

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛИКА СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВАРИАНТОВ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ МОРСКОГО БАЗИРОВАНИЯ

*Ханычев Виталий Викторович, кандидат технических наук, окончил МГТУ им. Н.Э. Баумана. Заместитель генерального директора по научной работе ОАО «ЦНИИ «Курс». Имеет статьи, программы для электронно-вычислительных машин в области системного анализа, моделирования судового радиоэлектронного оборудования, корабельного радиоэлектронного вооружения и оружия. [e-mail: vvh@kysr.ru].*

### Аннотация

В статье предложена трехуровневая система показателей эффективности вариантов применения роботизированных комплексов морского базирования. Показатели нижнего (первого) уровня, по сути, являются исходными данными для проведения моделирования процессов. Показатели промежуточного уровня представляют текущие результаты моделирования с помощью системы моделирования процессов функционирования роботизированных комплексов. Показатели верхнего (третьего) уровня представляют обобщенные результаты моделирования функционирования роботизированных комплексов, отражающие результаты реализации варианта их применения за заданный промежуток времени.

Ключевые слова: система показателей, эффективность, вариант применения, роботизированный комплекс.

### Введение

Под термином «оценка эффективности» системы военного назначения в теории военно-экономического анализа понимают определение численных значений показателей, характеризующих, с одной стороны, прикладной (военный) эффект от функционирования данной системы, а с другой – затраты на его достижение [1, 2, 5].

Настоящая статья посвящена оценке эффективности вариантов применения роботизированных комплексов (РК) морского назначения как динамических (состояние которых подвержено скоротечным изменениям на протяжении рассматриваемого промежутка времени) систем военного назначения.

Прикладные (военные) результаты функционирования системы военного назначения принято измерять степенью достижения целей ее функционирования (решения поставленных задач), а затраты ресурсов, связанные с достижением целей функционирования системы (решения поставленных задач), – расходом материальных, финансовых и других средств, потерями личного состава, а также необходимым временем [2, 4].

Таким образом, под показателями эффективности варианта применения РК будем понимать числовые параметры, характеризующие степень достижения назначенных целей (выполнения поставленных задач), а также необходимые для этого затраты ресурсов. Показатели первого рода будем называть целевыми, показатели второго рода – ресурсными.

### **Способы проведения оценки и показатели эффективности систем военного назначения**

Из теории военно-экономического анализа известно [2], что оценка эффективности системы военного назначения может быть проведена двумя основными способами:

- путем статистической обработки сведений о функционировании реальной системы, действующей в условиях полигона или повседневной деятельности сил, войск (натурный эксперимент);
- путем исследования динамики поведения модели, отражающей те или иные аспекты функционирования системы в различных условиях обстановки (модельный эксперимент).

С учетом того, что первый способ возможен только при наличии действующих образцов вооружения, военной и специальной техники, а также в связи с чрезвычайно высокой стоимостью и трудоемкостью проведения испытаний, весьма широко используемым способом оценки эффективности систем военного назначения является проведение модельных экспериментов (второй способ). Основным видом применяемых при этом моделей являются математические, представляющие собой формальное описание исследуемой системы с помощью совокупности математических зависимостей и логических правил, реализованных в прикладном программном обеспечении средств компьютерного моделирования.

Расчет численных значений целевых показателей функционирования системы военного назначения производится с помощью математических моделей операций, выполняемых данной системой (функциональных моделей); оценка ее ресурсных показателей может производиться как в рамках функциональных моделей, за счет включения в их состав блоков расчета соответствующих характеристик, так и с помощью специализированных (ресурсных) моделей.

Типовая математическая постановка задачи оценки эффективности функционирования системы военного назначения может выглядеть следующим образом [2]. Система представлена  $k$ -структурными элементами, обладающими начальным ресурсом  $C_1, C_2, \dots, C_k$ , и действует в определенных условиях обстановки в интересах решения поставленных задач  $Z_1, Z_2, \dots, Z_k$ . В процессе их деятельности происходит потребление ресурсов в размере  $C'_1, C'_2, \dots, C'_k$ , что с течением времени  $T_1, T_2, \dots, T_k$  приводит к определенному непосредственному эффекту  $W_1, W_2, \dots, W_k$ .

