

УДК: 623; 355.44; 355.424.4

**ФОРМАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПРОТИВОВОЗДУШНОЙ ОБОРОНЫ  
И СИСТЕМЫ АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ  
ОТ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ МАССИРОВАННОГО НАЛЕТА  
СРЕДСТВ ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКОГО НАПАДЕНИЯ**

**FORMALIZATION OF THE AIR DEFENCE SYSTEM  
AND ACTIVE OBJECT PROTECTION SYSTEMS  
FROM MEANS OF DESTRUCTION IN CONDITIONS  
OF MASSIVE RAID OF MEANS OF AEROSPACE ATTACK**

*Академик РАРАН М.В. Сильников, В.И. Лазоркин*

*АО «НПО Спецматериалов»*

*M.V. Silnikov, V.I. Lazorkin*

В статье рассматривается задача оценки количества средств воздушно-космического нападения, преодолевших противодействие эшелонированной системы противовоздушной обороны смешанного состава, и средств поражения, воздействующих на критически важные элементы объектов, в условиях их активной защиты.

**Ключевые слова:** противовоздушная оборона, активная защита, критически важные элементы, средства поражения.

The article considers the task of estimating the number of means of air-space attack that have overcome the opposition of a layered air defense system of mixed composition, and means of destruction that affect critical elements of objects, in conditions of their active protection.

**Keywords:** air defense, active protection, critical elements, means of destruction.

В настоящее время вооружённые силы НАТО во главе с США планируют боевые действия против России, исходя из концепции «быстрого (мгновенного) глобального удара», в основу которого положено массированное применение средств воздушно-космического нападения (СВКН) — носителей средств поражения высокоточного оружия (СП ВТО). Основным способом прорыва ПВО СВКН является массирование ударов с полётом на предельно малых высотах [1, 8, 9, 13].

Главная задача системы ПВО объектов — минимизация количества СВКН, прорвавшихся к рубежам пуска средств поражения, главная задача системы активной защиты (САЗ) — минимизация

количества СП ВТО, воздействующих на критически важные элементы (КВЭ) объектов.

Как показали исследования и опыт тактических учений добиться высокой эффективности решения указанных задач путём применения универсальных комплексов ПВО ограниченного типажа практически невозможно.

Выходом из этого положения является создание эшелонированной системы ПВО объектов, оснащённой комплексами ПВО смешанного состава: дальнего действия (ДД), средней и малой дальности (СД, МД), ближнего действия (БД).

Схема организации защиты и обороны объектов от СВКН и СП ВТО приведена на рис. 1.

