

Микола Якович Павлушко (кандидат військових наук, доцент) ¹

Олег Іванович Посмітюх (кандидат військових наук, доцент) ¹

Олег Ігорович Богатов (кандидат технічних наук, доцент) ²

Микола Володимирович Шилан ¹

¹*Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна*

²*Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна*

АЛГОРИТМ ОБРОБКИ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЗАСОБАМИ ПОЛІГОННОГО ВИМІРЮВАЛЬНО- ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ

Розглянуті питання взаємозв'язку поміж ймовірністю приймання вірного рішення людиною (оператором вогневого засобу), що приймає рішення в процесі проведення випробувань зразків озброєння та військової техніки та/або проведення навчань військ з бойовою, а також якістю функціонування вимірювальних засобів стріляючих підрозділів і полігонного вимірювально-обчислювального комплексу.

Розроблений алгоритм обробки вимірювальної інформації, який дозволить максимізувати ймовірність прийняття вірного рішення людиною (оператором вогневого засобу) при виникненні ризикової ситуації.

Складена узагальнена кваліфікація ризикових подій на полігоні (на бойовій позиції комплексу протиповітряної оборони) по принципу залежності від головних причин їх виникнення та ступеня безпеки.

Здійснений аналіз нових або тих, що повторюються, небезпечних факторів на виконання заходів по їх усуненню або зменшенню небажаного впливу (якщо їх неможливо усунути) ще до того, як виникне небезпечна ситуація у польоті.

На прикладі застосуванням зенітних ракетних комплексів було розглянуто задачу забезпечення прийняття рішення людиною (оператором вогневого засобу) при проведенні стрільб при яких аналізувався простий випадок оцінки двох чинників: вірогідність події і тяжкість можливих наслідків.

Розв'язана задача оптимізації обробки вимірювальної інформації в комплексі засобів вимірювально-обчислювального комплексу вогневого засобу яка дозволила забезпечити отримання максимального обсягу інформації заданої вірогідності за визначений термін контролю та управління об'єктами. Отримані рівняння для оцінки вектору стану польоту повітряного об'єкту і для точності даної оцінки дозволили в сукупності максимізувати достовірність інформації для прийняття рішення людиною (оператором вогневого засобу).

Ключові слова: *точність вимірювань, полігонний вимірювально-обчислювальний комплекс, радіотехнічна система, критерій ефективності, функціонал якості, матриця дисперсії похибок.*

Вступ

Постановка проблеми. Однією з основних задач теорії і практики загальної безпеки є вироблення методів, які дозволяють з єдиних позицій суворо класифікувати і оцінювати вплив на неї різних факторів. Перший приклад - катастрофа Ту-154 над Чорним морем, що сталася 4 жовтня 2001 року. Авіалайнер Ту-154М авіакомпанії «Сибір» виконував плановий рейс SBI1812 за маршрутом Тель-Авів-Новосибірськ, але через 1 годину і 45 хвилин після зльоту впав в Чорне море. Загинули всі, хто знаходився на його борту 78 осіб - 66 пасажирів і 12 членів екіпажу.

Згідно з висновком Міждержавного авіаційного комітету (МАК), літак був ненавмисно збитий зенітною ракетою 5В28 комплексу С-200В, запущеної 96-ї зенітною ракетною бригадою ППО

України в ході проводилися на території випробувального полігону військових навчань.

Другий приклад – збитий помилково сепаратистами ракетою комплексу ППО «Бук-М1» малайзійський боїнг 17 липня 2014 року на сході України, який виконував рейс МН-17 з Амстердама в Куала-Лумпур. Загинули 298 осіб – громадяни 10 держав.

Третій приклад – 8 січня 2020 року Boeing 737 компанії «Міжнародні авіалінії України» був збитий через декілька хвилин після вильоту з Тегерана системою ППО. В результаті загинули 176 осіб – громадяни 6 держав.

Через три доби після катастрофи уряд Ірану признав, що літак був збитий ненароком військовими в результаті «помилки людини» в обстановці підвищеної бойової готовності, яка

пов'язана з ситуаційною напруженістю у співвідношеннях зі США.

На цій основі поряд з удосконаленням традиційних способів забезпечення безпеки необхідно вишукувати нові, більш ефективні шляхи запобігання ризиковим подіям (РП).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Однією з проблем забезпечення загальної безпеки є багатofакторність причин, складність їх виявлення, а також аналізу причинно-наслідкових зв'язків розвитку РП [1-3].

Класифікація РП і інцидентів для проведення аналізу і виробки заходів щодо усунення небезпечних факторів також складає одну із проблем. Тому різноманітні причини аварійності для зручності аналізу з метою виробки ефективних заходів запобігання РП узагальнюються і класифікуються по групах.

