

УДК 519.7

В.К. Сиявский

**ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЫИГРЫША И ПОТЕРЬ
В ТЕОРЕТИКО-ИГРОВЫХ МОДЕЛЯХ ПРОТИВОБОРСТВА
СИСТЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Рассматриваются вопросы практического использования теоретико-игровых моделей для выбора рациональных вариантов применения систем специального назначения в условиях ситуационной неопределенности. Обосновывается конструктивное представление показателей выигрыша и потерь в теоретико-игровых моделях выбора рациональных решений применительно к антагонистическим матричным и позиционным играм для условий противоборства систем специального назначения.

Введение

Необходимость обеспечения требуемой эффективности функционирования систем специального назначения (под которыми понимаются организационно-технические системы, предназначенные для обеспечения военной безопасности государства) при жестких ресурсных ограничениях в условиях ситуационной неопределенности требует всестороннего обоснования принимаемых решений. Вместе с тем ограниченность привлекаемых сил и средств, реально реализуемых форм и способов их применения в мирное время обуславливают принципиальную невозможность проведения полномасштабных экспериментов для обоснования соответствующих решений, что приводит к необходимости применения для обоснования решений в этой области методов математического моделирования, в том числе с использованием теоретико-игровых моделей.

Теоретико-игровые модели обоснования решений находят все большее применение в различных предметных областях [1–6]. Достаточно проработанная методологическая база теории игр и разнообразие классов теоретико-игровых моделей позволяют использовать подобные модели для обоснования рациональных вариантов применения систем специального назначения в различных условиях их функционирования. Вместе с тем в большинстве работ по теоретико-игровым методам принятия решений приводимые примеры носят схематический или иллюстративный характер, а вопросы обоснования конструктивного представления относящейся к предметной области информации для выбора рациональных решений, как правило, не рассматриваются. К сожалению, в работах специалистов в предметной области эти вопросы отражаются либо для конкретных условий функционирования систем специального назначения, либо в общем виде с ограниченным учетом влияющих факторов [7–10]. Данные обстоятельства потребовали разработки новых подходов к обоснованию конструктивного представления показателей выигрыша и потерь применительно к процессам противоборства систем специального назначения.

1. Особенности системы специального назначения, учитываемые при обосновании решений с использованием теоретико-игровых моделей

Под системой специального назначения F^A будем понимать целенаправленную организационно-техническую систему, предназначенную для нейтрализации военной опасности, исходящей от противоборствующей стороны (системы F^B), путем предотвращения нанесения ущерба (или же его минимизации) системе более высокого уровня иерархии $F_{гв}$ (группировке войск, вооруженным силам, государству в целом) или путем нанесения ущерба противоборствующей стороне.

Функционирование системы F^A рассматривается в неразрывной связи с другими процессами операции (применения) системы $F_{гв}$ и представляет собой процесс, протекающий в сложной динамической системе, обобщенная структура которой приведена на рис.1. Выделение в этой структуре системы $F_{гв}$ обусловлено тем, что функционирующие силы и средства системы F^A являются лишь частью всех сил и средств, участвующих в операции системы $F_{гв}$, и выполняют свои функции в интересах операций всех систем более крупного масштаба. При этом сис-

тема F_{cy} определяет цели и оперативные ограничения для процессов функционирования системы F^A . Состояние внешней природной среды (системы F_{cp}) определяет ограничения на функционирование системы F^A , вытекающие из физико-географических, геодезических, метеорологических и других условий территориального района применения данной системы.

