

О.Б.Ачасов, кандидат технических наук,
доцент
А.И.Буравлев, доктор технических наук,
профессор

Аналитическая модель оценки эффективности воздушно-космической обороны в условиях глобального удара высокоточным оружием

В статье рассмотрена аналитическая модель для приближенной оценки эффективности системы ВКО в условиях массированного применения средств высокоточного оружия по военным и гражданским объектам. Данная модель может быть использована в целях предварительного обоснования облика системы воздушно-космической обороны, поиска альтернативных вариантов построения ее группировок и оперативной оценки их эффективности.

Введение

В общей структуре Вооруженных Сил РФ системе воздушно-космической обороны (ВКО) отведено место самостоятельной стратегической системы, входящей в состав стратегических сил сдерживания и включающей ударные средства (зенитно-ракетные войска, истребительную авиацию и др.), информационные средства (СПРН, РТВ и др.), а также подсистемы управления и обеспечения [1, 2].

Наличие в составе различных по целевому назначению, принципам действия и боевого применения средств характеризует систему ВКО как сложную военно-техническую систему. Обоснование рационального облика системы ВКО, определение этапности ее создания и развития с учетом возникновения различных видов угроз и существующих ресурсных ограничений является сложной многофакторной и многокритериальной задачей.

Данная статья посвящена одной из составляющих решения этой сложной задачи – разработке методического аппарата, позволяющего оценивать эффективность системы ВКО по отражению глобального удара высокоточным оружием (ВТО), возможности истребительной авиации (ИА) и зенитных ракетных войск (ЗРВ) по защите обороняемых объектов в зависимости от их состава и структуры.

Современные взгляды на применение ВТО лежат в основе стратегии «глобального удара», принятой в США. Суть этой стратегии состоит в массированном применении высокоточных средств воздушного нападения (в первую очередь крылатых ракет различного типа) в неядерном оснащении по объектам государственного и военного управления, ключевым объектам военно-экономического потенциала и сил стратегического сдерживания вероятного противника [3, 4]. В условиях слабой воздушно-космической обороны массированное применение ВТО обеспечит гарантированное нанесение недопустимого уровня ущерба и тем самым достижение военных целей такого «удара».

Возникает вопрос, какими возможностями в этом случае должна обладать система ВКО, чтобы сорвать цели противника? В первую очередь речь идет о характере эшелонирования средств ВКО и численном составе ударных средств, обеспечивающих перехват и уничтожение воздушных целей [5, 6].

Ниже рассматривается аналитическая модель оценки эффективности системы ВКО по отражению глобального удара ВТО, построенной по зонально-объектовому принципу. Этот принцип был использован при создании системы ПВО страны в 60-е годы прошлого века, он же на практике показал достаточно

высокую эффективность противовоздушной обороны РФ [7, 8].

Постановка задачи

Предполагается, что вся территория страны разделена на l зон. Каждая территориальная зона содержит $N_i, (i=\overline{1,l})$ ключевых объектов государственного и военного

управления, объектов военно-экономического потенциала и сил стратегического сдерживания, а также средств ВКО (аэродромы ИА, позиции ЗРК), которые также рассматриваются противником в качестве целей. Объекты в границы этих зон прикрываются средствами зональной ВКО (1-й эшелон) (рисунок 1).

