

С.П. Фриз, к.т.н., доц.
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова
Національного авіаційного університету

СИСТЕМА ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЛАНУВАННЯ КОСМІЧНОГО ЗНІМАННЯ

Показано актуальність проблеми вибору показників ефективності планування роботи космічних засобів. Розроблено систему показників, що дозволяє комплексно оцінювати інформаційні можливості космічних систем спостереження (КСС), очікувані та реальні можливості виконання замовлень, ефективність оперативного планування роботи засобів КСС та фактичні результати виконання оперативних планів системою.

Постановка проблеми. Відповідно до Загальнодержавної цільової науково-технічної космічної програми України на 2008–2011 роки [1] в нашій державі передбачено створення ряду космічних інформаційних систем, серед яких особливе місце займають космічні системи спостереження (КСС) з обмеженою кількістю космічних апаратів (КА). Через унікальність та велику вартість КСС, а також через вагомий державний значення їхньої цільової інформації (ЦІ) виникає проблема раціонального розподілу (планування) обмежених інформаційних, технічних та енергетичних можливостей (ресурсів), у першу чергу, КА, між потребами різних замовників.

Огляд останніх досліджень і публікацій. Подібна проблема в теперішній час існує в космічних системах (КС) дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) типу “Січ” [2]. Для планування роботи засобів КС ДЗЗ застосовується комбінована схема розрахунків і прийняття рішень, коли, наприклад, балістичні дані розраховуються за допомогою комп’ютера, а прийняття рішень органом планування роботи (ОПР) відбувається евристично із значною часткою суб’єктивізму. При цьому через зрозумілі причини не вважаються критичними такі явища, як повне або часткове невиконання окремих заявок на отримання ЦІ, пропуски замовлених районів або регіонів, неекономні витрати ресурсів КС та ін.

Якщо такий підхід є прийнятним для КС ДЗЗ, то він є мало придатним для перспективних КСС, оскільки ЦІ від них планується застосовувати в інтересах різних державних і комерційних замовників [3]. Для подібних систем існуючу технологію планування роботи засобів КС ДЗЗ можна взяти лише за прототип. При цьому для оцінювання якості планування необхідно розробити або вибрати прийнятну систему показників ефективності планування.

Очевидно, що ефективність планування слід оцінювати, виходячи із необхідної ефективності КСС, оскільки вона може реалізувати свої інформаційні можливості тільки завдяки вдалому плануванню роботи її засобів.

У загальному випадку ефективність КСС як інформаційної системи можна оцінювати через кількість ЦІ та її вартість [4]. Кількість ЦІ наочно виражається, наприклад, через апріорну H^{pr} і апостеріорну H^{ps} ентропію стану районів (об’єктів) спостереження: $I^c = H^{pr} - H^{ps}$. Іншими словами, кількість ЦІ характеризує зняту невизначеність в стані районів (об’єктів) і, якщо цей стан на деякому часовому інтервалі не змінюється, то $I^c = 0$, що, очевидно, не може явно характеризувати “корисність” КСС.

Вартість ЦІ на етапі експлуатації КСС можна виразити через вартість C^c експлуатації засобів КСС, що безпосередньо задіяні в процесі отримання ЦІ. У такому разі ефективність КСС можна представити як $\mathcal{E}^c = I^c / C^c$.

Однак такий підхід більше прийнятний для замовників та розробників КСС, але мало підходить для тих, хто експлуатує систему, зокрема, для ОПР. Справа в тому, що ОПР принципово не може впливати на кількість ЦІ, а може лише сприяти отриманню максимально можливого об’єму корисної (необхідної замовнику) ЦІ $J^i = \{J_a^i\}$, $\hat{a} = \overline{1, \hat{A}}$, в якому може бути та чи інша кількість ЦІ (“новизна” в стані районів чи об’єктів).

У зв’язку з цим, **метою статті** є розробка системи показників ефективності планування роботи засобів КСС, що базується на об’ємах необхідної замовникам ЦІ та інформаційних можливостях КСС, потенційних і реальних можливостях планування та реалізації розроблених планів засобами КСС.

