку перспективних систем озброєння (ієрархічність, базово-модульний принцип, мобільність, глибока уніфікація, багатофункціональність, можливість інтеграції тощо);

відповідність (адекватність) характеристик компонентів систем електропостачання вимогам з боку комплексу озброєння й військової техніки;

мінімально достатній перелік вимог, відсутність надмірності.

Наприклад, вимоги до систем електропостачання зенітних ракетних комплексів можуть визначатися переліком бойових можливостей зенітних ракетних підрозділів, а також потрібними значеннями показників бойових можливостей і бойових властивостей зенітних ракетних комплексів.

Під бойовими можливостями зенітних ракетних підрозділів розуміється [8] їх здатність виконувати бойові задачі у різних умовах обстановки. Бойові можливості містять вогневі можливості й можливості щодо прикриття, переходу в готовність до бою, щодо забезпечення ракетами, розвідувальні й маневрені можливості. В свою чергу, вони характеризуються сукупністю кількісних показників, які відображають бойові властивості, тактико-технічні характеристики зенітних ракетних комплексів, а також особливості бойового застосування зенітних ракетних підрозділів.

Під бойовими можливостями зенітного ракетного комплексу [8] розуміється його здатність перейти до стану бойової готовності, забезпечити знищення повітряних цілей і зберегти свою бойову готовність. Основними показниками бойових можливостей ЗРК є розміри розрахункових і реалізованих зон ураження, час переходу у бойову готовність, цикл стрільби, час переносу вогню, імовірність ураження цілі в різних умовах тощо. Очевидно, що ряд показників бойових можливостей зенітних ракетних комплексів залежать від окремих характеристик систем електропостачання цих комплексів. Зокрема, можна показати, що розвідувальні можливості зенітних ракетних підрозділів залежать від показників якості електроенергії, що забезпечуються системами електропостачання зенітних ракетних комплексів.

Відомо, що нормальна робота більшості радіолокаційних систем комплексів озброєння та військової техніки у значній мірі визначається стабільністю частоти використовуваних генераторів НВЧ [9]. Нестабільність задаючих генераторів доплеровських РЛС призводить до появи сигналу хибної цілі, до зменшення відношення сигнал-шум на вході приймача радіолокатора, до зменшення точності визначення швидкості цілі, до зменшення точності визна-

чення дальності до цілі. Поява сигналу хибної цілі й зменшення відношення сигнал-шум на вході приймача РЛС можуть бути обумовлені паразитною модуляцією частоти гетеродину із частотами, які лежать у діапазоні доплеровських частот для даної станції. Зменшення точності визначення швидкості цілі й дальності до неї може бути пов'язане з паразитною модуляцією сигналу гетеродину на дуже низьких частотах, що лежать у смузі інтегратора станції.

Певні вимоги накладаються на стабільність частоти передавача й гетеродину й у звичайних радіолокаційних системах імпульсної дії. Тут нестабільність частоти може призвести до похибок у визначенні основних параметрів, а також, в окремих випадках, до провалів у спостереженні за ціллю.

Однією із причин нестабільності частоти височастотних генераторів комплексів озброєння й військової техніки є відхилення та коливання живлячих напруг. Так, частота НВЧ коливань відбивного клістрона  $\omega$  пов'язана з живлячими напругами на відбивачі клістрона  $U$  і на резонаторі клістрона  $U_0$  співвідношенням:

$$\frac{4\omega l}{\sqrt{2e/m} (U_0 - U)} = 2\pi(N + 0,75);$$

тобто

$$\omega = 2\pi(N + 0,75) \frac{\sqrt{2e/m} (U_0 - U)}{4\omega l \sqrt{U_0}}, \quad (1)$$

де  $\omega$  – кутова частота;

$l$  – відстань від резонатора до відбивача клістрона;

$e$  – заряд електрона;

$m$  – маса електрона;

$U$  – живляча напруга на відбивачі клістрона;

$U_0$  – живляча напруга на резонаторі клістрона;

$N$  – номер зони генерації клістрона ( $N = 0, 1, \dots$ ).