Ризик – це небажана можливість. Ця можливість може реалізуватися в майбутньому. Тому методи аналізу і управління ризиками базуються на методах прогнозування майбутнього розвитку.

Щоб управляти ризиками, треба спочатку знати про існуючі ризики. Оскільки на діяльність будь-якої організації безпосередньо або потенційно впливають ризики різної природи, необхідна класифікація ризиків. Можливо, для різних цілей знадобляться різні класифікації, засновані на різних методологічних принципах.

Мета статті – розробка алгоритму обробки вимірювальної інформації, який дозволить максимізувати ймовірність прийняття вірного рішення людиною (оператором вогневого засобу) при виникненні ризикової ситуації.

Виклад основного матеріалу дослідження

Спробуємо скласти узагальнену кваліфікацію РП на полігоні (на бойовій позиції комплексу ППО) по принципу залежності від головних причин їх виникнення та ступеня безпеки.

Досвід показує, що переважна більшість РП залежить від:

порушень в організації і управлінні діями особового складу та/або засобами полігону;

порушень і неправильних (помилкових) дій особового складу;

відмов технічних засобів;

порушень в забезпеченні випробувань та/або проведення навчань військ з бойовою стрільбою, а також інших невідомих причин.

В достатній мірі визначені напрямки забезпечення безпеки польотів і організаційні заходи, що приймаються в цивільній авіації, в Повітряних Силах ЗС України, регламентовані нормативними документами, в яких відображено

рівень необхідної (бажаної) надійності авіаційної системи.

Сутністю запобігання РП є виявлення (пошук) нових або тих, що повторюються, небезпечних факторів та прийняття заходів по їх усуненню або зменшенню небажаного впливу (якщо їх неможливо усунути) ще до того, як виникне небезпечна ситуація у польоті.

Проте, такий перелік повинен бути складений і в інших напрямках, які стосуються військової діяльності, наприклад, при проведенні випробувань зразків озброєння і військової техніки та/або навчань військ з бойовою стрільбою. Ця задача, на жаль, не є вирішеною для цілого ряду складних систем (комплексів), що приймають участь у забезпеченні випробувань ОВТ та/або навчань військ з бойовою стрільбою.

У цьому сенсі розглянемо, наприклад, задачу забезпечення прийняття рішення людиною (оператором вогневого засобу) при проведенні стрільб із застосуванням зенітних ракетних комплексів (ЗРК).

При цьому відзначимо наступне.

У теорії прийняття рішень ризик - це плата за прийняття рішення, відмінного від оптимального, він зазвичай виражається як математичне сподівання.

У простому випадку використовується оцінка двох чинників: вірогідність події і тяжкість можливих наслідків [2]. Зазвичай вважається, що ризик тим більше, чим більше вірогідність події і тяжкість наслідків. Загальна ідея може бути виражена формулою:

$$R = P_n \cdot C, \quad (1)$$

де R – ризик;

P_n – ймовірність події;

C – ціна втрати.

Подалі зауважимо, що на підставі наявної на даний час інформації щодо певних ЗРК (обмежена експлуатаційна документація та деяка навчальна література) можливо зробити тільки досить грубі оцінки максимальних розмірів зони безпеки при їх застосуванні. Отже, існує певна ймовірність того, що при проведенні випробувань нових зразків, а також при проведенні навчань військ можливі випадки, коли зразки ОВТ вийдуть за межі зони безпеки. При цьому людина (оператор) приймає рішення на примусове знищення на основі інформації про місцезнаходження зразка, яку одержує з вимірювальних засобів стріляючих підрозділів і засобів полігонного вимірювально-обчислювального комплексу (ПВОК), а також на основі додаткової інформації, що одержується від засобів телеметрії [4].

Основними джерелами інформації є:

вимірювальні засоби ПВОК;

телеметричні засоби ПВОК;

система обробки інформації (СОІ) ПВОК.

Слід звернути особливу увагу на період часу, коли приймається найважливіше рішення на

здійснення операції знищення зразка ОВТ. В цей період найбільш вагомим показником ефективності процесу контролю та управління зазначеним об'єктом є вірогідність правильного прийняття рішення – $P_{пр}$. Необхідною умовою для прийняття правильного рішення є мінімум певного функціоналу [5] якості контролю і управління (E_0) при заданих втратах ($\Pi_{зад}$) на динамічні показники руху центра мас об'єкта (втрати за рахунок тяги двигунів, аеродинамічних сил і т.ін.). При цьому в залежності від умови і-ої задачі існує відповідна умова, яка обмежує час на прийняття рішення ($\tau_{пр i}$) певною максимальною величиною ($\tau_{пр max}$). Математичний запис даної умови можна уявити у вигляді:

$$P_{пр} \left[E_0 \rightarrow \min; \text{при} \left\{ \begin{array}{l} \tau_{пр i} \leq \tau_{пр max} \\ \Pi_{зад} \end{array} \right\} \right] \geq P_{зад}. \quad (2)$$