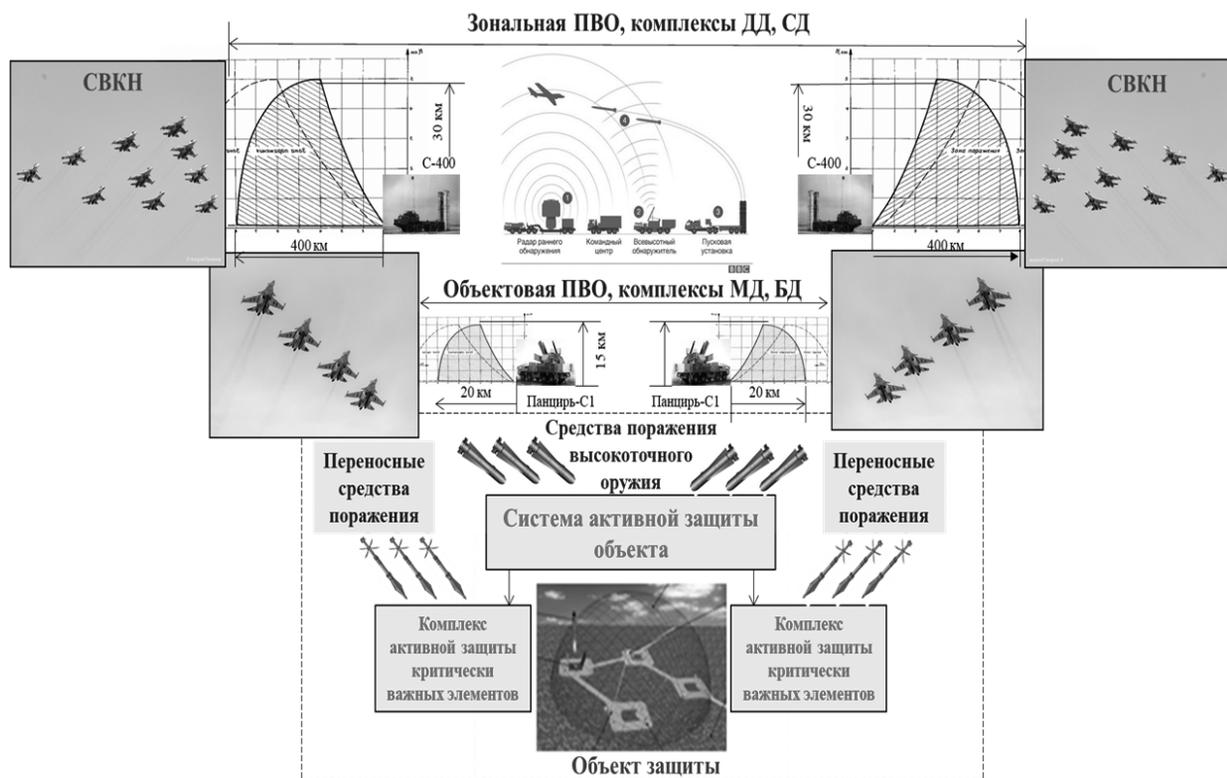


Рис. 1. Схема организации защиты и обороны объектов

Комплекс ПВО будем характеризовать [2]:

- зоной поражения;
- количеством целевых каналов;
- рабочим временем;
- боевым комплектом;
- вероятностью поражения цели.

По одной воздушной цели (ВЦ) может применяться несколько («очередь») защитных боеприпасов (ЗБ) [11–14].

Защита КВЭ от СП ВТО должна осуществляться специализированными САЗ, оснащёнными средствами обнаружения воздушных целей в различных диапазонах электромагнитных волн, средствами автоматизации управления и средствами поражения ВЦ на различных физических принципах.

Боевые порядки ударных групп СВКН и групп прорыва ПВО, как правило, строятся с учетом взаимного визуального или радиолокационного контроля между самолетами, исключения радиолокационного разрешения отдельных самолетов РЛС ПВО, взаимного прикрытия радиоэлектронными помехами и создания требуемой плотности и мощности помех, исключения вероятности поражения более одно-

го средства воздушного нападения (СВН) при подрыве боевой части (БЧ) защитного боеприпаса, обеспечения маневренности СВКН.

Варианты боевого порядка СВКН характеризуется формой строя (пеленг, клин, фронт, ромб и др.), а также:

- дистанциями и интервалами — расстоянием между СВКН (группами СВКН) по направлению полета и по фронту;
- превышениями или принижениями между СВКН и группами — расстоянием между СВКН (группами СВКН) по высоте [1, 5, 6].

Формы строя СВКН, участвующие в налёте на объекты приведены на рис. 2, расстояния между СВКН в группе и между группами — в табл. 1.

В зависимости от конкретных условий районов размещения объектов их противовоздушная оборона может быть организована различным образом. Так, например, средства ПВО различной дальности могут быть размещены на территории объектов защиты (рис. 3) или размещены на угрожающих направлениях.

В первом случае рубежи ПВО выдвигаются относительно объектов защиты на удаления, соответствующие размерам зон поражения комплексов

