



УДК 355:424.4:625.717:519.872  
ГРНТИ 78.25.17

## МЕТОДИКА ВЫБОРА ТИПА И КОЛИЧЕСТВА БОЕВЫХ СРЕДСТВ ЧАСТЕЙ (ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ) ЗЕНИТНЫХ РАКЕТНЫХ ВОЙСК СМЕШАННОГО СОСТАВА ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧИ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ПРИКРЫТИЯ АЭРОДРОМА

*Р.Н. ЗАНКИН, кандидат военных наук, доцент  
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)  
Д.А. ПЕРЕСЫПКИН  
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

В статье предложен вариант повышения эффективности непосредственного прикрытия аэродромов авиационного соединения подразделениями зенитных ракетных войск за счет рационального применения различных типов зенитных ракетных комплексов. Предложена методика выбора типа и количества боевых средств частей и подразделений зенитных ракетных войск, в основе которой заложены методы теории массового обслуживания.

*Ключевые слова:* методика выбора, теория массового обслуживания, система массового обслуживания, зенитные ракетные войска, непосредственное прикрытие, зенитные ракетные комплексы.

## THE METHODS OF SELECTING THE TYPE AND NUMBER OF COMBAT VEHICLES UNITS (SUBDIVISION) OF MIXED COMPOSITION ANTI-AIRCRAFT MISSILE TROOPS TO COMPLETE THE TASK OF AIRFIELD DIRECTLY COVERING

*R.N. ZANKIN, Candidate of Military sciences, Associate Professor  
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)  
D.A. PERESYPKIN  
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*

The paper proposed options for improved direct cover of airfields aviation connection unit's anti-aircraft missile troops at the expense of rational use of anti-aircraft missile complexes different types. The method of choice of type and quantity of fighting means of anti-aircraft missile troops parts and divisions which basis methods of the queuing theory are put is offered.

*Keywords:* selection technique, queuing theory, queuing system, anti-aircraft missile troops, direct cover, anti-aircraft missile systems.

**Введение.** С развитием способов и средств вооруженной борьбы ведение боевых действий постоянно усложняется и приобретает все новые и новые особенности. Применяется целый арсенал разнообразных средств нападения и поражения с воздуха: самолеты и вертолеты различного назначения, крылатые ракеты (КР), оперативно-тактические и тактические ракеты (ОТР, ТР), беспилотные летательные аппараты (БПЛА) [1], в том числе кустарного производства.

Опыт боевых действий в локальных войнах и вооруженных конфликтах последних десятилетий прошлого века и начала нынешнего века показывает, что в большинстве военных конфликтов успех был достигнут в значительной, если не определяющей мере, благодаря



действиям авиации. В борьбе за превосходство в воздухе противник будет стремиться поразить авиацию на ее аэродромах, а также нанести ущерб элементам инфраструктуры аэродромного, инженерно-технического и тылового обеспечения [2].

**Актуальность.** Задача сохранения авиации на земле достигается непосредственным прикрытием аэродромов базирования частей и подразделений авиационного соединения от ударов средств воздушного нападения (СВН) и ведения воздушной разведки, действующих в широком диапазоне дальностей и высот боевого применения. Для её выполнения и предотвращения нападения с воздуха аэродромы прикрываются силами и средствами зенитных ракетных войск. В настоящее время зенитные ракетные войска (ЗРВ) вооружены различными зенитными ракетными системами (ЗРС), зенитными ракетными комплексами (ЗРК) и зенитными ракетно-пушечными комплексами (ЗРПК), которые обладают разными характеристиками [3, 4]:

- размером зоны поражения;
- канальностью по цели и ракете;
- продолжительностью цикла стрельбы;
- временем перезаряжания пусковых установок;
- временем подготовки ракет к старту;
- мобильностью, эффективностью стрельбы.