Як свідчить **аналіз доступних джерел інформації**, у такому вигляді задача розв’язується вперше. Окремі підходи до вибору показників ефективності КС розглянуто в монографіях [5, 6]. Питання ефективності планування роботи складних технічних та економічних систем частково досліджено в роботах [7, 8]. Окремі особливості процесу планування роботи КС розглянуто в підручнику [9]. На жаль, системний підхід до оцінювання ефективності планування роботи засобів КСС та ефективності реалізації цих планів у відомих відкритих і закритих роботах не зустрічається.

Викладення основного матеріалу дослідження. У зв'язку з оригінальністю даного підходу доцільно дати окремі визначення.

Зокрема, залежно від значення деякого показника ефективності планування, говоритимемо про множину можливих планів: $\bar{I} = \{\bar{I}_u\}$, $u = \overline{1, U}$, де, наприклад, $P_1 = P^-$ – недопустимий (неприйнятний) план; $P_2 = P^+$ – допустимий (прийнятний) план; $P_3 = P^p$ – раціональний план; $P_4 = P^o$ – оптимальний план; $P_5 = P^a$ – адаптивний план тощо.

Під недопустимим (неприйнятним) планом слід розуміти такий план, в якому не передбачено обслуговування жодного замовлення із множини $\zeta = \{C_\alpha\}$, $\alpha = \overline{1, A}$, тобто $P^- = P_u(\{C_\alpha\} = \emptyset)$. Зауважимо, що такий план є недопустимим тільки з огляду на основний етап функціонування КСС – отримання ЦІ, але на практиці він може мати місце, наприклад, на етапі відновлення працездатності засобів КСС.

У такому разі допустимим (прийнятним) планом слід називати такий план, в якому передбачено обслуговування хоча б одного замовлення із множини $\zeta = \{C_\alpha\}$, $\alpha = \overline{1, A}$, тобто $P^+ = P_u(\{C_\alpha\} \neq \emptyset)$. При цьому серед допустимих планів кращим (більш доцільним, переважним) буде той, що передбачає обслуговування більшої кількості замовлень, більшого ступеня задоволення потреб кожного замовлення та менших витрат ресурсу КСС.

У такому розумінні кращий із допустимих планів вважатимемо раціональним (“розумно обгрунтованим, доцільним” [10]), а план, що передбачає повне за якістю обслуговування всіх допустимих для КСС замовлень при мінімальних витратах ресурсу засобів КСС – оптимальним. Адаптивне планування включає в себе всі переваги оптимального планування та додатково враховує організаційні проблеми, персоніфікує план як систему взаємозв'язаних рішень, передбачає майбутній стан та умови функціонування системи [11].

При цьому під об'ємом корисної ЦІ J^u розумітимемо той об'єм інформації (наприклад, у бітах чи байтах), який отримано КСС внаслідок спостереження саме замовленого району, а не будь-якої території земної поверхні, що неминуче потрапляє в поле зору бортової цільової апаратури, саме замовленим її типом у замовленому режимі спостереження та ін. У протилежному випадку слід говорити про надлишкову або непотрібну інформацію для даного замовника.

У такому випадку можна стверджувати, що об'єм корисної ЦІ, а отже, інформаційні можливості КСС однозначно виражаються кількістю та якістю обслужених замовлень, при цьому під якістю треба розуміти повноту виконання кожної із вимог окремого замовлення. Ці вимоги виражені відповідними елементами замовлення [2]:

$$Z_\alpha = \{Z_{\gamma}, \gamma^z, d_z, P_m, K_z, B_z, \varphi_i, \alpha_s, A_\beta, C_v\}, \quad (1)$$

де $Z_p, p = \overline{1, P}$ – γ -тий замовник інформації КСС; $\gamma^z, z = \overline{1, a}$, – ϵ -тий пріоритет замовника Z_{γ} ; $d_\zeta, \zeta = \overline{1, C}$ – z -та дата спостереження; $E_m, m = \overline{1, M}$ – m -ий район спостереження; $K_z, z = \overline{1, G}$ – z -ий КА із орбітального групування КСС; $A_z, z = \overline{1, Z}$ – z -ий тип бортової цільової апаратури на даному КА; $\times_i, i = \overline{1, I}$ – i -тий режим спостереження даного КА; $\alpha_s, s = \overline{1, S}$ – s -те значення кута місця Сонця над заданим районом; $A_\beta, \beta = \overline{1, B}$ – β -ий рівень хмарності над заданим районом; $\tilde{N}_v, v = \overline{1, Y}$ – v -ий пункт прийому цільової інформації (ППІ).