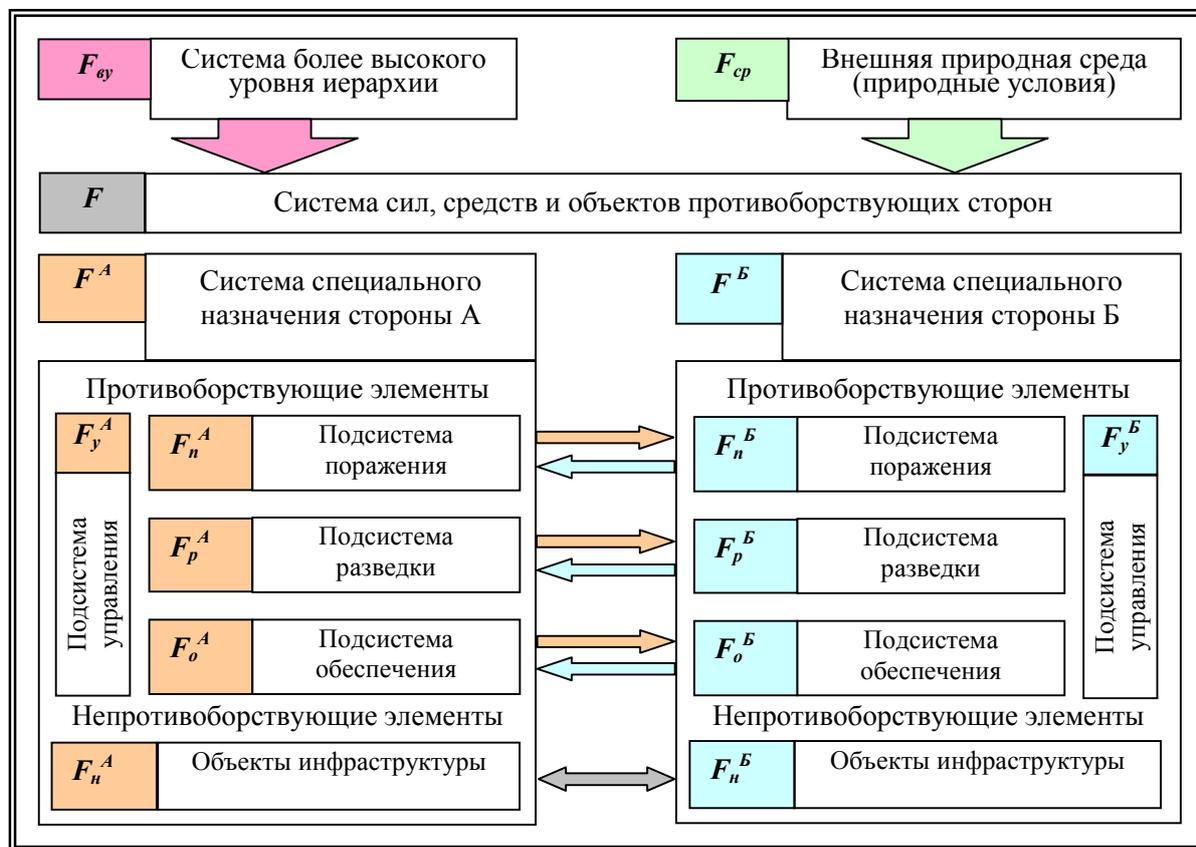


Рис. 1. Структура системы сил, средств и объектов противоборствующих сторон А и Б

Таким образом, цели функционирования системы F^A обусловлены целями конкретной операции и составляющих ее оперативных задач системы F_{cy} , а характер и содержание этого процесса определяют взаимодействие выделенных в ней подсистем. При этом непосредственно взаимодействующие силы и средства противоборствующих сторон объединены в рамках единой системы F и включают две участвующие в процессе противоборствующие системы: рассматриваемую систему специального назначения F^A и аналогичную систему противоборствующей стороны F^B .

В составе каждой из систем F^A и F^B по функционально-целевому предназначению выделены четыре основные подсистемы: разведки – F_p^A, F_p^B ; управления – F_y^A, F_y^B ; поражения – F_n^A, F_n^B ; обеспечения – F_o^A, F_o^B , а также вспомогательные подсистемы иных объектов инфраструктуры – F_n^A, F_n^B . Учитывая, что идентичные подсистемы, относящиеся к противоборствующим системам F^A и F^B , выполняют, в принципе, аналогичные функции, определим задачи подсистем, входящих в состав этих систем, применительно к системе F^A .

Функции основных подсистем, входящих в состав системы F^A , заключаются в следующем:

- F_p^A обеспечивает подсистему F_y^A информацией о противоборствующей системе F^B и характеризуется интенсивностью вскрытия ее объектов и достоверностью данных о них;
- F_y^A разрабатывает план применения сил и средств системы F^A в операции системы F_{cy} , доводит решения до управляемых подсистем и в рамках рассматриваемой задачи характеризуется содержанием принимаемых решений и временем, затрачиваемым на их принятие и доведение;
- F_n^A выполняет основные задачи по предотвращению ущерба системе F_{cy} или нанесению ущерба противоборствующей системе F^B и характеризуется количественно-качественным со-

ставом привлекаемых сил и средств, их функциональными возможностями и временем выполнения задач;

– F_o^A выполняет функции всестороннего обеспечения элементов системы F^A и характеризуется вероятностью выполнения возлагаемых на нее задач.

Вспомогательная подсистема F_n^A включает непосредственно не участвующие в операции, но важные для достижения ее цели объекты инфраструктуры. Она характеризуется составом и важностью указанных объектов для достижения поставленной цели системы F^A .

Важно, что предложенная структура позволяет ввести количественную оценку роли подсистем F_p^A , F_y^A , F_n^A и F_o^A в реализации функциональных возможностей системы F^A . Способ учета роли этих подсистем зависит от выбранного показателя оценки функциональных возможностей системы F^A . Традиционно в военных науках в качестве такой меры используется количественная характеристика G , называемая боевым потенциалом. Это обусловлено тем, что вычисленные на основе соизмеримости образцов вооружения боевые потенциалы G_i воинских формирований различного функционального назначения и состава в настоящее время (как в Республике Беларусь, так и в Российской Федерации) определены соответствующими нормативными документами для использования в моделях при выработке управленческих решений (прежде всего, в процессе планирования операций с применением систем специального назначения).