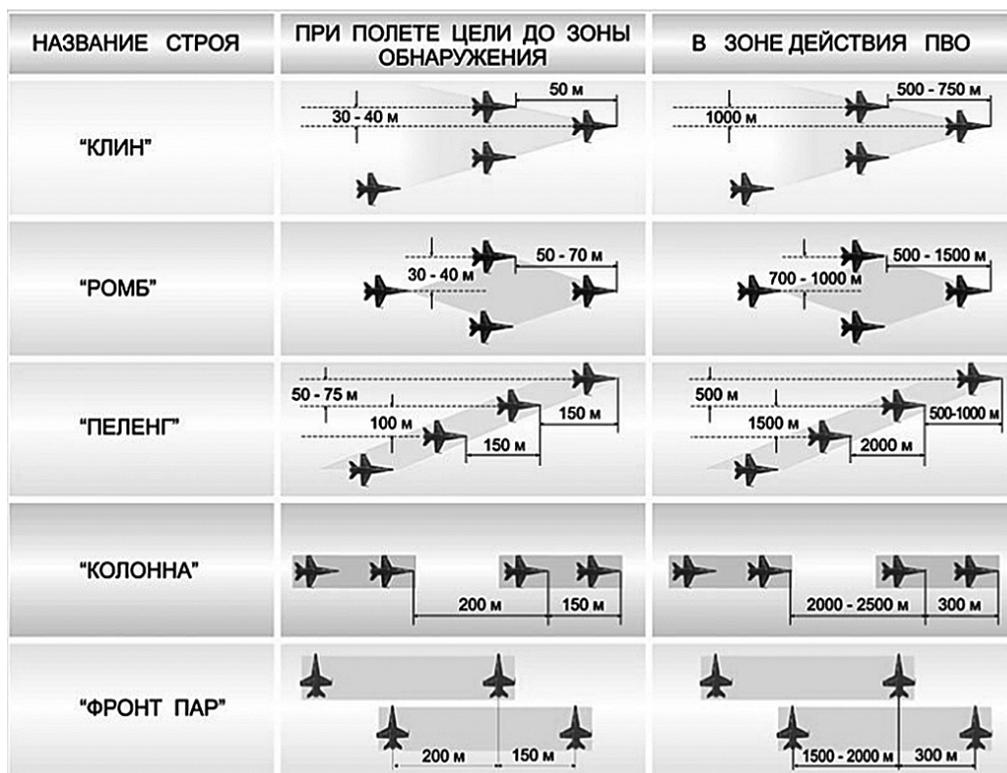


Рис. 2. Формы строя СВКН, участвующих в налёте на объекты

Таблица 1

Характеристики построения СВКН при нанесении удара

Наименование характеристики	Построение боевого порядка	
	сосредоточенный боевой порядок	рассредоточенный боевой порядок
Расстояние между СВКН в паре, м	500	1500
Расстояние между парами в звене, м	600	2000
Расстояние между звеньями, м	7000	9000

ПВО ДД, СД, МД и БД, что отражается на увеличении продолжительности циклов стрельбы этих комплексов. Положительным эффектом такой организации системы ПВО является её более высокая противодиверсионная устойчивость.

При выдвинутом размещении комплексов ПВО на угрожающих направлениях сокращается продолжительность циклов стрельбы, но требуются более масштабные, по сравнению с первым вариантом, противодиверсионные мероприятия.

Заметим, что система ПВО, включающая в себя комплексы различной дальности, имеет эшелонированный (рубежный) характер. Поэтому в качестве основного показателя эффектив-

ности системы ПВО будем использовать среднее количество СВКН, прорвавших соответствующие рубежи обороны.

Приведём расчётные соотношения для определения математического ожидания количества СВН, прорвавшихся к рубежам пуска средств поражения, воспользовавшись математическим аппаратом теории массового обслуживания [3].

Пусть в систему ПВО, включающую  $K$  рубежей обороны, поступает поток СВКН интенсивностью  $\lambda_0$ , определяемой соотношением:

$$\lambda_0 = \frac{M_0}{t_n},$$

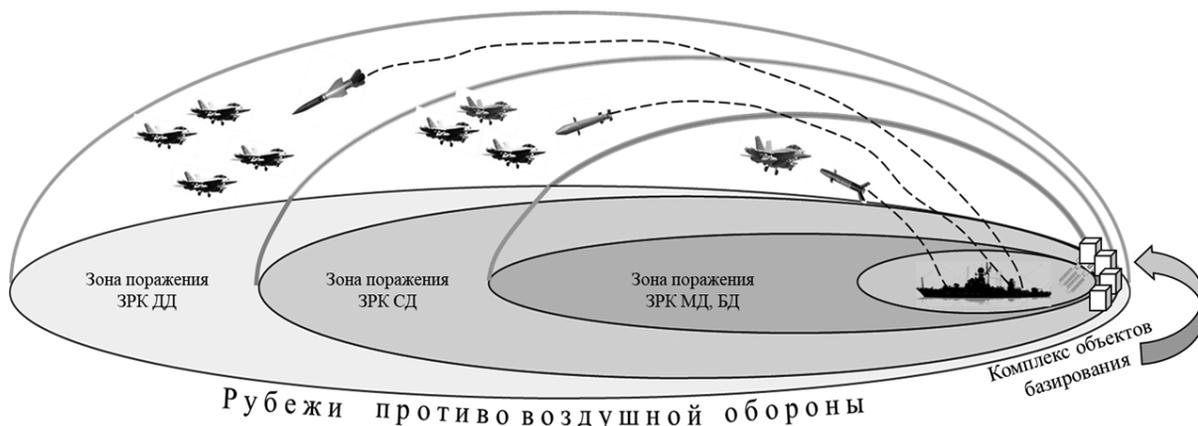


Рис. 3. Схема организации противоздушной обороны объектов при размещении комплексов ПВО на территории объектов