З огляду на практичні потреби може бути достатньо, щоб зазначені вимоги вимірювались шкалою двозначної або тризначної логіки, а, наприклад, частку контрольованої площі заданого району P_m можна і потрібно описувати більш детальною шкалою багатозначної логіки.

З урахуванням сказаного, припустимо, що на великих інтервалах часу, наприклад, протягом року, КСС гарантовано може якісно обслужити всі замовлення $\zeta = \{C_\alpha\}$, $\alpha = \overline{1, A}$ вигляду (1). У той же час на будь-якому конкретному інтервалі оперативного планування (ІОП) I_v із множини $\dot{E} = \{\dot{E}_v\}$, $v = \overline{1, V}$ не всі замовлення можуть бути внесені до оперативного плану, а із запланованих замовлень не всі можуть бути якісно обслужені через різні об'єктивні та суб'єктивні причини.

Більше того, до оперативного плану можуть бути внесені окремі замовлення помилково. У такому разі частку правильно (неправильно) запланованих замовлень можна покласти в основу показників ефективності планування, а частку правильно (неправильно) обслужених замовлень із запланованих – в основу показників ефективності КСС.

Стосовно зазначених причин, слід зауважити таке. Вважатимемо, що всі замовники $Z = \{Z_\alpha\}$, $\alpha = \overline{1, J}$ достатньо в цілому обізнані з інформаційними можливостями КСС

$J^m = \{J_{жс}^m\}$, $жс = \overline{1, Ж}$ і на даному етапі її життєвого циклу не подають недопустимих замовлень, тобто таких замовлень, що в принципі КСС ніколи не зможе обслужити. Крім того, доцільно вважати, що в разі відсутності будь-яких причин КСС може повністю реалізувати свої потенційні інформаційні можливості, що закладено при її створенні. У протилежних випадках можна говорити про реальні інформаційні можливості КСС у даних умовах функціонування.

Зрозуміло, що на практиці, як правило, реальні можливості нижчі за потенційні через ряд причин, які можуть бути об'єктивними чи суб'єктивними відносно або КСС у цілому, або тільки відносно ОПР.

З врахуванням цього пропонується оригінальна система показників (табл. 1), що характеризують як ефективність КСС, так і ефективність планування роботи її засобів.

Таблиця 1

Об'єкт та суб'єкт планування	Показник					
	потреба, необхідність	вимога, заявки	можливість		результат	
			потенційна	реальна	очікуваний	фактичний
Замовники	A^H					
КСС		$A^{HO} \oplus A^{\overline{HO}}$	A^{MO}	$A^{PO} \oplus A^{\overline{PO}}$	A^{OO}	$A^{\phi O} \oplus A^{\overline{\phi O}}$
ОПР		A^{HP}	A^{MP}	$A^{PP} \oplus A^{\overline{PP}}$	A^{OP}	$A^{\phi P} \oplus A^{\overline{\phi P}}$

Примітка: \oplus – символ виключного “або” (або,... або).

По-перше, як вже зазначалося, відносно КСС можна говорити про її потенційні та реальні інформаційні можливості і виражати їх через потенційну (максимально можливу) $A_v^{MO} = A^{MO}(D^v)$ і реальну $A_v^{PO} = A^{PO}(D^v) = A^{MO} - A^{\overline{PO}}$ кількість обслужених замовлень. При цьому, через об'єктивні щодо КСС причини (ОСП), як правило, виконується умова $A_v^{PO} \leq A_v^{MO}$. Очевидно, що відношення цих величин можна взяти за коефіцієнти інформаційних можливостей КСС:

– диференціальний коефіцієнт інформаційних можливостей КСС на v -му ІОП тривалістю D^v :

$$K_v^{IM} = K^{IM}(D^v) = A_v^{PO} / A_v^{MO} = 1 - A_v^{\overline{PO}} / A_v^{MO}, \quad 0 \leq K_v^{IM} \leq 1, \quad (2)$$

де $A_v^{\overline{PO}} = A^{\overline{PO}}(D^v)$ – кількість замовлень, що реально не може обслужити КСС на v -му ІОП тривалістю D^v через ОСП;

