

# Розвиток та застосування Повітряних Сил, інших видів Збройних Сил України, удосконалення їх системи управління

УДК 355.42:358

DOI: 10.30748/nitps.2017.27.01

С.С. Дроздов, О.Б. Леонт'єв

<sup>1</sup> Командування Повітряних Сил Збройних Сил України, Вінниця

<sup>2</sup> Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## МЕТОДИКА ПОСТАНОВКИ ТА РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗВОРОТНОЇ ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ БОЙОВОГО (КІЛЬКІСНО-ЯКІСНОГО) СКЛАДУ ТАКТИЧНОЇ АВІАЦІЇ І ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК ПЕРСПЕКТИВНИХ ПОВІТРЯНИХ СИЛ

*В статті розглянуто математичну постановку задачі оптимізації бойового (кількісно-якісного) складу перспективної тактичної авіації та зенітних ракетних військ, що складають основну системо-утворюючу компоненту виду Збройних Сил України – Повітряних Сил. Постановка задачі здійснюється у зворотній формі, при якій раціональні характеристики бойового складу визначаються на основі заданих значень узагальнених показників властивостей перспективного угруповання тактичної авіації і зенітних ракетних військ.*

**Ключові слова:** бойова могутність, бойовий склад, витрати, ефект, оптимізація.

### Вступ

Стратегічний оборонний бюлетень України [1], у концептуальному виразі, визначає ряд напрямів, в яких необхідно доопрацювати існуючу систему оборонного планування держави. В першу чергу, це впровадження ефективного оборонного планування та управління оборонними ресурсами з використанням сучасних євроатлантичних підходів. В цьому зв'язку обґрунтування шляхів удосконалення системи оборонного планування, як інструментарію забезпечення певного рівня обороноздатності держави, має враховувати принципи оборонного будівництва демократичних країн, головними з яких є [2; 3]:

– принцип “зосередженості на реальних ризиках і загрозах”, які є базовим аргументом оборонного планування і мають бути параметрично визначеними (реальні оборонні потреби мають визначатися поетапно за критерієм “необхідного рівня обороноздатності”, відповідно до реальних загроз);

– принцип “внутрішньої єдності, ефективності і гнучкості всіх складових оборонної сфери” (потребує реалізації на практиці поглиблення системності оборонного планування);

– принцип “ціна безпеки і оборони не повинна загрожувати економічному розвитку та перешкоджати соціальному і політичному прогресу у

країні” (визначення потрібних сил і засобів має проводитися науково-обґрунтовано, із залученням оптимізаційних процедур, де їх головною властивістю повинна бути відповідність структури основних озброєнь ступеню воєнної загрози).

З оглядом на вище зазначене, питання обґрунтування кількісно-якісного складу зенітних ракетних військ і тактичної авіації є одним з ключових факторів, що впливає взагалі на ґрунтовність заходів оборонного планування розвитку Повітряних Сил, як однієї з найважливіших складових Збройних Сил України.

В роботі [4], в якій запропоновано загальну методологію обґрунтування заходів організаційного будівництва (реформування) Повітряних Сил Збройних Сил України, відмічається, що з усіх підсистем (компонент) даного виду ЗС України, саме оборонна та ударна підсистеми, в силу своїх системоутворюючих властивостей, підлягають першочерговому ретельному обґрунтуванню. В цьому зв'язку, та з оглядом на вище наведене, наукове завдання зі створення удосконаленого науково-методичного апарату формування раціонального бойового (кількісно-якісного) складу перспективних тактичної авіації і зенітних ракетних військ (ТА і ЗРВ) є актуальним та важливим для практики оборонного планування.

**Аналіз літератури. Постановка задачі.** За своєю суттю задача обґрунтування раціонального варіанту перспективного бойового (кількісно-якісного) складу тактичної авіації та зенітних ракетних військ Повітряних Сил Збройних Сил України являє собою задачу синтезу складної ергатичної системи, для вирішення якої немає, та і не може бути, загальних універсальних методів [4; 5]. Для таких задач притаманно обрання низки синтезованих методів їх постановки та розв'язування, в залежності від складності задачі, ступеню її системності, можливостей щодо отримання надійної системи вихідних даних.

В якості критеріїв оптимальності у вирішенні задач синтезу може обиратися два з можливих їх видів, які прийнято класифікувати як критерії прямої та критерії зворотної задачі кваліметрії. В прямій задачі кваліметрії по заданих показниках властивостей системи, що синтезується, обирається той варіант побудови системи, при якому узагальнений показник її якості, що характеризує ступінь корисності системи для задоволення споживчих потреб, обирає максимальне значення. Досягнення максимального значення узагальненого показника ще не означає, що таке значення буде задовольняти споживчі потреби у повному обсягу. Тому для остаточного прийняття рішення по вибору варіанту системи необхідно додатково вводити критерії придатності, або переваги, за допомогою яких можливо винести остаточне рішення [5].

В зворотній задачі узагальнений показник якості системи апріорі задається, а рішенням задачі є сукупність значень показників властивостей системи, при якому задовольняється задане значення узагальненого показника. При цьому, постановка задачі у зворотному вигляді є некоректною внаслідок наявності не єдиного, а низки варіантів можливої розв'язки. Тому у зворотній задачі вводяться додаткові правила вибору, наприклад, або мінімум витрат ресурсів на утворення системи, або мінімум часу тощо [5].

