

AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 623.618

А.Ф.Зальмарсон, А.Ж. Юдин

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНОВ ВОЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ВМФ

Зальмарсон Андрей Феликсович, кандидат военных наук, окончил факультет радиосвязи Высшего военно-морского училища радиоэлектроники им. А.С. Попова, Высшие офицерские классы, Военно-морскую академию им. Н.Г. Кузнецова. Старший научный сотрудник НИИ ОСИС ВМФ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия». Специализируется в вопросах обоснования создания и развития автоматизированных систем военного назначения. Имеет статьи и другие публикации в этой предметной области. [e-mail: zalmar@mail.ru].

Юдин Артур Жанович, окончил факультет боевых информационно-управляющих систем Высшего военно-морского училища радиоэлектроники им. А.С. Попова, Военно-морскую академию им. Н.Г. Кузнецова. Начальник НИИ ОСИС ВМФ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия». Специализируется в вопросах создания и развития корабельных АС и автоматизации тактического звена управления силами. Имеет статьи и другие публикации в этой предметной области. [e-mail: rts605@rambler.ru].

Аннотация

Центр управления (ЦУ) Главного командования (ГК) ВМФ России, начавший работать в Санкт-Петербурге, является новым и необходимым элементом ранее созданного Национального центра управления обороной государства, позволяет вести непрерывный мониторинг обстановки в Мировом океане, руководить строительством и развитием ВМФ, а также обеспечивать управление силами и видами обеспечения ВМФ. Состоит ЦУ ГК ВМФ из пяти подразделений, основные из которых – подразделения боевого управления и управления повседневной деятельностью. Оборудование Центра – программно-аппаратный комплекс (ПАК) – позволяет в кратчайшие сроки производить сложные расчеты и выполнять моделирование ситуаций, дает возможность Главному штабу ВМФ эффективно и качественно обеспечивать управление.

В статье рассматривается подход к оценке эффективности программно-аппаратного комплекса автоматизации боевой и функциональной деятельности органов военного управления ВМФ на всех этапах жизненного цикла. Этот подход также позволяет проводить исследования по оценке влияния качества функционирования комплекса на эффективность боевого применения и обеспечение решения различных задач управления ВМФ.

Ключевые слова: автоматизация, критерий, свойства, система, программно-аппаратный комплекс, показатель, эффективность.

A COMPREHENSIVE APPROACH TO THE ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF SOFTWARE-HARDWARE COMPLEX OF THE NAVAL AUTHORITIES FUNCTIONAL ACTIVITY AUTOMATION

Andrei Feliksovich Zalmarson, graduated from the Faculty of Radiocommunication of Higher Naval Academy of Radioelectronics named after A. S. Popov, Higher Officer School, Naval Academy named after N. G. Kuznetsov; Candidate of Military Sciences, Senior Staff Scientist at Research Centre of Strategic-Tactical Justification Scientific Associate of the Research Institute of the Navy Development and Strategic Issues of Military Educational-and-Research Centre "Naval Academy"; specializes in justification of creation and development of military-oriented automated systems; an author of articles and papers in the subject area. e-mail: zalmar@mail.ru.

Artur Zhanovich Yudin, graduated from the Faculty of C2 systems of Higher Naval Academy of Radioelectronics named after A. S. Popov, Naval Academy named after N. G. Kuznetsov. Head of Scientific Associate of the Research Institute of the Navy Development and Strategic Issues of Military Educational-and-Research Centre "Naval Academy"; specializes in justification of creation and development of automated nautical systems and automation of command and control tactical level; an author of articles and papers in the subject area. e-mail: rts605@rambler.ru.

Abstract

The Management Centre of the Main Headquarters of the Russian Navy, opened in St. Petersburg, allows continuous monitoring of the situation in the World Ocean. It is a new essential element of the National Centre for Defense Management of the Russian Federation. The Centre consists of the five departments; the Combat Control Department and Constant Activity Management Department are the main ones; they will be monitoring and analyzing the situation. The equipment of the Centre (the software-hardware complex) allows to perform complex calculations and simulations within the shortest possible time. It also allows the Main HQ of the Russian Federation Navy to ensure management effectively in a qualitative manner. The article discusses the approach to assessment of the effectiveness of the hardware-software complex of naval authorities functional activity automation at all stages of the life cycle. The approach also allows researching the influence of the complex functioning quality on the engagement efficiency and the solution of various control tasks of the Navy.