Боевые возможности частей, построенных только на базе ЗРК средней дальности, имеют ограничения по уничтожению целей на малых высотах и больших дальностях. Это обстоятельство приобретает особую важность с учетом того, что в настоящее время основным способом преодоления противовоздушной обороны СВН противника является полет на малых высотах. В связи с этим появилась необходимость их применения для решения задач борьбы с воздушным противником в диапазоне малых высот зенитных ракетных комплексов малой дальности и ближнего действия.

Однако ограничения зоны поражения этих ЗРК по дальности и высоте позволяют воздушному противнику преодолевать ПВО на высотах, превышающих верхнюю границу их зоны поражения. Таким образом, система зенитного ракетного огня однотипных ЗРК не обеспечиваеткрытие аэродрома от ударов воздушного противника во всем диапазоне возможных условий построения его налетов.

Возникшие актуальные противоречия можно разрешить путем совместного боевого применения ЗРК дальнего действия (ДД), средней и малой дальности (СД, МД) и ближнего действия (БД), на базе которых создаются единые группировки ЗРВ смешанного состава. Такие группировки обладают рядом следующих достоинств:

- возможность уничтожения СВН противника, действующих в широком диапазоне дальностей и высот боевого применения;

- значительное повышение возможностей борьбы с воздушными целями в диапазоне малых высот, а также в условиях интенсивного применения помех; применение ЗРК малой дальности в некоторой степени уменьшает трудности при построении боевых порядков частей (подразделений) ЗРВ.

Их реализация и применение группировки ЗРВ смешанного состава позволит перекрыть большой диапазон высот и дальностей, наращивать усилия по уничтожению маловысотных целей и уменьшить затраты за счет рационального использования ракет различного типа. Однако одновременно возникает необходимость в определении количественного соотношения между ЗРК различных типов в частях ЗРВ смешанного состава, при этом в каждом конкретном случае оно может быть различным в зависимости от ожидаемых действий воздушного противника, от тактико-технических характеристик ЗРК, а также условий местности. В связи с этим предлагается методика выбора типа и количества ЗРК.

Структура данной методики представлена на рисунке 1, который полностью раскрывает весь процесс оценки и расчета необходимых данных.



Исходными данными для данной методики выступают данные, приведенные таблице 1.