При использовании в качестве показателей оценки функциональных возможностей i -х организационно-структурных элементов системы F^A их боевых потенциалов G_i^A оценка потенциальных функциональных возможностей $W^A(t)$ данной системы в момент времени t в соответствии с существующими подходами может быть определена по формуле [10]

$$W^A(t) = \sum_{i=1}^I G_i^A \cdot u_i^A(t), \quad (1)$$

где I – количество организационно-структурных элементов в системе F^A ;

$u_i^A(t)$ – степень укомплектованности соответствующего организационно-структурного элемента системы F^A .

В современных методиках оперативно-тактических расчетов полагается, что отличными от нуля боевыми потенциалами обладают только средства поражения. Поэтому при оценке потенциальных функциональных возможностей $W^A(t)$ системы F^A по формуле (1) не учитываются ни средства управления, ни средства разведки и обеспечения. Такое предположение не соответствует действительности и, естественно, приводит к существенным погрешностям при моделировании процессов функционирования систем специального назначения.

Если же представить процесс противоборства систем специального назначения в виде взаимодействия входящих в их состав подсистем (см. рис. 1), то можно разбить множество организационно-структурных элементов системы F^A на подмножества элементов функциональных подсистем F_p^A , F_y^A , F_n^A и F_o^A и определить матрицу их взаимодействия при реализации системой F^A функционального предназначения в виде [11]

$$D^A = \|\delta_{ki}^A\|, \quad k, i = \overline{1, 4}, \quad (2)$$

где p_{ki}^A – долевой вклад k -й функциональной подсистемы в обеспечение эффективного функционирования i -го организационно-структурного элемента системы F^A .

Далее можно ввести понятие реализуемых функциональных возможностей системы F^A , а оценку этого показателя $\hat{W}^A(t)$ определить в соответствии с выражением [11]

$$\hat{W}^A(t) = \sum_{i=1}^I G_i^A \cdot u_i^A(t) \cdot \hat{E}_i^A(t), \quad (3)$$

где $K_i^A(t)$ – реализуемая доля потенциальных функциональных возможностей системы F^A , определяемая выражением [11]

$$K_i^A(t) = \delta_i(t) \min \{ K_{ip}^A(t), K_{iy}^A(t), K_{in}^A(t), K_{io}^A(t) \}; \quad (4)$$

$\delta_i(t)$ – доля боевого потенциала i -го организационно-структурного элемента G_i^A , определяемая оперативным построением системы F^A , составом и характером противодействия системы F^B , а также условиями обстановки, в том числе состоянием системы F_{cp} ;

$K_{ip}^A(t), K_{iy}^A(t), K_{in}^A(t), K_{io}^A(t)$ – коэффициенты, характеризующие влияние на реализуемую долю потенциальных функциональных возможностей системы F^A качественных характеристик подсистем F_p^A, F_y^A, F_n^A и F_o^A соответственно, определяемые выражениями [11]

$$\begin{aligned} K_{ip}^A(t) &= \sum_{k \in F_p^A} u_k^A(t) \cdot p_{ki}^A; & K_{iy}^A(t) &= \sum_{k \in F_y^A} u_k^A(t) \cdot p_{ki}^A; \\ K_{in}^A(t) &= \sum_{k \in F_n^A} u_k^A(t) \cdot p_{ki}^A; & K_{io}^A(t) &= \sum_{k \in F_o^A} u_k^A(t) \cdot p_{ki}^A. \end{aligned} \quad (5)$$

Противоположность интересов и вытекающий из этого характер взаимодействия систем F^A и F^B формально позволяют рассматривать это взаимодействие как антагонистическую игру двух целенаправленных противоборствующих систем, каждая из которых в зависимости от складывающихся условий может иметь множество вариантов применения (стратегий). При этом из множества различных классов теоретико-игровых моделей [1–6] в качестве наиболее приемлемых в исследовании рассматривались модели антагонистических матричных и позиционных игр для статических и динамических задач.

В соответствии с общепринятыми подходами теории игр [1–6] взаимодействие двух целенаправленных противоборствующих систем специального назначения F^A и F^B может быть представлено в виде модели $\langle X^A, X^B, f \rangle$, где X^A – множество вариантов применения системы F^A ; X^B – множество вариантов применения системы F^B , а $f: X^A \times X^B \rightarrow \mathbf{R}$ – целевая функция, рассматриваемая одновременно как функция выигрыша для системы F^A и как функция потерь для системы F^B .