До методів оцінювання основних властивостей системи в такого роду задачах, як правило обираються ті, що ґрунтуються на використанні сучасних методів математичного моделювання. З останніх публікацій, присвячених розробці таких методів, можна віднести роботи [4; 5]. Ці методи характеризуються високим ступенем достовірності результатів оцінювання альтернативних варіантів системи, що синтезується, при відносно не великих витратах часу на отримання оцінок. Але, для вирішення задач синтезу системи за цими методами вимагається проведення великого обсягу параметричних досліджень. Стосовно здійснення синтезу раціонального кількісно-якісного складу ТА і ЗРВ, вимагається занадто велика кількість експериментальних досліджень. При цьому в наслідок великої розмірності задачі синтезу потребується застосування додаткових процедур обробки і аналізу результатів параметрії. Характерним прикла-

дом такого методичного підходу є робота [4], в якій для зменшення кількості розрахунків застосовуються методи планування експерименту для проведення досліджень, та методи регресійного й кореляційного аналізу – для обробки результатів і подальшого пошуку раціонального варіанту. За такими методами можливою є реалізація досліджень за схемою: «синтез кінцевої кількості альтернатив – оцінювання кожної синтезованої альтернативи – визначення кращої альтернативи з розглянутих за обраною системою критеріїв». Постановка ж й розв'язування задач у зворотній постановці, коли за заданими інтегральними показниками основних властивостей системи відшукується оптимальна (раціональна) сукупність характеристик синтезованої системи, взагалі уявляється неможливою без розробки додаткових методик та процедур пошуку рішення.

Від названих недоліків вільні методи, що базуються на використанні потенційно-пайового методу оцінювання кількісно-якісного співвідношення бойових потенціалів сил сторін та його модифікацій. Суттєвою перевагою цієї групи методів є можливість встановлення формалізованого, відносно не складного зв'язку між потенційним результатом від застосування збройного угруповання та основними характеристиками його кількісно-якісного складу. Характерним прикладом останніх робіт по створенню такого роду методів є роботи [5–8]. Невирішеним проблемним питанням для названих методичних підходів на цей час є неможливість синтезу раціонального кількісно-якісного складу міжвидових або різнорідних збройних угруповань. Застосовані згортки бойових потенціалів угруповань різних видів та родів військ призводять до втрати фізичної ув'язки бойового потенціалу (або бойової могутності) з реальними бойовими можливостями угруповань по виконанню покладених бойових завдань, і особливо, з урахуванням обраних способів, тобто порядку, бойового застосування. Внаслідок цього сучасні методи дозволяють здійснювати коректну постановку та розв'язування задачі оптимізації або тільки для угруповань тактичної авіації, або тільки для угруповань зенітних ракетних військ [5–8].

Розроблені методичні підходи до формалізації залежності бойової могутності ТА і ЗРВ від характеристик їх бойового (кількісно-якісного) складу та формалізації залежності потрібних обсягів ресурсів від цих же характеристик, забезпечують можливість здійснення постановки математичної задачі оптимізації кількісно-якісного складу перспективних ТА і ЗРВ у зворотній формі. Тоді, відповідно, **метою статті** є саме розробка методики постановки та розв'язування математичної задачі оптимізації кількісно-якісного складу перспективних ТА і ЗРВ у зворотній формі.

## Основний матеріал

На вербальному рівні задача синтезу раціонального бойового (кількісно-якісного) складу тактичної авіації і зенітних ракетних військ перспективних Повітряних Сил, як зворотна задача кваліметрії, має наступний зміст: знайти такий варіант бойового (кількісно-якісного) складу тактичної авіації і зенітних ракетних військ перспективних Повітряних Сил (кількість частин (підрозділів), типаж та кількість їх ОВТ, рівень підготовленості особового складу до виконання покладених завдань), а також розподіл

наявних сил по завданнях і об'єктах дій, при якому всі без виключення визначені бойові завдання будуть виконані з результатом, не менш ніж заданий, при мінімальних (на заданому періоді часу) витратах ресурсів на оснащення новим ОВТ, на експлуатацію, на підтримку у справному стані парку нового та існуючого ОВТ, а також на забезпечення підготовленості особового складу частин (підрозділів) ТА і ЗРВ до виконання покладених завдань.

У формалізованому вигляді така задача оптимізації записується як:

