

УДК 366.42

**МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА
И СООТНОШЕНИЯ РОДОВ ВОЙСК И СПЕЦИАЛЬНЫХ ВОЙСК ГРУППИРОВКИ
ВВС И ВОЙСК ПВО ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ВЕДЕНИИ
БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ В ЭШЕЛОНИРОВАННОЙ ОБОРОНЕ**

Д. М. Мицкевич;

А. А. Богатырев, кандидат военных наук,

А. Е. Назин, кандидат технических наук, доцент*

В статье рассмотрен методический подход к решению задачи определения рационального (оптимального) состава и соотношения родов и специальных войск, разработанный на основе математической модели боевых действий группировки войск в эшелонированной обороне. Статья является продолжением работы авторов.

The article considers a methodological approach to solving the problem of determining the rational (optimal) composition and ratio of branches and special forces, developed on the basis of a mathematical model of combat operations of a group of troops in echeloned defense. The article is a continuation of the authors' work.

Важное практическое значение для развития вооруженных сил имеет обоснование приоритетных направлений военного строительства, создание требуемой структуры воинских формирований. Эта структура должна обеспечить наивыгоднейший состав войск, наиболее целесообразное сочетание и соотношение родов войск (сил), специальных войск и видов оружия, что способствует высокой эффективности ведения боевых действий (БД) [1].

В связи с этим возникает следующая задача: разработать методический подхода для оценки показателя эффективности (ПЭ) БД группировки войск (ГВ) в эшелонированной обороне. Для осуществления прогноза хода и исхода БД ГВ следует найти обобщенный показатель эффективности обороны на основе ПЭ БД ГВ в каждом из двух эшелонов обороны. При этом следует использовать ПЭ для первого эшелона, полученные в [1] на основе модели дуэльного боя Осипова – Ланчестера и метода линейного программирования.

Модель, отражающая БД противоборствующих сторон, состоит из группировок ГВ₁ (СВН противника) и ГВ₂ (ВВС и войск ПВО) в эшелонах обороны ГВ₂.

Построение СВН противника в ударе может включать ударные группы (УГ) самолетов и группы боевого обеспечения (ГБО).

С учетом вышесказанного распределение боевого состава СВН N₁ противника (ГВ₁) в ударе будет определяться в виде [6]:

$$N_1 = N_{УГ} + N_{ГБО}, \quad (1)$$

где N_{УГ} – боевой состав ударной группы;

N_{ГБО} – боевой состав группы боевого обеспечения.

Соотношение между количеством ЛА в этих группах зависит от различных факторов, которые рассмотрены в [6].

Боевой задачей ГВ₁ СВН является подавление системы ПВО и уничтожение войск и объектов обороны в количестве не менее требуемого значения, т. е. имеет место выражение

$$N_{УО} \geq N_{УО\text{ тр}}, \quad (2)$$

где N_{УО} – количество уничтоженных объектов;

N_{УО тр} – требуемое количество уничтоженных объектов.

Для защиты войск и объектов от ударов СВН противника создаются ГВ (ГВ₂) ВВС и войск ПВО, включающие в свой состав силы и средства РТВ, ЗРВ, ИА и войск РЭБ.

Боевой задачей ГВ₂ является защита войск и прикрытие центров, районов, объектов (административных, промышленных, экономических и др.) от ударов СВН (ГВ₁) противника с воздуха [2]. Задачи ГВ в целом и входящих в них подразделений и частей РТВ, ЗРВ, ИА и войск РЭБ изложены в работе [2]. Предполагается, что ГВ₂ состоит из двух частей: ГВ₂₁ –

из подразделений и частей РТВ, ЗРВ, ИА и войск РЭБ первого эшелона в составе N_{21} единиц; $ГВ_{22}$ – из тех же подразделений в составе N_{22} единиц во втором эшелоне обороны.