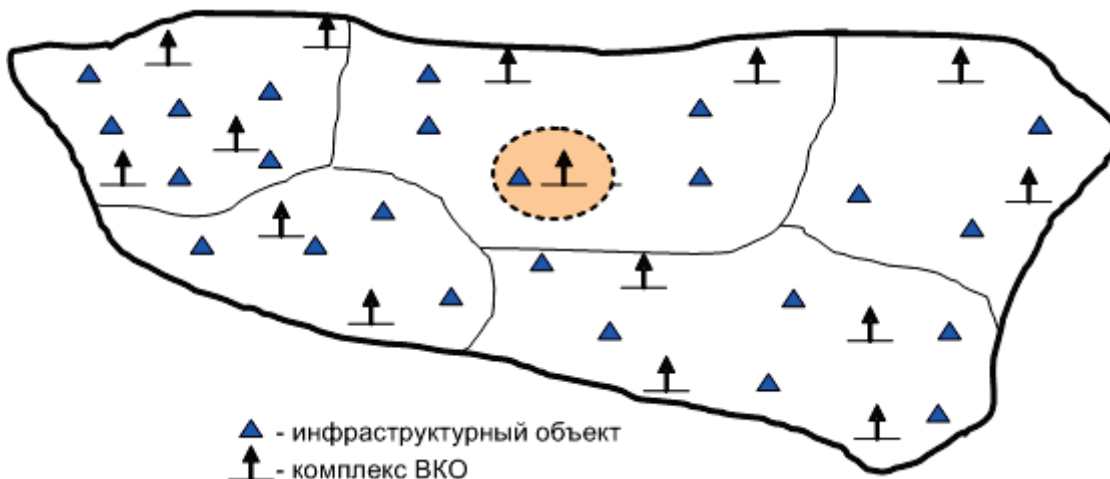


Рисунок 1 – Схема зонально-объектовой ВКО страны

Количество этих средств определяется требуемой плотностью перекрытия внешней границы территории (рисунок 2). Если длина внешней границы территории составляет L км, а радиус круговой зоны поражения средств ВКО равен R км, то при числе средств

ВКО $N_{ВКО}^{(1)}$ плотность перекрытия внешней границы составит $\rho_L = \frac{2N_{ВКО}^{(1)}R}{L} км^{-1}$. При заданной плотности ρ_L потребное число средств ВКО составит $N_{ВКО}^{(1)} = \frac{\rho_L L}{2R}$.

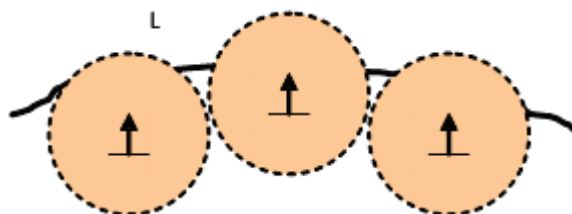


Рисунок 2 – Схема оценки плотности перекрытия внешней границы зоны средствами ВКО

Внутри зоны каждый объект прикрывается объектовым средством ВКО (2-й эшелон). Количество объектовых средств ВКО $N_{ВКО}^{(2)}$ также определяется требуемой плотностью покрытия ρ_S территориальной зоны зонами поражения средств ВКО (рисунок 3):

$$\rho_S = \frac{N_{ВКО}^{(2)} \pi R^2}{S},$$

где S – площадь территориальной зоны. Пусть противник имеет M ударных средств воздушного нападения (крылатые ракеты, боевые блоки стратегических и оперативно-тактических ракет и др.), из них M_i планируется для поражения целей, расположенных в i -й территориальной зоне. Известна вероятность поражения целей ударным средством противника V_i , зависящая от типа цели.

Тип цели определяется уровнем ее защищенности:

- 1 – слабо защищенная цель;
- 2 – цель средней защищенности;
- 3 – сильно защищенная цель.

Анализ объектов, являющихся целями для ВТО, показывает, что слабо защищенные объекты составляют примерно 40...50%, средне защищенные – 30...40%, сильно защищенные – 10...20% от всей совокупности возможных целей.

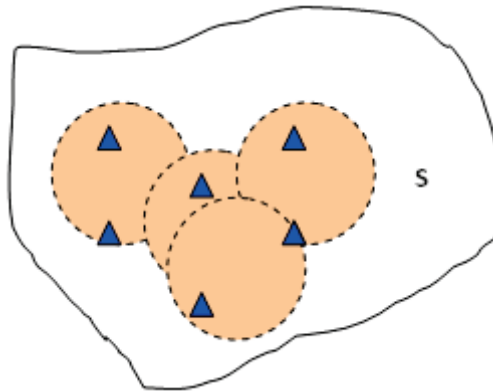


Рисунок 3 – Схема оценки плотности покрытия зоны средствами ВКО

Современное высокоточное оружие, имеющееся у вероятного противника, обеспечивает поражение по типу А (уничтожение) слабо защищенных целей с вероятностью $V_1=0,7...0,9$, средне защищенных – с вероятностью $V_2=0,4...0,7$, сильно защищенных – с вероятностью $V_3=0,2...0,4$.

Глобальный массированный удар ВТО осуществляется в виде последовательности нескольких авиационно-ракетных ударов (залпов) в течение времени T с интервалами времени между залпами Δt .

Обороняющаяся сторона осуществляет перехват и уничтожение воздушных целей средствами зональной и объектовой ВКО: комплексами ИА и ЗРВ. Применение ИА и ЗРВ должно быть согласовано по времени и рубежам перехвата крылатых ракет противника. В соответствии с тактикой применения средств ВКО по отражению воздушного нападения ИА осуществляет перехват воздушных целей на дальних рубежах, а средства ЗРВ – на средних рубежах и в ближней зоне прикрываемых объектов. В этом случае действия ИА и ЗРВ в зонах их ответственности можно рассматривать как относительно самостоятельные.