Можна стверджувати, що зазначена ймовірність є монотонною функцією від ймовірності виконання операцій щодо забезпечення засобами ПВОК навчань з бойовою стрільбою та/або проведення льотних випробувань, яка при незалежності виконання кожної групи операцій може бути визначеною з виразу [6]:

$$P_{\Sigma} = P_{пв} \cdot P_{вим} \cdot P_{тлм} \cdot P_{зсч} \cdot P_{крл} \cdot P_{гз} \cdot P_{соі}, \quad (3)$$

де $P_{вим}$ – ймовірність отримання вимірювань з заданою точністю, що залежить від успішності операцій по зніманню вимірювальної інформації необхідного обсягу і якості;

$P_{тлм}$ – ймовірність отримання телеметричної інформації з об'єкта заданої якості, що залежить від успішності операцій по зніманню телеметричної інформації необхідного обсягу;

$P_{зсч}$ – ймовірність часового забезпечення управління об'єктом, що залежить від успішності операцій щодо звірення і корекції при наявності бортових та/або наземних шкал часу;

$P_{крл}$ – ймовірність достовірного командного забезпечення, що залежить від успішності операцій з передавання команд управління (при необхідності), або команд на примусове знищення об'єкту;

$P_{пв}$ – ймовірність пошуку та виявлення об'єкту в просторі;

$P_{гз}$ – ймовірність геодезичного забезпечення засобів ПВОК, що залежить від успішності операцій щодо прив'язування усіх фазових центрів антен засобів НАКУ КА до земної поверхні у вибраній системі координат;

$P_{соі}$ – ймовірність забезпечення вірної обробки навігаційних функцій (параметрів руху об'єкту в заданій системі координат).

Фактично ми приходимо до важливого висновку, а саме: найкращим з точки зору забезпечення проведення випробувань ОВТ та/або навчань військ з бойовою стрільбою буде ПВОК, який забезпечує отримання максимального обсягу інформації заданої вірогідності за визначений

термін контролю та управління об'єктами.

Математично це може бути записане так:

$$\max P_{\Sigma}(P_i) \text{ при } P_i \geq P_{i \text{ номп}}, \quad (4)$$

У зв'язку з уведенням показника (2) розглянемо шляхи щодо забезпечення мінімізації узагальненого функціоналу якості контролю і управління (E_0).

Спостереження та супровід об'єкту ОВТ забезпечуються наземними засобами (радіотехнічними, оптико-електронними та квантово-оптичними станціями, тощо), об'єднаними в комплекс засобів стріляючих підрозділів та/або ПВОК, з використанням програмного забезпечення. Оброблена траєкторна інформація використовується для прогнозування руху об'єкту ОВТ з метою подальшого управління ним. Якість управління об'єктом ОВТ в суттєвому ступеню залежить від похибок, які виникають при обробці вимірювальної інформації та при розрахунках балістичних даних.

Як показав аналіз, при оптимізації обробки вимірювальної інформації в зазначених комплексах як автоматизованих системах управління рухом об'єктами ОВТ, як правило, похибки, пов'язані з визначенням вектора стану, не розділяються з точки зору джерел їх виникнення [6]. Це призводить до того, що в алгоритмах фільтрації, складених по синтезованим математичним моделям, дані похибки надходять в обробку з однаковою вагомістю. Останнє приводить до:

зниження сумарної точності фільтрації;

неможливості розділити складові сумарної похибки визначення вектора стану об'єкта ОВТ з метою їх усунення або мінімізації;

невірного обґрунтування вимог до точності підсистем, що забезпечують управління рухом об'єкта.

З метою усунення вказаних недоліків та підвищення ймовірності прийняття правильного рішення командиром поставимо задачу оптимізації обробки вимірювальної інформації в комплексі засобів ПВОК та стріляючих підрозділів.

Об'єктом управління є сам об'єкт ОВТ як тверде тіло. Стан об'єкту характеризується вектором, компонентами якого є відповідні координати і швидкості їх змінювання, наприклад, в грінвічській геоцентричній системі відліку.