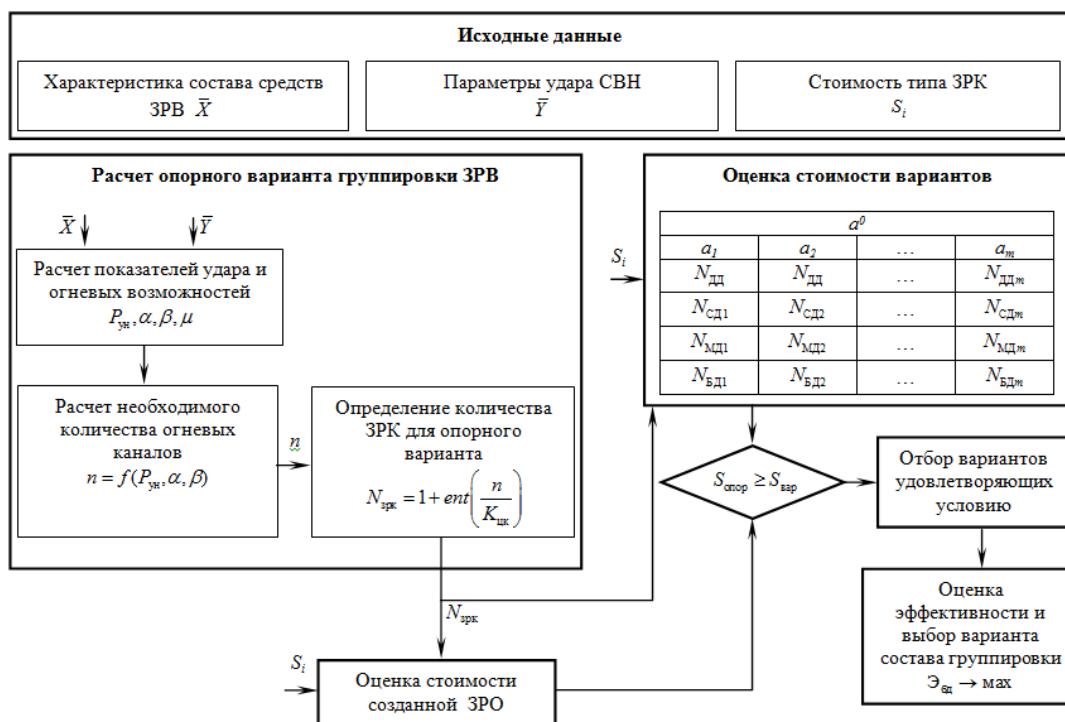


Рисунок 1 – Структурная схема методики выбора типа и количества ЗРК

Таблица 1 – Исходные данные для методики выбора типа и количества ЗРК

Параметры своих сил $\bar{X}$		
Обозначение	Наименование	Размерность
$N_{\text{зрк}}$	Общее количество ЗРК	ед.
$I$	Количество типов ЗРК	ед.
$N_{\text{зрki}}$	Количество типов ЗРК $i$ -го типа	ед.
$S_i$	Стоимость образца вооружения	усл. ед.
Параметры СВН противника $\bar{Y}$		
$N_{\text{свн}}$	Общее количество СВН противника	ед.
$t_{\text{уд}}$	Время удара	мин.

Отражение удара воздушного противника по существу является процессом обслуживания заявок (обстрела СВН) различного типа, то есть ЗРК (ЗРК) можно представить в виде системы массового обслуживания (СМО) с ограниченным временем ожидания.

Структуру системы зенитного ракетного огня (СЗРО), как СМО, можно классифицировать следующим образом [5]:

многоканальная (МК) по числу каналов обслуживания (по количеству ЗРК и по количеству целевых каналов);

многофазная, в которой заявка (СВН) до момента обслуживания (обстрела) должна пройти несколько каналов обслуживания: обнаружение, целераспределение воздушных целей с командного пункта, поиск и обнаружение ЗРК (при этом задействованная общая одноканальная часть МК ЗРК), и наконец, сам обстрел (при этом задействуется один из целевых каналов ЗРК);



с приоритетом в обслуживании заявок (по принятой в алгоритмах шкале приоритетов); с ограниченным временем ожидания, при этом время ожидания заявки в очереди определяется временем пребывания СВН в зоне поражения.

Для сохранения объекта обороны части ЗРВ должны обеспечить уничтожение необходимого количества СВН противника. Предположим, что вероятность сохранения объекта равна вероятности поражения всех СВН. Следовательно, центральным звеном СМО в данном случае является наличие необходимого количества каналов обслуживания – необходимое количество целевых каналов.

Для расчета потребного количества ЗРК различных типов можно использовать следующую методику.

В условиях нанесения противником удара СВН будут находиться в непрерывном движении, меняя свое положение относительно боевых средств. В каждый данный момент времени под воздействием боевого средства может находиться некоторое количество воздушных целей, которых может быть больше его потенциальных возможностей. Следовательно, та часть воздушных целей, которая находится за пределами возможностей огневых средств, будет находиться ограниченное время в зоне пуска. Таким образом, вероятность уничтожения ( $P_{ун}$ ) может быть определена по расчетным формулам А.К. Эрланга [6, 7].

Вероятность того, что СВН будет уничтожено ( $P_{ун}$ ), находится в зависимости от вероятности пропуска цели ( $P_{п}$ )

$$P_{ун} = 1 - P_{п} \tag{1}$$

Показателем эффективности стрельбы по групповой цели (группе целей) является математическое ожидание числа поражённых СВН противника [3].

$$M_c = \sum_{i=1}^N P_{уни} \tag{2}$$

где  $N$  – количество обстрелянных целей.