Таким чином, точність визначення дальності до цілі, швидкості цілі, а також імовірність вірного виявлення цілі радіолокаційними засобами комплексів озброєння залежать від відхилень та коливань живлячих напруг генераторних ламп радіолокаційних засобів, які в свою чергу залежать від значення усталеного відхилення живлячих напруг  $dU_y$  та розмаху зміни живлячих напруг  $dU_x$  системи електропостачання.

Значний вплив характеристики системи електропостачання зенітного ракетного комплексу надають на імовірність ураження цілі. Відомо [8], що ймовірність  $P_1$  ураження поодинокі цілі однією ракетою (тобто ймовірність  $P_1(r \leq R)$  попадання ракети у круг радіуса  $R$ ) визначається виразом:

$$P_1(r \leq R) = \int_0^R \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(r-h)^2/(2\sigma^2)} dr = \frac{1}{2} + \Phi_0\left(\frac{R-h}{\sigma}\right), \quad (2)$$

де  $\Phi_0(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$  – інтеграл Лапласа-Гауса;

$h = \sqrt{h_y^2 + h_z^2}$  – математичне сподівання промаху;

$h_y$  і  $h_z$  – систематичні складові похибок наведення в картинній площині;

$\sigma = \sqrt{\sigma_y^2 + \sigma_z^2}$  – середня квадратична похибка промаху;

$\sigma_y$  і  $\sigma_z$  – середні квадратичні значення похибок наведення в картинній площині.

Систематичні похибки наведення мають у своєму складі динамічні та інструментальні складові:

$$\begin{cases} h_y = h_{yd} + h_{yi}; \\ h_z = h_{zd} + h_{zi}. \end{cases} \quad (3)$$

Так само, динамічні, інструментальні та флуктуаційні складові містяться й у середніх квадратичних похибок наведення:

$$\begin{cases} \sigma_y = \sqrt{\sigma_{yd}^2 + \sigma_{yi}^2 + \sigma_{yf}^2}; \\ \sigma_z = \sqrt{\sigma_{zd}^2 + \sigma_{zi}^2 + \sigma_{zf}^2}. \end{cases} \quad (4)$$

На інструментальну складову похибок наведення істотно впливають такі показники якості електричної енергії системи електропостачання зенітного ракетного комплексу, як усталене відхилення живлячих напруг  $dU_y$ , розмах зміни живлячих напруг  $dU_t$ , відхилення частоти живлячих напруг  $D_f$ , термін провалу напруги  $D_{тП}$  тощо. Таким чином, вплив показників і характеристик системи електропостачання зенітного ракетного комплексу на імовірність ураження комплексом повітряної цілі може бути урахований виразом:

$$P_1 = 1 / 2 + \Phi_0 \left( \frac{R - \sqrt{\left( h_{yd} + h_{yi} (dU_y, dU_t, D_f, D_{тП}) \right)^2 + \left( h_{zd} + h_{zi} (dU_y, dU_t, D_f, D_{тП}) \right)^2}}{\sqrt{\sigma_{yd}^2 + \sigma_{yi}^2 (dU_y, dU_t, D_f, D_{тП}) + \sigma_{yf}^2 + \sigma_{zd}^2 + \sigma_{zi}^2 (dU_y, dU_t, D_f, D_{тП}) + \sigma_{zf}^2}} \right),$$

де  $h(dU_y, dU_t, D_f, D_{тП})$ ,  $\sigma(dU_y, dU_t, D_f, D_{тП})$  – залежності, що показують вплив показників і характеристик системи електропостачання на інструментальну складову похибок наведення.

Аналогічним чином може бути розглянутий вплив характеристик системи електропостачання на

дальність дії радіолокаційних засобів зенітного ракетного комплексу. З [8] витікає, що при відсутності радіозавад дальність дії радіолокаційних засобів з урахуванням загасання радіохвиль у тропосфері розраховується за відомими формулами радіолокації:

$$r \leq \frac{A_0}{4\sqrt{v_p}} \sqrt[4]{S_e} \cdot e^{-0,115\beta r_0}; \quad (5)$$

$$A_0 = 4 \sqrt[4]{\frac{P_n G_n G_{пр}^2 \lambda^2}{64\pi^3 P_{ш}}},$$

де  $v_p$  – коефіцієнт видимості (розрізнення), який чисельно дорівнює відношенню сигнал-шум за потужністю, при якому забезпечуються задані ймовірності правильного виявлення і помилкової тривоги (чи правильного і помилкового захоплення на супроводження) з урахуванням накопичення енергії і втрат при обробці;