При решении статических задач с определенным конечным множеством различных вариантов применения систем F^A ($x_i^A \in X^A, i = \overline{1, n}$) и F^B ($x_j^B \in X^B, j = \overline{1, m}$) математическая модель их взаимодействия может быть представлена в виде матрицы

$$W = \|w_{ij}\|, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}, \quad (6)$$

где w_{ij} – элемент платежной матрицы, характеризующий выигрыш a_{ij} системы F^A или потери b_{ij} системы F^B в ситуации (i, j) , т. е. при выбранных i -м и j -м вариантах применения систем.

Понятия выигрыша и потерь применимы и при решении динамических задач противоборства систем специального назначения на основе позиционных игр [5], предназначенных для моделирования процессов последовательного принятия решений в условиях меняющейся во времени обстановки и, чаще всего, неполной информированности противоборствующих сторон о фактически складывающемся развитии конфликтной ситуации. Такая игра, как правило, представляется множеством позиций противоборствующих сторон в виде древовидного упорядоченного множества (дерева игры) [5].

2. Конструктивное представление показателей выигрыша и потерь в теоретико-игровых моделях противоборства систем специального назначения

От корректности подхода к обоснованию показателей выигрыша и потерь противоборства систем специального назначения и их конструктивного представления в существенной мере зависит адекватность предлагаемых рациональных решений по применению системы специального назначения и, в конечном счете, возможность достижения целей операции систем более высокого уровня иерархии. Проблема конструктивного представления имеет методологический и вычислительный аспекты, которые заключаются в том, что эти показатели должны:

- отражать цель функционирования системы специального назначения и степень достижения этой цели в случае реализации продуцированного принятым решением действия, следовательно, иметь реальный, легко интерпретируемый оперативный смысл;
- быть достаточно простыми и удобными для вычислений.

Исходя из вышеизложенного, конструктивное представление показателя w_{ij} , характеризующего выигрыш a_{ij} системы F^A в ситуации (i, j) , связано с четким определением цели системы F^A в операции системы $F_{\text{оп}}$. В этом смысле применение системы F^A необходимо рассматривать как составную часть операции системы $F_{\text{оп}}$, неразрывно связанную с другими процессами этой операции.

Учитывая доктринальную оборонительную направленность применения систем специального назначения [12, 13], будем полагать, что цель применения системы F^A заключается в минимизации ущерба системе $F_{\text{оп}}$ в проводимой операции или же максимально возможном (при выделенных ресурсах сил и средств) снижении противодействия системы F^B достижению цели операции системы $F_{\text{оп}}$. Эта цель достигается путем нанесения ущерба системе F^B , следовательно, снижения тем самым ее функциональных возможностей по нанесению ущерба системе $F_{\text{оп}}$. Таким образом, учитывая ранее отмеченную взаимосвязь показателей выигрыша и потерь в рассматриваемых теоретико-игровых моделях, целесообразно в качестве показателя w_{ij} , характеризующего выигрыш для системы F^A (а равно потери для системы F^B) в ситуации (i, j) , рассматривать величину наносимого системой F^A ущерба системе F^B .

Поскольку результаты воздействия системы F^A по объектам системы F^B имеют недетерминированный характер, их априорное определение при формировании решений по выбору рациональных вариантов применения системы F^A должно опираться на теоретико-вероятностное прогнозирование. С учетом этого обстоятельства величина прогнозируемого показателя w_{ij} , характеризующего выигрыш для системы F^A , может быть представлена функцией от ущербов, наносимых данной системой объектам системы F^B ,

$$w_{ij} = f[w_{ij}^k(R_{ij}^k)], \quad k = \overline{1, K}, \quad (7)$$

где $w_{ij}^k(R_{ij}^k)$ – ущерб, наносимый k -му объекту системы F^B и зависящий от величины R_{ij}^k – ресурса, выделенного для функционального поражения (подавления) k -го объекта системы F^B в ситуации (i, j) .

Проблема конструктивного представления показателя (7) имеет два аспекта [11, 14]:

- определение ущерба отдельным объектам системы F^B в ситуации (i, j) , т. е. конструктивное представление величин $w_{ij}^k(R_{ij}^k)$, $k = \overline{1, K}$;
- определение совокупного ущерба системе F^B в ситуации (i, j) , т. е. конструктивное представление функции $f[w_{ij}^k(R_{ij}^k)]$.

Методы решения первой задачи изучаются в рамках теории боевой эффективности вооружения. Состояние методологических основ решения данной задачи обеспечивает конструктивное представление величин $w_{ij}^k(R_{ij}^k)$, поэтому в данной статье этот вопрос не рассматривается. Отметим только, что в качестве меры ущерба объектам противоборствующей системы F^B , как правило, используются такие показатели, как вероятность поражения (кратковременного вывода из строя, подавления, уничтожения, разрушения) одиночного объекта p_k и математическое ожидание числа поражаемых элементов группового объекта M_k .

Сложнее обстоят дела с определением совокупного ущерба системам специального назначения. Свидетельством тому служат дискуссии по вопросам прогнозирования и оценки ущерба группировкам войск. И дело здесь не в чьих-то научных амбициях, а в чрезвычайной сложности и практической важности решения проблемы оценки ущерба системам специального назначения.