Для каждого истребительного авиационного комплекса (ИАК) и зенитно-ракетного комплекса (ЗРК) известны вероятности $W_{ИА}$, $W_{ЗРК}$ поражения воздушной цели одним средством поражения (СП) и величина боекомплекта СП.

В ходе боевых действий нападающая и обороняющаяся стороны могут применить радиоэлектронное противодействие системам боевого управления, что приведет к изменению эффективных параметров V , W . В рамках рассматриваемой модели радиоэлектронное противодействие сторон может быть учтено уменьшением вплоть до нуля вероятностей поражения целей V , W .

При разработке модели в целях ее упрощения используется ряд допущений, в том числе:

1. Противник обладает достоверной информацией об объектах нападения на обороняемых территориях (дислокация, защищенность и т. п.) и об их состоянии после нанесения удара.
2. Все объекты удара считаются равнозначными. Ударные средства противника распределяются равномерно по объектам удара.
3. ЗРК своевременно и с требуемой точностью и надежностью обеспечиваются

информацией предупреждения и целеуказания.

4. Обороняемые объекты в пределах территориальной зоны распределены статистически равномерно.

Указанные допущения не являются ограничивающими для построения модели оценки эффективности ВКО в условиях нанесения агрессором глобального удара ВТО.

Математическая модель оценки эффективности ВКО

Эффективность ВКО будем характеризовать величиной относительных потерь ключевых объектов государственного и военного управления, объектов военно-экономического потенциала, сил стратегического сдерживания, а также средств ВКО, находящихся в каждой территориальной зоне страны, и общей величиной относительных потерь военно-экономического потенциала страны [8].

Обозначим \bar{N}_i – средние потери объектов в i -й территориальной зоне; $U_i = \frac{\bar{N}_i}{N_i}$ – относительные средние потери объектов в i -й

территориальной зоне, а $U = \frac{\sum_{i=0}^l \bar{N}_i}{\sum_{i=0}^l N_i}$ – общие

относительные средние потери в результате глобального удара.

По величине средних потерь можно судить о возможности обороняющейся стороны в дальнейшем вооруженном противоборстве. Так, например, при достижении $U \geq 50\%$ в зависимости от складывающейся ситуации, необходимы решительные действия по принуждению противника к прекращению военных действий угрозой нанесения ему неприемлемого ущерба или же непосредственное нанесение ударов по группировкам войск и территории противника всем арсеналом возможных средств, включая ядерные средства.

Для оценки величины относительного ущерба U_i в i -й территориальной зоне ис-

пользуем выражение для среднего ущерба, наносимого объектам зоны, если по каждому объекту действует определенный наряд ударных средств [9].

Предполагается, что агрессор наносит глобальный удар ВТО в виде последовательности ударов (залпов) ВТО в дискретные моменты времени t_k , ($k=1,2,\dots$). Начальный момент времени обозначим $t_0=0$. Для данного момента времени известны численности самолетов ИА, находящихся на боевом дежурстве на аэродромах $N_{ИА}(t_0)$, и численность ЗРК $N_{ЗРК}(t_0)$ в составе зональной и объектовой ВКО в каждой зоне.

Пусть в момент t_1 первого удара ВТО по каждой зоне действует $M_i(t_1)$ ударных средств, которые распределяются по объектам инфраструктуры, позициям ЗРК и аэродромам ИА в соответствии с долевыми коэффициентами:

$$\beta_{ОИ}, \beta_{ЗРК}, \beta_{ИА}; \beta_{ОИ} + \beta_{ЗРК} + \beta_{ИА} = 1.$$

При оповещении о возможном ударе агрессора ВТО истребительная авиация поднимается в воздух и занимает положение на дальнем рубеже для перехвата ударных средств ВТО. Минимальная численность комплексов ИА должна составлять величину $N_{ИА}(t_1)$, обеспечивающую заданную плотность прикрытия ρ_L границы i -й зоны.

При равномерном распределении СП из боекомплектов ИАК средние потери ударных средств ВТО составят [9]:

$$\Delta M_{ИА}^{(1)}(t_1) = M_i(t_1) \left[1 - (1 - W_{ИА})^{\frac{m N_{ИА}^{(1)}(t_1)}{M_i(t_1)}} \right]. \quad (1)$$

Оставшиеся ударные средства ВТО численностью $M_i(t_1) - \Delta M_{ИА}^{(1)}(t_1)$ вступают в бой с ЗРК зональной ВКО. В результате боя средние потери средств ВТО составят:

$$\begin{aligned} \Delta M_{ЗРК}^{(1)}(t_1) = & \left(M_i(t_1) - \Delta M_{ИА}^{(1)}(t_1) \right) \times \\ & \times \left[1 - (1 - W_{ЗРК})^{\frac{n N_{ЗРК}(t_0)}{M_i(t_1) - \Delta M_{ИА}^{(1)}(t_1)}} \right], \quad (2) \end{aligned}$$