– інтегральний коефіцієнт інформаційних можливостей КСС на великих інтервалах часу (місяць, квартал, рік тощо) тривалістю $D^\Sigma = \{D^p, D^k, D^m\}$:

$$K_\Sigma^{IM} = K^{IM}(D^\Sigma) = A_\Sigma^{PO} / A_\Sigma^{MO} = 1 - A_\Sigma^{\overline{PO}} / A_\Sigma^{MO}, \quad 0 \leq K_\Sigma^{IM} \leq 1, \quad (3)$$

де $A_\Sigma^{PO} = A_\Sigma^{MO} - A_\Sigma^{\overline{PO}}$ – кількість замовлень, що реально може обслужити КСС на великому інтервалі тривалістю D^Σ ; $A_\Sigma^{MO} = \sum_{v=1}^{V^\Sigma} A_v^{MO}$ – сумарна кількість замовлень, які потенційно може обслужити КСС на

великому інтервалі тривалістю D^Σ ; $A_\Sigma^{\overline{PO}} = \sum_{v=1}^{V^\Sigma} A_v^{\overline{PO}}$ – кількість замовлень, що реально не може обслужити

КСС на великому інтервалі тривалістю D^Σ через ОСП; $V^\Sigma = D^\Sigma / D^v$ – кількість ІОП тривалістю D^v на великому інтервалі планування D^Σ .

По-друге, якщо для замовників необхідно обслужити $A_v^{HO} = A^{HO}(D^v)$ замовлень, а очікується, що КСС може потенційно обслуговувати $A_v^{MO} = A^{MO}(D^v)$, то реально $A_v^{PO} = A^{PO}(D^v)$ замовлень, то для оцінювання можливого ступеня виконання вимог замовників можна ввести відповідні коефіцієнти можливостей обслуговування замовлень:

– потенційний диференціальний коефіцієнт можливостей обслуговування замовлень КСС на v -му ІОП тривалістю D^v :

$$K_v^{MO} = K^{MO}(D^v) = A_v^{MO} / A_v^{HO}, \quad 0 \leq K_v^{MO} \leq \infty; \quad (4)$$

– реальний диференціальний коефіцієнт можливостей обслуговування замовлень КСС на v -му ІОП тривалістю D^v :

$$K_v^{PO} = K^{PO}(D^v) = A_v^{PO} / A_v^{HO} = 1 - A_v^{\overline{PO}} / A_v^{HO}, \quad 0 \leq K_v^{PO} \leq \infty, \quad K_v^{PO} \leq K_v^{MO}. \quad (5)$$

Аналогічно з виразом (4) можна ввести інтегральні коефіцієнти:

– потенційний інтегральний коефіцієнт можливостей обслуговування замовлень КСС на великому інтервалі планування тривалістю D^Σ :

$$K_\Sigma^{MO} = K^{MO}(D^\Sigma) = A_\Sigma^{MO} / A_\Sigma^{HO}, \quad 0 \leq K_\Sigma^{MO} \leq \infty; \quad (6)$$

– реальний інтегральний коефіцієнт можливостей обслуговування замовлень КСС на великому інтервалі планування тривалістю D^Σ :

$$K_\Sigma^{PO} = K^{PO}(D^\Sigma) = A_\Sigma^{PO} / A_\Sigma^{HO} = 1 - \overline{A_\Sigma^{PO}} / A_\Sigma^{HO}, \quad 0 \leq K_\Sigma^{PO} \leq \infty, \quad K_\Sigma^{PO} \leq K_\Sigma^{MO}. \quad (7)$$

Неважко показати, що між коефіцієнтами (4)–(7) мають місце співвідношення:

$$K_v^{PO} = K_v^{MO} \cdot K_v^{IM}, \quad K_\Sigma^{PO} = K_\Sigma^{MO} \cdot K_\Sigma^{IM}.$$

Зазначимо, що відповідно до прийнятого припущення замовники не подаватимуть до ОПР неприйнятних замовлень, але кількість прийнятних замовлень не обмежується. Це означає, що параметри A_v^{MO} і A_v^{PO} можуть бути за величиною у будь-якому співвідношенні з параметром A_v^{HO} , а отже, коефіцієнти (4)–(7) можуть теоретично набувати значення $0 \leq K_v^{MO} \leq \infty$; $0 \leq K_v^{PO} \leq \infty$. У такому разі, залежно від величини цих коефіцієнтів, ОПР може відносно завантаженості КСС приймати такі рішення:

- а) КСС недовантажена замовленнями, якщо $K^{MO} > 1$ ($K^{PO} > 1$);
- б) КСС перевантажена замовленнями, якщо $K^{MO} < 1$ ($K^{PO} < 1$);
- в) КСС завантажена нормально, якщо $K^{MO} = 1$ ($K^{PO} = 1$).

