

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ І РИЗИКУ В ДУЕЛЬНИХ СИТУАЦІЯХ

к.т.н. Д.П. Лабенко, к.т.н. О.І. Богатов
(подав д.т.н., проф. Є.І. Бобир)

Розглядаються показники оцінки ефективності і ризику вогневого комплексу при веденні ним протиповітряної дуелі з літаком противника, із застосуванням математичного апарату теорії ігор.

Постановка проблеми. Приймаючи до уваги підвищення вимоги до мобільності зразків озброєння та військової техніки (ОВТ) перед штабами різних рівнів постає складна задача, що полягає в необхідності ретельного планування бойових дій мобільних сил і засобів в умовах жорстких вимог до оперативності прийняття рішень. Зростання складності розв'язуваних задач визначається тим, що противник постійно удосконалює засоби і способи ведення розвідки, придушення системи протиповітряної оборони (ППО) і нанесення ударів по об'єктах. При цьому, зміна тактики дій противника, якісних параметрів його озброєння і, насамперед, прийняття на озброєння систем високоточної зброї вимагає зміни поглядів на характер сучасного протиповітряного бою, підходів до оцінки стійкості системи ППО.

Аналіз літератури. Аналіз літератури показує, що оцінки ефективності і ризику вогневим комплексом при веденні ним протиповітряної дуелі, організації і управління маневром підрозділів при веденні ними мобільних бойових дій, із застосуванням математичного апарату теорії ігор, чисельних методів оптимізації, методів аналітичного моделювання досліджені недостатньо.

У більшості праць обґрунтовують показники систем ОВТ взагалі [1]. Показана можливість реалізації варіантного методу оптимізації стійкості ланки управління із застосуванням теорії ігор. У [2] обґрунтовується необхідність і визначаються основні напрямки підвищення стійкості системи управління в умовах застосування противником тактичного способу ведення бойових дій – засади. У [3] розглядається методика оцінки ефективності і ризику багатоканального вогневого комплексу в протиповітряній дуелі методами імітаційного моделювання.

Основна частина. Введемо основні поняття.

Вогневим комплексом називається сукупність технічних засобів, що забезпечують виявлення, розпізнавання і поразення наземних, повітряних або космічних цілей.

Вогневі комплекси бувають одноканальні (багатоканальні) вогневі комплекси із залежним (ВК-З), незалежним (ВК-Н), комбінованим (ВК-К) наведенням, миттєвим пострілом (МпПс), миттєвого поразення (МпПр), миттєвої дії (МпД), повільної дії (ПвД).

Вогневою дуеллю (ВД) називається процес вогневого протиборства бойових розрахунків на відносно короткому інтервалі часу, протягом якого противники можуть обмінятися обмеженим числом ударів.

Бій реалізується шляхом проведення погоджених за часом і простором вогневих дуелей. Така інтерпретація бою істотно полегшує його математичну формалізацію без втрати найбільш істотних факторів, що впливають на результат бою.

Для математичної формалізації вогневої дуелі вводяться співвідношення двох її найважливіших показників – ефективності і ризику. Необхідно також визначити функцію виграшу першого дуелянта в залежності від задач, які вирішують противники в дуелі.

У основу виводу співвідношень покладена часова діаграма одиночної вогневої дуелі (рис. 1), де t_{c1} (t_{c2}) – момент часу початку бойових ци-

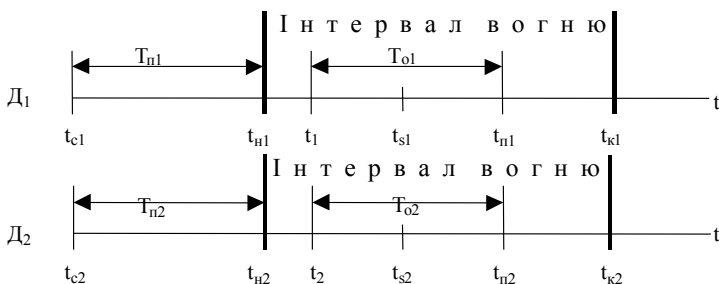


Рис. 1. Часова діаграма одинокої вогневої дуелі

клів; t_{n1} , t_{k1} (t_{n2} , t_{k2}) – інтервал можливого вогню першого (другого) дуелянта; t_1 (t_2) – моменти часу відкриття вогню дуелянтом 1 (дуелянтом 2); t_{s1} (t_{s2}) – моменти часу звільнення першого (другого) дуелянта від наведення боєприпасів; t_{p1} (t_{p2}) – моменти часу ураження противника першим (другим) дуелянтом; T_{n1} , (T_{n2}) – час підготовки до стрільби першого (другого) дуелянта; T_{e1} , (T_{e2}) – час обстрілу противника першим (другим) дуелянтом.

Моменти часу звільнення і поразення D_1 і D_2 залежать від моментів відкриття вогню і обумовлюються співвідношеннями:

$$\begin{aligned}t_{s1}(t_1) &= g_1 t_1 + d_1 t_{n1}; & t_{s2}(t_2) &= g_2 t_2 + d_2 t_{n2}; \\d_1 &= 1 - g_1; & d_2 &= 1 - g_2; \\t_{n1}(t_1) &= t_1 + T_{o1}; & t_{n2}(t_2) &= t_2 + T_{o2}; \\t_{n1} &= t_{c1} + T_{n1}; & t_{n2} &= t_{c2} + T_{n2},\end{aligned}$$

де g_1, g_2 – коефіцієнти, що характеризують способи наведення боєприпасів дуелянтом 1 і дуелянтом 2, причому $g = 0$ для вогневого комплексу із залежним наведенням; $g = 1$ для вогневого комплексу із незалежним наведенням і $0 < g < 1$ для вогневого комплексу з комбінованим наведенням.

