

Н.И.Сомков, кандидат технических наук,  
доцент

## Дополнительные ограничения на стоимостные показатели комплекса противодействия при формировании множества альтернативных вариантов

*Рассматриваются дополнительные ограничения на стоимостные показатели комплекса противодействия, позволяющие сформировать множество альтернативных вариантов комплекса. Предложен расчет показателей, дается их интерпретация.*

Рассмотрим конфликт двух сторон (сторона нападения и сторона защиты), обладающих комплексом воздействия и, соответственно, комплексом противодействия. Комплекс воздействия, включающий в себя ряд средств, решает задачу нанесения ущерба стороне защиты с помощью ударных средств (УС). Комплекс противодействия, также состоящий из различных средств, решает задачу борьбы с ударными средствами стороны нападения своими противоударными средствами (ПУС). Цель стороны нападения в конфликте – нанести ущерб стороне защиты, снижая стоимость УС. Цель стороны защиты противоположная – предотвращение ущерба от действия УС противника, используя при этом ПУС приемлемой стоимости.

Рассматривается множество возможных вариантов  $V_p = \{v_{pi}, i \in 1 \dots N\}$  комплекса противодействия. Каждый вариант характеризуется своей эффективностью предотвращения ущерба – эффективностью защиты  $\mathcal{E}_3 = \{e_{3i}, i \in 1 \dots N\}$ . Множество условий, при которых функционирует комплекс, представлено как  $G_p = \{g_{pk}, k \in 1 \dots R\}$ , при этом  $q_{pk} \leq q_{pk}^0$ , где  $q_{pk}^0$  – предельные значения условий применения комплекса противодействия.

Для проведения исследований по поиску рационального варианта комплекса противодействия, в том числе с использованием имитационного моделирования, требуется, чтобы множество  $V_p$  было конечным и приемлемым по мощности.

Для обеспечения этого предлагается: ввести показатель стоимости единицы эффективности защиты (удельной стоимости защиты) варианта комплекса противодействия по израсходованному количеству ПУС  $C_{эПУС}$ ;

рассчитать стоимости единицы эффективности защиты (удельную стоимость защиты) варианта комплекса противодействия по израсходованному количеству ПУС  $C_{эПУС}$ ;

ввести ограничения на этот показатель  $C_{эПУС}$  и эффективность защиты  $\mathcal{E}_{ТР}$ ;

сформировать множество альтернативных вариантов комплекса противодействия  $V_p^a = \{v_{pj}^a, j \in 1 \dots M\}$ , исключив из дальнейшего рассмотрения варианты комплекса, не удовлетворяющие этим ограничениям;

оценить полученные варианты по введенному показателю – коэффициенту удельной стоимости защиты  $K_{УСЗ}$  варианта комплекса противодействия;

ввести ограничения на показатель  $K_{УСЗ}$ ;

уточнить множество альтернативных вариантов комплекса противодействия  $V_p^a = \{v_{pj}^a, j \in 1 \dots S, S \subseteq M\}$ , исключив из дальнейшего рассмотрения варианты комплекса, не удовлетворяющие этим ограничениям.

Рассмотрим последовательность этих действий подробнее.

Под стоимостью единицы эффективности защиты (удельной стоимостью защиты) варианта комплекса противодействия по израсходованному количеству ПУС  $C_{эПУС}$  будем понимать отношение стоимости суммарного израсходованного количества ПУС  $C_{ПУСС}$  вари-

анта комплекса противодействия к эффективности решения задачи защиты  $\mathcal{E}_3$  таким вариантом комплекса.

$$C_{\text{ЭПУС}} = \frac{C_{\text{ПУСС}}}{\mathcal{E}_3}, \quad (1)$$

Стоимость  $C_{\text{ПУСС}}$  можно выразить через стоимость одного ПУС  $C_{\text{ПУС}}$ , расход ПУС на одно УС  $N_{\text{ПУССР}}$  варианта комплекса и представить выражением

$$C_{\text{ПУСС}} = C_{\text{ПУС}} \cdot N_{\text{УС}} \cdot N_{\text{ПУССР}}, \quad (2)$$

где  $N_{\text{УС}}$  – количество УС при нанесении ущерба стороне защиты.