По-третє, виходячи із кількості замовлень, що потрібно обслужити, та враховуючи потенційні і реальні інформаційні можливості КСС, її завантаженість, ОПР повинен скласти прийнятний оперативний план роботи її засобів. При цьому для ОПР природно прийняти гіпотезу, що на даному ІОП стан засобів КСС буде сприятливим.

У такому разі ефективність планування можна оцінювати через потенційні коефіцієнти планування:

– потенційний диференціальний коефіцієнт можливостей планування на v -му ІОП тривалістю D^v :

$$K_v^{MP} = A_v^{MP} / A_v^{HP}, \quad 0 \leq K_v^{MP} \leq 1, \quad (8)$$

де $A_v^{MP} = A^{MP}(D^v) = A_v^{HP} \wedge A_v^{MO} = \begin{cases} A_v^{HP}, & \text{якщо } A_v^{HP} \leq A_v^{MO} \\ A_v^{MO}, & \text{якщо } A_v^{HP} > A_v^{MO} \end{cases}$ – кількість замовлень, що потенційно можна

внести до плану на v -му ІОП; $A_v^{HP} = A^{HP}(D^v) = A_v^{HO}$ – кількість замовлень, які необхідно внести до плану на v -му ІОП;

– потенційний інтегральний коефіцієнт можливостей планування на великому інтервалі планування тривалістю D^Σ :

$$K_\Sigma^{MP} = A_\Sigma^{MP} / A_\Sigma^{HP}, \quad 0 \leq K_\Sigma^{MP} \leq 1, \quad (9)$$

де елементи в правій частині мають таке ж тлумачення, як і в (8), але для великих інтервалів часу.

По-четверте, з огляду на існуючі об'єктивні та суб'єктивні причини до реального оперативного плану можуть бути внесені не всі потенційно допустимі замовлення. Більше того, до плану можуть бути внесені окремі замовлення помилково. У такому разі слід ввести реальні показники ефективності планування, а саме:

– реальний диференціальний коефіцієнт можливостей планування на v -му ІОП тривалістю D^v :

$$K_v^{PP} = A_v^{PP} / A_v^{HP} = 1 - \overline{A_v^{PP}} / A_v^{HP}, \quad 0 \leq K_v^{PP} \leq 1, \quad K_v^{PP} \leq K_v^{MP}, \quad (10)$$

де $A_v^{PP} = A_v^{MP} \wedge A_v^{PO} = \begin{cases} A_v^{MP}, & \text{якщо } A_v^{MP} \leq A_v^{PO} \\ A_v^{PO}, & \text{якщо } A_v^{MP} > A_v^{PO} \end{cases}$ – кількість замовлень, що реально можна внести до плану

на v -му ІОП; $\overline{A_v^{PP}} = A_v^{MP} - A_v^{PP}$ – кількість замовлень із кількості необхідних, що реально не можна внести до плану на v -му ІОП через ОСП;

– реальний інтегральний коефіцієнт можливостей планування на великому інтервалі планування тривалістю D^Σ :

$$K_\Sigma^{PP} = A_\Sigma^{PP} / A_\Sigma^{HP} = 1 - \overline{A_\Sigma^{PP}} / A_\Sigma^{HP}, \quad 0 \leq K_\Sigma^{PP} \leq 1, \quad K_\Sigma^{PP} \leq K_\Sigma^{MP}, \quad (11)$$

де елементи в правій частині мають таке ж тлумачення, як і в (10), але для великих інтервалів часу.