При відомій масі об'єкту ОВТ випадкові обурення характеризують звичайно вектором прискорень $\bar{\xi}(t)$. Безпосередньому спостереженню підлягають поточні навігаційні параметри руху $\bar{R}(t)$ об'єкту ОВТ, спотворені похибками спостережень $\bar{n}(t)$. В якості поточних навігаційних (вимірюваних) параметрів руху об'єкту ОВТ можуть служити його сферичні топоцентричні координати

$$\bar{R}^T(t) = \{D(t), \dot{D}(t), \alpha(t), \dot{\alpha}(t), \beta(t), \dot{\beta}(t)\}. \quad (5)$$

при цьому вектор поточних навігаційних параметрів об'єкту ОВТ пов'язаний з вектором стану навігаційною функцією

$$\vec{R}(t) = \vec{R}[t, \vec{\lambda}(t), \vec{Q}(t)], \quad (6)$$

де $\vec{Q}(t)$ – вектор параметрів, що характеризує ті або інші перетворення систем просторово-часових координат.

Вектор $\vec{y}(t)$ спостережуваних функцій представимо рівнянням [6]:

$$\vec{y}(t) = \vec{R}[t, \vec{\lambda}(t), \vec{Q}(t)] + \vec{n}(t). \quad (7)$$

Рівняння, що пов'язує вектор стану, управляючі функції $\vec{u}(t)$ і обурення запишемо у вигляді [5]:

$$\frac{d\vec{\lambda}(t)}{dt} = \vec{f}[\vec{\lambda}(t), \vec{u}(t), \vec{a}(t)] + \Gamma(t)\vec{\xi}(t), \quad (8)$$

де $\Gamma[t] = \Gamma[\vec{\lambda}(t), \vec{u}(t), \vec{a}(t)]$ – прямокутна матриця з елементами

$$\Gamma_{ij} = \frac{\partial f_i}{\partial \xi_j} | \vec{\xi} = 0 \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, \ell;$$

Процеси $\vec{\xi}(t)$, $\vec{n}(t)$ в більшості практично важливих випадків керованого польоту є гаусовими випадковими процесами з відомими статичними характеристиками.

Покладемо їх білими шумами з кореляційними матрицями

$$\langle \vec{\xi}(t) \cdot \vec{\xi}^T(\tau) \rangle = \underline{Q}(t)\delta(t-\tau), \quad (9)$$

$$\langle \vec{n}(t) \cdot \vec{n}^T(\tau) \rangle = \underline{N}(t)\delta(t-\tau). \quad (10)$$

Для вирішення задачі оптимальної обробки виміральної інформації з метою формування оцінок $\delta\vec{\lambda}(t)$ відхилення вектору стану об'єкту ОВТ від необхідної траєкторії, а також оцінок $\delta\vec{u}$ управляючої функції з урахуванням зв'язку даних векторів запишемо стохастичне лінеаризоване

$$E_0(t) = \left\langle \frac{J_0(t)}{\delta\vec{y}(\sigma)} \right\rangle = \left\langle \frac{\delta\vec{\lambda}_{вум}^T(t) \underline{F}_0 \delta\vec{\lambda}_{вум}(t) + \delta\vec{\lambda}_{cmp}^T(t) \underline{L}_0 \delta\vec{\lambda}_{cmp}(t) + \int_{t_0}^t \left[\delta\vec{\lambda}_{вум}^T(t) \underline{Q}_0 \delta\vec{\lambda}_{вум}(t) + \delta\vec{\lambda}_{cmp}^T(t) \underline{V}_0 \delta\vec{\lambda}_{cmp}(t) + \delta\vec{u}^{-T}(t) \underline{P}_0(t) \delta\vec{u}(t) \right] dt}{\delta\vec{y}(t)} \right\rangle, \quad (13)$$

де символ $\langle \cdot \rangle$ означає умовне математичне сподівання випадкової величини, розташованої зліва від риси;

$\underline{F}_0, \underline{L}_0, \underline{Q}_0, \underline{V}_0, \underline{P}_0$ – матриці вагомості.

Відомо, що оптимальна управляюча функція визначається співвідношенням [5]:

$$\delta\vec{u}(t) = -\underline{G}_0(t)\hat{\delta\vec{\lambda}}(t), \quad (14)$$

де $\hat{\delta\vec{\lambda}}(t)$ – оптимальна оцінка відхилення вектора

рівняння для даної моделі контролю та управління об'єктом ОВТ [5]:

$$\frac{d\delta\vec{\lambda}(t)}{dt} = \underline{S}_0(t)\delta\vec{\lambda}(t)_{вум} + \underline{M}_0(t)\delta\vec{\lambda}(t)_{cmp} + \underline{B}_0(t)\delta\vec{u}(t) + \Gamma(t)\vec{\xi}(t) \quad (11)$$

де $\vec{\lambda}(t) = [X(t), Y(t), \dots, V_z(t)]$ – вектор стану об'єкту управління;

$\delta\vec{\lambda}(t)_{вум}$ – погрішності визначення вектора стану за результатами вимірювань засобами ПВОК;

$\delta\vec{\lambda}(t)_{cmp}$ – погрішності визначення вектора стану за результатами вимірювань засобами стріляючих підрозділів;

$\underline{S}_0(t) = \frac{\partial \vec{f}[\vec{\lambda}(t), \vec{u}(t)]}{\partial \vec{\lambda}(t)_{вум}}$, $\underline{M}_0(t) = \frac{\partial \vec{f}[\vec{\lambda}(t), \vec{u}(t)]}{\partial \vec{\lambda}(t)_{cmp}}$ –

перехідні матриці.