Тогда

$$C_{\text{ЭПУС}} = \frac{C_{\text{ПУС}} \cdot N_{\text{УС}} \cdot N_{\text{ПУССР}}}{\mathcal{E}_3}, \quad (3)$$

Очевидно, что чем меньше удельная стоимость защиты при  $\mathcal{E}_3 \neq 0$ ,  $N_{\text{УС}} \neq 0$ ,  $N_{\text{ПУССР}} \neq 0$  тем более «выгодной» с экономической точки зрения должна быть защита вариантом комплекса противодействия с принятыми характеристиками (рисунок 1).

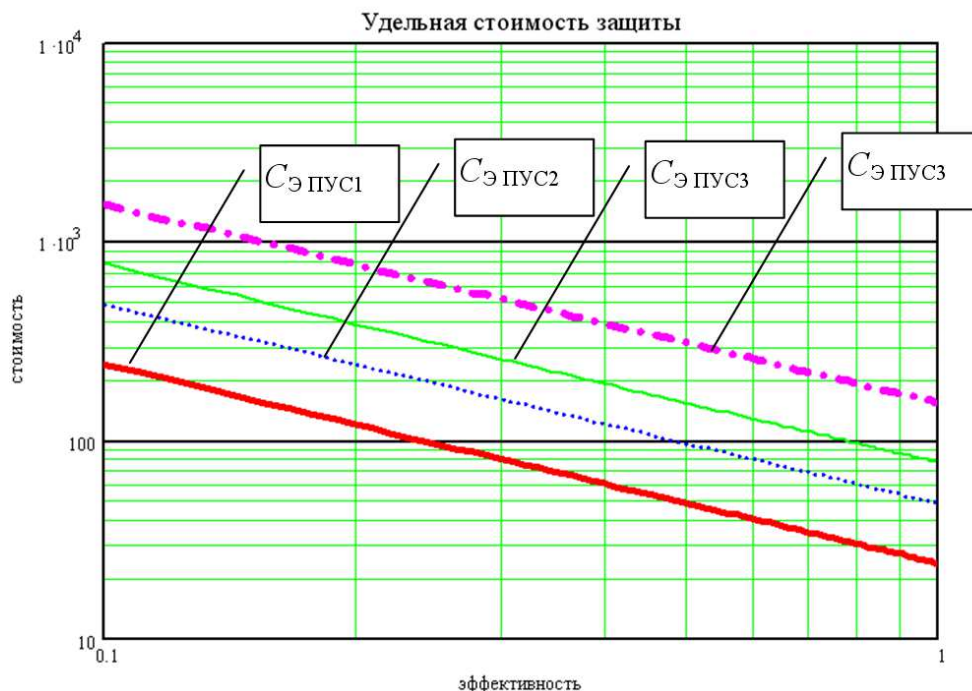


Рисунок 1 – Удельная стоимость защиты в зависимости от эффективности защиты при различных стоимостях ПУС вариантов комплекса противодействия

Ограничения  $C_{\text{ЭПУСТР}}$ , определяются исходя из конкретной ситуации и могут отражать технические, технологические и иные особенности построения комплексов противодействия стороны защиты. Эффективность решения задачи защиты вариантом комплекса противодействия определяется, в свою очередь, ограничением  $\mathcal{E}_3 \geq \mathcal{E}_{\text{ТР}}$ , которое задается исходя из задачи, поставленной комплексу.

В этом случае, для выполнения условия формирования альтернативных вариантов комплекса противодействия, должно выполняться следующее неравенство

$$C_{\text{ЭПУС}} \leq C_{\text{ЭПУСТР}}, \text{ при } \mathcal{E}_3 \geq \mathcal{E}_{\text{ТР}}. \quad (4)$$

Выполнение условий (4) обеспечивает формирование множества  $V_p^a = \{v_{pj}^a, j=1 \dots M\}$  с учетом исключения неудовлетворяющих условию вариантов (рисунок 2).