где  $M_0$  — исходный наряд СВКН, участвующих в налёте на объекты комплекс объектов базирования (КОБ):

$$M_0 = k_{гр0} \cdot m_{гр};$$

$k_{гр0}$  — исходное количество групп СВКН, участвующих в налёте;

$m_{гр}$  — количество СВКН в группе;

Продолжительность налёта на  $k$ -м рубеже обороны, рассчитываемая по формуле [4]:

$$t_{нк-1} = 1,25 \cdot \left[ \sum_{i=1}^{k_{гр}} \frac{\Delta\Gamma_{грi}}{V_{свн}} + \sum_{j=1}^{k_{гр}-1} \frac{\Delta D_j}{V_{свн}} \right],$$

$\Delta\Gamma_{грi}$  — глубина боевого порядка одной группы (расстояние между первым и последним СВН группы);

$\Delta D_j$  — дистанция между группами (расстояние от последнего СВН впереди идущей группы до первого СВН последующей группы);

$V_{свн}$  — скорость полёта СВН.

$k$ -й рубеж обороны прикрывается  $n_k$  комплексами ПВО (авиационными комплексами, зенитно-ракетными комплексами, пушечно-ракетными комплексами и т.п.).

СВН противника пытаются прорваться к объектам защиты, последовательно преодолевая рубежи обороны системы ПВО.

В зону ответственности средств ПВО  $k$ -го рубежа обороны поступают  $M_{k-1}$  СВН, преодолевших  $(k-1)$ -й рубеж обороны, в виде потока с плотностью  $\lambda_k = \frac{M_{k-1}}{t_{нк-1}}$ , где  $M_{k-1}$  — количество

СВН, поступающих в зону поражения  $k$ -го рубежа обороны.

СВКН (заявка), поступившее в зону поражения  $k$ -го рубежа обороны (в  $k$ -ю фазу обслуживания) берётся на сопровождение и обстреливается боеспособным комплексом ПВО (незанятым каналом обслуживания) в общем случае очередью из  $n_{очk}$  защитных боепитасов. Вероятность поражения цели одним ЗБ равна  $p_{порk}$ . В качестве ЗБ может применяться артиллерийский снаряд, зенитная управляемая ракета и т.п.

Время обслуживания (перехвата) заявки (СВКН) каналом обслуживания (комплексом ПВО)  $k$ -й фазы ( $k$ -го рубежа обороны) распределено по показательному закону с параметром  $\mu_k = \frac{1}{T_{цк}}$ , где  $T_{цк}$  — средняя продолжительность цикла стрельбы комплекса ПВО  $k$ -го рубежа обороны:

$$T_{цк} = t_{цц} + t_{рк} + t_{ик} \cdot (n_{очk} - 1) + t_{збк} + t_{пзк};$$

$t_{цц}$  — время принятия целеуказания;

$t_{рк}$  — работное время комплекса ПВО;

$t_{ик}$  — временной интервал между пусками средства поражения СВКН в очереди;

$n_{очk}$  — количество средств поражения СВКН в очереди;

$t_{збк}$  — время полета ЗБ до точки встречи с целью в зоне поражения;

$t_{пзк}$  — время оценки результата обстрела цели и перезарядки пусковой установки.

Заявка, не взятая на сопровождение или непоражённая ЗБ переходит в следующую  $(k+1)$ -ю

фазу обслуживания или покидает систему необслуженной (выходит на рубеж применения своего вооружения).

Зона поражения  $k$ -го рубежа обороны определяется дальними границами зон поражения комплексов ПВО, прикрывающих  $k$ -й и  $(k+1)$ -й рубежи обороны. Длина зоны поражения комплексов ПВО, прикрывающих  $k$ -й рубеж обороны:

$$L_k = \begin{cases} L_{дгk}, & \text{if } k = K; \\ L_{дгk} - L_{дгk+1}, & \text{if } k < K; \end{cases}$$

где  $L_{дгk}$  — удаление дальней границы зоны поражения комплексов ПВО  $k$ -го рубежа обороны.