По физическому смыслу это доля уничтоженных воздушных целей от общего их числа. Вероятность того, что цель покинет зону поражения  $P_{п}$ , есть отношение среднего числа целей, уходящих из зоны поражения не поражёнными в единицу времени, к среднему числу целей, находящихся в зоне поражения в единицу времени. На каждую обстреливаемую цель приходится цель, уходящая из зоны поражения не обстрелянной, с плотностью  $\nu$  [8].

$$\nu = \frac{1}{t_{пр}} \tag{3}$$

где  $t_{пр}$  – время пребывания цели в зоне пуска.

При наличии в зоне поражения в среднем  $m_s$  целей получим

$$P_{п} = \frac{\nu m_s}{\lambda} = \frac{\mu}{\lambda} m_s = \frac{\beta}{\alpha} m_s \tag{4}$$

где  $\beta$  – приведенная плотность ухода цели из зоны поражения.



$$m_s = \sum_{s=1}^{\infty} sP_{n+s}, \quad (5)$$

$$\beta = \frac{\nu}{\mu} = \frac{T_{\text{цп}}}{t_{\text{пр}}} = \nu T_{\text{цп}} \quad (6)$$

Среднее число обстреливаемых СВН противника ( $\alpha$ ) может быть определено как отношение плотности налета ( $\lambda$ ) к интенсивности обстрела ( $\mu$ )

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{\lambda}{\mu} = \lambda T_{\text{цп}}, \\ \lambda &= \frac{N_{\text{СВН}}}{t_{\text{уд}}}, \\ \mu &= \frac{1}{T_{\text{цп}}}, \end{aligned} \quad (7)$$

где  $T_{\text{цп}}$  – средний цикл стрельбы для каждого боевого средства.

$$\begin{aligned} P_k &= \frac{\frac{\alpha^k}{k!}}{\sum_{m=0}^n \frac{\alpha^m}{m!} + \frac{\alpha^n}{n!} \sum_{s=1}^{\infty} \frac{\alpha^s}{\prod_{m=1}^s (n+m\beta)}}, k = \overline{0, n}, \\ P_{n+s} &= \frac{\frac{\alpha^{n+s}}{n! \prod_{m=1}^s (n+m\beta)}}{\sum_{m=0}^n \frac{\alpha^m}{m!} + \frac{\alpha^n}{n!} \sum_{s=1}^{\infty} \frac{\alpha^s}{\prod_{m=1}^s (n+m\beta)}}, s \geq 1, \end{aligned} \quad (8)$$

где  $s$  – число целей, находящихся в зоне поражения и не взятых на сопровождение;  
 $m$  – число целей, находящихся в зоне поражения и взятых на сопровождение;  
 $k$  – число ЗРК, взявших цели на сопровождение.

Подставив в (5) выражение для  $P_{n+s}$  (8), можно рассчитать  $m_s$ , а затем по формулам (4) вероятности  $P_{\text{п}}$  и  $P_{\text{yh}}$  (1). Однако формулы получаются очень громоздкими, поэтому для практических расчетов пользуются таблицами функции  $P_{\text{п}} = \psi(n, \alpha, \beta)$ .

Тогда получим:

$$P_{\text{yh}} = 1 - P_{\text{п}} = 1 - f(n, \alpha, \beta). \quad (9)$$

Для эффективной зенитной ракетной обороны (ЗРО) необходимо, чтобы  $P_{\text{yh}} \geq 0,99$ , а решив обратную задачу, можно определить необходимое количество огневых каналов.



Таким образом, для определения оптимального числа требуемых средств поражения необходимо знать три исходных параметра: плотность налета, средний цикл стрельбы для боевого средства и время пребывания в зоне поражения.