В ряде работ, приведенных в [1], для снижения размерности модели исследования разнородные ГВ сводились к эквивалентным – однородным ГВ. При этом для построения математической модели БД использовалось выражение (см. (5) в [1]) для оценки соотношений боевой мощи (СБМ) противоборствующих сторон, полученных на основе дуэльной модели боя Осипова – Ланчестера для однородных ГВ. Эта модель была преобразована для разнородных ГВ (см. (4), (5) в [1]).

В предыдущих работах было введено понятие боевой мощи (БМ) и расчетной единицы вооружения (РЕВ). БМ измеряется в условных единицах БМ (УБМ), которые являются единицами измерения стоимости (цены) боевой производительности подразделений различных родов войск и специальных войск в единицу времени.

В качестве таких подразделений принимается минимальная неделимая единица: отделение, экипаж, расчет с комплектом своего вооружения (ЛА, ЗРК, комплекс РЭБ, РЛС РТВ и др.), каждое из которых составляет одну РЕВ.

Величина УМБ – это боевая производительность (среднее количество уничтоженных РЕВ противника) одной РЕВ каждой из двух сторон за 10 мин БД в данных условиях ведения БД для конкретного типа вооружения противоборствующих сторон [1].

Общее количество РЕВ – N_2 , из которых состоит $ГВ_2$ равно сумме РЕВ $ГВ_{21}$ и $ГВ_{22}$, т. е.

$$N_2 = N_{21} + N_{22}, \quad (3)$$

где N_2 – боевой состав $ГВ_2$ в РЕВ;

N_{21} – боевой состав $ГВ_{21}$ (первый эшелон обороны) в РЕВ;

N_{22} – боевой состав $ГВ_{22}$ (второй эшелон обороны) в РЕВ.

Очевидно, что противник при планировании авиационных ударов назначит полигонные наряды самолетов для нанесения ударов по войскам и объектам.

Количество самолетов в наряде зависит от требуемой степени поражения объектов. Для проведения оперативно-тактических расчетов при прогнозировании потерь войск и объектов от авиационных ударов оценивают количество полигонных нарядов самолетов, предназначенных для уничтожения или подавления военных объектов, объектов экономики и государственного управления и др. [6].

Полигонные наряды СВН противника для поражения некоторых типов объектов приведены в [5].

Величина СВН противника в ударной группе ($УГ$) $N_{УГ}$ выбирается таким образом, чтобы количество средств воздушного нападения $N_{пр УГ}$ удовлетворяло требованию

$$N_{пр УГ} \geq N_{тр}, \quad (4)$$

где $N_{тр}$ – требуемое количество СВН, необходимое для поражения объектов ($N_{об}$) противника с заданной вероятностью.

Величина $N_{пр УГ}$ определяется по формуле [6]:

$$N_{пр УГ} = N_{УГ} - N_{БП УГ}, \quad (5)$$

где $N_{БП УГ}$ – количество безвозвратных потерь УГ.

На каждый объект для его надежного поражения назначается требуемое количество СВН противника и состава УГ.

Величина $N_{БП УГ}$ определяется из выражения

$$N_{БП УГ} = \alpha_{кр1} N_{УГ}, \quad (6)$$

где $\alpha_{кр1}$ – доля безвозвратных потерь обороны, при которой УГ либо откажется от продолжения БД, либо прорвется и продолжит БД.

Величина $N_{УГ}$ должна удовлетворять требованию

$$N_{\text{УГ}} \geq \frac{N_{\text{пр}}^T}{1 - \alpha_{\text{кр1}}}, \quad (7)$$

где $\alpha_{\text{кр1}} < 1$. Величины потерь УГ и ГБО для стороны 1 – $\alpha_{\text{кр1}}$, стороны 2 – $\alpha_{\text{кр2}}$ зависят от морально-психологического состояния личного состава ГВ [1].

Боевая задача ГВ₂₁ считается выполненной, если в первом эшелоне понес потери более $\alpha_{\text{кр1}}$.