$S_e$  – ефективна відбивна поверхня цілі;

$\beta$  – коефіцієнт загасання радіохвиль у тропосфері;

$r_0$  – відстань до цілі;

$P_n$  і  $G_n$  – потужність передавача і коефіцієнт підсилення передавальної антени РЛС з урахуванням втрат;

$G_{пр}^2$  – коефіцієнт підсилення приймальної антени РЛС у напрямку на ціль з урахуванням усіх втрат;

$\lambda$  – довжина хвилі РЛС;

$P_{ш}$  – чутливість приймача РЛС.

Очевидно, що характеристики системи електропостачання зенітного ракетного комплексу істотно впливають на такі складові виразу (5), як потужність передавача  $P_n$ , коефіцієнт розрізнення  $v_p$  і чутливість приймача  $P_{ш}$  радіолокаційної станції:

$$r \leq \sqrt[4]{\frac{P_n (dU_y, dU_t, D_f, D_{тП})}{P_{ш} (dU_y, dU_t, D_f, D_{тП}) \times v_p (dU_y, dU_t, D_f, D_{тП})}} \times \sqrt[4]{\frac{G_n G_{пр}^2 \lambda^2 S_e}{64\pi^3}} \cdot e^{-0,115\beta r_0}, \quad (6)$$

де  $P_n(dU_y, dU_t, D_f, D_{тП})$ ,  $P_{ш}(dU_y, dU_t, D_f, D_{тП})$ ,  $v_p(dU_y, dU_t, D_f, D_{тП})$  – функціональні залежності потужності передавача  $P_n$ , коефіцієнту розрізнення  $v_p$  і чутливості приймача  $P_{ш}$  радіолокаційної станції від показників якості електричної енергії, які забезпечує система електропостачання зенітного ракетного комплексу.

Наприклад, внаслідок нестабільності живлячих напруг у підсилювальних каскадах на біполярних транзисторах виникають нелінійні викривлення, що призводять до збільшення коефіцієнта шуму  $K_{ш}$  підсилювача та, як наслідок, до погіршення коефіцієнту розрізнення  $\nu_p$ :

$$K_{ш} = 1 + \frac{r_{б}^*}{R_i^*} + (R_i^* + r_{б}^*) \frac{(1 - h_{216}) I_{э}}{2} \cdot \varphi_T R_i^*, \quad (7)$$

де  $r_{б}^* = \frac{\tau_k}{C_k}$ ;  $\tau_k, C_k$  – постійна часу і ємність колекторного переходу транзистора;  $\varphi_T$  – температурний потенціал р-п-переходу при нормальних умовах ек-

сплуатації;  $h_{216}$  – коефіцієнт передачі струму бази в режимі малого сигналу,  $h_{216} = \beta/(\beta+1)$ ;  $\beta$  – статичний коефіцієнт передачі струму бази.

Окремі характеристики систем електропостачання зенітних ракетних комплексів впливають і на такі показники бойових можливостей зенітних ракетних комплексів, як час переведення у вищі ступені бойової готовності  $T_{бг}$ , цикл стрільби  $T_{ц}$ , час перенесення вогню на наступну ціль  $T_n$  і т.п. Приклад співвідношення показників бойових можливостей зенітних ракетних підрозділів, бойових можливостей і властивостей ЗРК та характеристик систем електропостачання комплексів озброєння та військової техніки з урахуванням [10] наведений в табл. 1.