Очевидно, что для различных моделей построения налета воздушного противника потребное количество ЗРК по типам будет различным. Однако варианты боевого состава ограничены возможностями комплекса средств автоматизации по управлению и стоимостью допустимого состава части (подразделения) ЗРВ смешанного состава.

Подразделения, вооруженные МК ЗРК СД, составляют в настоящее время основу ЗРО объектов и предназначены для уничтожения на подступах к обороняемым объектам всех типов СВН во всем диапазоне высот и скоростей их полета. Поэтому, на основе полученного необходимого количества ЗРК создаем опорный вариант на базе МК ЗРК СД, исходя из поставленной боевой задачи, особенностей объекта и условий боевых действий. Данный вариант будет являться основой для формирования альтернативных вариантов с использованием других типов ЗРК, для тех же условий боевых действий.

$$N_{ЗРК} = \sum_{i=1}^I \frac{n}{k_{ЦК_i}}, \tag{10}$$

где  $k_{ЦК_i}$  – количество целевых каналов  $i$ -того типа ЗРК.

По методике оценки стоимости ЗРО оцениваем стоимость опорного варианта. Полученная стоимость опорной ЗРО будет являться ограничением по стоимости при выборе альтернативных вариантов построения части ЗРВ.

Определение типажа огневых средств и боевого состава частей ЗРВ при выполнении различных боевых задач осуществляется с использованием методики выбора рационального варианта ЗРО на основе совместного применения ЗРК различного типа.

**Методика формирования множества вариантов типажа огневых средств.**

На основе оценки возможностей по уничтожению конкретных типов СВН существующего парка ЗРК формируются варианты типажа огневых средств, которые должны быть в составе части ЗРВ.

При этом количество возможных вариантов определяется по следующей формуле:

$$A_{N_{ЗРК}}^I = \frac{N_{ЗРК}!}{I!(N_{ЗРК} - I)!}, \tag{11}$$

где  $A_{N_{ЗРК}}^I$  – общее количество возможных вариантов;

$N_{ЗРК}$  – общее количество ЗРК в составе части;

$I$  – количество типов ЗРК в составе части.

В результате последовательного перебора соотношения ЗРК различного типа получим последовательность альтернативных вариантов по боевому составу (таблица 2):

Таблица 2 – Варианты типажа боевых средств

$\alpha_0$			
$\alpha_1$	$\alpha_2$	...	$\alpha_m$
$N_{ДД1}$	$N_{ДД2}$	...	$N_{ДДm}$
$N_{СД1}$	$N_{СД2}$	...	$N_{СДm}$
$N_{МД1}$	$N_{МД2}$	...	$N_{МДm}$
$N_{БД1}$	$N_{БД2}$	...	$N_{БДm}$



где  $\alpha_0$  – опорный вариант;

$\alpha_m$  – альтернативный вариант по боевому составу, созданный на основе опорного варианта;

$N_{ДДm}$  – количество ЗРК ДД в  $m$ -том альтернативном варианте;

$N_{СДm}$  – количество ЗРК СД в  $m$ -том альтернативном варианте;

$N_{МДm}$  – количество ЗРК МД в  $m$ -том альтернативном варианте;

$N_{БДm}$  – количество БМ ЗРПК БД в  $m$ -том альтернативном варианте.

Все полученные альтернативные варианты оцениваем по методике оценки стоимости ЗРО. Полученную стоимость каждого альтернативного варианта сравниваем со стоимостью опорного варианта  $S_{\text{опор}} \geq S_{\text{вар}}$ . Все варианты, не соответствующие данному условию не рассматриваются.

Имея необходимое количество огневых средств, зная возможности по уничтожению целей для каждого ЗРК, рассчитываются боевые возможности части ЗРВ смешанного состава, во всех возможных сочетаниях при заданном количестве вариантов действия противника. Из всех вариантов выбирается наилучший вариант состава группировки, у которой эффективность максимальная при заданных ограничениях.