а средние потери ЗРК зональной ВКО будут равны:

$$\Delta \bar{N}_{ЗРК_i}^{(1)}(t_1) = N_{ЗРК_i}^{(1)}(t_0) \left[1 - (1 - V_{ЗРК}) \frac{\beta_{ЗРК} (M_i(t_1) - \Delta \bar{M}_{ИА_i}^{(1)}(t_1))}{N_{ЗРК_i}^{(1)}(t_0)} \right]. \quad (3)$$

Непораженные средства ВТО далее прорывают объектовую ВКО. Средние потери средств ВТО при прорыве объектовой ВКО составят:

$$\begin{aligned} \Delta \bar{M}_{ЗРК_i}^{(2)}(t_1) &= (M_{ЗРК_i}(t_1) - \Delta \bar{M}_{ИА_i}^{(1)}(t_1)) \times \\ &\times \left[1 - (1 - W_{ЗРК}) \frac{n N_{ЗРК_i}(t_0)}{M_i(t_1) - \Delta \bar{M}_{ИА_i}^{(1)}(t_1)} \right]. \end{aligned} \quad (4)$$

Общие средние потери средств ВТО при прорыве зональной ВКО будут равны

$$\Delta \bar{M}_i(t_1) = \Delta \bar{M}_{ИА_i}^{(1)}(t_1) + \Delta \bar{M}_{ЗРК_i}^{(1)}(t_1) + \Delta \bar{M}_{ЗРК_i}^{(2)}(t_1). \quad (5)$$

Оставшиеся средства ВТО наносят удар по объектам инфраструктуры, аэродромам ИА и позициям ЗРК объектовой ВКО. Средние потери объектов инфраструктуры, ИАК и ЗРК составят:

$$\begin{aligned} \Delta \bar{N}_{ОИ_i}(t_1) &= N_{ОИ_i}(t_0) \left[1 - (1 - V_{ЗРК}) \frac{\beta_{ОИ} (M_i(t_1) - \Delta \bar{M}_i(t_1))}{N_{ОИ_i}(t_0)} \right]; \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \Delta \bar{N}_{ЗРК_i}^{(2)}(t_1) &= N_{ЗРК_i}^{(2)}(t_0) \times \\ &\times \left[1 - (1 - V_{ЗРК}) \frac{\beta_{ЗРК} (M_i(t_1) - \Delta \bar{M}_i(t_1))}{N_{ЗРК_i}^{(2)}(t_0)} \right]; \end{aligned} \quad (7)$$

$$\Delta \bar{N}_{ИА_i}^{(1)}(t_1) = N_{ИА_i}(t_1) \left[1 - (1 - V_{ИА}) \frac{\beta_{ИА} (M_i(t_1) - \Delta \bar{M}_i(t_1))}{N_{ИА_i}(t_1)} \right], \quad (8)$$

где $N_{ИА_i}(t_1)$ – число ИАК, находящихся на аэродромах в момент удара ВТО.

После первого удара ВТО число непораженных объектов в i -й территориальной зоне составит:

$$\begin{aligned} N_{ОИ_i}(t_1) &= N_{ОИ_i}(t_0) - \Delta \bar{N}_{ОИ_i}(t_1); \\ N_{ИА_i}(t_1) &= N_{ИА_i}(t_0) - \Delta \bar{N}_{ИА_i}(t_1); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{ЗРК_i}(t_1) &= \\ &= N_{ЗРК_i}(t_0) - \Delta \bar{N}_{ЗРК_i}^{(1)}(t_1) - \Delta \bar{N}_{ЗРК_i}^{(2)}(t_1) \end{aligned} \quad (9)$$

и будет использоваться противником при планировании второго удара (залпа).

Во втором ударе ущерб обороняющейся стороны и собственные потери противника также рассчитываются по формулам (1)...(5) и далее процесс повторяется. Для каждого момента времени t_k , ($k=1,2,\dots$) также рассчитываются по нарастающему итогу показатели относительных потерь $U_i(t_k)$, $U(t_k)$.