Лінеаризовану модель спостереження уявимо у вигляді:

$$\delta\vec{y}(t) = \underline{C}_0(t)\delta\vec{\lambda}(t) + \vec{n}(t). \quad (12)$$

де $\underline{C}_0(t) = \frac{\partial \vec{R}[\vec{\lambda}(t)]}{\partial \vec{\lambda}(t)} \Big|_{\vec{\lambda}(t) = \vec{\lambda}_0(t)}$, $\vec{\lambda}_0(t)$ –

номінальна (необхідна) траєкторія.

Хай заданий інтервал часу управління $t \in t_0; T$. За результатами вимірювань на інтервалі часу $[t_0; t]$ для інтервалу, що залишився $[t; T]$ необхідно знайти таку управляючу дію $\delta\vec{u}(t)$, при якій функціонал якості, прийме якнайменше значення, і з урахуванням прийнятої технології контролю і управління буде мати вигляд:

стану об'єкту від номінальної траєкторії, а матриця $\underline{G}_0(t)$ дорівнює:

$$\underline{G}_0(t) = \underline{P}_0^{-1}(t)\underline{B}_0^T(t)\underline{K}_0(t). \quad (15)$$

При цьому матриця \underline{K}_0 визначається диференціально-матричним рівнянням [7]:

$$\frac{d\underline{K}_0(t)}{dt} = -\underline{K}_0(t)\underline{A}_0(t) - \underline{A}_0(t)\underline{K}_0(t) - \underline{Q}_0(t) + \underline{K}_0(t)\underline{B}_0(t)\underline{P}_0^{-1}(t)\underline{B}_0^T(t)\underline{K}_0(t) \quad (16)$$

Істотною відмінністю даного рівняння від відомих є те, що перехідна матриця \underline{A}_0 містить в собі дві складові, визначувані як представленою моделлю КУ, так і функціоналом (Е₀), який повинен бути мінімізований.

Оскільки оптимальна оцінка вектору $\delta\vec{\lambda}(t)$ оцінка, відповідно до вибраної моделі повинна знаходитися в класі лінійних, то якнайкращим пристроєм, який формує шукану оцінку, є фільтр Калмана. В цьому випадку оцінка визначається відповідно до диференціального рівняння, яке перетвориться до вигляду [7]:

$$\frac{d\delta\vec{\lambda}(t)}{dt} = \underline{S}_0\delta\vec{\lambda}(t)_{\text{вум}} + \underline{M}_0\delta\vec{\lambda}(t)_{\text{cmp}} + \underline{B}_0(t)\delta\vec{u}(t) + \underline{H}_0(t)\left[\delta\vec{y}(t) - \underline{C}_0(t)\delta\vec{\lambda}(t)\right] \quad (17)$$

де матриця посилення $\underline{H}_0(t)$ визначається співвідношенням

$$\underline{H}_0(t) = \sum_0(t)\underline{C}_0^T(t)\underline{N}^{-1}(t) \quad (18)$$

а матриця $\sum_0(t)$ – модифікованим диференціальним рівнянням Ріккати:

$$\frac{d\sum_0(t)}{dt} = \underline{S}_0(t)\sum_0(t) + \underline{S}_0^T(t)\sum_0(t) + \underline{M}_0(t)\sum_0(t)_{\text{cmp}} + \underline{M}_0^T(t)\sum_0(t)_{\text{cmp}} \quad (19)$$

$$\underline{\Gamma}(t)\underline{\Theta}(t)\underline{\Gamma}^T(t) - \sum_0^T(t)\underline{C}_0^T(t)\underline{N}^{-1}(t)\underline{C}_0(t)\sum_0(t)$$

Враховуючи (15), вираз (17) можна записати

$$\frac{d\delta\vec{\lambda}(t)}{dt} = \underline{S}_0(t)\delta\vec{\lambda}_{\text{вум}}(t) + \underline{M}_0(t)\delta\vec{\lambda}_{\text{cmp}}(t) - \underline{B}_0(t)P_0^{-1}(t)B_0^T(t)K_0(t)\delta\vec{\lambda}(t) + \underline{H}_0(t)\left[\delta\vec{\lambda}(t) - \underline{C}_0(t)\delta\vec{\lambda}(t)\right] \quad (20)$$

Дане рівняння можна представити у вигляді

$$\frac{d\delta\vec{\lambda}(t)}{dt} = F_0(t)\delta\vec{\lambda}(t) + \underline{S}_0(t)\delta\vec{\lambda}_{\text{вум}} + \underline{M}_0(t)\delta\vec{\lambda}_{\text{cmp}}(t) + \underline{H}_0(t)\delta\vec{y}(t) \quad (21)$$

На рис. 1 і 2 наведені структури динамічних фільтрів Калмана, відповідні рівнянням (17) і (21), де СОІ – система обробки інформації. На рис. 3 – структура блоку визначення точності фільтрації.