При этом расчет показателей, характеризующих непосредственный эффект  $W_i$  от функционирования элементов системы, осуществляется с помощью функцио-

нальных, а расчет показателей, характеризующих потребление материальных ресурсов  $C''_i$ , – с помощью соответствующих ресурсных моделей. Непосредственный эффект деятельности каждого структурного элемента системы проявляется в общем результате, то есть в конечном эффекте  $W$ . Тогда эффективность системы в целом определяется величиной полученного конечного результата  $W$ , затраченных материальных ресурсов  $C$  и времени  $T$ . Важно отметить, что функциональные и ресурсные модели функционирования системы военного назначения и ее элементов являются весьма существенным промежуточным звеном оценки эффективности, позволяющим установить однозначно определенные зависимости между ресурсом элемента  $C_i$  и непосредственным результатом  $W_i$  решения поставленной элементу задачи  $Z_i$  с учетом конкретных условий обстановки.

Применительно к оценке эффективности вариантов применения РК с целью выбора наилучшего варианта (наиболее целесообразного) расчет численных значений промежуточных целевых и ресурсных показателей производится с помощью специально разрабатываемой автоматизированной системы моделирования (АСМ), реализующей метод имитационного математического моделирования.

Определение состава и содержания показателей, необходимых для проведения оценки эффективности, является классической задачей системного анализа, достаточно сложной как в практическом, так и в теоретическом плане. Формальных правил выбора показателей эффективности не существует, и формулировка показателя, таким образом, определяется целями и задачами каждого конкретного исследования [3, 5]. Объективные трудности, связанные с выбором и формулировкой единственного и при этом полного показателя эффективности системы военного назначения, приводят к тому, что на практике широко используют не один общий, а множество частных показателей эффективности [2].

### Виды показателей эффективности

Целевое предназначение системы военного назначения проявляется через совокупность ее свойств по отношению к объектам, с которыми она вступает во взаимодействие. Степень проявления того или иного свойства выражается соответствующим частным целевым показателем и определяется реализующими его техническими (тактическими) параметрами системы в целом и входящих в ее состав элементов.

Для оценки целевой эффективности системы военного назначения могут быть применены показатели двух типов: функциональные и боевые [4, 6]. Использование показателей функциональной эффективности позволяет ответить на вопрос, какой из вариантов реализации системы является более предпочтительным по сравнению с другими. К числу известных показателей функциональной эффективности систем военного назначения относят такие, как готовность, оперативность, устойчивость, живучесть, скрытность, мобильность и др.

Показатели второго типа называют боевыми. Основное предназначение практически любой системы военного назначения заключается в поражении сил

(войск) и других объектов противника. Таким образом, боевая эффективность системы как степень ее соответствия предназначению определяется преимущественно через ущерб, наносимый силам (войскам) противника. В качестве показателей боевой эффективности обычно используется вероятность поражения цели, математическое ожидание количества уничтоженных целей или математическое ожидание предотвращенного ущерба и т. п.

Ресурсные показатели имеют две разновидности: показатели объема требуемых или израсходованных ресурсов и показатели длительности достижения цели (решения поставленных задач). Временной показатель возникает вследствие невозможности немедленного удовлетворения всеми ресурсами, необходимыми для достижения цели, а также мгновенного выполнения всех поставленных задач [2].

Показатели объема ресурсов имеют материальное содержание и могут измеряться в тоннах, штуках, боекомплектах, моточасах и т. п. Для обеспечения возможности агрегирования в некоторых случаях данные показатели могут быть выражены также в стоимостной форме.

Временной показатель, как правило, выражает длительность решения поставленной задачи или календарный отрезок времени (час, сутки, месяц и т. п.), а также моменты наступления тех или иных событий.

### **Оценивание эффективности варианта применения РК с помощью системы моделирования**

Инструментальным средством получения численных значений промежуточных целевых и ресурсных показателей системы военного назначения, характеризующих непосредственный эффект ее функционирования, обычно является математическая модель (комплекс моделей) операций, выполняемых данной системой.

В настоящей работе в качестве системы военного назначения рассматривается вариант применения РК, а в качестве модели ее функционирования – система имитационных математических моделей распределенной архитектуры, реализованная в АСМ.