Остановка процесса происходит после исчерпания либо запасов ударных средств $M(t_0)$ у агрессора

$$M(t_0) = \sum_{k=1}^p \sum_{i=1}^l M_i(t_k) \leq 0, \quad (10)$$

либо при достижении критического значения ущерба $U_{кр}$:

$$U(t_k) \geq U_{кр}. \quad (11)$$

С помощью данной модели можно рассчитать численные значения интенсивностей поражения наземных объектов и воздушных целей в ходе операции. Расчетные формулы имеют следующий вид:

- для интенсивности поражения инфраструктурных объектов:

$$\lambda(t_k) = \frac{\Delta N_{ОИ}(t_k)}{\beta_{ОИ} M(t_k) \Delta t_k}; \quad (12)$$

- для интенсивности поражения средств ВКО:

$$\mu(t_k) = \frac{\Delta N_{ВКО}(t_k)}{\beta_{ВКО} M(t_k) \Delta t_k}; \quad (13)$$

- для интенсивности поражения ударных средств ВТО:

$$\omega(t_k) = \frac{\Delta M(t_k)}{N_{ВКО}(t_k) \Delta t_k}, \quad (14)$$

где $\beta_{ВКО} = 1 - \beta_{ОИ}$ – долевой коэффициент распределения средств ВТО по объектам ВКО;

$N_{ВКО} = N_{ИА} + N_{ЗРК}$ – общая численность средств ВКО;

$\Delta t_k = t_k - t_{k-1}$ – интервал времени между двумя последовательными ударами ВТО.

В результате получаем упрощенную динамическую модель для оценки эффективности системы ВКО. С помощью данной модели можно приближенно оценить численность и структуру эшелонирования сил и средств ВКО, влияние параметров эффективности средств ВКО на общую эффективность ВКО. Для более точных оценок необходимо проводить моделирование действий ВКО с применением более совершенных технологий [10].

Таблица 1 – Исходные данные моделирования

Номер территориальной зоны	1	2	3	Всего
Длина внешней границы L , км	600	1000	500	2100
Площадь территориальной зоны S , км ²	180000	450000	250000	880000
Число объектов в зоне, N_i	30	45	25	100
Радиус действия комплексов ИА, РИА, км	80	80	80	80
Радиус действия ЗРК РЗРК, км	150	150	150	150
Плотность перекрытия территории ЗРК	2	2	2	2
Потребное число комплексов ИА в 1-м эшелоне, $N_{ИА}^{(1)}$	8	12	6	26
Число ЗРК в 1-м эшелоне, $N_{ЗРК}^{(1)}$	6	10	5	21
Число ЗРК во 2-м эшелоне, $N_{ЗРК}^{(2)}$	8	20	11	39
Общая численность ЗРК, $N_{ЗРК}$	14	30	16	60
Средний потребный наряд УС, ν	2,0	2,0	2,0	2,0
Вероятность поражения наземного объекта, V	0,4	0,4	0,4	0,4
Вероятность поражения ВЦ комплексом ИА, $W_{ИА}$	0,5	0,5	0,5	0,5
Боекомплект СП комплекса ИА, m	4	4	4	
Вероятность поражения ВЦ СП ЗРК, $W_{ЗРК}$	0,7	0,7	0,7	0,7
Боекомплект СП ПУ ЗРК, n	4	4	4	4
Продолжительность операции T , час	4	4	4	4
Доля УС ВТО, действующих по аэродромам ИА, $\beta_{ИА}$	0,2	0,2	0,2	0,2
Доля УС ВТО, действующих по позициям ЗРК, $\beta_{ЗРК}$	0,3	0,3	0,3	0,3
Интервал между ударами Δt , час	1			

Численность средств ВТО в каждом ударе определялась пропорционально количеству поражаемых инфраструктурных объектов в каждой зоне с коэффициентом ν , равным среднему наряду средств ВТО для поражения одного объекта

$$M_i(t_k) = \nu_i N_{ИА_i}(t_k).$$

В процессе моделирования рассматривались три сценария оборонительных действий против глобального удара ВТО:

сценарий № 1 – обороняющаяся сторона отражает массированное нападение ВТО;

сценарий № 2 – обороняющаяся сторона

Анализ результатов численного моделирования

На базе разработанной модели проведено численное моделирование по оценке влияния различных параметров системы ВКО на суммарный ущерб, наносимый объектам на территории в результате глобального удара ВТО. Исходные данные моделирования приведены в таблице 1.

наносит после первого удара ответный удар по средствам ВТО противника;

сценарий № 3 – обороняющаяся сторона наносит упреждающий удар по средствам ВТО противника.

При этом варьировались основные параметры модели:

- плотность прикрытия территории средствами ВКО $\rho = 2 \dots 5$;

- доля поражения средств ЗРК $\beta = 0 \dots 0,5$;

- вероятность поражения воздушной цели одним ЗРК $W = 0,6 \dots 0,9$.