Таблиця 1

Приклад співвідношення показників бойових можливостей зенітних ракетних підрозділів, бойових можливостей і властивостей ЗРК

Показники бойових можливостей зенітних ракетних підрозділів	Показники бойових можливостей (ТТХ) і бойових властивостей ЗРК	Технічні характеристики СЕП
Вогневі можливості: математичне сподівання числа знищених ЗПН за масований наліт заданої тривалості (основний показник) $M_{НТ}$ ; математичне очікування числа знищених ЗПН при витраченні встановленого запасу ракет (узгальнений показник) $M_{НР}$ ; кількість стрільб $n$ і ефективність $\zeta$ (часткові показники)	вірогідність поразки різних типів цілей по зоні поразки (в глибині і на її межах) $P_{1i}$ ;	показники якості електроенергії: доза флікеру $P_f$ ; коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги $K_U$ ; коефіцієнт n-ої гармонічної складової напруги $K_{U(n)}$ ; відхилення частоти $D_f$
	робітний час ЗРК $T_{роб}$	
	цикл стрільби одного каналу $T_{ц}$	
Можливості по прикриттю: максимальне значення сектора прикриття до заданого рубежу	параметри зони поразки ЗРК $d_{пор}, r_{пор}, \Gamma_{пор}$	показники якості електроенергії: усталене відхилення напруги $dU_y$ ; розмах зміни напруги $dU_i$ ; відхилення частоти $D_f$ ; термін провалу напруги $D_{ш}$
	параметри зони пуску ЗРК $d_p, r_p, \Gamma_p$	
Можливості по переходу в готовність до бою: час реакції $t_r$	середній час реакції комплексу $t_{рЗРК}$	показники якості електроенергії: розмах зміни напруги $dU_i$ ; коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги $K_U$ ; коефіцієнт n-ої гармонічної складової напруги $K_{U(n)}$ ; відхилення частоти $D_f$
	час переведення у вищі ступені бойової готовності $T_{бг}$	показники живучості показники мобільності період автономії
Розвідувальні можливості: сукупність часових, просторових і імовірнісних показників, що відносяться до ТТХ засобів розвідки	дальність видачі координат по цілі з ЕВП $1m^2$ і $P=0,5$	показники якості електроенергії: усталене відхилення напруги $dU_y$ ; відхилення частоти $D_f$ ; термін провалу напруги $D_{ш}$
	цикл виявлення $T_{ц}$	
Маневрені можливості:	час згортання ЗРК	показники мобільності
	час розгортання ЗРК	показники мобільності

Таким чином, визначення оптимальних характеристик систем електропостачання комплексів озброєння та військової техніки в загальному випадку може передбачати [11] розв'язання оптимізаційної задачі, у якій показники бойових можливостей комплексів озброєння та військової техніки розглядаються у вигляді цільової функції, модель функціонування системи електропостачання визначає призначення системи у складі комплексу озброєння і військової техніки та особливості технічної реалізації, а співвідношення, які визначають виробничо-економічні можливості реалізації системи, вважаються обмеженнями:

$$\begin{cases} \bar{P}(t) = f_{\text{ОВТ}}(\bar{H}(t)) \rightarrow \max; \\ \bar{H}(t) = f_{\text{СЕП}}(\bar{\Phi}, \bar{N}, \bar{M}); \\ \bar{H}(t) \leq 0 \end{cases} \quad (8)$$

де  $f_{\text{ОВТ}}(\bar{H}(t))$  – функція, що визначає закон перетворення вектору  $\bar{H}(t)$  характеристик систем електропостачання комплексів озброєння та військової техніки у вектор показників бойових можливостей  $\bar{P}(t)$  цих комплексів (цільова функція);

$f_{\text{СЕП}}(\bar{\Phi}, \bar{N}, \bar{M})$  – функція, що визначає модель функціонування системи електропостачання у складі комплексу озброєння і військової техніки відповідно до векторів функціональних  $\bar{\Phi}$ , кількісних  $\bar{N}$  та якісних  $\bar{M}$  зв'язків між елементами системи електропостачання

$\bar{H}(t) \leq 0$  – система обмежень, що визначає виробничо-економічні можливості реалізації системи електропостачання у складі комплексу озброєння і військової техніки.

При такому підході задача обґрунтування кількісних та якісних значень технічних характеристик системи електропостачання може бути зведена до того, щоб кожний з відповідних показників бойових властивостей або бойових можливостей комплексу озброєння представити функціональною або іншою залежністю від певних характеристик системи електропостачання. При цьому вимоги до окремих показників бойових властивостей або бойових можливостей комплексу озброєння декомпонуються на вимоги, що пред'являються до кількісних та якісних характеристик системи електропостачання.