Выбор имитации в качестве метода моделирования базируется на результатах сравнительного анализа различных математических методов и обусловлен целым рядом обстоятельств. Метод имитационного моделирования позволяет воспроизводить динамику функционирования РК и других объектов обстановки в произвольном (ускоренном, замедленном) масштабе времени, обеспечивает возможность вмешательства в ход моделируемого процесса в любой момент времени.

Моделирование функционирования варианта применения РК с помощью АСМ представляет собой машинное воспроизведение во времени динамики действий объектов моделирования в обстановке, формируемой с учетом факторов природной среды и противодействия противника. Моделирование проводится в форме вычислительных экспериментов. Промежуточные и конечные результаты моделирования, итоги розыгрыша происходящих событий и эпизодов выводятся на устройства отображения и документирования для последующего анализа и оценки. Моделируемые объекты обстановки в ходе имитации действуют в соответствии с заданиями на функционирование (боевыми задачами).

В качестве исходных данных для моделирования процессов, присущих функционированию систем военного назначения, используются так называемые формализованные оперативно-тактические (тактические) модели обстановки.

Под термином «оперативно-тактическая (тактическая) модель обстановки» понимается разновидность умозрительной модели операции (боевых действий) флота, один из вариантов описания способа применения сил (войск) в операции (боевых действиях), который представляет совокупность данных, отражающих условия обстановки с соответствующей степенью детализации и однозначно определяющих состав, исходное местоположение, задачи и другие свойства группировок, тактических групп, тактических единиц как объектов моделирования. Оперативно-тактическая (тактическая) модель обстановки обеспечивает возможность проведения моделирования динамики военных действий соответствующего уровня, проводимых в назначенной области пространства (зоне).

Применительно к моделированию варианта (способа) применения РК с помощью АСМ конкретное содержание формализованной оперативно-тактической (тактической) модели обстановки включает описание следующих сущностей:

- конфигурация назначенной для решения задач РК области пространства;
- военно-географические условия в назначенной области пространства;
- оборудование (инфраструктура) назначенной области пространства;
- предполагаемый состав, состояние и план действий сил противника;
- состав, состояние и план действий РК;
- состав, состояние и план действий своих сил, существенных с точки зрения функционирования РК, но не входящих в их состав.

### **Определение облика системы показателей эффективности вариантов применения РК**

Указанный подход к оцениванию эффективности РК на основе моделирования их применения приводит к трехуровневой модели системы показателей.

В качестве показателей нижнего (первого) уровня использованы преимущественно натуральные, то есть вещественные параметры, численные значения которых могут быть определены путем непосредственных измерений.

В качестве показателей промежуточного (второго) уровня использованы расчетные величины, отражающие состояние объектов моделирования на каждый конкретно взятый момент времени.

В качестве показателей верхнего (третьего) уровня использованы расчетные величины, отражающие результаты реализации варианта применения РК за заданный промежуток времени.

Упрощенная схема структуры и взаимосвязей системы показателей эффективности вариантов применения РК представлена на рисунке 1.

Рассмотрим состав и содержание показателей указанных уровней.