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{aligned}
 & \sum_{j=1}^{n_{ТА}} k_{спрj} k_{бпїj} \left[ \frac{1}{N_{екштj}} \sum_{l=1}^{N_{екштj}} (a_0 + a_1 \tau_{lij} + a_2 \tau_{lij}^2) \right] \sum_{f=1}^M \delta_{jif} X_{jf} + \\
 & + \sum_{v=1}^{n_{ТАнов}} k_{спрv} k_{бпїv} \left[ \frac{1}{N_{екштv}} \sum_{l=1}^{N_{екштv}} (a_0 + a_1 \tau_{liv} + a_2 \tau_{liv}^2) \right] \sum_{f=1}^M \delta_{vif} X_{vf} + \\
 & + \sum_{j=1}^{n_{ЗРВ}} k_{спрj} k_{бпїj} \left[ \sum_{k=1}^{N_{екштj}} \frac{1}{2R_j} \sum_{r=1}^{R_j} (k_{Тпідгjr} + \frac{k_{НПЦjr}}{\alpha \Delta T_{jr}} (1 - e^{-\alpha \Delta T_{jr}})) \right] \sum_{f=1}^M \delta_{jif} X_{jf} + \\
 & + \sum_{v=1}^{n_{ЗРВнов}} k_{спрv} k_{бпїv} \left[ \sum_{k=1}^{N_{екштv}} \frac{1}{2R_v} \sum_{r=1}^{R_v} (k_{Тпідгvr} + \frac{k_{НПЦvr}}{\alpha \Delta T_{vr}} (1 - e^{-\alpha \Delta T_{vr}})) \right] \times \\
 & \times \sum_{f=1}^F \delta_{vif} X_{vf} \geq P_{іпотр}, \quad \forall i = \overline{1, M}; \\
 & S_{\Sigma} = \sum_{j=1}^{n_{ТА}} ((C_{лекспj} \Delta T k_{спрj} N_{ОВТjшт} + C_{ремj} \left[ \frac{\Delta T}{\Delta t_{ремj}} \right] N_{ОВТjрем} + \\
 & + C_{кврj} \left[ \frac{\Delta T}{\Delta t_{кврj}} \right] N_{ОВТjквр} + C_{рмj} \left[ \frac{\Delta T}{\Delta t_{рмj}} \right] N_{ОВТjрм}) \sum_{f=1}^M X_{jf} + \\
 & + \sum_{v=1}^{n_{ТАнов}} (((C_{1закv} N_{ОВТvшт} + C_{лекспv} (T_k - T_{закv}) k_{спрv} N_{ОВТvшт}) + \\
 & + C_{ремv} \left[ \frac{T_k - T_{закv}}{\Delta t_{ремv}} \right] N_{ОВТvрем} + C_{кврv} \left[ \frac{T_k - T_{закv}}{\Delta t_{кврv}} \right] N_{ОВТvквр}) \times \\
 & \times \sum_{f=1}^M X_{vf} + \sum_{j=1}^{n_{ЗРВ}} ((C_{лекспj} \Delta T k_{спрj} N_{ОВТjшт} + C_{ремj} \left[ \frac{\Delta T}{\Delta t_{ремj}} \right] N_{ОВТjрем} + \\
 & + C_{кврj} \left[ \frac{\Delta T}{\Delta t_{кврj}} \right] N_{ОВТjквр} + C_{рмj} \left[ \frac{\Delta T}{\Delta t_{рмj}} \right] N_{ОВТjрм}) \sum_{f=1}^M X_{jf} + \\
 & + \sum_{v=1}^{n_{ЗРВнов}} (((C_{1закv} N_{ОВТvшт} + C_{лекспv} (T_k - T_{закv}) k_{спрv} N_{ОВТvшт}) + \\
 & + C_{ремv} \left[ \frac{T_k - T_{закv}}{\Delta t_{ремv}} \right] N_{ОВТvрем} + C_{кврv} \left[ \frac{T_k - T_{закv}}{\Delta t_{кврv}} \right] N_{ОВТvквр}) \sum_{f=1}^M X_{vf} + \\
 & + \sum_{j=1}^{n_{ТА} + n_{ТАнов}} \sum_{f=1}^M X_{jf} \sum_{l=1}^{N_{екj}} (C_{1лїj} [\tau_{lij} - t_{КНЛПj} + t_{вдj} (\Delta T - T_{lj})] + C_{1КНЛП} t_{КНЛПj}) + \\
 & + \sum_{j=1}^{n_{ЗРВ} + n_{ЗРВнов}} \sum_{f=1}^M X_{jf} \sum_{l=1}^{R_j} C_{1lj} \Delta T \rightarrow \min; \\
 & X_{vf} \in Z_+, 0 \leq \tau_{lij} \leq T_{jКБП}, \forall i, j, f, l,
 \end{aligned}
 \right\} \tag{1}
 \end{aligned}$$