Keywords: automation, criteria, properties, system, software-hardware complex, indicator, efficiency.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из главных направлений совершенствования структуры управления обороной Российской Федерации (РФ) является создание системы центров управления, включая Национальный центр управления обороной (НЦУО) Российской Федерации, центры управления округов, видов (родов войск) Вооруженных Сил (ВС) РФ, территориальные центры управления.

Основой центров управления являются высокоинтеллектуальные средства автоматизации, организованные в ПАК качественно нового уровня, не имевшие до настоящего времени прецедентов. Обеспечение эффективного применения ПАК является актуальной научной проблемой, решение которой представляется остро необходимым.

В настоящей статье представлен перспективный подход к оценке эффективности ПАК Центра управления Главного командования ВМФ. Одними из главных задач ЦУ ГК ВМФ являются обобщение поступающей информации и подготовка предложений командования ВМФ вышестоящему руководству по своевременному и адекватному реагированию на изменение оперативной обстановки [1]. Его деятельность позволит вести непрерывный мониторинг обстановки в Мировом океане, анализировать и планировать

деятельность сил в море, осуществлять контроль за выполнением мероприятий боевой подготовки, эффективно контролировать вопросы строительства и развития ВМФ, капитального строительства и реконструкции объектов военно-морской инфраструктуры. Функционирование ЦУ ГК ВМФ обеспечивает специально созданный ПАК автоматизации функциональной деятельности органов военного управления ВМФ, который, по сути, реализует функции автоматизированной системы управления и позволяет эффективно, качественно и в кратчайшие сроки производить сложные оперативные и технические расчеты и выполнять моделирование любых возникающих ситуаций.

На всех этапах жизненного цикла ПАК, начиная с этапа разработки и принятия на вооружение и заканчивая эксплуатацией и утилизацией, встает вопрос оценки его эффективности, целью которой является определение степени его пригодности к выполнению поставленных задач при заданных условиях применения. При этом под эффективностью понимается свойство, характеризующее степень достижения ПАК целей, поставленных при его создании. Анализ публикаций, посвященных вопросам исследования эффективности сложных автоматизированных систем, показывает, что в качестве методической основы оценки эффективности в настоящее время приме-

няется методология системного анализа, использующая понятия, концепции и формально-математический аппарат кибернетики и теории сложных систем.

Ниже предлагается комплексный подход к оценке эффективности ПАК, основанный на методологии системного анализа.

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАК

Комплексный подход к оценке эффективности ПАК, основанный на системном анализе, предполагает выполнение ряда этапов. Алгоритм оценки, по своей сути являющийся основой методики проведения исследований, представлен на рисунке 1.

На первом этапе определяются цели, задачи, объект и предмет исследований, а также место ПАК в системах высшего уровня. В данном случае объектом исследований является ЦУ ГК ВМФ, а предметом – ПАК ЦУ ВМФ как сложная система военного назначения.

На втором этапе проводится анализ проблемных вопросов по оценке эффективности ПАК.

На третьем этапе анализируются цели, задачи, структура ПАК и функции процессов управления, автоматизируемые этим комплексом.

На четвертом этапе определяются свойства ПАК, критерии и система показателей его эффективности.

На пятом этапе определяются методы получения количественных показателей эффективности ПАК, а также проводятся обоснование и выбор математического аппарата их расчета.

На шестом этапе осуществляется определение количественных значений величин и производится расчет показателей эффективности ПАК.

На завершающем седьмом этапе происходит непосредственная оценка эффективности ПАК. Все этапы взаимосвязаны и могут иметь циклический характер.

Поскольку материалы начальных трех этапов являются закрытыми, исследования в настоящей статье ведутся для четвертого этапа. Рассмотрение последующих этапов алгоритма планируется в очередных статьях.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ПАК

Имея результаты первых трех этапов, проведенных по методике исследований отдельно, структуру свойств ПАК можно представить как иерархическую многоуровневую систему, включающую в себя свойства ПАК в аспекте вклада в эффективность системы высшего уровня, целевые, общесистемные, структурные и функциональные свойства, а также свойства элементов (подсистем) и частные свойства (рис. 2). Здесь и далее под свойством понимается качественная характеристика ПАК, обеспечивающая его целевое предназначение.