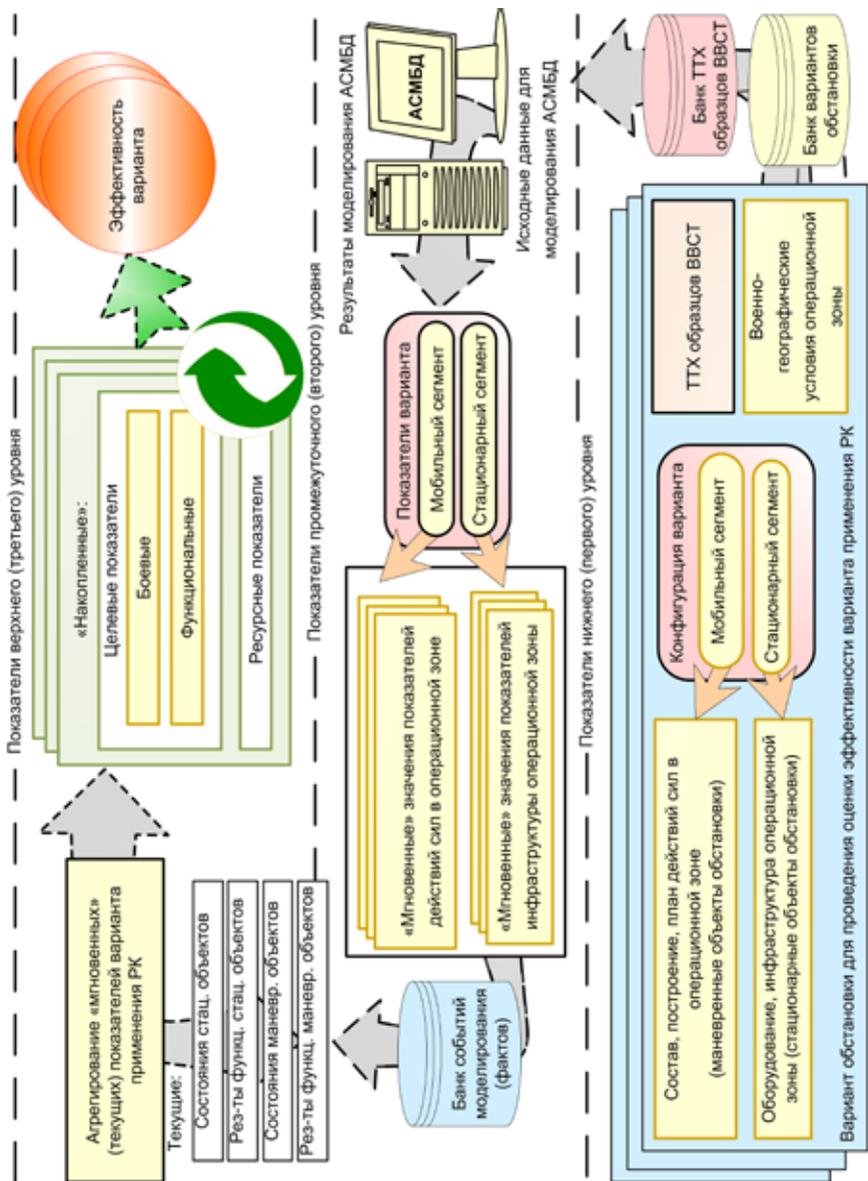


Рис. 1. Схема системы показателей эффективности вариантов применения РК

## Состав и содержание показателей нижнего уровня

Показатели нижнего (первого) уровня, по сути, являются исходными данными для проведения моделирования процессов, присущих функционированию РК, в заданных условиях и отражают содержание оперативно-тактической (тактической) модели обстановки, а их состав и степень детализации в основном определяются решениями по реализации объектной модели АСМ. Состав показателей данного уровня включает следующие разделы:

1. Тактико-технические характеристики.
2. Параметры исходной оперативно-тактической (тактической) обстановки.
3. Параметры (пространственные и военно-географические характеристики) конфигурации назначенной РК для решения задач области пространства.

Тактико-технические характеристики включают описание типов (образцов) моделируемых с помощью АСМ маневренных объектов, к которым могут относиться как РК, так и традиционные силы и средства, а также их вооружение. Данные такого рода определяют не индивидуальные характеристики конкретных объектов обстановки, а свойства целой группы однотипных объектов как образцов ВВСТ. Они не связаны с каким-либо конкретным вариантом исходной обстановки.

Параметры исходной оперативно-тактической (тактической) обстановки включают описание состава и состояния маневренных объектов (традиционных сил и средств), стационарных объектов обстановки (пунктов базирования, аэродромов, пунктов управления, объектов связи и т. п.), относящихся не только к своей стороне, но и к стороне противника, а также к нейтральным и союзным сторонам, образуя оперативно-тактический «фон», в условиях которого реализуется вариант (способ) применения РК.

Параметры (пространственные и военно-географические характеристики) конфигурации назначенной РК для решения задач области пространства определяют условия функционирования всех моделируемых объектов АСМ, в том числе и РК, оказывая существенное влияние на эффективность их применения. Учет природных условий производится по районам назначенной для решения задач РК области пространства – операционной зоны (зоны действий). Параметры природной среды в каждом из районов могут изменяться по мере продвижения модельного времени независимо от других районов. Учет пространственных характеристик операционной зоны (зоны действий) осуществляется путем подразделения ее на области меньших размеров, называемые районами применения РК.