Среднее время полёта ЗБ до ближней границы  $k$ -го рубежа обороны  $t_{лk}$  и среднее время полета ЗБ до точки встречи с целью в зоне поражения  $k$ -го рубежа обороны  $t_{збk}$  рассчитываются по формулам:

$$t_{лk} = \begin{cases} \frac{L_k}{2 \cdot V_{збk}}, & \text{if } k = K; \\ \frac{L_{дгk+1}}{V_{збk}}, & \text{if } k < K; \end{cases}$$

$$t_{збk} = \begin{cases} 0,5 \cdot \frac{L_k}{V_{збk}} + t_{лk}, & \text{if } \xi = 1; \\ \frac{0,5 \cdot L_k}{V_{збk}}, & \text{if } \xi \neq 1, \end{cases}$$

где  $V_{збk}$  — скорость ЗБ комплексов ПВО  $k$ -го рубежа обороны;

$\xi$  — признак организации системы ПВО ( $\xi = 1$  — комплексы ПВО размещаются на территории объекта защиты,  $\xi \neq 1$  — комплексы ПВО размещаются на угрожающих направлениях).

Введём обозначения:

$\chi_k$  — параметр, характеризующий скорость уменьшения плотности входящего потока СВКН в зоне поражения  $k$ -го рубежа обороны:

$$\chi_k = \frac{\lambda_k}{n_k \cdot \mu_k}; \quad (1)$$

$$n_k = k_{цкk} \cdot N_k; \quad (2)$$

$N_k$  — количество комплексов ПВО, контролирующих  $k$ -й рубеж обороны;

$k_{цкk}$  — количество целевых каналов комплекса ПВО  $k$ -го типа;

$n_k$  — количество ВЦ (СВКН), одновременно сопровождаемых комплексами ПВО  $k$ -го типа.

Тогда вероятность занятости ровно  $j$  каналов обслуживания:

$$P_{k,j} = C(n_k, j) \cdot \chi_k^j \cdot P_{k,0} = \frac{n_k!}{j!(n_k-j)!} \cdot \frac{\chi_k^j}{(1+\chi_k)^{n_k}}, \quad (3)$$

где  $P_{k,0}$  — вероятность незанятости каналов обслуживания:

$$P_{k,0} = (1 + \chi_k)^{-n_k}. \quad (4)$$

Расчётные соотношения для определения основных показателей эффективности системы массового обслуживания (СМО) с отказами и случайным распределением заявок по каналам обслуживания имеют следующий вид.

Среднее число обстрелянных СВКН в зоне поражения  $k$ -го рубежа обороны:

$$E_{обс k} = n_k \cdot \frac{\chi_k}{1 + \chi_k} = \left( \frac{\mu_k}{\lambda_k} + \frac{1}{n_k} \right)^{-1}. \quad (5)$$

Средний расход ЗБ в зоне поражения  $k$ -го рубежа обороны:

$$E_{збk} = \frac{n_{очk}}{\frac{\mu_k}{\lambda_k} + \frac{1}{n_k}}. \quad (6)$$

Математическое ожидание числа поражённых СВКН на  $k$ -м рубеже обороны:

$$M_{пk} = E_{збk} \cdot P_{вцk}, \quad (7)$$

где  $P_{вцk}$  — вероятность поражения одной ВЦ очередью из  $n_{очk}$  ЗБ комплекса ПВО  $k$ -го рубежа обороны:

$$P_{вцk} = 1 - (1 - p_{1k})^{n_{очk}}, \quad (8)$$

где  $p_{1k}$  — вероятность поражения СВКН одним ЗБ на  $k$ -м рубеже обороны.

Математическое ожидание непоражённых СВКН, преодолевших  $k$ -й рубеж обороны:

$$M_k = M_{k-1} - M_{nk}. \quad (9)$$

Количество групп СВКН, сохранившихся при прорыве  $k$ -го рубежа обороны:

$$k_{\text{гр}k} = \left\lceil \frac{M_k}{m_{\text{гр}}} \right\rceil,$$

где  $\lceil x \rceil$  — символ округления до ближайшего большего целого числа «х».