По-п'яте, враховуючи вплив об'єктивних і суб'єктивних причин на результати роботи ОПР, тобто на його рішення \mathfrak{R} , доцільно ввести коефіцієнти фактичного планування:

– диференціальний коефіцієнт фактичного планування на v -му ІОП тривалістю D^v :

$$K_v^{\Phi\Pi} = A_v^{\Phi\Pi} / A_v^{OP} = 1 - \overline{A}_v^{\Phi\Pi} / A_v^{OP}, \quad 0 \leq K_v^{\Phi\Pi} \leq 1, \quad (12)$$

де $A_v^{\Phi\Pi} = A^{\Phi\Pi}(D^v) = A_v^{\Pi+} + A_v^{\Pi-}$, $A_v^{\Phi\Pi} \leq A_v^{OP}$ – кількість замовлень, що фактично внесені до плану на v -му ІОП; $A_v^{\Pi+}$ – кількість замовлень, що правильно внесені до плану на v -му ІОП; $A_v^{\Pi-}$ – кількість замовлень, що неправильно внесені до плану на v -му ІОП; $A_v^{OP} = A^{OP}(D^v) = A_v^{P\Pi}$ – очікувана кількість замовлень для планування на v -му ІОП; $\overline{A}_v^{\Phi\Pi} = \overline{A}_v^{\Pi+} + \overline{A}_v^{\Pi-}$ – кількість замовлень, які фактично не внесені до плану на v -му ІОП через об’єктивні та суб’єктивні щодо ОПР причини; $\overline{A}_v^{\Pi+}$ – кількість замовлень, що правильно внесені до плану на v -му ІОП; $\overline{A}_v^{\Pi-}$ – кількість замовлень, які неправильно внесені до плану на v -му ІОП;

– інтегральний коефіцієнт фактичного планування на великому інтервалі тривалістю D^Σ :

$$K_\Sigma^{\Phi\Pi} = A_\Sigma^{\Phi\Pi} / A_\Sigma^{OP} = 1 - \overline{A}_\Sigma^{\Phi\Pi} / A_\Sigma^{OP}, \quad 0 \leq K_\Sigma^{\Phi\Pi} \leq 1, \quad (13)$$

де елементи в правій частині мають таке ж тлумачення, як і в (12), але для великих інтервалів часу.

По-шосте, зважаючи на те, що серед фактично запланованих замовлень внаслідок впливу об’єктивних та суб’єктивних причин можуть бути такі, що внесені помилково, доцільно ввести коефіцієнти правильного фактичного планування:

– диференціальний коефіцієнт правильного фактичного планування на v -му ІОП тривалістю D^v :

$$K_v^{\Pi+} = A_v^{\Pi+} / A_v^{\Phi\Pi}, \quad 0 \leq K_v^{\Pi+} \leq 1, \quad K_v^{\Pi+} \leq K_v^{\Phi\Pi}; \quad (14)$$

– інтегральний коефіцієнт правильного фактичного планування на великому інтервалі тривалістю D^Σ :

$$K_\Sigma^{\Pi+} = A_\Sigma^{\Pi+} / A_\Sigma^{\Phi\Pi}, \quad 0 \leq K_\Sigma^{\Pi+} \leq 1, \quad K_\Sigma^{\Pi+} \leq K_\Sigma^{\Phi\Pi}. \quad (15)$$

По-сьоме, з огляду на вплив суб’єктивних щодо ОПР причин на результати обслуговування запланованих замовлень доцільно ввести показники фактично обслужених замовлень:

– диференціальний коефіцієнт фактичного обслуговування замовлень на v -му ІОП тривалістю D^v :

$$K_v^{\Phi O} = K^{\Phi O}(D^v) = A_v^{\Phi O} / A_v^{OO} = 1 - \overline{A}_v^{\Phi O} / A_v^{OO}, \quad 0 \leq K_v^{\Phi O} \leq 1, \quad K_v^{\Phi O} \leq K_v^{\Phi\Pi}, \quad (16)$$

де $A_v^{\Phi O} = A^{\Phi O}(D^v) = A_v^{OO} - \overline{A}_v^{\Phi O}$ – кількість замовлень, що фактично обслужені КСС на v -му ІОП; $A_v^{OO} = A^{OO}(D^v) = A_v^{\Phi\Pi}$ – очікувана кількість замовлень для обслуговування КСС на v -му ІОП; $\overline{A}_v^{\Phi O} = \overline{A}^{\Phi O}(D^v)$ – кількість замовлень із числа очікуваних, що фактично не обслужені КСС на v -му ІОП через суб’єктивні щодо ОПР причини;

– інтегральний коефіцієнт фактично обслужених замовлень на великому інтервалі планування тривалістю D^Σ :

$$K_\Sigma^{\Phi O} = K^{\Phi O}(D^\Sigma) = A_\Sigma^{\Phi O} / A_\Sigma^{OO} = 1 - \overline{A}_\Sigma^{\Phi O} / A_\Sigma^{OO}, \quad 0 \leq K_\Sigma^{\Phi O} \leq 1, \quad K_\Sigma^{\Phi O} \leq K_\Sigma^{\Phi\Pi}, \quad (17)$$

де елементи в правій частині мають таке ж тлумачення, як і в (16), але для великих інтервалів часу.