С учетом вышеизложенного описание структуры показателей нижнего (первого) уровня может быть определено согласно схеме показателей эффективности варианта применения РК нижнего уровня, приведенной на рисунке 2.

Структура показателей нижнего (первого) уровня включает:

- тактико-технические характеристики (ТТХ) образцов (проектов) маневренных объектов (включая проекты РК);
- ТТХ образцов вооружения маневренных объектов (включая вооружение РК);
- параметры маневренных объектов обстановки (включая РК);

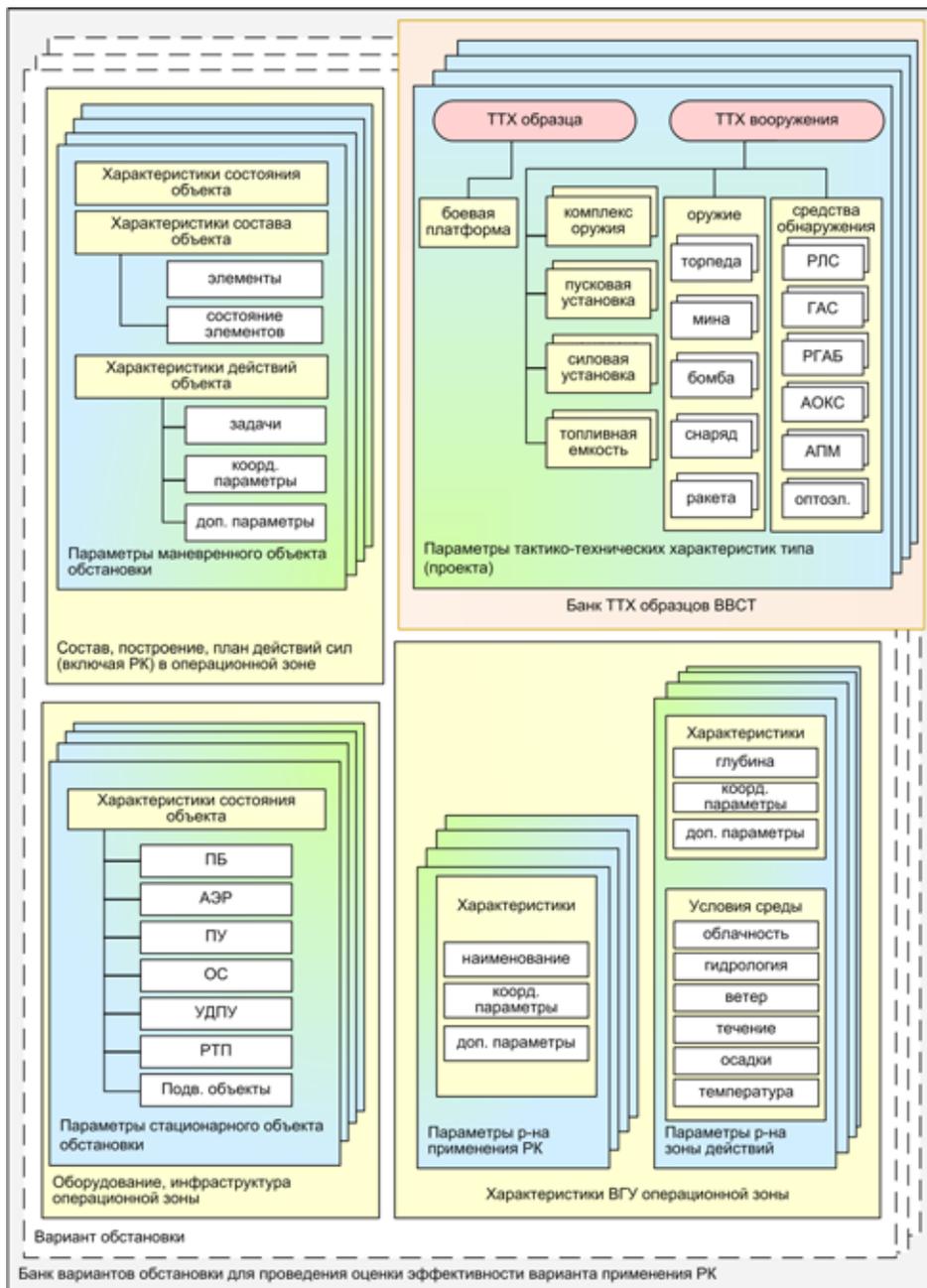


Рис. 2. Показатели эффективности вариантов применения РК нижнего (первого) уровня

- параметры стационарных объектов обстановки;
- характеристики военно-географических условий операционной зоны (зоны действий) РК.