Для сравнения затрат сторон нападения и защиты на УС и ПУС учтем следующее. Для стороны нападения по аналогии получим:

$$C_{\text{ЭУС}} = \frac{C_{\text{УСС}}}{\mathcal{E}_{\text{ПОР}}}, \quad (5)$$

где  $C_{\text{ЭУС}}$  – стоимость единицы эффективности комплекса воздействия по УС (удельная

стоимость поражения) при применении варианта комплекса противодействия;

$C_{УСС}$  – суммарная стоимость УС стороны нападения при применении варианта комплекса противодействия;

$\mathcal{E}_{ПОР}$  – эффективность решения задачи нанесения ущерба при применении варианта комплекса противодействия.

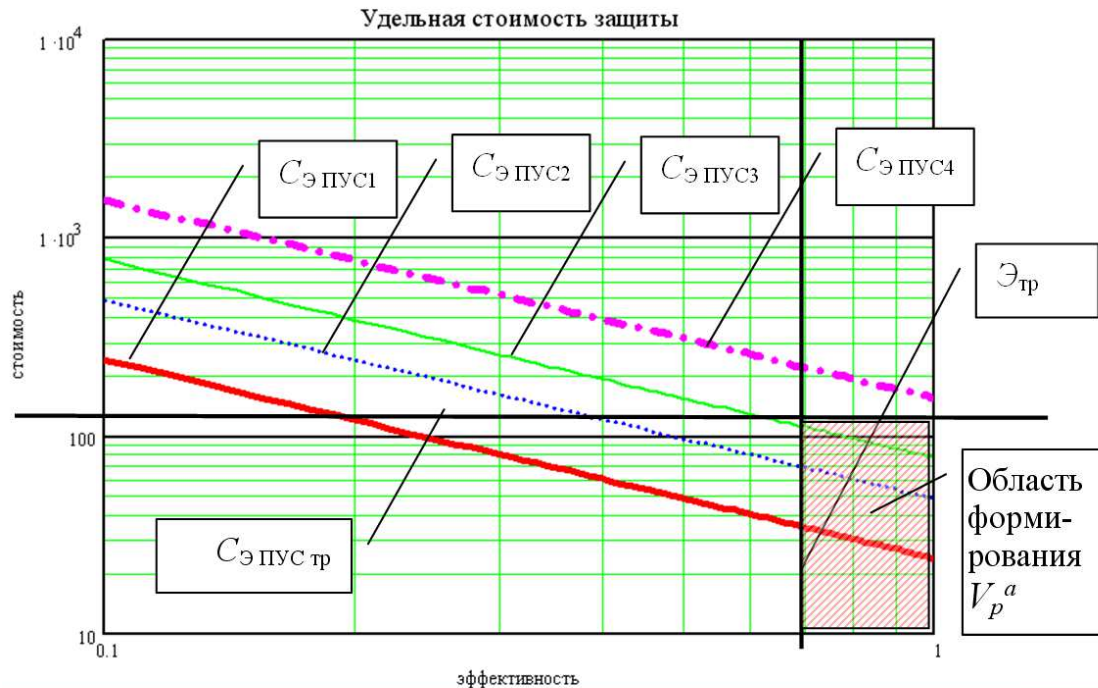


Рисунок 2 – Удельная стоимость защиты в зависимости от эффективности защиты при различных стоимостях ПУС вариантов комплекса противодействия и заданной  $\mathcal{E}_{тр}$

Учитывая, что

$$\mathcal{E}_{ПОР} = 1 - \mathcal{E}_3, \quad (6)$$

можно записать

$$C_{ЭУС} = \frac{C_{УСС}}{(1 - \mathcal{E}_3)}. \quad (7)$$

Стоимость  $C_{УСС}$  выразим через стоимость отдельного ударного средства стороны нападения. Тогда

$$C_{УСС} = \sum_{b=1}^{N_{УС}} C_{bУС}, \quad (8)$$

где  $C_{bУС}$  – стоимость  $b$ -го ударного средства комплекса воздействия.

В случае, когда для нанесения ущерба применяются только однотипные УС, получим

$$C_{УСС} = C_{УС} \cdot N_{УС}. \quad (9)$$

где  $C_{УС}$  – стоимость одного УС стороны нападения.