Таким образом, оценка совокупного ущерба системе F^B в различных условиях противоборства систем специального назначения, т. е. конструктивное представление показателя w_{ij} (или функции $f[w_{ij}^k(R_{ij}^k)]$) в настоящее время является важнейшей методологической проблемой, которая может быть разрешена при установлении меры оценки показателя w_{ij} . Как показали исследования, в качестве такой меры можно использовать следующие показатели [14]:

- математическое ожидание количества объектов системы F^B , потерявших способность к функционированию;

- время нахождения объектов системы F^B в состоянии неспособности к функционированию;
- суммарный «вес» объектов системы F^B , потерявших способность к функционированию;
- снижение боевого потенциала системы F^B ;
- снижение условной боевой мощи системы F^B ;
- суммарную важность объектов системы F^B , потерявших способность к функционированию;
- снижение реализуемого боевого потенциала системы F^B .

При использовании показателей первого типа для каждого k -го объекта системы F^B ($k = \overline{1, K}$) устанавливают область ψ_k значений характеристик его поражения, в пределах которой он считается условно потерявшим способность к функционированию. В настоящее время при определении такой области для групповых объектов используют следующие градации математического ожидания M_k относительного числа пораженных элементарных объектов: $M_k < 30\%$ – групповой объект способен функционировать, $M_k = 30..50\%$ – объект частично способен функционировать, $M_k > 50\%$ – объект не способен функционировать [10]. Выражение (7) при таком подходе принимает вид

$$w_{ij} = \sum_{k=1}^K Q_k [w_{ij}^k (R_{ij}^k)], \quad (8)$$

где $Q_k = \begin{cases} 1, & w_{ij}^k (R_{ij}^k) \in \psi_k; \\ 0, & w_{ij}^k (R_{ij}^k) \notin \psi_k. \end{cases}$

Прогнозирование выигрыша системы F^A за счет снижения (при ее применении) функциональных возможностей системы F^B по нанесению ущерба системе $F_{оп}$ с использованием зависимости (8) является достаточно простым в вычислительном плане. Однако следует учитывать следующие обстоятельства. Если объекты системы F^B однородны и могут находиться только в одном из двух состояний (способен или не способен функционировать), то снижение функциональных возможностей системы F^B будет пропорционально количеству объектов, потерявших способность к функционированию. При этом погрешность оценки показателя w_{ij} , полученной на основе соотношения (8), будет обусловлена только погрешностями определения величин $w_{ij}^k (R_{ij}^k)$ и соответствующих областей ψ_k ($k = \overline{1, K}$). Однако в реальной обстановке применения систем специального назначения эти условия, как правило, не выполняются. Различные объекты системы F^B имеют неодинаковую значимость и могут находиться не только в крайних состояниях полной способности или полной неспособности к функционированию, но и в различных промежуточных состояниях с частичной потерей способности к функционированию. Отсутствие учета этих факторов приводит к увеличению погрешностей оценок выигрыша системы F^A на основе зависимости (8).

Показатели второго типа тесно связаны с показателями первого типа и позволяют наполнить понятие «потеря способности к функционированию» объектов системы F^B оперативным смыслом (рис. 2) [8]. При их применении оценка выигрыша системы F^A определяется по формуле (8) отдельно для каждого вида поражения с учетом количества подавленных, уничтоженных и разрушенных объектов системы F^B . Вместе с тем показатели второго типа (как и показатели первого типа) не позволяют учесть при оценке выигрыша системы F^A неоднородность объектов системы F^B .

Неоднородность состава объектов системы F^B может быть учтена при использовании показателей третьего типа. При этом выражение (7) будет иметь вид

$$w_{ij} = \sum_{k=1}^K q_k Q_k [w_{ij}^k (R_{ij}^k)], \quad (9)$$

где q_k – весовой коэффициент k -го объекта системы F^B .

В соотношении (9) весовые коэффициенты q_k в оперативном смысле характеризуют вклад каждого k -го объекта в суммарные функциональные возможности системы F^B . Существует несколько способов определения этих весовых коэффициентов, например на основе имитационного моделирования или методов экспертных оценок. Выбор конкретного метода осуществляется на основе общего подхода к моделированию процессов применения систем специального назначения. Однако и при использовании показателей третьего типа спектр возможных состояний объектов системы F^B сводится к двум крайним: полной способности или полной неспособности к функционированию. Это является существенным недостатком показателей такого типа, особенно при оценке результатов поражения групповых объектов, когда поражаются только их отдельные элементы и объекты лишь частично теряют способность к функционированию. Для преодоления этого недостатка целесообразно применить показатели четвертого и пятого типов, позволяющие учитывать частичное снижение способности объектов к функционированию. При этом в показателях четвертого типа функциональные возможности объектов системы F^B выражаются в боевых потенциалах, а в показателях пятого типа – в так называемых единицах боевой мощи.