де  $n_{ТА}$ ,  $n_{ЗРВ}$  – відповідно, кількість типів підрозділів (частин) ТА і ЗРВ, що озброєні існуючим ОВТ та входить до складу угруповання ПС;  $n_{ТАнов}$ ,  $n_{ЗРВнов}$  – відповідно, кількість типів підрозділів (частин) ТА і ЗРВ, що озброєні новими типами ОВТ, та можуть входити до складу угруповання ПС;  $M$  – кількість бойових завдань, що покладені на виконання угрупованню ПС по всіх можливих ситуаціях застосування збройних сил;  $k_{спрj}$  – коефіцієнт справності ОВТ в частині (підрозділі)  $j$ -го типу;  $k_{бпij}$  – значення коефіцієнту бойового потенціалу частини (підрозділу)  $j$ -го типу у вирішенні  $i$ -го завдання;  $N_{екштj}$  – штатна кількість екіпажів в складі частини (підрозділу)  $j$ -го типу;  $a_{oj}$ ,  $a_{1j}$ ,  $a_{2j}$  – коефіцієнти залежності значення коефіцієнту підготовленості екіпажу певного роду авіації від набутого нальоту, до якого належить частина (підрозділ)  $j$ -го типу;  $\tau_{lij}$  – наліт  $l$ -го екіпажу в частині (підрозділі)  $j$ -го типу по підготовці до виконання відповідного бойового завдання за призначенням, який треба визначити при оптимізації кількісно-якісного складу;  $\delta_{jif}$  – символ, який характеризує можливість залучення  $j$ -го типу підрозділу (частини) до виконання  $i$ -го бойового завдання та  $f$ -го бойового завдання, водночас, такий, що  $\delta_{jif}=1$  – при можливості одним й тим же підрозділом (частиною) виконувати  $i$ -те бойове завдання водночас з завданням  $f$ -го типу, та  $\delta_{jif}=0$  – при неможливості цього за будь яких чинників, або за способом застосування угруповання, або за призначенням (при  $i=f$  завжди  $\delta_{jif}=1$ );  $X_{jf}$  – кількість підрозділів (частин)  $j$ -го типу, що можуть бути залученими до виконання  $f$ -го завдання, та значення якого необхідно відшукати при рішенні задачі оптимізації;  $R_j$  – кількість типів бойових обслуг ЗРВ (КП, ПУ), що задіяні при виконанні завдань за призначенням у частині (підрозділі)  $j$ -го типу;  $k_j^{підг}$  – середній коефіцієнт натренованості бойових обслуг  $j$ -го підрозділу (частини) ЗРВ, що підтримується протягом навчального року;  $\Delta T_{jl}$  – періодичність (на протязі навчального року) проведення тренувань на складній повітряній обстановці;  $\alpha$  – середньостатистичний коефіцієнт швидкості руйнування навичок осіб бойових обслуг;  $k_T^{підг}_{jl}$  – коефіцієнт рівню натренованості бойової обслуги  $l$ -го типу зі складу  $j$ -го підрозділу (частини), який підтримується у місці постійної дислокації за рахунок використання штатних засобів тренажу;  $k_{нтц}_{jl}$  – коефіцієнт рівню натренованості бойової обслуги  $l$ -го типу зі складу  $j$ -го підрозділу (частини), який досягається по закінчен-

ню періоду тренувань;  $P_{іпотр}$  – потреби у спільній бойовій могутності ТА і ЗРВ по виконанню  $i$ -го бойового завдання, які задаються й повинні бути задоволені;  $\Delta T$  – період часу, на який здійснюється планування розвитку ТА і ЗРВ;  $\Delta t_{ремj}$ ,  $\Delta t_{кврj}$ ,  $\Delta t_{рmj}$  – термін до наступного відновлювального заходу, що призначається конкретному  $j$ -му типу ОВТ після ремонту, контрольно-відновлюваних робіт, ремонту з модернізацією, відповідно, обчислений в роках;  $C_{іекспj}$  – вартість експлуатації одного виробу ОВТ  $j$ -го типу, що знаходиться на озброєнні;  $C_{ремj}$ ,  $C_{кврj}$ ,  $C_{рmj}$  – вартість ремонту, контрольно-відновлюваних робіт, ремонту з модернізацією одного виробу ОВТ конкретного  $j$ -го типу, відповідно;  $T_k$ ,  $T_{закв}$  – кінцевий рік періоду планування  $\Delta T$  розвитку ТА і ЗРВ та рік закупівлі нового ОВТ  $v$ -го типу;  $C_{ремv}$ ,  $C_{кврv}$ ,  $C_{рmv}$  – вартість ремонту та контрольно-відновлюваних робіт одного виробу ОВТ конкретного  $v$ -го нового типу, відповідно;  $N_{ОВТjшт}$ ,  $N_{ОВТjрем}$ ,  $N_{ОВТjквр}$ ,  $N_{ОВТjрм}$  – кількість виробів ОВТ конкретного типу, що стоїть на озброєнні конкретної частини (підрозділу), та яка буде підлягати ремонту, контрольно-відновлювальним роботам, ремонту з модернізацією, відповідно;  $\Delta t_{ремv}$ ,  $\Delta t_{кврv}$ ,  $\Delta t_{рmv}$  – термін до наступного відновлювального заходу, що призначається конкретному типу нового ОВТ після ремонту, контрольно-відновлюваних робіт, ремонту з модернізацією, відповідно, обчислений в роках;  $C_{lлпj}$  – узагальнена вартість однієї години польоту ЛА, що стоїть на озброєнні частини (підрозділу) ТА  $j$ -го типу;  $t_{вдj}$ ,  $T_{lj}$  – встановлений норматив річного нальоту (в годинах) для підтримки та вдосконалення навичок екіпажами першого класу й кількість років, що потрібна для набуття класної кваліфікації першого класу льотним складом певного роду авіації, відповідно;  $C_{ікнлп}$ ,  $t_{кнлпj}$  – узагальнена вартість години польоту навчально-тренувального літака (навчально-бойового), що використовується для навчальної льотної підготовки курсантів, та нормативний наліт курсанту певного напрямку підготовки у ВВНЗ, відповідно;  $C_{llj}$  – узагальнена річна вартість підготовки  $l$ -ї бойової обслуги  $j$ -ї частини (підрозділу) ЗРВ;  $T_{jквп}$  – середня ємність курсу бойової підготовки  $j$ -го роду авіації, як наліт екіпажу до досягнення ним відповідності класної кваліфікації льотчику першого класу в годинах.

До того ж, заключення співвідношень часових показників для парків існуючого та нового ОВТ у

квадратні дужки означає округлення отриманого результату до найменшого цілого значення.