Рисунок 4 – Динамика ущерба, нанесенного объектам инфраструктуры территории в ходе глобального удара ВТО

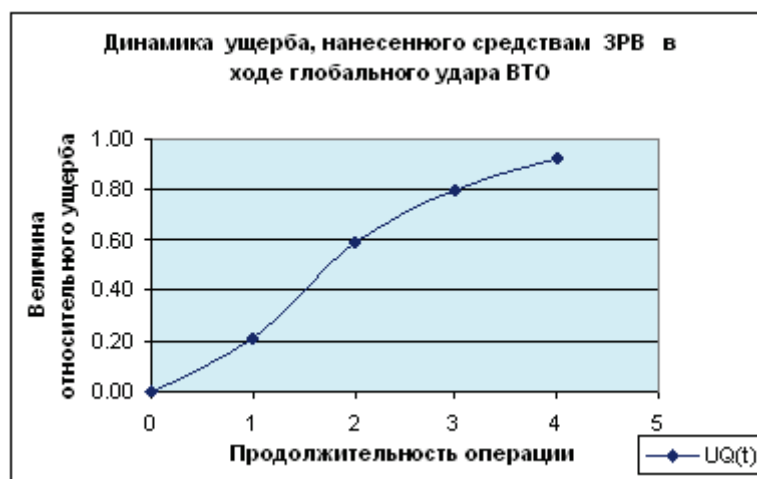


Рисунок 5 – Динамика ущерба, нанесенного средствам ЗРВ в ходе глобального удара ВТО

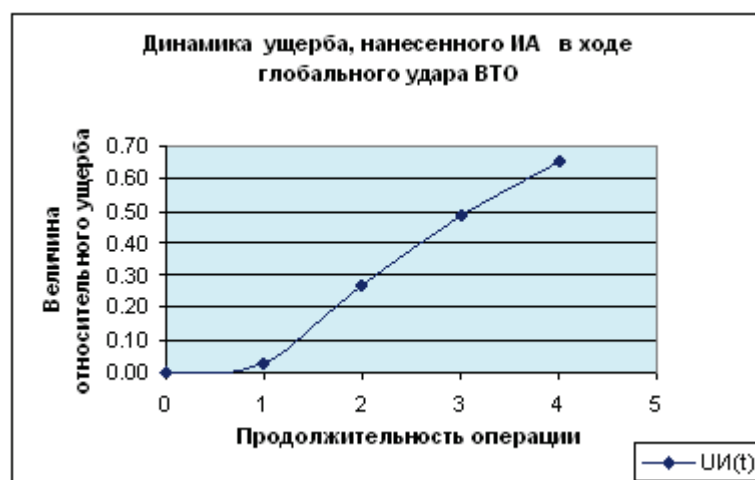


Рисунок 6 – Динамика ущерба, нанесенного ИА в ходе глобального удара ВТО

На рисунках 4, 5, 6 показана зависимость суммарного ущерба, нанесенного территории и системе ВКО в результате глобального удара, включающего четыре налета ВТО при исходных данных, приведенных в таблице 1.

На рисунке 7 показана динамика расхода средств ВТО в ходе глобального удара, на рисунке 8 – численные значения интенсивностей поражения наземных и воздушных целей в ходе операции.