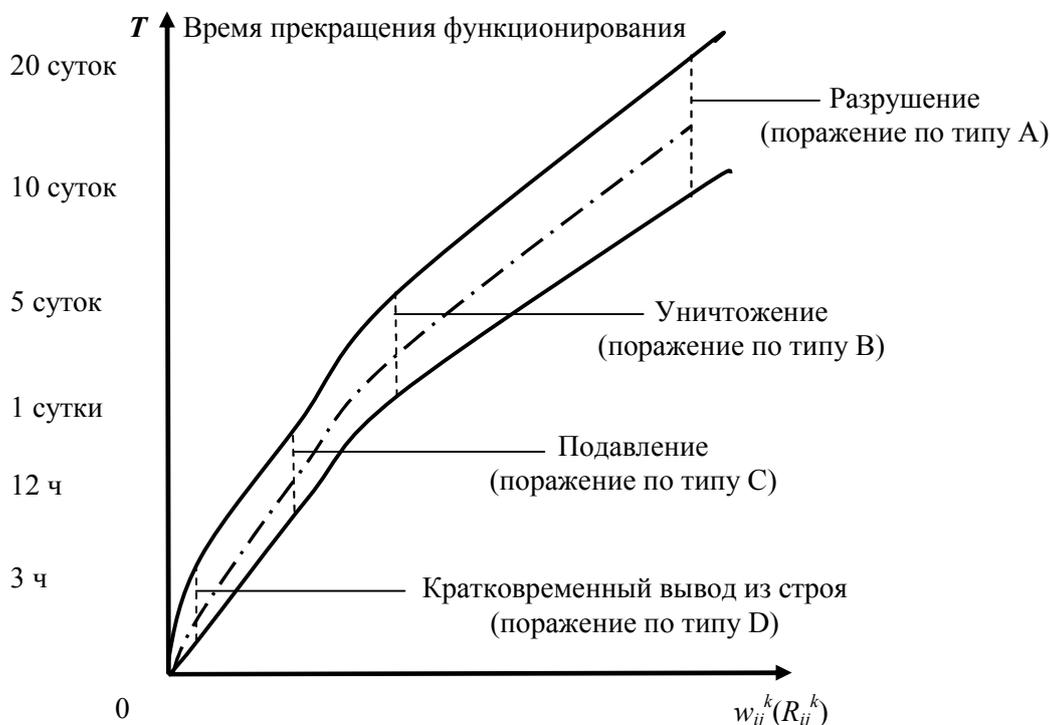


Рис. 2. Градация степени поражения объекта по времени прекращения его функционирования

Несмотря на то, что между понятиями боевых потенциалов и единиц боевой мощи существуют определенные различия, между ними имеется глубокая внутренняя связь, поскольку боевые потенциалы отражают средний интегральный ущерб, наносимый объектами системы специального назначения за операцию, а единицы боевой мощи – скорость нанесения этого ущерба. Важным для конструктивного представления комплексного показателя w_{ij} при использовании показателей четвертого и пятого типов является то, что они определяются суммированием аналогичных частных показателей отдельных объектов, входящих в систему. Поэтому при их использовании выражение (7) принимает вид

$$w_{ij} = \sum_{k=1}^K G_k [w_{ij}^k (R_{ij}^k)], \quad (10)$$

где G_k – боевой потенциал k -го объекта системы F^B .

Недостатки показателей четвертого и пятого типов заключаются в их недостаточной гибкости для учета специфики конкретных операций систем специального назначения и их отдельных этапов. Они определяются исходя из типовых условий задолго до проведения операции и выражают усредненные функциональные возможности противоборствующих систем специального назначения на определенный момент времени, следовательно, не могут использоваться в игровых позиционных моделях. Кроме того, такие показатели имеют локальный характер, а при обосновании рациональных решений по применению систем специального назначения стратегического и оперативного уровней важны глобальные характеристики ущерба, наносимого системе F^B .

Указанные недостатки могут быть устранены при использовании в качестве оценки показателя w_{ij} показателей шестого типа, предполагающих динамический учет уровня противодействия объектов системы F^B с оценкой их суммарной важности. При их применении объектам системы F^B присваиваются введенные Ю.В. Чудаковым [7, 9] коэффициенты важности, отражающие степень опасности этих объектов в конкретно складывающихся условиях обстановки. В основу оценки важности объектов системы F^B положен ущерб, который может быть нанесен системе F_{ey} при функционировании каждого объекта системы F^B . Если скорость нарастания этого ущерба при функционировании k -го объекта системы F^B обозначить через $v^*_k(t)$, то суммарный ущерб $\xi^*_k(T)$ системе F_{ey} , обусловленный функционированием данного объекта, за операцию составит [7, 9]

$$\xi^*_k(T) = \int_{t_0}^{t_1} v^*_k(t) dt, \quad (11)$$

где t_0 и t_1 – моменты начала и окончания функционирования k -го объекта системы F^B в операции продолжительностью T .