Под коэффициентом удельной стоимости защиты  $K_{УСЗ}$  варианта комплекса противо-

действия будем понимать отношение удельной стоимости поражения по УС комплекса воздействия  $C_{ЭУС}$  к удельной стоимости защиты по ПУС  $C_{ЭПУС}$  варианта комплекса противодействия

$$K_{УСЗ} = \frac{C_{ЭУС}}{C_{ЭПУС}}, \quad (10)$$

тогда

$$K_{УСЗ} = \frac{C_{УСС} \cdot \mathcal{E}_3}{C_{ПУСС} \cdot (1 - \mathcal{E}_3)}, \quad (11)$$

в конечном итоге получим

$$K_{УСЗ} = \frac{\sum_{b=1}^{N_{УС}} C_{bУС} \cdot \mathcal{E}_3}{C_{ПУСС} \cdot N_{УС} \cdot N_{ПУССР} \cdot (1 - \mathcal{E}_3)}. \quad (12)$$

В частном случае, когда для нанесения ущерба применяются однотипные УС комплекса воздействия стороны нападения, получим

$$K_{УСЗ} = \frac{C_{УС} \cdot \mathcal{E}_3}{C_{ПУС} \cdot N_{ПУСР} \cdot (1 - \mathcal{E}_3)} \quad (13)$$

Очевидно, что если  $K_{УСЗ} > 1$ , чем больше  $K_{УСЗ}$  (чем большую стоимость вложила сторона нападения в ударные средства), тем более «выгодной» с экономической точки зрения должна быть защита вариантом комплекса противодействия с принятыми характеристиками.

В случае если  $K_{УСЗ} = 1$ , затраты сторон одинаковы, т.е. устанавливается некое равновесие по затратам на расход ПУС и УС.

Если  $K_{УСЗ} < 1$ , то затраты стороны защиты по ПУС варианта комплекса противодействия превышают затраты стороны нападения на УС и такая защита вариантом комплекса противодействия с такими характеристиками может быть признана нецелесообразной с экономической точки зрения (рисунок 3).

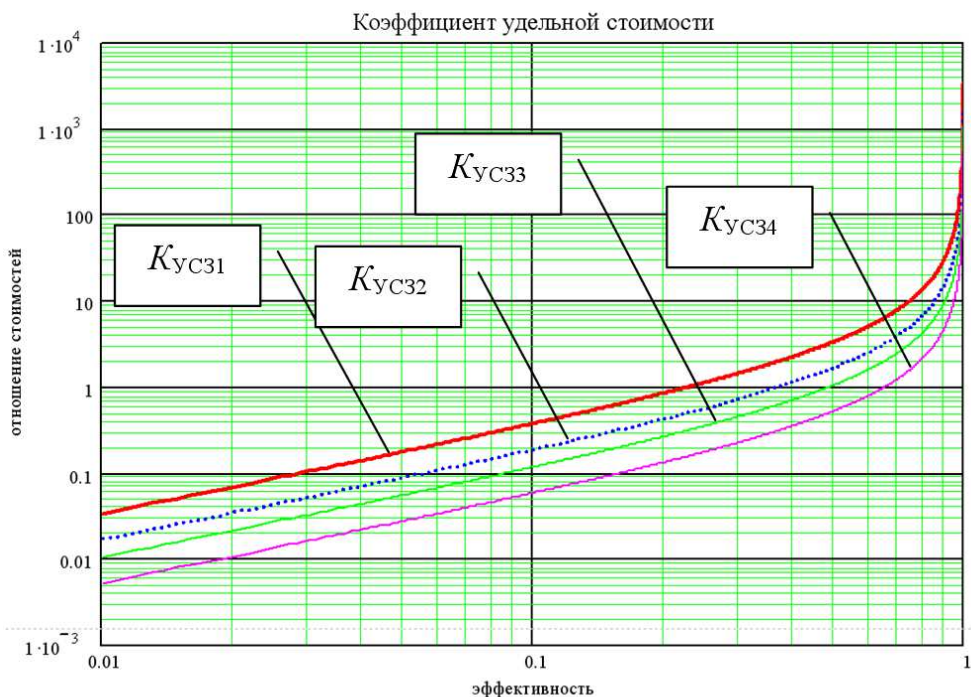


Рисунок 3 – Коэффициент удельной стоимости защиты в зависимости от эффективности защиты при различных стоимостях ПУС вариантов комплекса противодействия