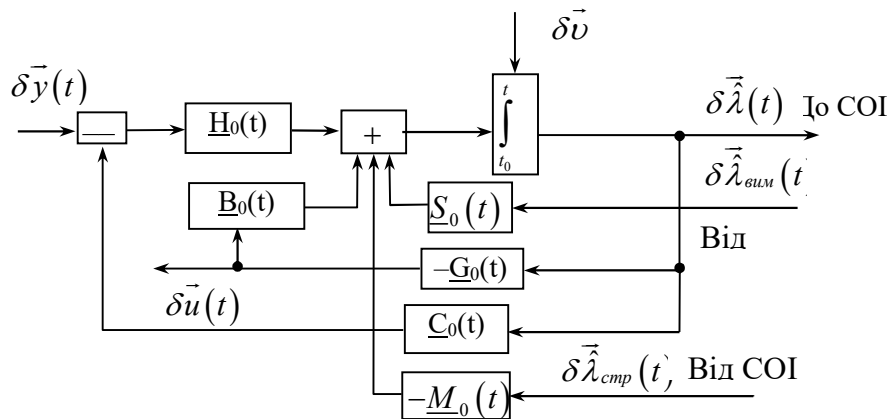


Рисунок 1. Структура фільтра Калмана 1

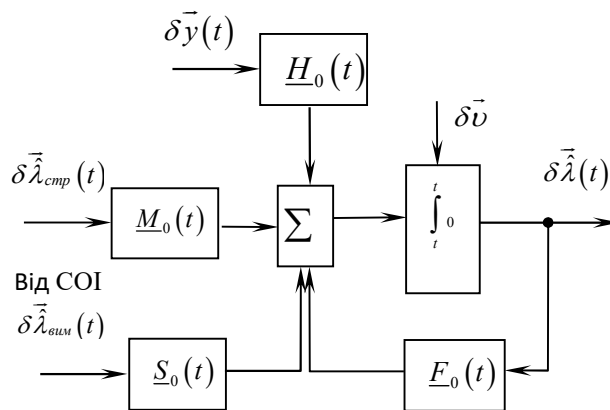


Рисунок 2. Структура фільтра Калмана 2

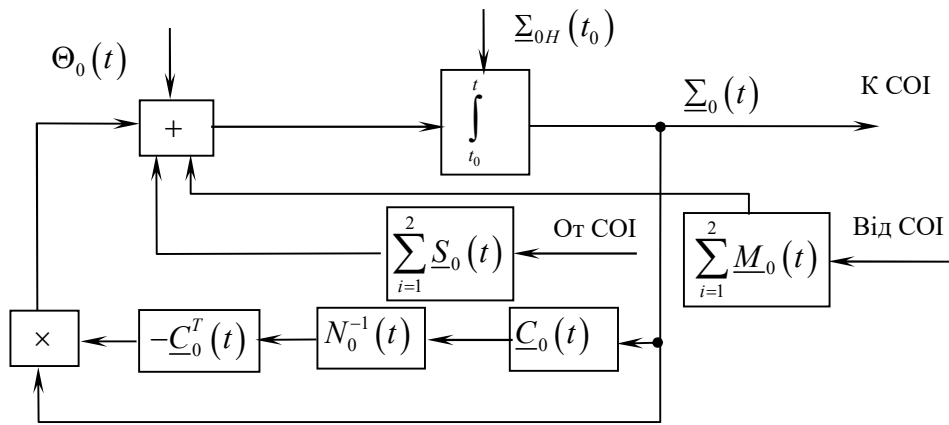


Рисунок 3. Структура блоку визначення точності фільтрації

Відзначимо основні особливості отриманих математичних моделей. При поганих навігаційних вимірюваннях відповідно до виразу (19) якість оцінок вектора $\delta\vec{\lambda}(t)$ визначається похибками вимірювань ($\underline{S}_0(t)$) і $\underline{\Sigma}_{0\text{сmp}}(t)$) з урахуванням апріорних даних про динаміку руху і про збурення ($\underline{\Theta}_0(t)$).

Погані вимірювання автоматично не залучаються до обробки, фільтр Калмана адаптується до якості початкових вимірів або розрахункових даних. Навпаки, при якісних вимірюваннях зростає посилення $\underline{H}_0(t)$, все більшої ваги набувають два перших і останній доданки в рівнянні (19) Ріккати.