После определения  $k_{\text{гр}k}$  и, если  $k \neq K$ , рассчитывается продолжительность налёта  $t_{nk}$  и плотность потока СВН  $\lambda_k$ , и цикл расчётов повторяется применительно к  $(k+1)$ -му рубежу обороны.

СВКН, преодолевшие  $K$  рубежей обороны системы ПВО, распределяются между  $J$  объектами КОБ, пропорционально находящемуся в них целевому ресурсу (кораблей, материальных запасов и т.п.) и применяют по объектам свою боевую нагрузку (вооружение).

Пусть количество целевых ресурсов в  $j$ -м объекте равно  $B_j$ , боевая нагрузка одного СВКН равна  $g$  ед. средства поражения. Тогда наряд средств поражения (СП), назначаемый противником на  $j$ -й объект, рассчитывается по формуле:

$$m_{\text{сп}j} = M_K \cdot g \cdot \frac{B_j}{\sum_{i=1}^J B_i}, \quad j = \overline{1, J}. \quad (16)$$

Интенсивность входящего потока СП, воздействующих на КВЭ  $j$ -го объекта, определяется выражением:

$$\lambda_{\text{аб}j} = \lambda_K + \frac{m_{\text{аб}j}}{t_{\text{аб}}},$$

где  $\lambda_K$  — интенсивность потока СВКН, преодолевших  $k$ -й рубеж обороны системы ПВО.

Объекты КОБ могут быть оснащены комплексами активной защиты (КАЗ), каждый из которых включает комплекс средства обнаружения и управления (КСОУ), и комплекс средств поражения (КСП), состоящий из нескольких устройств активной защиты (УАЗ) [5, 6, 10, 11, 14].

Каждое СП может попасть в зону поражения одного из УАЗ с одинаковой вероятностью. Непоражённые СП воздействуют на объекты.

Если интерпретировать СП как заявки на обслуживание, УАЗ — как каналы обслуживания, интервалы времени между срабатываниями УАЗ — как восстановление работоспособности каналов обслуживания, то КАЗ может быть формализован как однофазовая СМО с отказами (пропуском непоражённых СП), случайным распределением заявок по каналам обслуживания и восстановлением работоспособности каналов обслуживания (перезарядкой УАЗ).

Математическое ожидание количества СП, воздействующих на  $j$ -й объект рассчитывается по формулам (1)–(9) с учётом значений соответствующих параметров.

$p_{збj}$  — вероятность поражения АБ одним ЗБ из очереди при срабатывании одного УАЗ КАЗ  $j$ -й зоны;

$n_{\text{уаз}j}$  — количество АБ, одновременно обстреливаемых УАЗ КАЗ  $j$ -й зоны:

$$n_{\text{уаз}j} = k_{\text{уаз}j} \cdot N_{\text{уаз}j},$$

$k_{\text{уаз}j}$  — количество целевых каналов одного УАЗ КАЗ  $j$ -й зоны;

$N_{\text{уаз}j}$  — количество УАЗ в КАЗ  $j$ -й зоны;

$$\mu_{\text{уаз}j} = (t_{\text{уаз}j})^{-1};$$

$\mu_{\text{уаз}j}$  — интенсивность поражения АБ одним УАЗ КАЗ  $j$ -й зоны;

$t_{\text{уаз}j}$  — продолжительность цикла стрельбы УАЗ КАЗ  $j$ -й зоны;

$$t_{\text{уаз}j} = \tau_{\text{обн}j} + \tau_{\text{сп}j} + \tau_{\text{и}j} \cdot (n_{збj} - 1) + \tau_{\text{пор}j} + \tau_{\text{пз}j}; \quad (20)$$

$\tau_{\text{обн}j}$  — среднее время обнаружения и захвата СП КАЗ  $j$ -й зоны;

$\tau_{\text{сп}j}$  — среднее время срабатывания УАЗ КАЗ  $j$ -й зоны;

$\tau_{\text{пор}j}$  — среднее время перехвата одного АСП КАЗ  $j$ -й зоны;

$\tau_{\text{и}j}$  — средняя величина интервала времени между пусками ЗБ в очереди при срабатывании УАЗ КАЗ  $j$ -й зоны;

$\tau_{\text{пз}j}$  — среднее время перезарядки УАЗ КАЗ  $j$ -й зоны.

Если объекты объединяются в комплексы (группы) по некоторым признакам, например,

по назначению, компактности размещения на побережье, минимальной длине коммуникаций, характеристик объектов как целей СП и т.п., то их защита обеспечивается САЗ, состоящей из информационно-управляющей подсистемы (ИУП) и нескольких КАЗ (по числу объектов защиты).