При этом он либо откажется от продолжения БД, либо прорвется через оборону и будет продолжать БД составом сил и средств в количестве $N_{\text{пр УГ}}$ и $N_{\text{БИ УГ}}$.

ГБО ведет БД, не входя в зону поражения ЗРВ. Самолеты УГ осуществляют поражение объектов обороны в зоне действия РТВ ЗРВ, ИА и войск РЭБ ГВ₂₂.

Боевая задача ГВ₂₂ при ведении БД состоит в нанесении противнику такого ущерба, чтобы число сохранных объектов было больше либо равно требуемому значению $N_{\text{с.о тр1}}$ с заданной вероятностью. Общей боевой задачей ГВ₂ при ведении БД является обеспечение числа сохранных объектов не ниже $N_{\text{с.о тр1}}$ с заданной вероятностью.

При ведении БД ГВ₂ РТВ обеспечивают боевой информацией ЗРВ, ИА и средства РЭБ, с вероятностью $P_{\text{РТВ}}$ не ниже требуемой, т. е.

$$P_{\text{РТВ}} \geq P_{\text{РТВ тр}}. \quad (8)$$

При этом должно быть организовано строгое взаимодействие между ЗРВ, ИА и средств РЭБ ГВ₂.

Выражения для пяти ПЭ приведены в [1].

Показатель Π_1 – вероятность выполнения боевой задачи ГВ₂ по уничтожению противника в первом эшелоне обороны.

Данный показатель определяется по формуле [1]:

$$\Pi_1 = W_2 = e^{-kf_1}, \quad (9)$$

где $k = \frac{0,693}{f_{1\text{кр}}}$ – корректирующий коэффициент, учитывающий критические потери сторон

$\alpha_{\text{кр1}}, \alpha_{\text{кр2}}$;

$f_{1\text{кр}}$ – критическое соотношение боевой мощи (СБМ) сторон;

f_1 – СБМ сторон, в пользу 1-й стороны [1].

Для ГВ₁ СВН противника вероятность выполнения боевой задачи (прорыв через 1-й эшелон обороны) W_1 определяется по формуле [1]:

$$W_1 = 1 - W_2 = 1 - e^{-kf_1}. \quad (10)$$

Физический и оперативно-тактический смысл $f_{1\text{кр}}$ заключается в следующем: если сложилось исходное соотношение $f_1 = f_{1\text{кр}}$, то критические потери сторон $\alpha_{\text{кр1}}$ и $\alpha_{\text{кр2}}$ наступят одновременно, т. е. в этот момент времени создается ситуация неопределенности [1]. В этом случае перед руководством противоборствующих сторон стоит задача: отказаться от продолжения ведения БД либо их продолжать.

Величина f_1 определяется из выражения [1] в виде

$$f_1 = \sqrt{\frac{(\sum_{i=1}^{j_1} N_{i1} \sum_{i=1}^{j_1} N_{i1} E_{i1}) P_{\text{РТО1}}}{(\sum_{i=1}^3 X_i^* (Z_{\text{max}} = c_1 x_1 + c_2 x_2 + c_3 x_3)) P_{\text{РТВ1}}}}, \quad (11)$$

где N_{i1} – количество РЕВ 1-й стороны i -го типа вооружения;

E_{i1} – боевая производительность i -го типа вооружения 1-й стороны;

X_i^* – количество РЕВ i -го рода войск 2-й стороны ($i = 1, 3$ – ЗРВ, ИА, войск РЭБ);

Z_{\max} – суммарная БМ 2-й стороны, полученная на основе решения задачи линейного программирования (ЗЛП) в [1];

$\sum_{i=1}^3 X_i^* = N_{21}^* N_{21}$ – рациональный боевой состав ГВ₂₁;

$P_{РГО1}$ – вероятность обеспечения боевой работы сил и средств ГВ₁₁;

$P_{РГВ1}$ – вероятность радиотехнического обеспечения БД ГВ₂₁.