Ограничение  $K_{УСЗТР}$  определяется исходя из конкретной ситуации и может отражать технические, технологические и иные особенности построения УС комплекса воздействия стороны нападения и ПУС варианта комплекса защиты. В этом случае, для выполнения условия оставления варианта комплекса противодействия во множестве альтернативных вариантов, должно выполняться следующее неравенство

$$K_{УСЗ} \geq K_{УСЗТР}, \text{ при } \mathcal{E}_3 \geq \mathcal{E}_{ТР}. \quad (14)$$

Выполнение условий (14) обеспечивает уточнение сформированного множества

$V_p^a = \{v_{pj}^a, j \in 1 \dots S\}$  с учетом исключения не удовлетворяющих условию вариантов (рисунок 4).

Таким образом, предложенные дополнительные ограничения позволят сформировать множество альтернативных вариантов  $V_p^a = \{v_{pj}^a, j \in 1 \dots S\}$  комплекса противодействия, функционирующего на множестве условий  $G_p = \{v_{pk}, k \in 1 \dots R\}$ , с учетом ограничений на введенные показатели  $C_{ЭПУСТР}$  и  $K_{УСЗТР}$ , учитывающие затраты сторон конфликта на ударные и противоударные средства.

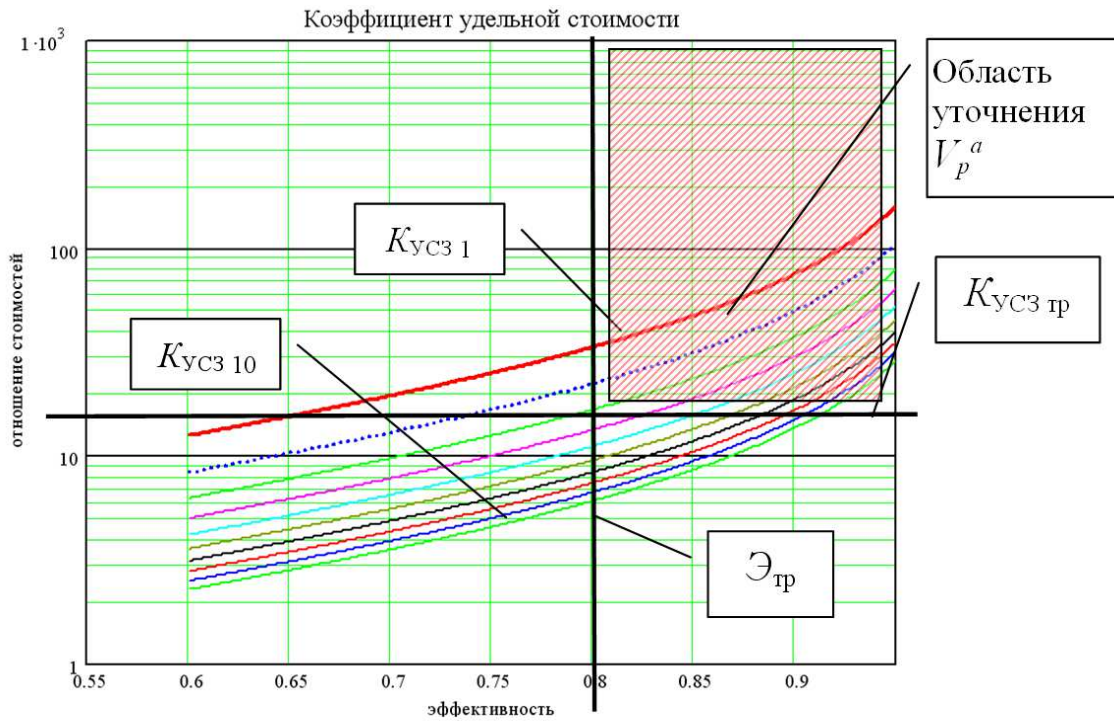


Рисунок 4 – Коэффициент удельной стоимости защиты в зависимости от эффективности защиты при различных стоимостях ПУС вариантов комплекса противодействия и заданной  $\mathcal{E}_{гр}$