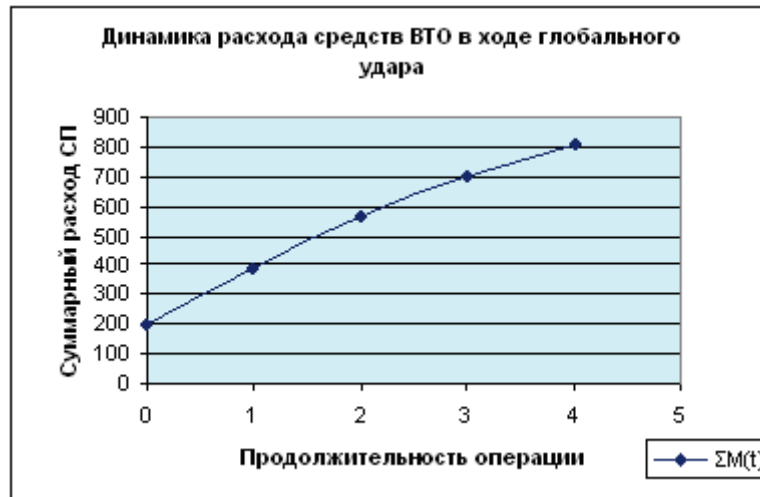


Рисунок 7 – Динамика расхода средств ВТО в ходе глобального удара

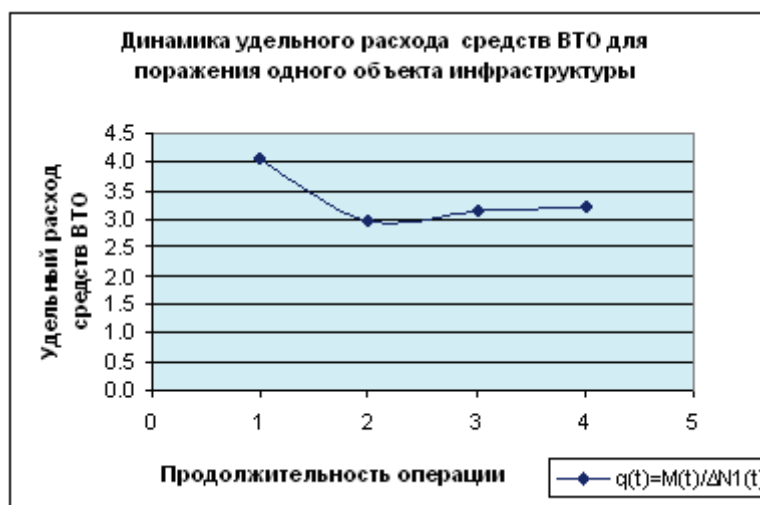


Рисунок 8 – Динамика удельного расхода ударных средств ВТО для поражения одного объекта инфраструктуры

Как видно из рисунков, с учетом принятых допущений и исходных данных для поражения 47% объектов инфраструктуры, 96% средств ЗРВ и 65% истребительной авиации требуется свыше 800 ударных средств ВТО.

На момент окончания удара у обороняющейся стороны остается порядка 50% непопавших объектов инфраструктуры и 30% истребительной авиации. Такой результат обусловлен тем, что 30% ударных средств

ВТО использовано для поражения ЗРК и 20% – для нанесения ударов по аэродромам ИА. Вследствие большей численности комплексов ИА, находящихся на аэродромах по сравнению с численностью ЗРК на позициях, потери ИА оказываются меньшими по сравнению с потерями ЗРВ.

Для снижения ущерба от массированного удара ВТО до 30% (рисунок 10) необходимо

обеспечить следующие параметры системы ВКО:

- плотность прикрытия границ территории $\rho_L \geq 3$;

- плотность прикрытия объектов территории $\rho_S \geq 4$.

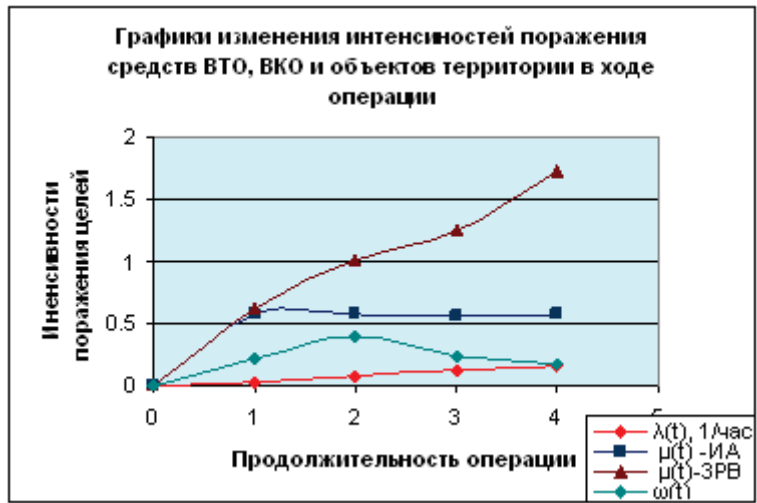


Рисунок 9 – Динамика интенсивностей поражения средств ВТО, ВКО и объектов инфраструктуры в ходе глобального удара



Рисунок 10 – Динамика общего ущерба, нанесенного территории в ходе глобального удара ВТО ($\rho_L \geq 3$; $\rho_S \geq 4$)

Если обороняющаяся сторона после первого удара нанесет ответный удар по зонам размещения ВТО агрессора с уничтожением 50% его ударных средств, то ущерб, нанесенный инфраструктуре территории в результате глобального удара, составит только 18%. При этом потери ЗРВ составят порядка 62%, истребительной авиации – 48%.

При упреждающем ударе по противнику и поражении 50% численности его средств ВТО

ущерб инфраструктуре обороняющейся стороне составит не более 3%. Потери средств ВКО составят 55% для ЗРВ и 40% – для истребительной авиации.

Расчеты показывают, что при данных условиях для защиты территории от массированного удара ВТО система ВКО должна иметь не менее чем двукратное превышение численности ЗРК над численностью ударных

средств ВТО $\left(\frac{m N_{ВКО}}{M} > 2\right)$. В случае снижения эффективности действия средств ВКО необходимо увеличивать плотность прикryтия территории. И наоборот, увеличение эффективности действия средств ВКО до 0,8 снижает плотность прикryтия территории.