C_i ($i = 1, 3$) – боевая производительность родов войск ЗРВ, ИА, войск РЭБ.

Следует отметить, что при определении вероятностных характеристик и величин C_i ($i = 1, 3$) необходимо использовать справочники [2, 3].

Показатель Π_2 – МОЖ числа сохраненных объектов при ведении БД во втором эшелоне обороны, определяется в виде [1, 4]:

$$\Pi_2 = M_1 N_{c.o} = \sum_{i=1}^{N_{T.ob}} 1 - P_{i.obn} P_{i.nav} P_{i.por} N_{ob.i} = \sum_{i=1}^{N_{T.ob}} P_{сохр.i} N_{об.i}, \quad (12)$$

где $M_1[N_{c.o}]$ – МОЖ случайного числа сохраненных объектов $N_{c.o}$;

$N_{T.ob}$ – общее количество типов объектов;

$N_{T.ob.i}$ – количество объектов обороны i -го типа;

$P_{i.obn}$ – вероятность радиолокационного обнаружения объекта i -го типа бортовыми средствами разведки СВН с учетом радиоэлектронного противодействия (РЭП) средств РЭБ ГВ₂₂;

$P_{i.nav}$ – вероятность наведения на объект i -го типа средств поражения с учетом РЭП средств РЭБ ГВ₂₂;

$P_{i.por}$ – вероятность поражения объекта i -го типа назначенным нарядом СВН противника с учетом противодействия ЗРВ, ИА, РЭП средств РЭБ, средств поражения ГВ₂₂.

Выражение для $P_{сохр.i}$ имеет вид

$$P_{сохр.i} = 1 - P_{i.obn} P_{i.nav} P_{i.por}. \quad (13)$$

Количество объектов обороны $N_{об}$ равно сумме количества объектов каждого типа, т. е. имеет место выражение

$$N_{об} = \sum_{i=1}^{N_{T.ob}} N_{T.ob.i}, \quad (14)$$

где $N_{T.ob.i}$ – количество объектов обороны i -го типа;

$N_{T.ob}$ – типы объектов обороны.

Выражения для $P_{i.obn}$, $P_{i.nav}$, $P_{i.por}$ приведены в [4, 12–14].

Показатель Π_3 – МОЖ числа сохраненных объектов с учетом БД в двух эшелонах обороны, определяется из выражения [1]:

$$\Pi_3 = M_2 N_{c.o} = W_2 N_{об} + W_1 M_1 N_{c.o}, \quad (15)$$

где величины W_2 , W_1 , $M_1[N_{c.o}]$, $N_{об}$ определяют из выражений (9), (10), (12), (14).

Показатель Π_4 – вероятность того, что случайное число сохраненных объектов ($N_{c.o}$) в результате БД ГВ₂₂ во втором эшелоне будет не менее $N_{тр1}$, определяется из выражения [1]:

$$\Pi_4 = P_{2.эш} N_{c.o} \geq N_{тр1}, \quad (16)$$

где $N_{\text{тп1}}$ – требуемое значение числа сохраненных объектов обороны.

Показатель Π_5 – вероятность того, что в результате БД в первом и втором эшелонах обороны ГВ₂ выполнит боевую задачу по сохранению объектов обороны, при этом вероятность случайного числа сохраненных объектов не меньше $N_{\text{тп1}}$.

Величина Π_5 определяется из выражения [1]:

$$\Pi_5 = P_{1,2\text{ эш}}(N_{\text{с.о}} \geq N_{\text{тп1}}) = W_2 + W_1 \Pi_4, \quad (17)$$

где величины W_2 , W_1 , Π_4 определяются из выражений (9), (10), (16).

Для принятия решений органами военного управления необходимо в соответствии с критерием пригодности [7] каждый из рассмотренных показателей после их оценки сравнивать с требуемым значением [1]:

$$\Pi_i \geq \Pi_{\text{тп}i}, \quad (18)$$

где $i = 1, 5$;

$\Pi_{\text{тп}i}$ – требуемое значение i -го показателя.