Крім запропонованих коефіцієнтів, залежно від потреб можна, ввести і ряд інших. Наочне уявлення щодо принципової можливості введення інших коефіцієнтів дає таблиця 2.

Таблиця 2

Показник	A^H	A^{HO}	A^{MO}	A^{PO}	A^{HP}	A^{MP}	A^{PP}	A^{OP}	$A^{\Phi\Pi}$	A^{OO}	$A^{\Phi O}$	$A^{\Pi+}$
A^H	1											
A^{HO}		1	K^{MO}	K^{PO}	1							
A^{MO}		K^{OM}	1	K^{IM}								
A^{PO}		K^{OP}	K^{MI}	1								
A^{HP}		1			1	K^{MP}	K^{PP}					

A^{MP}					K^{PM}	1						
A^{PP}					K^{PP}		1	1		1		
A^{OP}							1	1	K^{OP}			
A^{FP}								K^{FP}	1			K^{P+}
A^{OO}							1			1	K^{FO}	
A^{FO}										K^{OF}	1	
A^{P+}									K^{+P}			1

Примітка: $K^{OM} = 1/K^{MO}$; $K^{OP} = 1/K^{PO}$; $K^{MI} = 1/K^{IM}$ та ін.

Висновки. Запропонована система показників дозволяє комплексно оцінювати інформаційні можливості КСС, очікувані та реальні можливості виконання замовлень, ефективність оперативного планування роботи засобів КСС та фактичні результати виконання оперативних планів системою. Виходячи із вимог до показників ефективності технічних систем (наочність, зрозуміле фізичне значення, можливість вимірювати, нормування тощо), доцільно прийняти запропоновані коефіцієнти як показники ефективності КСС та планування космічного знімання відповідно.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Загальнодержавна цільова науково-технічна космічна програма України на 2008–2011 роки / НКАУ. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.nkau.gov.ua>.
2. Машков О.А. Методика оптимізації планування роботи орбітальних засобів космічних систем спостереження / О.А. Машков, С.П. Фриз // Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем : зб. наук. праць. – Житомир : ЖВІРЕ, 2003. – Вип. 6. – С. 80–91.
3. Манойлов В.П. ДЗЗ із космосу: науково-технічні основи формування і обробки видової інформації / В.П. Манойлов, В.В. Омельчук, В.В. Опанюк. – Житомир : ЖДТУ, 2008. – 384 с.
4. Мамиконов А.Г. Принятие решений и информация / А.Г. Мамиконов. – М. : Наука, 1983. – 184 с.
5. Лебедев А.А. Космические системы наблюдения. Синтез и моделирование / А.А. Лебедев, О.П. Нестеренко. – М. : Машиностроение, 1991. – 224 с.
6. Ханцеверов Ф.Р. Моделирование космических систем изучения природных ресурсов Земли / Ф.Р. Ханцеверов, В.В. Остроухов. – М. : Машиностроение, 1989. – 264 с.
7. Багриновский К.А. Математика плановых решений / К.А. Багриновский, В.П. Бусыгин. – М. : Наука, 1980. – 224 с.
8. Браверман Э.М. Математические модели планирования и управления в экономических системах / Э.М. Браверман. – М. : Наука, 1976. – 412 с.
9. Захаров О.Б. Організація балістико-навігаційного забезпечення управління космічними апаратами : підручник / О.Б. Захаров. – К. : НАОУ, 2007. – 508 с.
10. Ожегов С.И. Словарь русского языка / С.И. Ожегов ; под. ред. Н.Ю. Шведовой. – 15-е изд., стереотипное. – М. : Рус. яз., 1984. – 816 с.
11. Поспелов Д.А. Логико-лингвистические модели в системах управления / Д.А. Поспелов. – М. : Энергоиздат, 1981. – 232 с.

ФРИЗ Сергій Петрович – кандидат технічних наук, доцент Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси:

- проблеми планування в космічних системах;
- оптимізаційні моделі процесів у технічних системах.

Подано 21.01.2011