Задача оптимізації (1), в загальному випадку, являє собою нелінійну задачу математичного програмування, для класу яких розроблено ефективні алгоритми їх чисельного розв'язування. Перший вираз в задачі (1) складає систему обмежень на рівень бойової могутності угруповань ТА і ЗРВ, яка повинна бути не меншою, ніж заданий. Другий вираз – це цільова функція, що визначає те рішення задачі, яке відповідає найменшим витратам ресурсів. Останні обмеження – фізичні обмеження на значення величин, які відшукуються, та які можуть змінюватися в залежності від фізичного змісту постановки задачі оптимізації в кожному конкретному випадку. Так, наприклад, якщо передбачається визначення раціонального бойового складу без нарощення кількості частин (підрозділів), то можуть вводитися обмеження або на значення максимальної кількості частин (підрозділів) кожного з наявних типів, або на загальну кількість частин (підрозділів) ТА і ЗРВ.

Рішенням задачі оптимізації кількісно-якісного складу ТА і ЗРВ у наведеній постановці є раціональні кількість частин (підрозділів) кожного типу, їх розподіл по бойових завданнях та об'єктах дій, ступень підготовленості екіпажів ТА і бойових обслуг ЗРВ, обсяг загальних витрат ресурсів та їх розподіл на всьому періоді часу, на який здійснюється планування розвитку ДТ.

$$\begin{aligned}
 S_{\Sigma} = & \sum_{j=1}^{n_{ТА}} ((C_{1експj} \Delta T k_{спрj} N_{ОВТjшт} + C_{ремj} \left[ \frac{\Delta T}{\Delta t_{ремj}} \right] N_{ОВТjрем} + C_{кврj} \left[ \frac{\Delta T}{\Delta t_{кврj}} \right] N_{ОВТjквр} + \\
 & + C_{рмj} \left[ \frac{\Delta T}{\Delta t_{рмj}} \right] N_{ОВТjрм}) \sum_{f=1}^M X_{jf} + \sum_{v=1}^{n_{ТАнов}} (((C_{1закv} N_{ОВТvшт} + C_{1експv} (T_k - T_{закv}) k_{спрv} N_{ОВТvшт}) + \\
 & + C_{ремv} \left[ \frac{T_k - T_{закv}}{\Delta t_{ремv}} \right] N_{ОВТvрем} + C_{кврv} \left[ \frac{T_k - T_{закv}}{\Delta t_{кврv}} \right] N_{ОВТvквр}) \times \sum_{f=1}^M X_{vf} + \\
 & + \sum_{j=1}^{n_{ЗРВ}} (((C_{1експj} \Delta T k_{спрj} N_{ОВТjшт} + C_{ремj} \left[ \frac{\Delta T}{\Delta t_{ремj}} \right] N_{ОВТjрем} + C_{кврj} \left[ \frac{\Delta T}{\Delta t_{кврj}} \right] N_{ОВТjквр} + \\
 & + C_{рмj} \left[ \frac{\Delta T}{\Delta t_{рмj}} \right] N_{ОВТjрм}) \sum_{f=1}^M X_{jf} + \sum_{v=1}^{n_{ЗРВнов}} (((C_{1закv} N_{ОВТvшт} + C_{1експv} (T_k - T_{закv}) k_{спрv} N_{ОВТvшт}) + \\
 & + C_{ремv} \left[ \frac{T_k - T_{закv}}{\Delta t_{ремv}} \right] N_{ОВТvрем} + C_{кврv} \left[ \frac{T_k - T_{закv}}{\Delta t_{кврv}} \right] N_{ОВТvквр}) \sum_{f=1}^M X_{vf} + \\
 & + \sum_{j=1}^{n_{ТА} + n_{ТАнов}} \sum_{f=1}^M X_{jf} \sum_{l=1}^{N_{екj}} (C_{1штj} t_{вдj} \Delta T + C_{1кнлпj} t_{кнлпj}) + \sum_{j=1}^{n_{ЗРВ} + n_{ЗРВнов}} \sum_{f=1}^M X_{jf} \sum_{l=1}^{R_j} C_{1lj} \Delta T \rightarrow \min; \\
 & X_{vf} \in Z_+, 0 \leq \tau_{lij} \leq T_{jкбп}, \forall i, j, f, l,
 \end{aligned} \tag{3}$$

де  $t_{вдj}$  – нормований річний наліт екіпажу конкретного роду авіації в годинах.

В окремих випадках, коли, наприклад, не має потреби визначати рівень підготовки кожного екіпажу або бойового розрахунку, задача виду (1) суттєво спрощується і перетворюється у класичну задачу лінійного програмування. Система обмежень приймає наступний вигляд:

$$\begin{aligned}
 & \sum_{j=1}^{n_{ТА}} k_{спрj} k_{бпj} k_{підгjсп} \sum_{f=1}^M \delta_{jif} X_{jf} + \\
 & + \sum_{v=1}^{n_{ТАнов}} k_{спрv} k_{бпiv} k_{підгvсп} \times \\
 & \times \sum_{f=1}^F \delta_{vif} X_{vf} + \sum_{j=1}^{n_{ЗРВ}} k_{спрj} k_{бпj} k_{підгjсп} \sum_{f=1}^M \delta_{jif} X_{jf} + \\
 & + \sum_{v=1}^{n_{ЗРВнов}} k_{спрv} k_{бпiv} k_{підгvсп} \sum_{f=1}^M \delta_{vif} X_{vf} \geq P_{іпотр}, \\
 & \forall i = \overline{1, M},
 \end{aligned} \tag{2}$$

де  $k_{підгjсп}$  – коефіцієнт, що визначає середній рівень підготовленості особового складу в частині (підрозділі) конкретного типу, який повинен підтримуватися і є нормативно заданою величиною. Наприклад, в середньому за частину (підрозділ) рівень підготовленості екіпажів повинен відповідати другому класу, тобто здатним застосовувати бойовий літак днем й вночі в складних метеорологічних умовах.