Оценки дополнительных показателей Π_4 и Π_5 по отношению к показателям Π_1 , Π_2 , Π_3 необходимы, так как показатели Π_2 и Π_3 оценивают среднее значение числа сохраненных объектов при ведении БД. Однако могут возникнуть случаи, когда число сохраненных объектов будет меньше требуемой величины $N_{\text{тп1}}$. При наличии объектов особой важности (например, ядерные объекты), необходимо определить степень риска при уничтожении объекта.

Поэтому для надежного прогнозирования хода и исхода БД ГВ₂ возникает задача определения вероятности выполнения требования $N_{\text{с.о}} \geq N_{\text{тп1}}$, т. е. оценить показатели Π_4 , Π_5 . Далее рассмотрим оценку показателей Π_4 , Π_5 для двух случаев.

Случай 1. Количество объектов обороны равно $N_{\text{об}}$. Все объекты обороны одного типа. Вероятность сохранения объекта $P_{\text{сох}i}$ равна величине P для всех объектов.

В этом случае имеет место биномиальное распределение случайного числа сохраненных объектов в серии опытов [10]. Поэтому показатель Π_4 определяется в виде [10]:

$$\Pi_4 = P(N_{\text{с.о}} \geq N_{\text{тп1}}) = \sum_{i=N_{\text{тп1}}}^{N_{\text{об}}} P_{i,N_{\text{об}}} = \sum_{i=N_{\text{тп1}}}^{N_{\text{об}}} C_{N_{\text{об}}}^i P (1-P)^{N_{\text{об}}-i}, \quad (19)$$

где $C_{N_{\text{об}}}^i$ – число сочетаний из $N_{\text{об}}$ элементов по i ;

$P_{i,N_{\text{об}}}$ – вероятность сохранения i -х объектов при нанесении удара по всем объектам обороны в количестве $N_{\text{об}}$.

Случай 2. Количество объектов обороны равно $N_{\text{об}}$. Объекты различных типов и $P_{\text{сох}i}$ разная для каждого типа объекта. В этом случае величина Π_4 определяется в виде [8, 10]:

$$\Pi_4 = P(N_{\text{с.о}} \geq N_{\text{тп1}}) = \sum_{i=N_{\text{тп1}}}^{N_{\text{об}}} P_{i,N_{\text{об}}} = P_{N_{\text{тп1}},N_{\text{об}}} + P_{N_{\text{тп1}+1},N_{\text{об}}} + \dots + P_{N_{\text{об}},N_{\text{об}}}, \quad (20)$$

где $P_{i,N_{\text{об}}}$ – вероятность сохранения i -го объекта из всех $N_{\text{об}}$.

Величина $P_{i,N_{\text{об}}}$ для $i = N_{\text{тп1}}, N_{\text{об}}$ определяется из выражения для производящей функции вероятности, которая имеет вид [8]:

$$\Phi_{N_{\text{об}}}(Z) = \prod_{i=1}^{N_{\text{об}}} (q_i + p_i z) = Z^m \sum_{m=0}^{N_{\text{об}}} P_{m,n}, \quad (21)$$

где P_i – вероятность сохранения i -го объекта, $q_i = 1 - P_i$;

$\sum_{m=0}^{N_{об}} P_{m,n} = 1$, так как имеет место полная группа событий;

$P_{m,n}$ – вероятность сохранения m объектов в серии из $N_{об}$ опытов (обстрелов);

m – число сохраненных объектов в серии из $N_{об}$.

Порядок решения задачи исследования рассмотрен в [1], где также приведен алгоритм нахождения рационального состава и соотношения родов войск и специальных войск ГВ₂₁, обеспечивающих требуемую эффективность ведения БД.

Выводы

Рассмотренный в данной статье методический подход на основе показателей Π_i ($i = 1..3$), полученных в [1], позволяет получить вероятностные показатели Π_4 и Π_5 с высокой точностью.