В результате поражения k -го объекта системы F^B его возможности по нанесению ущерба системе F_{ey} изменяются, а скорость нарастания этого ущерба будет характеризоваться величиной $v^n_k(t)$. В этом случае величина ущерба k -му объекту системы F^B $\xi^v_k(T)$, а следовательно, предотвращенного ущерба операции системы F_{ey} за счет поражения рассматриваемого k -го объекта системы F^B $\xi^{nped}_k(T)$ определяется соотношением [7, 9]

$$\xi^v_k(T) = \xi^{nped}_k(T) = \int_{t_0}^{t_1} v^*_k(t) dt - \int_{t_0}^{t_1} v^n_k(t) dt = \int_{t_0}^{t_1} [v^*_k(t) - v^n_k(t)] dt. \quad (12)$$

В соответствии с подходом, изложенным в работе [8], для определения степени опасности k -го объекта системы F^B операции системы F_{ey} введем понятие коэффициента важности этого объекта $B_k(T)$, который характеризует его возможности по нанесению ущерба операции системы F_{ey} за период времени T , выраженные через аналогичные возможности эталонного объекта. Этот коэффициент определяется соотношением $B_k(T) = \xi_k(T) / \xi_3$. При этом ущерб, наносимый k -му объекту системы F^B в результате его поражения $\xi^v_k(T)$, может быть выражен через снижение коэффициента важности этого объекта $\Delta B_k(T)$. Действительно, поскольку $\xi^v_k(T) = \xi^*_k(T) - \xi^n_k(T)$, то в результате почленного деления этого соотношения на фиксированную величину ξ_3 получим $\xi^v_k(T) / \xi_3 = \Delta B_k(T) = B^*_k(T) - B^n_k(T)$.

В связи с тем что в настоящее время при планировании применения систем специального назначения широкое распространение получили показатели боевых потенциалов входящих в их состав объектов, коэффициенты важности объектов системы F^B удобно представить в виде $B_k(T) = G_k \gamma_k(T)$, где G_k – боевой потенциал k -го объекта системы F^B , полагаемый равным $B_k(t_0)$, а $\gamma_k(T) = B_k(T) / B_k(t_0)$.

Введение коэффициентов важности объектов системы F^B позволяет перейти к оценке выигрыша системы F^A на основе оценки ущерба, наносимого системе F^B при поражении входящих в ее состав объектов. При использовании показателей шестого типа выражение оценки показателя w_{ij} , характеризующего выигрыш для системы F^A за операцию, принимает вид

$$w_{ij} = \sum_{k=1}^K G_k \gamma_k(T) [w_{ij}^k (R_{ij}^k)]. \quad (13)$$

Несмотря на ряд существенных преимуществ, показатели шестого типа при подходах, предполагающих отличие от нуля значений боевых потенциалов и коэффициентов важности только средств поражения, не позволяют достаточно корректно оценить величину выигрыша системы F^A при нанесении ущерба системе F^B . Указанный недостаток можно устранить использованием показателей седьмого типа, предполагающих в качестве меры ущерба системе F^B снижение ее реализуемого боевого потенциала.

Общая идея подхода к определению реализуемого боевого потенциала системы специального назначения была изложена в первом разделе статьи. При использовании данной меры ущерба противоборствующей стороне выражение (7) можно записать в виде

$$w_{ij} = \sum_{k=1}^K G_k \gamma_k(T) u_k(t_0) K_k(t_0) [w_{ij}^k (R_{ij}^k)], \quad (14)$$

где $u_k(t_0)$ – состояние k -го объекта системы F^B на момент времени t_0 , а в первом приближении степень его укомплектованности на момент времени t_0 ;

$K_k(t_0)$ – реализуемая доля потенциальных функциональных возможностей k -го объекта системы F^B на момент времени t_0 , рассчитываемая при определении нижней границы ущерба данной системе по выражению

$$K_k^B(t_0) = \delta_k(t_0) \min \{K_{kp}^B(t_0), K_{ky}^B(t_0), K_{kn}^B(t_0), K_{ko}^B(t_0)\}, \quad (15)$$

а при определении верхней границы ущерба данной системе – по выражению

$$K_k^B(t_0) = \delta_k(t_0) K_{kp}^B(t_0) K_{ky}^B(t_0) K_{kn}^B(t_0) K_{ko}^B(t_0); \quad (16)$$

$\delta_k(t_0)$ – доля боевого потенциала k -го объекта в совокупном боевом потенциале системы F^B , определяемая на момент времени t_0 составом, оперативным построением и характером противодействия этой системы, а также условиями обстановки (состоянием системы F_{cp});

$K_{kp}^B(t_0)$, $K_{ky}^B(t_0)$, $K_{kn}^B(t_0)$, $K_{ko}^B(t_0)$ – коэффициенты, характеризующие влияние на реализуемую долю потенциальных функциональных возможностей системы F^B качественных характеристик соответственно подсистем разведки F_p^B , управления F_y^B , поражения F_n^B и обеспечения F_o^B , определяемые с помощью выражений, аналогичных выражениям (5).