Таким чином, запропоновані математичні моделі дозволять мінімізувати значення узагальненого функціоналу якості контролю і управління об'єктом ОВТ по номінальній траєкторії. Отримані рівняння для оцінки вектору стану об'єкту ОВТ і для точності даної оцінки. Все це в сукупності дозволить максимізувати ймовірність прийняття вірного рішення оператором вогневого засобу при виникненні ризикової ситуації.

Висновки й перспективи подальших досліджень

Досвід показує, що переважна більшість ризикових подій залежить від: порушень в організації і управлінні діями особового складу та/або засобами; порушень і неправильних (помилкових) дій особового складу; відмов

технічних засобів. У цьому сенсі особливо важливе завдання - забезпечення прийняття рішення людиною (оператором бойового засобу) високоточної координатної інформацією.

При оптимізації обробки вимірювальної інформації в автоматизованих системах управління, як правило, похибки, пов'язані з визначенням вектора стану, не розділяються з точки зору джерел їх виникнення, а це призводить до того, що в алгоритмах фільтрації, складених по синтезованим математичним моделям, дані похибки надходять в обробку з однаковою вагомістю. Останнє приводить до: зниження сумарної точності фільтрації; неможливості розділити складові сумарної похибки визначення вектора стану об'єкта з метою їх усунення або мінімізації; невірному обґрунтування вимог до точності підсистем, що забезпечують управління рухом об'єкта.

З метою усунення вказаних недоліків та підвищення ймовірності прийняття правильного рішення людиною (оператором вогневого засобу) розв'язана задача оптимізації обробки вимірювальної інформації в комплексі засобів вимірювально-обчислювального комплексу.

Запропонований алгоритм дозволить забезпечити отримання максимального обсягу інформації заданої вірогідності за визначений термін контролю та управління об'єктами. Отримані рівняння для оцінки вектору стану польоту об'єкту і для точності даної оцінки. Все це в сукупності дозволить максимізувати достовірність інформації для прийняття рішення.

Література

1. Научно-методические аспекты анализа аварийного риска / Горский В. Г., Моткин Г. А., Швецова-Шиловская Т. Н. и др. – М. : Экономика и информатика, 2002. – 260 с.
2. Балабанов И. Т. Риск-менеджмент. – М. : Финансы и статистика, 1996. – 192 с.
3. Симонов С. В. Анализ рисков, управление рисками. Jet Info, 1, 1999.

4. Лисаченко І. Г., Роянов О. М., Чумак Б. О. Тактико-технічна модель системи підвищеної оперативності автоматизованого управління польотом космічного апарату // Збірник наукових праць ХУПС. – Х., 2005. – Вип. № 4 (4). – С. 73–76.
5. Хомяков Э. Н. Автоматизированные системы управления космическими аппаратами : учеб. пособ. – Х. : ХВВКИУРВ, 1983. – 290 с.

6. Лисаченко І. Г., Чумак Б. О., Дремлюга О. В. Обґрунтування вимог до точності визначення параметрів руху літаючих об'єктів управління. – Системи обробки інформації/ НАНУ, ПАНУ, ХВУ. – Х., 2001. – Вип. 2(12). – С. 86–90.

7. Лисаченко І. Г., Роянов О. М., Чумак Б. О.

Математична модель оптимальної обробки вимірювальної інформації при управлінні космічними апаратами по програмній траєкторії // Збірник наукових праць “Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова”. – К. : НАНУ, 2005. – Вип. 32. – С. 131–136.

АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ СРЕДСТВАМИ ПОЛИГОННОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Николай Яковлевич Павлунько (кандидат военных наук, доцент) ¹

Олег Иванович Посмитюх (кандидат военных наук, доцент) ¹

Олег Игоревич Богатов (кандидат технических наук, доцент) ²

Николай Владимирович Шилан ¹

¹*Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина*

²*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Харьков, Украина*

Рассмотрены вопросы взаимосвязи между вероятностью принятия верного решения человеком (оператором огневого средства), принимающим решение в процессе проведения испытаний образцов вооружения и военной техники и/или проведения учений войск с боевой, а также качеством функционирования измерительных средств стреляющих подразделений и полигонного измерительно-вычислительного комплекса.

Разработан алгоритм обработки измерительной информации, позволяющий максимизировать вероятность принятия верного решения человеком (оператором огневого средства) при возникновении рискованной ситуации.

Составлена обобщенная квалификация рискованных событий на полигоне (на боевой позиции комплекса противовоздушной обороны) по принципу зависимости от главных причин возникновения и степени безопасности.