Результат дуелі характеризується двома показниками.

Ефективність E – математичне очікування імовірності знищення другого дуелянта у ВД.

Ризик R – математичне сподівання імовірності знищення першого дуелянта у ВД.

Показники E і R визначаються наступним чином:

$$\begin{aligned}E &= \iint P_1(t_2, t_1) f_1(t_1) f_2(t_2) dt_1 dt_2; \\R &= \iint P_2(t_2, t_1) f_1(t_1) f_2(t_2) dt_1 dt_2,\end{aligned}$$

де $P_1(t_2, t_1)$ – умовна імовірність знищення другого дуелянта за умови, що супротивники здійснюють пуски своїх боєприпасів у моменти часу t_2, t_1 ; $P_2(t_2, t_1)$ – умовна імовірність знищення першого дуелянта, за умови, що супротивники здійснюють пуски своїх боєприпасів у моменти часу t_2, t_1 ; $f_1(t_1), t_{n1} < t_1 < t_{k1}$ – щільність розподілу імовірностей моментів відкриття вогню D_1 , а $f_2(t_2), t_{n2} < t_2 < t_{k2}$ – аналогічна щільність імовірності для D_2 .

Умовні імовірності знищення D_2 і D_1 дорівнюють:

$$\begin{aligned}P_1(t_2, t_1) &= p_1(t_1), & \text{при } t_1(t_1) < t_{n2}(t_2); \\P_1(t_2, t_1) &= g_2(t_2) p_1(t_1), & t_1(t_1) \geq t_{n2}(t_2), \quad g_2 = 1 - p_2; \\P_2(t_2, t_1) &= p_2(t_2), & \text{при } t_2(t_2) < t_{n1}(t_1); \\P_2(t_2, t_1) &= g_1(t_1) p_2(t_2), & t_2(t_2) \geq t_{n1}(t_1), \quad g_1 = 1 - p_1,\end{aligned}$$

де p_1, p_2 – полігонні імовірності поразення противників.

Поряд із уведеними показниками ефективності і ризику, можна визначити вираз для функцій виграшу першого гравця

$$A(t_1, t_2) = \begin{cases} L(t_1, t_2); & t_{s1}(t_1) < t_{n2}(t_2); \\ \Phi(t_1); & t_{s1}(t_1) = t_{n2}(t_2); \\ K(t_1, t_2); & t_{s1}(t_1) > t_{n2}(t_2), \end{cases}$$

де

$$L(t_1, t_2) = B_{01}p_1(t_1) + B_{10}(1 - p_1(t_1))p_2(t_2), \quad t_{s1}(t_1) < t_{n2}(t_2);$$

$$\Phi(t_1) = B_{11}p_1(t_1)p_2(t_2) + B_{01}p_1(t_1)[1 - p_2(t_2)] + B_{10}[1 - p_1(t_1)]p_2(t_2) + B_{00}[1 - p_1(t_1)][1 - p_2(t_2)], \quad t_{s1}(t_1) = t_{n2}(t_2);$$

$$K(t_1, t_2) = B_{10}p_2(t_2) + B_{01}(1 - p_2(t_2))p_1(t_1), \quad t_{s1}(t_1) > t_{n2}(t_2);$$

$B_{01}, B_{10}, B_{11}, B_{00}$ – плата за різні результати дуелі.

Висновки. Для вибору напрямків розвитку вогневих комплексів (у тому числі і їх складової – АСУ) і модернізації існуючих бажано, у першу чергу, оцінити один із основних показників ефективності системи управління – ефективність і ризик вогневих комплексів у протиповітряній дуелі з літаками противника. На практиці це дозволить ще на ранньому етапі розробки, а також на етапі експлуатації, визначити доцільність застосування конкретного зразку вогневого комплексу (АСУ в тому числі). Для подальшого дослідження напрямків розвитку вогневих комплексів і ефективності системи управління доцільно також проводити дослідження на базі інших показників: оперативність, стійкість, безперервність, скритність, якість тощо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лабенко Д.П., Кириченко І.О. *Анализ целесообразности скрытого маневра подразделения при угрозе нападения* // Наука і оборона. – 1994. – Вип. 2. – С. 45 – 50.
2. Лабенко Д.П., Кириченко І.О. *Оценка эффективности и риска многоканального ЗРК в противоздушной дуэли методами имитационного моделирования* // Сб. научн. тр. ХВУ. – Х.: ХВУ. – 1995. – № 1. – С. 167 – 174.
3. Лабенко Д.П., Кириченко І.О. *Анализ эффективности засады* // Сб. научн. тр. ХВУ. – Х.: ХВУ. – 1995. – № 1. – С. 174 – 177.

Надійшла 6.02.2004

ЛАБЕНКО Дмитро Петрович, канд. техн. наук, доцент, начальник науково-дослідного відділу Наукового центру Військ ППО. У 1991 році закінчив ВІРТА ППО. Область наукових інтересів – автоматизовані системи управління й обробки інформації.

БОГАТОВ Олег Ігорович, канд. техн. наук, СНС, начальник науково-дослідного відділу Наукового центру Військ ППО. У 1990 році закінчив ВІРТА ППО. Область наукових інтересів – автоматизовані системи управління й обробки інформації.