В качестве иллюстрации определим наряд средств поражения на объект в условиях массированного налёта двух групп ударных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) типа Sky Saker H300, вооружённых двумя управляемыми ракетами (УР) LMM. В каждой группе — 20 БПЛА.

Основные ТТХ БПЛА: взлётная масса — 300 кг, скорость полёта — 100–160 км/ч, дальность полёта — 250 км, максимальная высота полёта — 3000 м.

ТТХ УР LMM: длина — 1,3 м, диаметр корпуса — 76 мм, масса — 13 кг, масса БЧ — 3 кг, скорость — 500 м/с, эффективная дальность стрельбы — 8 км.

Количество БПЛА в группе — 20 ед, глубина боевого порядка одной группы — 250 м, дистанция между группами — 500 м.

Схема боевого порядка БПЛА, участвующих в налёте, приведена на рис. 4.

ПВО объекта обеспечивается батареей зенитных ракетно-пушечных комплексов (ЗРПК) «Панцирь-С1» в количестве 6 единиц. Защита объекта от средств поражения — КАЗ. Число целевых каналов в ЗРПК — 3.

Батарея ЗРПК осуществляет ПВО объектов от БПЛА на двух рубежах:

- первый рубеж — 18-4 км (обеспечивается защитной управляемой ракетой (ЗУР) 57Э6Е);
- второй рубеж — 4-0 км (обеспечивается 30-мм зенитным автоматом 2А38М);
- интервалы времени между пусками ЗУР — 3 с;

– рабочее время — 4 с.

Основные ТТХ ЗУР:

- средняя скорость — 800 м/с;
- вероятность поражения БПЛА — 0,7;
- длина очереди — 1 ЗУР;
- боезапас — 12 ЗУР.

Основные ТТХ зенитного автомата:

- средняя скорость снаряда — 900 м/с;
- скорость огня — 5000 выстр./мин;
- длина очереди — 120 выстр.;
- боезапас — 1400 выстр.

В состав КАЗ входят 30 УАЗ на основе стационарных ЗБ направленного действия со следующими ТТХ: продолжительность цикла УАЗ — 0,5 с; скорость метания поражающих элементов — 1500 м/с; вероятность поражения УР одним ЗБ — 0,9.

Результаты расчётов: продолжительность налёта — 37,54 с; математическое ожидание числа БПЛА, преодолевших первый рубеж обороны — 27,34 ед., второй рубеж обороны — 21,66 ед.; средний расход ЗУР — 15,82 ед.; средний расход снарядов — 1229 выстр., среднее количество СП,