Осуществлен анализ новых или повторяющихся опасных факторов на выполнение мер по их устранению или уменьшению нежелательного воздействия (если их невозможно устранить) еще до того, как возникнет опасная ситуация в полете.

На примере применением зенитных ракетных комплексов была рассмотрена задача обеспечения принятия решения человеком (оператором огневого средства) при проведении стрельб, при которых анализировался простой случай оценки двух факторов: вероятность происшествия и тяжесть возможных последствий.

Решена задача оптимизации обработки измерительной информации в комплексе средств измерительно-вычислительного комплекса огневого средства, позволившей обеспечить получение максимального объема информации заданной вероятности за определенный срок контроля и управления объектами. Полученные уравнения для оценки вектора состояния полета воздушного объекта и точности данной оценки позволили в совокупности максимизировать достоверность информации для принятия решения человеком (оператором огневого средства).

Ключевые слова: точность измерений, полигонный измерительно-вычислительный комплекс, радиотехническая система, критерий эффективности, функционал качества, матрица дисперсии ошибок.

MEASUREMENT INFORMATION PROCESSING ALGORITHM BY MEANS OF THE SITE OF THE MEASURING-COMPUTER COMPLEX

Pavlunko Mykola (Candidate of Military Sciences, Associate Professor) ¹

Posmitiukh Oleh (Candidate of Military Sciences, Associate Professor) ¹

Bohatov Oleh (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor) ²

Shylan Mykola ¹

¹*National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskyi, Kyiv, Ukraine*

²*Kharkiv National Automobile and Road University, Kharkiv, Ukraine*

The issues of the relationship between the probability of making the right decision by a person (firearm operator) who makes decisions in the process of testing samples of weapons and military equipment and / or

Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence № 1(43)/2022 ISSN 2311-7249 (Print)/ISSN 2410-7336 (Online) 71

training of troops with combat, as well as the quality of measuring instruments firing units and range measuring. computing complex.

An algorithm for processing measurement information has been developed, which will allow maximizing the probability of making the right decision by a person (firearm operator) in the event of a risk situation.

The generalized qualification of risky events on the range (at the combat position of the air defense complex) on the principle of dependence on the main causes of their occurrence and the degree of security.

An analysis of new or recurring hazards to take measures to eliminate them or reduce adverse effects (if they can not be eliminated) before a dangerous situation in flight.

On the example of the use of anti-aircraft missile systems was considered the task of ensuring human decision-making (operator of the firearm) in the firing of which analyzed a simple case of assessing two factors: the probability of the event and the severity of possible consequences.

The problem of optimization of processing of the measuring information in a complex of means of measuring and computing complex of fire means which has allowed to provide reception of the maximum volume of the information of the set probability for the certain term of control and management of objects is solved. The obtained equations for estimating the vector of the state of flight of the air object and for the accuracy of this estimation allowed to aggregate the reliability of the information for decision-making by a person (operator of a firearm).

Key words: accuracy of measurements, landfill measuring and computing complex, radio engineering system, efficiency criterion, quality functional, error dispersion matrix.

References

1. Nauchno-metodicheskie aspekty analiza avariynogo riska / Gorskiy V. G., Motkin G. A., Shvetsova-Shilovskaya T. N. i dr. – M. : Ekonomika i informatika, 2002. – 260 s.
2. Balabanov I. T. Risk-menedzhment. – M. : Finansyi i statistika, 1996. – 192 s.
3. Simonov S. V. Analiz riskov, upravlenie riskami. Jet Info, 1, 1999.
4. Lisachenko I. G., Royanov O. M., Chumak B. O. Taktiko-tehnichna model sistemi pIdvischenoYi operativnostI avtomatizovanogo upravlnnya polotom kosmIchnogo aparatu // ZbIrnik naukovih prats HUPS. – H., 2005. – Vip. № 4 (4). – S. 73–76.
5. Homyakov E. N. Avtomatizirovanniyie sistemyi upravleniya kosmicheskimi aparatami : ucheb. posob. – X. : HVVKIURV, 1983. – 290 s.
6. Lisachenko I. G., Chumak B. O., Dremlyuga O. V. ObGruntuvannya vimog do tochnostI viznachennya parametrlv ruhu Iltayuchih ob'Ektlv upravlnnya. – Sistemi obrobki InformatsIYi/ NANU, PANU, HVU. – H., 2001. – Vip. 2(12). – S. 86–90.
7. Lisachenko I. G., Royanov O. M., Chumak B. O. Matematichna model optimalnoYi obrobki vimIryuvalnoYi InformatsIYi pri upravlnnl kosmIchnimi aparatami po programnlly traEktorIYi // ZbIrnik naukovih prats "Institut problem modelyuvannya v energetitsI Im. G.E. Puhova". – K. : NANU, 2005. – Vip. 32. – S. 131–136.