Цільова функція також спрощується та приймає наступний вигляд:

Методика постановки і розв'язування зворотної задачі оптимізації бойового (кількісно-якісного) складу перспективних ТА і ЗРВ схематично наведена на рис. 1.

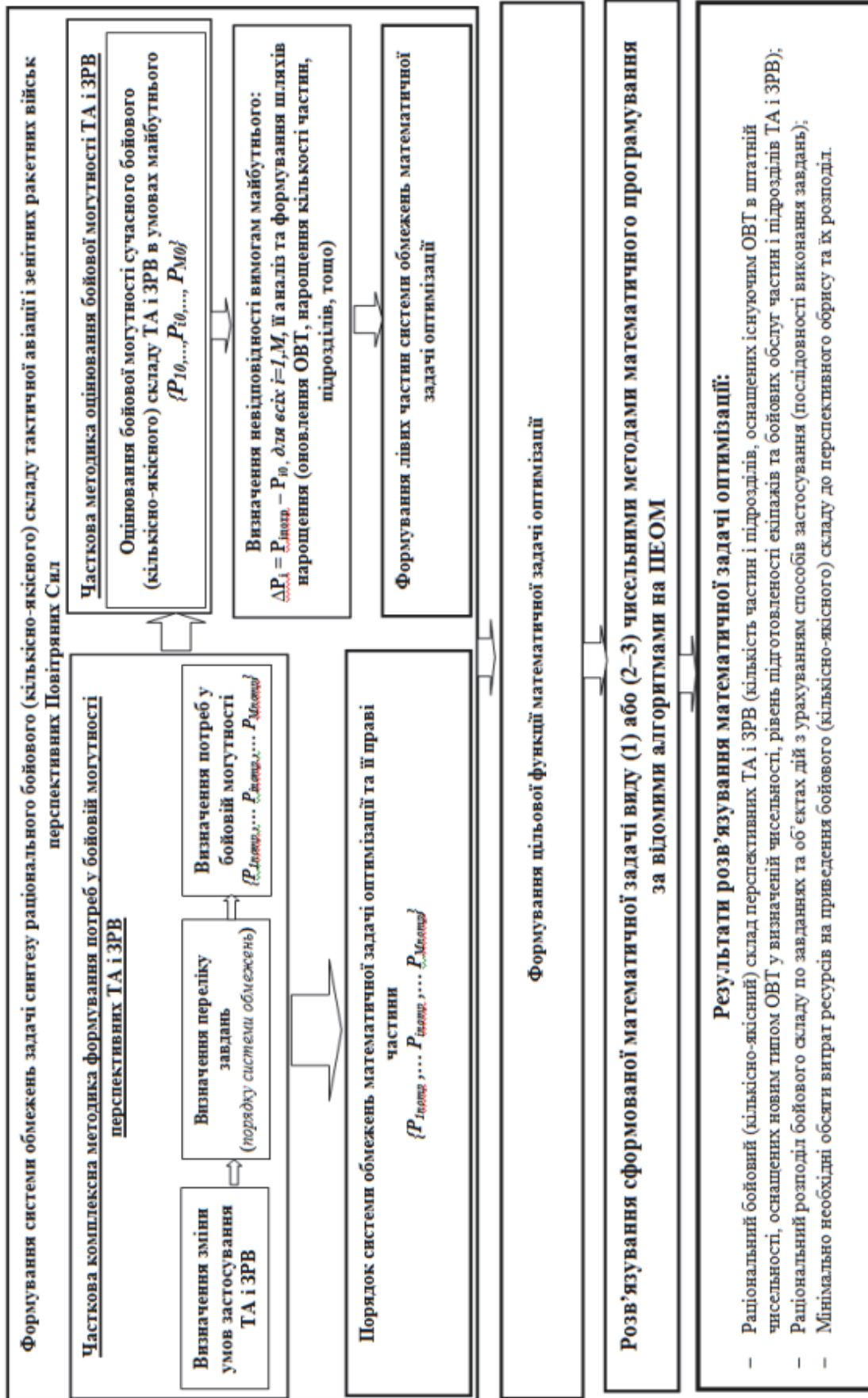


Рис. 1. Методика постановки і розв'язування зворотної задачі оптимізації бойового (кількісно-якісного) складу тактичної авіації і зенітних ракетних військ перспективних Повітряних Сил Збройних Сил України

Сам методичний апарат, який створено, є системним та складається з ряду часткових методик, які ув'язані між собою, а саме:

- часткової методики формування потреб у бойовій могутності перспективних ТА і ЗРВ;

- часткової методики оцінювання бойової могутності ТА і ЗРВ; методики формування цільової функції математичної задачі оптимізації на основі формалізації зв'язку обсягів потрібних витрат з показниками бойового ( кількісно-якісного) складу ТА і ЗРВ;

- методики розв'язування сформованої математичної задачі оптимізації.