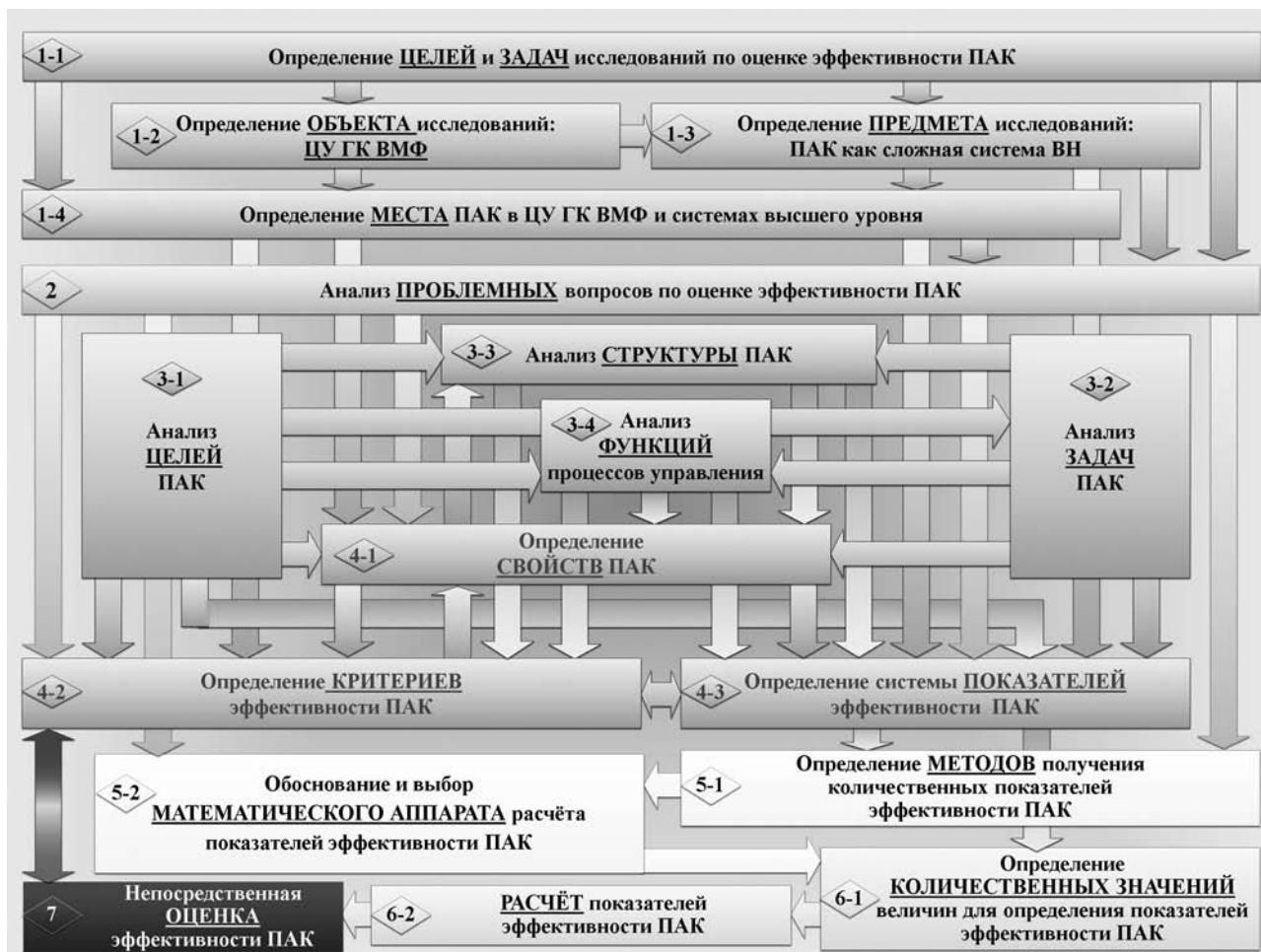


Рис. 1. Алгоритм оценки эффективности ПАК

При определении свойств ПАК в первую очередь необходимо учитывать влияние его применения на боевую систему ВМФ. В то же время немаловажное значение имеет и тот факт, что ПАК, являясь подсистемой АСУ ВМФ и одновременно элементом ЦУ ГК ВМФ, является также подсистемой ПАК НЦУО РФ.