**Выводы.** Применение данной методики в практике обеспечит выбор боевого состава части (подразделения) ЗРВ смешанного состава для решения задачи непосредственного прикрытия аэродрома в зависимости от варианта действия противника.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тактика РТВ ВВС. Современное состояние и перспективы развития СВКН основных зарубежных государств: методические указания к практическим и групповым занятиям / Сиб.федер. ун-т; сост: В.А. Копылов, В.С. Кунчев, Е.В. Сомов, В.М. Бацылев. Красноярск: СФУ, 2011. 48 с.
2. Краснов А.Б. Борьба за господство в воздухе при значительном превосходстве противника в силах // Военная Мысль. 1988. № 4. С. 40–43.
3. Неупокоев Ф.К. Противовоздушный бой. М.: Воениздат, 1989. 262 с.
4. Справочник офицера воздушно-космической обороны / под общей редакцией С.К. Бурмистрова. Тверь: ВАВКО, 2005. 564 с.
5. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. М.: Наука, 1966. 432 с.
6. Лукин А.И. Системы массового обслуживания: Анализ систем массового обслуживания с отказами в военной практике. М.: Воениздат, 1980. 189 с.
7. Вентцель Е.С., Исследование операций: задачи, принципы, методология. 2-е изд., стер. М.: Наука, 1988. 208 с.
8. Абросимов В.Н. Методический подход к выбору типа и количественного состава огневых средств в боевом составе частей ЗРВ смешанного состава // Проблемы науки ВВС на современном этапе и пути их решения. Сборник материалов 68-й военно-научной конференции ВУНЦ ВВС «ВВА». Монино, 2011. 58 с.

#### REFERENCES

1. Taktika RTV VVS. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya SVKN osnovnyh zarubezhnyh gosudarstv: metodicheskie ukazaniya k prakticheskim i gruppovym zanyatiyam / Sib.feder. un-t; sost: V.A. Kopylov, V.S. Kunchev, E.V. Somov, V.M. Bacylev. Krasnoyarsk: SFU, 2011. 48 p.



2. Krasnov A.B. Bor'ba za gospodstvo v vozduhe pri znachitel'nom prevoshodstve protivnika v silah // Voennaya Mysl'. 1988. № 4. pp. 40–43.
3. Neupokoev F.K. Protivovozdushnyj boj. M.: Voenizdat, 1989. 262 p.
4. Spravochnik oficera vozdushno-kosmicheskoj oborony / pod obschej redakciej S.K. Burmistrova. Tver': VAVKO, 2005. 564 p.
5. Gnedenko B.V., Kovalenko I.N. Vvedenie v teoriyu massovogo obsluzhivaniya. M.: Nauka, 1966. 432 p.
6. Lukin A.I. Sistemy massovogo obsluzhivaniya: Analiz sistem massovogo obsluzhivaniya s otkazami v voennoj praktike. M.: Voenizdat, 1980. 189 p.
7. Ventcel' E.S., Issledovanie operacij: zadachi, principy, metodologiya. 2-e izd., ster. M.: Nauka, 1988. 208 p.
8. Abrosimov V.N. Metodicheskij podhod k vyboru tipa i kolichestvennogo sostava ognevnyh sredstv v boevom sostave chastej ZRV smeshannogo sostava // Problemy nauki VVS na sovremennom `etape i puti ih resheniya. Sbornik materialov 68-j voenno-nauchnoj konferencii VUNC VVS «VVA». Monino, 2011. 58 p.

© Занкин Р.Н., Пересыпкин Д.А., 2019

Занкин Роман Николаевич, кандидат военных наук, доцент, начальник кафедры управления авиацией (с пунктов управления), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, гота\_z1978@mail.ru.

Пересыпкин Дмитрий Александрович, адъюнкт кафедры управления авиацией (с пунктов управления), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, dinaliko@mail.ru.