### Состав и содержание показателей промежуточного уровня

Показатели промежуточного (второго) уровня представляют текущие («мгновенные») результаты моделирования с помощью АСМ процессов, присущих функционированию РК и элементов внешней по отношению к ним обстановки. В связи с этим состав и степень детализации показателей данного уровня в основном

определяются решениями по реализации математических моделей (функциональных и ресурсных), входящих в состав АСМ.

При определении состава показателей промежуточного уровня были учтены особенности АСМ как системы математического моделирования, построенной на основе имитационных методов и работающей по конкретным событиям. В этом смысле процесс моделирования с помощью АСМ может быть представлен как последовательность многократных актов перехода от вычисленной с помощью тех или иных аналитических выражений вероятности наступления какого-либо события к факту его реализации.

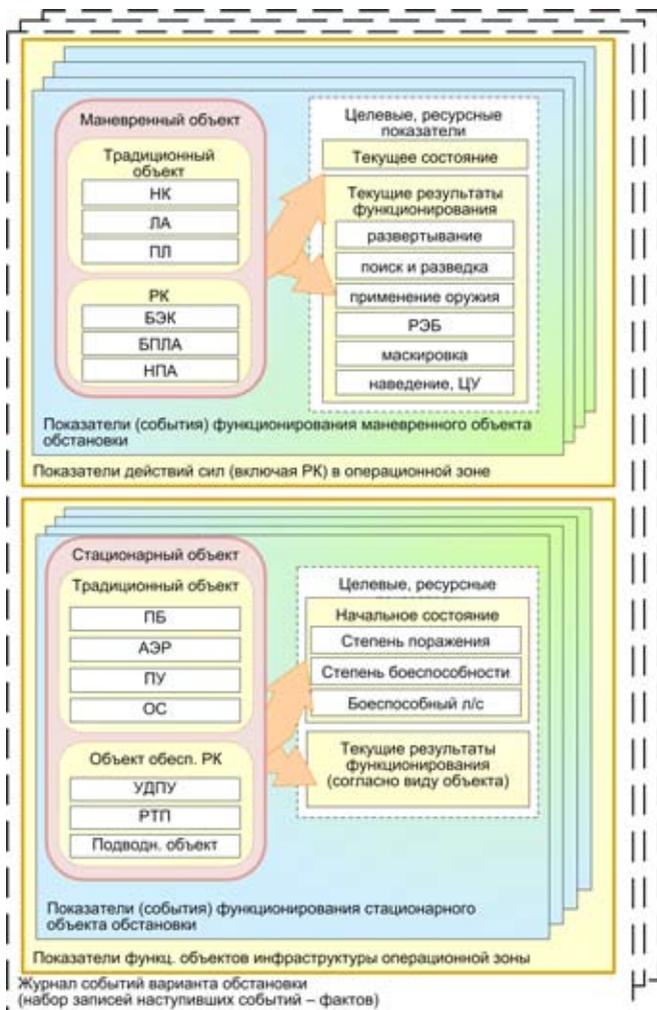


Рис. 3. Показатели эффективности вариантов применения РК промежуточного (второго) уровня

Не вдаваясь в теоретические аспекты упомянутых трансформаций, заметим, что при таком подходе результаты имитации функционирования РК могут быть представлены как цепочка так или иначе связанных, наступивших в определенное модельное время и зафиксированных событий, отражающих ход процесса моделирования и в совокупности определяющих исход моделирования в целом. В качестве логического представления такой цепочки может быть использован журнал моделирования, каждая из записей которого фиксирует соответствующее наступившее событие, то есть является фактом, а в качестве физического представления – файл (совокупность файлов) на машинном носителе информации. Далее под термином «факт» в настоящей статье будем понимать совокупность данных установленной логической структуры, однозначно определяющих содержание события моделирования.

Упрощенная схема показателей эффективности вариантов применения РК промежуточного (второго) уровня приведена на рисунке 3.