Исходя из этого, за основные свойства ПАК в аспекте вклада в эффективность системы высшего уровня приняты способность повышения уровня реализации боевого потенциала ВМФ и решения поставленных задач ВМФ [2]. В качестве дополнительных свойств ПАК в аспекте вклада в эффективность системы высшего уровня могут быть приняты такие, как способность повышения эффективности процессов управления ЦУ ГК ВМФ и ПАК НЦУО РФ в части ВМФ, функционирования АСУ ВМФ и ПАК НЦУО РФ в части ВМФ.

Целевые свойства отражают способность ПАК достичь цели и реализовать задачи, поставленные перед ним. В качестве основного целевого свойства ПАК рассматривается способность обеспечения управления боевой и повседневной деятельностью ВМФ в различные периоды обстановки. В качестве дополнительных целевых свойств приняты способности реализации процессов управления, функций процессов управления и функциональных задач.

На следующем уровне, в соответствии с системным представлением ПАК как семантической модели, рассматриваются свойства по принадлежности к общесистемным

(системообразующим), структурным и функциональным элементам (подсистемам) [3].

Свойства элементов (подсистем) могут быть определены по аналогии со свойствами ПАК и включать в себя свойства вклада элементов (подсистем) в ПАК и системы высшего уровня, целевые, системные, структурные и функциональные свойства.

Частные свойства ПАК включают в себя свойства технических и программных средств.

На основе анализа целей, задач и структуры ПАК, функций процессов управления ЦУ ГК ВМФ, реализуемых с использованием ПАК, и в соответствии с рассмотренными выше свойствами могут быть определены критерии и система показателей эффективности.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ И СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАК

Для оценки эффективности ПАК и определения его соответствия современным требованиям к обеспечению управления должны быть разработаны критерии и система количественных показателей. Такой подход отражает назначение и цель реализации процессов управления, характеризует результаты их реализации с точки зрения предъявляемых требований и образует критериальную основу оценки эффективности ПАК для различных периодов его применения [4].