Для розв'язання таких задач можуть бути використані методи факторного аналізу, кластерного аналізу, а також таксонометричного аналізу.

Головними цілями факторного аналізу є скорочення числа змінних (редукція даних) і визначення структури взаємозв'язків між змінними, тобто класифі-

кація змінних. Нехай є  $n$  об'єктів, кожний з яких характеризується набором з  $m$  ознак. Позначимо через  $x_{ij}$  значення  $j$ -ї ознаки для  $i$ -го об'єкта, тоді вихідна інформація може бути представлена у вигляді матриці даних, яка має  $n$  рядків (по числу об'єктів) і  $m$  стовпців (по числу ознак). Основні результати факторного аналізу виражаються в наборах факторних навантажень і факторних ваг. Для їх визначення можуть бути використані такі методи факторного аналізу, як центроїдний метод, метод головних компонентів і метод екстремального групування параметрів. При цьому під факторними навантаженнями будемо розуміти значення коефіцієнтів кореляції кожної з вихідних ознак з кожним з виявлених факторів, а під факторними вагами – кількісні значення виділених факторів для кожного з  $m$  наявних об'єктів. Таким чином, дані про факторні навантаження дозволять сформулювати висновки про набір вихідних ознак, що відображають той або інший фактор, і про відносну вагу окремої ознаки в структурі кожного фактору. У свою чергу, дані про факторні ваги визначають ранжування об'єктів по кожному фактору.

Кластерний аналіз призначений для розбивки сукупності об'єктів на однорідні групи (кластери або класи). По суті це задача багатомірної класифікації даних. Нехай  $X$  – множина об'єктів,  $Y$  – множина номерів кластерів. Задана функція відстані між об'єктами  $\rho(x, x')$ . Є кінцева навчальна вибірка об'єктів  $X^m = \{x_1, x_2, \dots, x_m\} \subset X$ . Потрібно розбити вибірку на непересічні підмножини, називані кластерами, так, щоб кожний кластер складався з об'єктів, близьких по метриці  $\rho$ , а об'єкти різних кластерів суттєво відрізнялися. При цьому кожному об'єкту  $x_i \in X^m$  приписується номер кластера  $y_i$ . Алгоритм кластеризації – це функція  $\alpha: X \rightarrow Y$ , яка будь-якому об'єкту  $x \in X$  ставить у відповідність номер кластера  $y \in Y$ . Множина  $Y$  у деяких випадках відома заздалегідь, однак частіше ставиться завдання визначити оптимальне число кластерів, з погляду того або іншого критерію якості кластеризації.

В основу таксонометричного аналізу покладене визначення так званої таксономічної відстані, тобто відстані між точками багатомірного простору, розмірність якого визначається кількістю ознак, що характеризують досліджуваний об'єкт. Визначення цих відстаней дає можливість визначити місце розташування кожної конкретної точки відносно інших, і, таким чином, структурувати усю сукупність точок.

## Висновки

1. Для обґрунтування технічних, експлуатаційних, економічних та інших характеристик систем електропостачання комплексів ОВТ необхідно вирішити ряд завдань, в числі яких на одному з перших місць стоїть аналіз можливих методів визначення

характеристик та показників якості джерел електроенергії, які використовуються у ЗС України.

2. Вимоги, що пред'являються до елементів систем електропостачання комплексів ОВТ, повинні встановлюватися з урахуванням ролі й місця системи електропостачання в тому або іншому комплексі озброєння, і обумовлюватися завданнями, виконання яких покладається на систему в складі даного комплексу озброєння.

3. Можна показати, що розвідувальні можливості зенітних ракетних підрозділів залежать від величини відхилень та коливань живлячих напруг з боку системами електропостачання зенітних ракетних комплексів; на імовірність ураження цілі, крім цього, істотно впливають такі показники якості електричної енергії, як відхилення частоти живлячих напруг, термін провалу напруги тощо; окремі характеристики систем електропостачання зенітних ракетних комплексів впливають на такі показники бойових можливостей зенітних ракетних комплексів, як час переведення у вищі ступені бойової готовності, цикл стрільби, час перенесення вогню на наступну ціль і т. п.

4. Для розв'язання задачі обґрунтування кількісних та якісних значень технічних характеристик системи електропостачання можуть бути використані методи факторного аналізу, кластерного аналізу, а також таксонометричного аналізу.