Показатели промежуточного уровня отражают события моделирования АСМ, представленные в форме фактов. Условимся называть логические элементы структуры данных факта атрибутами. Типовая логическая структура фактов, отражающих показатели функционирования объектов обстановки (как маневренных, так и стационарных) АСМ, включает следующие обязательные атрибуты:

- идентификатор объекта обстановки, инициировавшего возникновение события;
- классификационные признаки объекта обстановки;
- модельное время наступления события.

Состав показателей промежуточного уровня включает две основные группы – показатели функционирования стационарных объектов и маневренных объектов обстановки.

### **Состав и содержание показателей верхнего уровня**

Показатели верхнего (третьего) уровня представляют обобщенные результаты моделирования процессов, присущих функционированию РК, и элементов внешней по отношению к ним обстановки с помощью АСМ и в этом смысле являются производными от показателей промежуточного (второго) уровня. Однако в отличие от показателей промежуточного уровня, отражающих текущие («мгновенные») значения параметров состояния объектов моделирования, показатели верхнего уровня характеризуют «накопленные» результаты функционирования РК за заданный промежуток времени. В зависимости от выбора правой и левой границ этого промежутка данные показатели могут характеризовать как итоговые результаты моделирования варианта обстановки в целом, так и результаты моделирования отдельных его фрагментов (эпизодов). Исходными данными для расчета показателей верхнего уровня являются факты – структуры данных, фиксирующие содержание наступивших по ходу процесса моделирования событий, то есть промежуточные показатели эффективности варианта применения РК. Таким образом, состав и степень детализации показателей верхнего уровня во многом определяются решениями по составу и содержанию показателей промежуточного

уровня. С учетом изложенного численные значения показателей верхнего уровня рассчитываются путем агрегирования определенных атрибутов выбранных факторов за указанный промежуток времени.

Попутно заметим, что целевые показатели эффективности варианта (способа) применения РК верхнего уровня (например, устойчивость, готовность, емкость, пространственный охват, скрытность) по своей сути являются универсальным выражением фундаментальных свойств, присущих в той или иной степени практически любой сложной системе военного назначения.

Упрощенная схема показателей эффективности вариантов применения РК верхнего (третьего) уровня приведена на рисунке 4.

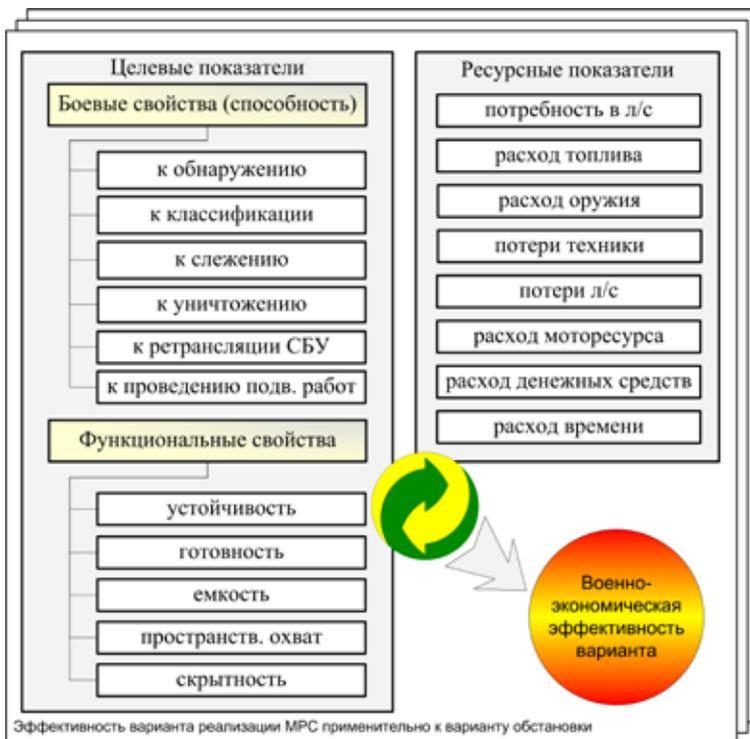


Рис. 4. Показатели эффективности вариантов применения РК верхнего (третьего) уровня

### Способы определения значений показателей эффективности

Определение численных значений показателей эффективности вариантов (способов) применения РК осуществляется в соответствии с приведенными решениями по структуре и иерархии показателей.