Анализ результатов моделирования (рисунки 11, 12) показывает, что модель чувствительна к изменению основных параметров: плотность прикryтия территории средствами ВКО (ρ), доли поражаемых средств ВКО (β), вероятности поражения наземных и воздушных целей (V, W).

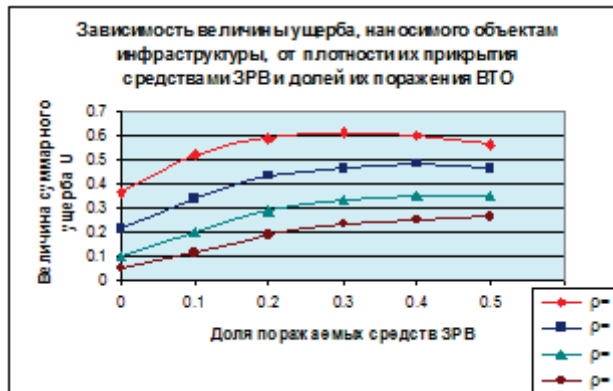


Рисунок 11 – Зависимость величины ущерба, наносимого объектам инфраструктуры от плотности их прикryтия и доли поражаемых средств ЗРВ

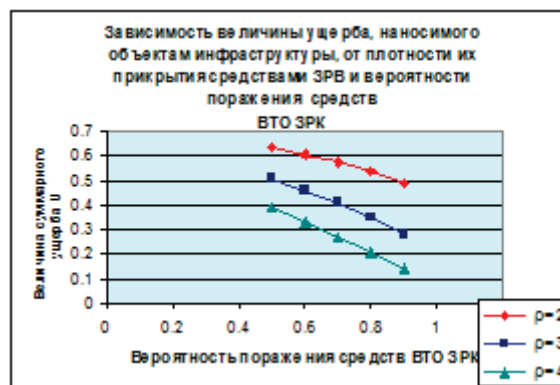


Рисунок 12 – Зависимость величины ущерба, наносимого объектам инфраструктуры от плотности их прикryтия ЗРВ и вероятности поражения средств ВТО ЗРК

Изложенная выше аналитическая модель основана на ряде допущений, позволяющих упростить процедуру оценки эффективности группировки ВКО по отражению массированного воздушного нападения противника. Однако, несмотря на упрощенное представление, данная модель позволяет в первом приближении оценить эффективность ВКО от ключевых параметров используемых комплексов ИА и ЗРВ, их численного состава, структуры эшелонирования, организации их взаимодействия.

Получаемые с помощью данной модели результаты могут быть использованы в качестве исходных данных для уточнения организационной структуры системы ВКО, формирования альтернативных (по структуре, количеству эшелонов, соотношению зональной и объектовых группировок ВКО, числу привлекаемых сил и средств) вариантов ее построения и их сравнительной оценки.

Повышение обоснованности получаемых с помощью данного подхода результатов и формируемых на их базе рекомендаций может быть в дальнейшем обеспечено за счет

комплексного учета всех типов привлекаемых ударных средств и влияния на их эффективность и обеспечения информационной и технической безопасности.

Список использованных источников

1. Хюпенен А.И., Криницкий Ю.М. Создание воздушно-космической обороны – необходимое условие обеспечения военной безопасности России // Военная мысль. – 2012. – № 7.
2. Барвиненко В. Пути построения ВКО России // Военно-промышленный курьер. – 2014. – № 4.
3. Сивков К. Неядерная дубинка Пентагона // Военно-промышленный курьер. – 2013. – № 9.
4. Криницкий Ю. Парировать быстрый глобальный удар // Военно-промышленный курьер. – 2013. – № 49, № 50.
5. Ягольников С. Строить ВКО поэтапно // Военно-промышленный курьер. – 2014. – № 9.
6. Чельцов Б. Каким будет новый облик ВКО // Военно-промышленный курьер. – 2013. – № 49.
7. Белоус Р.А., Сизов Ю.Г., Скоков Л.А. Некоторые особенности ПВО в условиях массированного применения противником комплексов БЛА и ВТО // Военная мысль. – 2013. – № 6.
8. Афанасьев Ю.И. Обоснование показателей эффективности взаимодействия войск (сил) противовоздушной обороны // Военная мысль. – 2011. – № 6.
9. Справочник по исследованию операций / Под ред. Ф.А. Матвейчука. – М.: Воениздат, 1979.
10. Технология имитационного моделирования боевых действий / Под ред. С.В.Ягольникова. – Тверь: 2 ЦНИИ Минобороны России, 2009.