## Список літератури

1. Лагутин Г.И. Особенности обоснования характеристик и показателей образцов электротехнических средств систем электроснабжения комплексов вооружения и военной техники / Г.И. Лагутин // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХУПС, 2015. – № 4(44). – С. 21-23.
2. Лагутин Г.И. Требования к автономным источникам электрической энергии общевойскового назначения с учетом опыта проведения антитеррористической операции / Г.И. Лагутин // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2015. – № 3(20). – С. 147-151.
3. Lagutin G.I. Military power supply units development prospects on the combat operations experience basis /

G.I. Lagutin // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХУПС, 2015. – № 3(43). – С. 45-48.

4. Лагутин Г.И. Анализ режимов потребления электрической энергии комплексами вооружения и военной техники / Г.И. Лагутин // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХУПС, 2014. – Вып. 3(39). – С. 46-49.

5. Лагутин Г.И. Особенности определения перечня параметров и характеристик систем электроснабжения / Г.И. Лагутин // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУПС, 2014. – Вып. 4(41). – С. 73-76.

6. Гриб Д.А. Принципы и аспекты методического подхода к формированию оперативно-стратегических и оперативно-тактических требований к перспективной системе вооружения вооруженных сил государства и к ее структурным компонентам / Д.А. Гриб, Б.А. Демидов, О.А. Хмелевская // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2013. – № 2(11). – С. 29-34.

7. Гриб Д.А. Методологічні аспекти розробки оперативно-тактичних вимог до системи озброєння та військової техніки зенітних ракетних військ Повітряних Сил Збройних Сил України / Д.А. Гриб, Б.М. Ланецький, В.В. Лук'янчук // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2008. – № 1(1) – С. 47-50.

8. Шершнев М.А. Основы побудови зенітних ракетних систем і комплексів: навч. посіб. / М.А. Шершнев. – Х.: ХУПС, 2005. – 194 с.

9. Менде Ф.Ф. Источники СВЧ колебаний с повышенной стабильностью частоты / Ф.Ф. Менде: Дис. ... канд. физ.-мат. наук. – Х.: ФТИИТ, 1968.

10. Скорик А.Б. Аналіз загальної методології формування вимог до військово-технічних систем і озброєння ЗРВ. Ч. 1. Еволюційний розвиток оперативно-технічних вимог / А.Б. Скорик, Б.А. Демидов, П.А. Дранник // Системи озброєння і військова техніка – 2010. – № 3(23). – С. 75-82.

11. Гриб Д.А. Системно-концептуальні основи і елементи методології формування оперативно-тактичних і тактико-технічних вимог, що пред'являються до перспективних зразків озброєння і військової техніки та зразків, що модернізуються / Д.А. Гриб, Б.О. Демидов, М.В. Науменко // Системи озброєння і військова техніка. – 2009. – № 2(18). – С. 65-73.

Надійшла до редколегії 30.12.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Б.Т. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КОМПЛЕКСОВ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

Г.И. Лагутин

Рассматриваются возможные подходы к определению характеристик и показателей качества электроэнергии систем электроснабжения комплексов вооружения и военной техники с учетом требований со стороны военных потребителей электрической энергии. Для обоснования характеристик и показателей качества систем электроснабжения предлагается использовать методы факторного анализа, кластерного анализа или таксонометрического анализа.

**Ключевые слова:** комплексы вооружения и военной техники, системы электроснабжения, автономные источники электрической энергии, характеристики и показатели электротехнических средств.

## DEFINITION METHODS ANALYSIS OF ARMAMENT AND MILITARY EQUIPMENT COMPLEXES POWER SUPPLY SYSTEMS CHARACTERISTICS AND QUALITY INDICATORS

G.I. Lagutin

In article possible approaches to definition of armament and military equipment complexes power supply systems characteristics and electric power quality indicators taking into account requirements from electric energy military consumers are considered. For justification of power supply systems characteristics and quality indicators is offered to use methods of the factorial analysis, cluster analysis or taksonometry analysis.

**Keywords:** armament and military equipment complexes, power supply system, autonomous electric supply units, electro-technical means characteristics and indicators.