Согласно упомянутым решениям показатели нижнего уровня являются исходными данными для имитационного моделирования процессов, присущих

функционированию РК, и отражают содержание оперативно-тактической (тактической) модели обстановки. Состав и содержание показателей нижнего уровня полностью определяются решениями по реализации АСМ. Значения показателей данного уровня являются не вычисляемыми, а измеряемыми и подлежат непосредственному заданию при подготовке вычислительных экспериментов на АСМ. Часть значений показателей нижнего уровня, определяющих ТТХ реальных образцов вооружения, военной и специальной техники, выбирается из соответствующих справочников. Параметры конфигурации операционной зоны (зоны действий) задаются с помощью различных источников геопространственных данных – карт, лоций, описаний океанских (морских) театров военных действий, геоинформационных систем военного назначения и пр. Значения параметров, характеризующих исходную оперативно-тактическую (тактическую) обстановку, являются результатами планирования применения сил (войск) и средств флота (включая РК).

Показатели промежуточного уровня являются сугубо расчетными и отражают «мгновенные» состояния объектов обстановки на каждый конкретно взятый момент времени. Состав и содержание показателей промежуточного уровня так же, как и показатели нижнего уровня, полностью определяются решениями по реализации АСМ. Численные значения этих показателей вычисляются на основе значений показателей нижнего уровня в ходе имитации с помощью входящих в состав АСМ функциональных и ресурсных моделей. Показатели промежуточного уровня в свою очередь являются исходными данными для вычисления показателей верхнего уровня.

Показатели верхнего уровня являются расчетными, отражают результаты реализации варианта (способа) применения РК за заданный промежуток времени и могут характеризовать как итоговые результаты моделирования варианта обстановки в целом, так и результаты моделирования отдельных его фрагментов (эпизодов) применительно ко всей области пространства операционной зоны (зоны действий) либо к отдельным ее районам. Как было показано выше, состав и содержание показателей данного уровня являются производными от показателей промежуточного уровня, однако расчет их численных значений является внешней по отношению к АСМ задачей и образует основное содержание процесса оценки эффективности варианта (способа) применения РК.

### **Порядок проведения оценки эффективности вариантов применения РК**

Процесс проведения оценки эффективности вариантов применения РК включает следующие основные этапы:

- подготовка исходных данных по варианту применения РК в заданных условиях оперативно-тактической (тактической) обстановки;
- проведение моделирования по варианту применения РК в заданных условиях оперативно-тактической (тактической) обстановки;
- проведение оценки варианта применения РК по результатам моделирования.

## Заключение

Как было показано, инструментальным средством получения численных значений промежуточных целевых и ресурсных показателей системы военного назначения, характеризующих непосредственный эффект ее функционирования, обычно является математическая модель (комплекс моделей) операций, выполняемых данной системой.

При определении состава и содержания показателей эффективности вариантов применения РК было решено принять трехуровневую модель системы показателей.

В качестве показателей нижнего (первого) уровня использованы преимущественно натуральные, то есть вещественные параметры, численные значения которых могут быть определены путем непосредственных измерений; в качестве показателей промежуточного (второго) уровня использованы расчетные величины, отражающие состояние объектов моделирования на каждый конкретно взятый момент времени; в качестве показателей верхнего (третьего) уровня использованы расчетные величины, отражающие результаты реализации варианта применения РК за заданный промежуток времени.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация управления и связь в ВМФ / под общей редакцией Ю.М. Кононова. Изд. 2-е. – СПб. : Элмор, 2001.
2. Жуков Г.П., Викулов С.Ф. Военно-экономический анализ и исследование операций: учебник. – М. : Воениздат, 1987.
3. Информационные технологии в системе управления силами ВМФ / В.Ф. Шпак [и др.]. – СПб. : Элмор, 2005.
4. Колесниченко В.И. Об оценке эффективности АСУ ВВС // Военная мысль. – 2009. – № 20. – С. 35–42.
5. Информационное обеспечение управления и флот / В.В. Воскресенский [и др.] (под общей редакцией Г.Н. Королькова). – СПб. : Ника, 2002.
6. В.А. Чобиток. Оценка боевой эффективности и технического совершенства вооружения и военной техники: учебное пособие. – К. : КВТИУ, 1984.