Заключение

Сравнительный анализ рассмотренных вариантов представления показателей совокупного ущерба системам специального назначения показывает, что наиболее конструктивными являются показатели седьмого типа, позволяющие учитывать весь спектр поражаемых объектов противоборствующей системы, их взаимосвязь и недетерминированный характер операции. При наличии практических методик определения боевых потенциалов типовых объектов систем специального назначения целесообразно их применение в качестве показателей выигрыша и потерь в теоретико-игровых моделях противоборства подобных систем. Вместе с тем показатели седьмого типа существенно сложнее показателей первого-шестого типов, а их применение в теоретико-игровых моделях требует большего объема исходной информации.

Рассмотренные в статье показатели выигрыша и потерь использовались автором при обосновании рациональных вариантов применения группировки ракетных войск и артиллерии в операциях различного вида и масштаба. При этом данная задача чаще всего решалась на основе моделей антагонистических матричных игр. Как показала практика, целесообразность выбора того или иного подхода к представлению показателей выигрыша и потерь в теоретико-игровых моделях определяется спецификой решаемой задачи и наличием соответствующих исходных данных.

Список литературы

1. Катулев, А.Н. Исследование операций: принципы принятия решений и обеспечение безопасности: учеб. пособие для вузов / А.Н. Катулев, Н.А. Северцев. – М.: Физико-математическая литература, 2000. – 320 с.
2. Волков, И.К. Исследование операций: учеб. для вузов / И.К. Волков, Е.А. Загоруйко / под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 436 с.
3. Розен, В.В. Математические модели принятия решений в экономике: учеб. пособие / В.В. Розен. – М.: Книжный дом «Университет», 2002. – 288 с.
4. Афанасьев, М.Ю. Исследование операций в экономике: модели, задачи, решения: учеб. пособие / М.Ю. Афанасьев, Б.П. Суворов. – М.: ИНФРА-М, 2003. – 444 с.
5. Шикин, Е.В. Математические методы и модели в управлении: учеб. пособие / Е.В. Шикин, А.Г. Чхартишвили. – 3-е изд. – М.: Дело, 2004. – 440 с.
6. Волошин, Г.Я. Методы оптимизации в экономике: учеб. пособие / Г.Я. Волошин. – М.: Дело и Сервис, 2004. – 320 с.
7. Чудаков, Ю.В. Проблема учета противодействия противника при планировании ракетных ударов и огня артиллерии в ходе операции и пути ее решения / Ю.В. Чудаков. – Л.: ВАА, 1975. – 120 с.
8. Грумеза, И.А. Методика определения показателей эффективности ракетных ударов с учетом характера действий войск в общевойсковом бою (операции) / И.А. Грумеза. – Л.: ВАА, 1976. – 95 с.
9. Орлов, В.А. Эффективность системы огневого поражения и оценка состояния объектов / В.А. Орлов, Ю.В. Чудаков. – Л.: ВАА, 1981. – 160 с.
10. Анисимов, Е.Г. Основы оценки эффективности огневого поражения противника РВиА во фронтовой оборонительной операции / Е.Г. Анисимов, В.Я. Шахотин. – М.: ВАГШ, 1994. – 136 с.
11. Анисимов, Е.Г. Оценка боевых возможностей группировок РВиА с учетом фактора управления / Е.Г. Анисимов, В.К. Синявский // Сборник статей ВАГШ. – 2001. – С. 46–50.
12. Концепция национальной безопасности Республики Беларусь: рег. № 2/2852 // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2001. – № 69. – С. 3–14.
13. Военная доктрина Республики Беларусь: рег. № 2/826 // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2002. – № 6. – С. 26–36.
14. Синявский, В.К. Основы оценки эффективности системы вооружения ракетных войск и артиллерии / В.К. Синявский // Наука и военная безопасность. – 2005. – № 2. – С. 28–32.

Поступила 09.02.06

*Научно-исследовательский институт
Вооруженных Сил Республики Беларусь,
Минск, Калиновского, 4
e-mail: niivs@it.org.by*

V.K. Sinjavsky

**GAIN AND LOSS INDEX REPRESENTATION
IN THEORETICAL GAME MODELS
OF SPECIAL PURPOSE SYSTEMS OPPOSITION**

The issues of practical use of theoretical game models for rational decision choice of special purpose system application in situational uncertainty conditions are examined. Gain and loss index constructive representation for special system opposition is proved for antagonistic matrix and position games.