Проведення досліджень з обґрунтування раціонального бойового (кількісно-якісного) складу ТА і ЗРВ перспективних Повітряних Сил починається з формування системи обмежень задачі оптимізації (1). За допомогою розробленої часткової комплексної методики здійснюється визначення потреб у бойовій могутності перспективних ТА і ЗРВ в умовах майбутнього застосування, тобто наприкінці глибини довгострокового оборонного планування. На основі прогнозу змін умов майбутнього застосування визначається перелік бойових завдань, які необхідно буде вирішувати, та який визначає розмірність системи обмежень. Далі розраховуються значення потреб у бойовій могутності по кожному з завдань, й тим самим – визначаються праві частини нерівностей системи обмежень. В результаті отримується значення елементів вектору  $\{P_{1\text{потр}}, \dots, P_{i\text{потр}}, \dots, P_{M\text{потр}}\}$ .

Визначені потреби у бойовій могутності ТА і ЗРВ, що оцінені на кінцевий момент періоду планування розвитку, являють собою частку вхідних даних для оцінювання бойової могутності сучасного бойового складу ТА і ЗРВ на відповідність вимогам майбутнього, при умові, що цей склад не буде змінюватися. Визначається різниця між потребами у бойовій могутності та бойовою могутністю сучасного бойового складу ТА і ЗРВ за кожним з бойових завдань, що визначені на перспективу. У разі, якщо хоча би в одному завданні спостерігається нестача бойової могутності сучасного бойового складу потребам у бойовій могутності в майбутньому, визначаються можливі шляхи усунення такої невідповідності, а саме – часткове оновлення парку ОВТ або його часткова модернізація, нарощення кількості частин (підрозділів), підвищення ступеню підготовленості особового складу тощо.

З урахуванням альтернативних шляхів усунення невідповідності у бойовій могутності, складається ліва частина системи обмежень. При цьому, потрібна кількість частин (підрозділів) кожного типу (умовою належності частини або підрозділу до одного типу є ідентичність типу ОВТ, а також штатної чисельності ОВТ та особового складу), з ураху-

ванням можливого порядку застосування сил (способу дій), розподілу по бойових завданнях та об'єктах дій, вважається невідомою. Також невідомими, в загальному випадку, можуть вважатися потрібні набуті нальоти кожного екіпажу в кожній частині (підрозділі), що визначають їх класну кваліфікацію, а в середньому по частині (підрозділі) – середній коефіцієнт підготовленості особового складу до виконання завдань за призначенням.

Наступним кроком є формування цільової функції математичної задачі оптимізації, яка, за своєю суттю, описує мінімум потрібних загальних витрат ресурсів за весь період часу, на який будуть проводитись заходи з розвитку ТА і ЗРВ. Методичний підхід до визначення такої функції, яка встановлює формалізований зв'язок потрібних обсягів загальних витрат ресурсів від основних характеристик бойового (кількісно-якісного) складу, детально описаний в [10], а її формалізований вигляд – описано другим виразом у системі (1), або, у спрощеному варіанті постановки задачі оптимізації – виразом (3).

Сформована математична задача оптимізації розв'язується чисельними методами на ПЕОМ з використанням наявного програмного забезпечення. У випадку, коли задача поставлена у нелінійному вигляді (загальний випадок), що описаний виразом виду (1), можна рекомендувати використання чисельного методу градієнтного спуску або його модифікації. Для задачі лінійного програмування у формі (2–3) обрання чисельного методу буде залежати від розмірності задачі. При малих порядках системи обмежень рекомендується метод Гоморрі або його модифікації. При великих порядках можна рекомендувати симплекс-метод, із його застосуванням без огляду на умови, що невідомі, які відшукуються є цілими числами. Але при цьому знайдені рішення необхідно округлити до найбільшого цілого з обов'язковим перерахунком значення цільової функції.

Отримані рішення задачі визначатимуть такий бойовий (кількісно-якісний) склад ТА і ЗРВ, який буде задовольняти всім потребам у бойовій могутності по всіх визначених бойових завданнях при мінімальному значенні обсягів потрібних витрат ресурсів у коштовно-грошовому вигляді. Врахування впливу інфляції може бути виконано на основі використання офіційних прогнозних показників інфляції.

Треба підкреслити, що будь-якій інший варіант можливого задоволення потреб у бойовій могутності ТА і ЗРВ буде вимагати більших витрат ресурсів. Саме це й визначає ґрунтовність запиту на державне фінансування на період, на який проводиться планування.

У випадку, якщо потрібний обсяг ресурсів не співпадає із прогнозними показниками витрат на

потреби оборони (з урахуванням розподілу по програмах і статтях), слід повторно здійснити постановку і розв'язування задачі оптимізації з ґрунтовним переглядом потреб у бойовій могутності – або відмовитися від виконання ряду завдань, або знизити вимоги до рівня їх виконання.