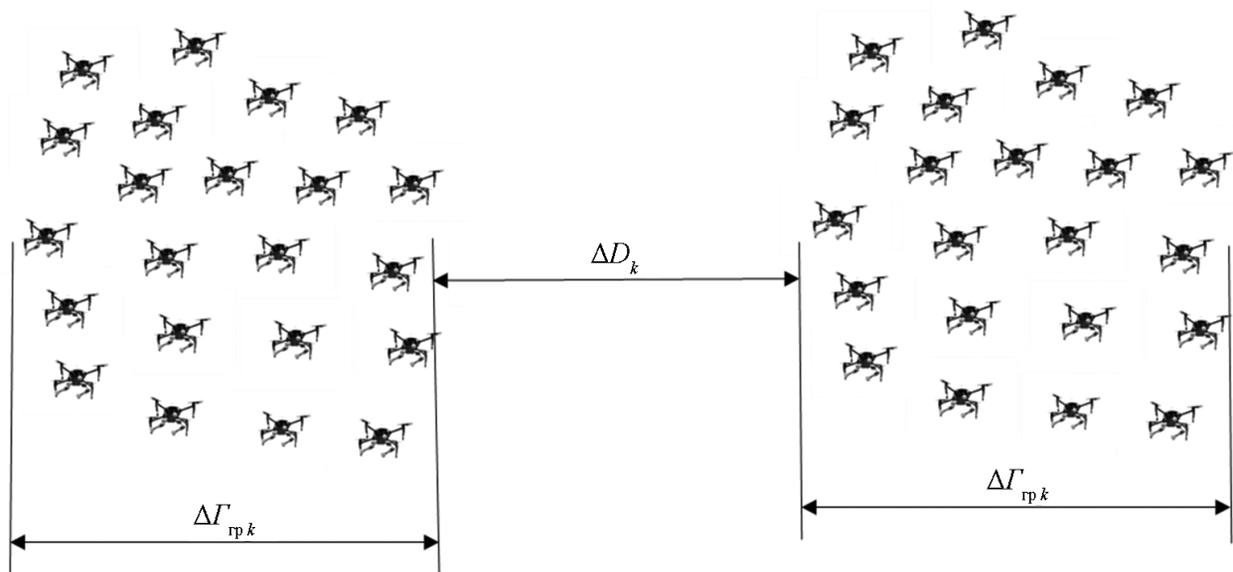


Рис. 4. Схема боевого порядка БПЛА, участвующих в налёте

атакующих объект — 45,65 УР, математическое ожидание числа непоражённых СП — 5,5 ед.

Таким образом, предлагаемый методический аппарат позволяет приближённо оценить потери СВКН при прорыве системы ПВО смешанного состава, включающей комплексы различной дальности действия, а также оценить эффективность системы активной защиты критически важных элементов объектов [6, 7, 10].

### Литература

1. Прогнозирование возможных способов, тактических приемов действий и боевых порядков СВН при нанесении ударов по обороняемому объекту. Сайт: <https://infopedia.su/10x8a9d.html>

2. Системы зенитного ракетного оружия. Классификация и боевые свойства зенитных ракетных комплексов. Сайт: [http://www.uhlib.ru/tehnicheckie\\_nauki/zenitnye\\_raketnye\\_kompleksy/p4.php](http://www.uhlib.ru/tehnicheckie_nauki/zenitnye_raketnye_kompleksy/p4.php)

3. Н.С. Волгин. Исследование операций. Часть 1 / ВМА им. Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова. — СПб. 1999. 366 с.

4. Определение времени и плотности налета СВН. Сайт: <https://studfile.net/preview/9924384/page:8/>

5. Сильников М.В., Лазоркин В.И. Активная защита мобильных объектов. — СПб. 2020. 488 с.: ил. ISBN 978-5-907344-32-7.

6. Сильников М.В., Лазоркин В.И. Активная защита стационарных объектов. — СПб. 2021. 508 с.: ил. ISBN 978-5-907344-74-7.

7. Сильников М.В., Лазоркин В.И. Математическая модель определения уязвимых элементов объекта защиты при планировании антидиверсионных мероприятий // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2020. № 4 (114). С. 43–47.

8. Сильников М.В., Лазоркин В.И., Алешин А.С. Защита наземных объектов от гиперзвукового оружия // Вопросы оборонной тех-

ники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2019. № 5–6 (131–132). С. 82–86.

9. Субботин А.В., Кэссиди К.А., Яскин Е.А. Особенности формализации воздушной обстановки для оценки системы управления противозвушной обороны // Вестник ярославского высшего военного училища противозвушной обороны. 2020. № 1 (8). С. 204–212.

10. Лузан А.Г. Система активной защиты объектов // «Арсенал Отечества». 2017. № 5 (31). Сайт: <https://arsenal-otechestva.ru/article/1007-sistema-aktivnoj-zashchity-ob-ektov>

11. Лазоркин В.И., Даниленко П.Н., Кошеленко Д.И. Математическая модель оценки живучести БЖРК 15П961 «Молодец» // В сборнике: Специальная техника и технологии транспорта. сборник научных статей. Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулева, Военный институт (Железнодорожных войск и военных сообщений). — Санкт-Петербург, Петергоф. 2020. С. 64–72.

12. Лазоркин В.И., Михайлин А.И., Сильников М.В. Оптимизация мероприятий по обеспечению живучести объектов // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2015. № 1–2 (79–80). С. 60–64.

13. Давыдов Я.М., Андреева Н.Ю. Методики оценки влияния временных и точностных характеристик авиационных средств и средств противозвушной обороны на эффективность их применения // Филиал ФГБОУ ВПО «Московский государственный индустриальный университет». Фундаментальные исследования. 2013. № 6–6. С. 1338–1343.

14. Лазоркин В.И., Михайлин А.И., Сильников М.В. Обоснование характеристик неуправляемого защитного боеприпаса с радиально-кольцевым полем поражающих элементов // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2014. № 11–12 (77–78). С. 94–97.