Показатели Π_4 и Π_5 позволяют достаточно точно спрогнозировать ход и исход БД и выдать рекомендации органам государственного и военного управления для принятия решений при подготовке и ведении БД.

Данный подход основан на математической модели БД и теории ЛП является простым в вычислениях за счет снижения размерности задачи и позволяет определить рациональный состав и оптимальное соотношение родов войск и специальных войск, обеспечивающих требуемую эффективность группировки ВВС и войск ПВО, с учетом выделяемых ресурсов.

Список использованных источников

1. Методический подход к оценке рационального состава и соотношения родов войск и специальных войск группировки ВВС и войск ПВО для повышения ее эффективности при ведении боевых действий / Д. М. Мицкевич [и др.] // Сб. науч. ст. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2020. – № 38. – С. 39–47.

2. Справочник офицера Военно-воздушных сил и войск противовоздушной обороны / под ред. И. П. Азаренка. – Минск : Командование ВВС и войск ПВО, 2009. – 511 с.

3. Василин, Н. Я. Зенитные ракетные комплексы / Н. Я. Василин, А. Л. Гуринович. – Минск : Попурри, 2002. – 464 с.

4. Бегларян, С. Г. Оценка вклада сил и средств РЭБ в эффективность боевых действий воинского формирования ПВО / С. Г. Бегларян // Воен. мысль. – 2017. – № 1. – С. 22–27.

5. Городнов, В. П. Методики прогноза эффективности группировок родов войск ПВО / В. П. Городнов. – Харьков : ХВУ, 1999. – 32 с.

6. Горевич, Б. Н. Методический подход к оценке эффективности обороны (на примере ПВО) / Б. Н. Горевич // Воен. мысль. – 2007. – № 6. – С. 39–47.

7. Надежность и эффективность в технике : справ. : в 10 т. / редкол. : В. С. Авдусевский [и др.]. – М. : Машиностроение, 1988. – Т. 3. Эффективность технических систем / под общ. ред. В. Ф. Уткина, Ю. В. Крючкова. – 328 с.

8. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. – 4-е изд. – М. : Наука, 1969. – 286 с. : ил.

9. Богатырев, А. А. Методика принятия решения на боевые действия в условиях неопределенности / А. А. Богатырев, И. К. Мурзин // Наука и воен. безопасность. – 2011. – № 4. – С. 15–19.

10. Мацкевич, И. П. Высшая математика. Теория вероятностей и математическая статистика : учеб. / И. П. Мацкевич, Г. П. Свирид. – Минск : Вышш. шк., 1983. – 269 с. : ил.

11. Кузнецов, А. В. Математическое программирование / А. В. Кузнецов, В. А. Сакович, Н. И. Холод ; под общ. ред. А. В. Кузнецова. – Минск : Вышш. шк., 1994. – 286 с. : ил.

12. Коробейников, А. С. Эффективность группировки войск радиоэлектронной борьбы в ходе комплексного поражения информационно-управляющей системы противника / А. С. Коробейников, Д. В. Холуенко, С. И. Пасичник // Воен. мысль. – 2015. – № 8. – С. 30–34.

13. Ляхов, П. Р. Учет сил и средств радиоэлектронной борьбы при определении боевых потенциалов группировок войск /П. Р. Ляхов, В. А. Орлов // Воен. мысль. – 2015. – № 12. – С. 55–58.

14. Морареску, А. Л. Методический подход к оценке эффективности способов совместного применения сил и средств РЭБ и ПВО / А. Л. Морареску, Д. Ю. Прохоров, Н. Г. Солока // Воен. мысль. – 2017. – № 10. – С. 36–43.

* Сведения об авторах:

Мишкевич Дмитрий Михайлович.

УО «Военная академия Республика Беларусь»:

Богатырев Анатолий Анатольевич.

УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»:

Назин Анатолий Егорович.

Статья поступила в редакцию 22.10.2020 г.