## Висновки

Розроблено методику постановки та розв'язування математичної задачі оптимізації бойового (кількісно-якісного) складу перспективних ТА і ЗРВ у зворотній формі, яка базується на використанні методу бойових потенціалів, удосконаленого для оцінювання спільної бойової могутності угруповань тактичної авіації і зенітних ракетних військ у виконанні завдань протиповітряної оборони. Дана методика дозволяє визначити раціональні сполучення значень основних показників бойового (кількісно-якісного) складу перспективних ТА і ЗРВ, їх розподіл по бойових завданнях та об'єктах дій, а також потрібних обсягів ресурсів для побудови такого бойового складу й їх розподіл. Запропонована методика буде корисною для вирішення прикладних задач середньострокового та довгострокового планування розвитку Повітряних Сил Збройних Сил України.

## Список літератури

1. Указ Президента України від 04.06.2016р № 240/2016 «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 20 травня 2016 року «Про Стратегічний оборонний бюлетень України»».
2. Юдаков В.О. Аналіз системи оборонного планування в Україні та визначення шляхів її удосконалення / В.О. Юдаков, Р.В. Бойко, С.М. Чумаченко, Т.О. Ворона // Зб. наук. праць ЦВСД НАОУ. – 2011. – № 1(42). – С. 4-10.
3. Донеллі К. Головні принципи сучасного військового будівництва в контексті реформування сфери безпеки і оборони в Україні / К. Донеллі, Д. Грін // Національна безпека і оборона. – 2003. – №7. – С. 54-61.
4. Руснак І.С. Розвиток методологічних положень обґрунтування заходів організаційного будівництва (реформування) Повітряних Сил Збройних Сил України / І.С. Руснак, О.М. Загорка // Наука і оборона. – 2010. – №1. – С. 6-12.
5. Сучасний метод бойових потенціалів в прикладних задачах планування розвитку та застосування тактичної авіації: монографія / [Семон Б.Й., Леонт'єв О.Б., Котов О.Б та ін.]. – К.: НАОУ, 2009. – 336 с.
6. Квашинин А.В. Основы теории и методологии планирования строительства Вооруженных Сил Российской Федерации: Военно-теоретический труд / А.В. Квашинин. – М.: Воентехиздат, 2002. – 232 с.
7. Герасимов А.П. До визначення чисельності Збройних Сил України / А.П. Герасимов, О.Г. Шаталова // Наука і оборона. – 1999. – №3. – С. 13-16.
8. Леонт'єв О.Б. Методичний підхід до обґрунтування кількісно-якісного складу перспективних Збройних Сил України на етапах стратегічного планування їх розвитку / О.Б. Леонт'єв, В.О. Нерубацький, О.В. Нікіфоров, Є.Б. Смірнов // Збірник наукових праць Об'єднаного науково-дослідного інституту Збройних Сил. – Х.: ОНДІ ЗС, 2005. – Вип. 2(2). – С. 40-55.
9. Дроздов С.С. Методичний підхід до кількісного оцінювання впливу рівня підготовленості екіпажів на бойову могутність бойового складу тактичної авіації / С.С. Дроздов // Науково-технічний журнал «Наука і техніка Повітряних Сил». – Х.: ХНУПС. – 2016. – №3(24). – С. 49-53.
10. Нікіфоров М.М. Постановка наукового завдання щодо обґрунтування організації бойової підготовки бойових обслуг командних пунктів Повітряних Сил Збройних Сил України / М.М. Нікіфоров // Зб. наук. праць «Труди Академії». – К.: НАОУ, 2009. – Вип. 3(90). – С. 59-66.

Надійшла до редколегії 27.03.2017

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. Г.В. Певцов, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## МЕТОДИКА ПОСТАНОВКИ И РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ БОЕВОГО (КОЛИЧЕСТВЕННО-КАЧЕСТВЕННОГО) СОСТАВА ТАКТИЧЕСКОЙ АВИАЦИИ И ЗЕНИТНЫХ РАКЕТНЫХ ВОЙСК ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВОЗДУШНЫХ СИЛ

С.С. Дроздов, А.Б. Леонт'єв

В статье рассмотрена математическая постановка задачи оптимизации боевого (количественно-качественного) состава перспективной тактической авиации и зенитных ракетных войск, которые составляют основную, системообразующую компоненту вида Вооруженных Сил Украины – Воздушных Сил. Постановка задачи осуществляется в обратной форме, при которой рациональные характеристики боевого состава определяются на основе заданных значений обобщенных свойств перспективной группировки тактической авиации и зенитных ракетных войск.

**Ключевые слова:** боевая мощь, боевой состав, затраты, эффект, оптимизация.

## THE METHODOLOGY OF SETTING AND SOLVING THE INVERSE PROBLEM OF OPTIMIZATION OF THE COMBAT (QUANTITATIVE AND QUALITATIVE) STRUCTURE OF TACTICAL AVIATION AND THE ANTI-AIRCRAFT MISSILE FORCES OF PERSPECTIVE AIR FORCES

S. Drozdov, O. Leontyev

The mathematical formulation of the problem of optimization of the combat (quantitative and qualitative) structure of the prospective tactical aviation and anti-aircraft missile forces, formed the main, system-forming component of the Air Force of Ukraine type, is considered in the article. The statement of the problem is carried out in the inverse form, in which the rational characteristics of the combat structure are determined on the basis of the given values of the generalized characteristic indicators of the perspective grouping of tactical aviation and anti-aircraft missile forces.

**Keywords:** combat power, combat structure, costs, effect, optimization.