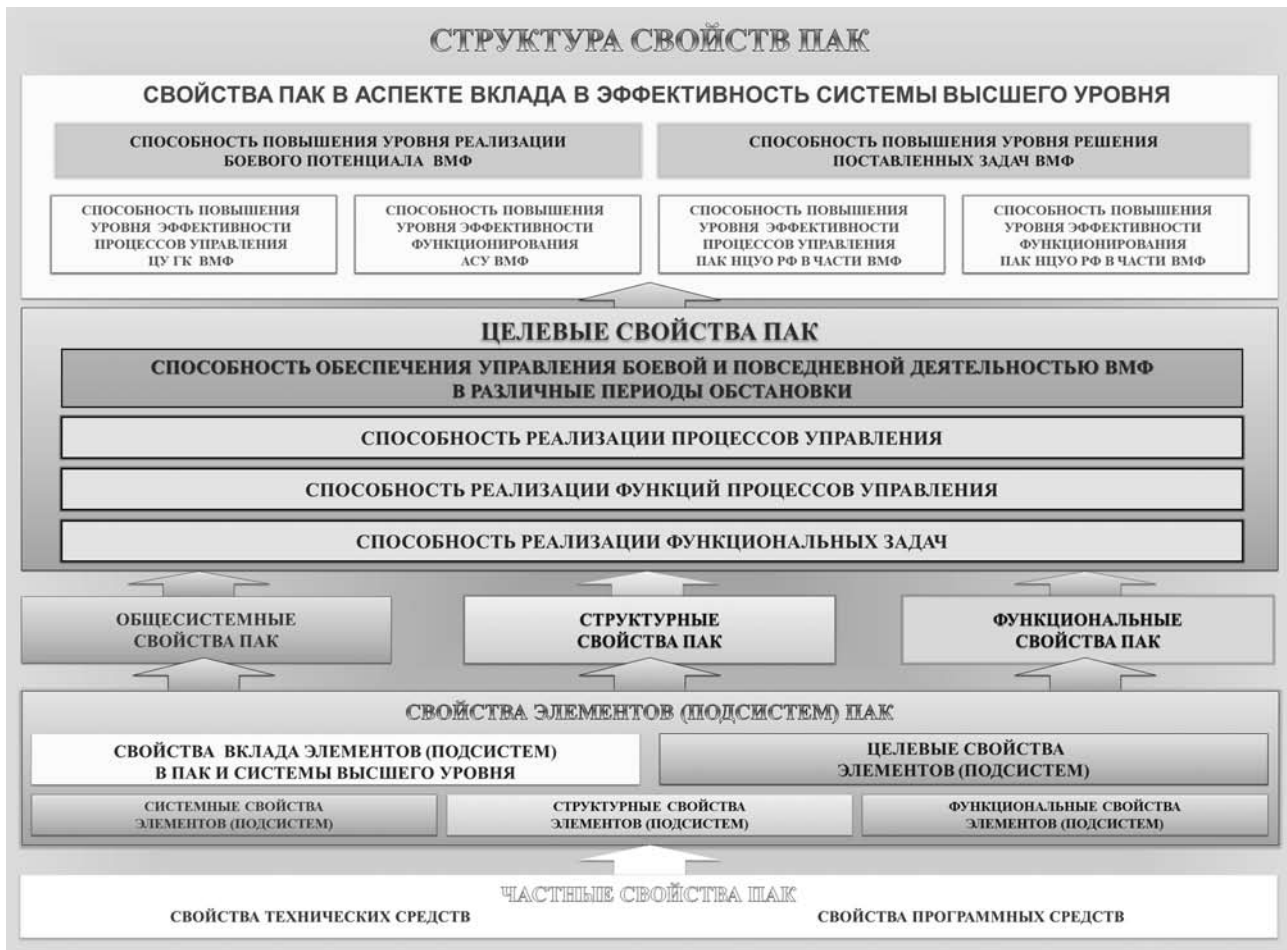


Рис. 2. Структура свойств ПАК

Критерии – это важнейшие отличительные признаки, характеризующие качественные стороны ПАК, его сущность. Они выступают выражением цели при реализации процессов управления. При этом в практической деятельности используются не сами критерии, а построенная на их основе система показателей, каждый из которых должен в определенной мере отражать элементы рассматриваемых процессов. Критерии и показатели тесно взаимосвязаны: научно обоснованный выбор критериев в значительной степени обуславливает правильный выбор системы показателей. И наоборот, качество показателя определяется тем, насколько полно и объективно он характеризует принятые критерии. Критерии отражают сущность эффективности, а показатели служат средством измерения и сопоставления эффективности в соответствии с ее критериями[5].

Количественные показатели эффективности необходимы для проведения анализа соответствия ПАК заданным требованиям, сравнения (обоснования) различных вариантов его построения, выбора оптимального (целесообразного, рационального) варианта функционирования и развития, а также оценки, в конечном счете, его эффективности.

Для оценки количественных показателей ПАК предлагается применить критерии и систему показателей эф-

фективности, имеющую иерархическую многоуровневую структуру (рис. 3).

Критерии эффективности ПАК рассматриваются в аспекте боевой и функциональной эффективности.

Под критериями боевой эффективности ПАК подразумеваются критерии, определенные на основе анализа эффективности выполнения поставленных задач и применения (боевых действий) ВМФ [6], показывающие вклад ПАК. За критерии боевой эффективности приняты предполагаемые уровни реализации боевого потенциала ВМФ и решения поставленных задач ВМФ с использованием ПАК.

Предполагаемый уровень реализации боевого потенциала ВМФ при использовании ПАК – $W_{нурп\text{ пак}}$ – главный (интегральный) критерий боевой готовности ВМФ – относительная величина, выражаемая отношением реализуемой его части $W_{np\text{ пак}}$ к имеющейся в наличии до начала решения задач $W_{nh\text{ пак}}$:

$$W_{нурп\text{ пак}} = \frac{W_{np\text{ пак}}}{W_{nh\text{ пак}}}. \quad (1)$$

Предполагаемый уровень решения поставленных задач ВМФ при использовании ПАК – $W_{нурз\text{ пак}}$ – критерий, характеризующий боевую эффективность – относительная величина, выражаемая отношением реализуемой его части

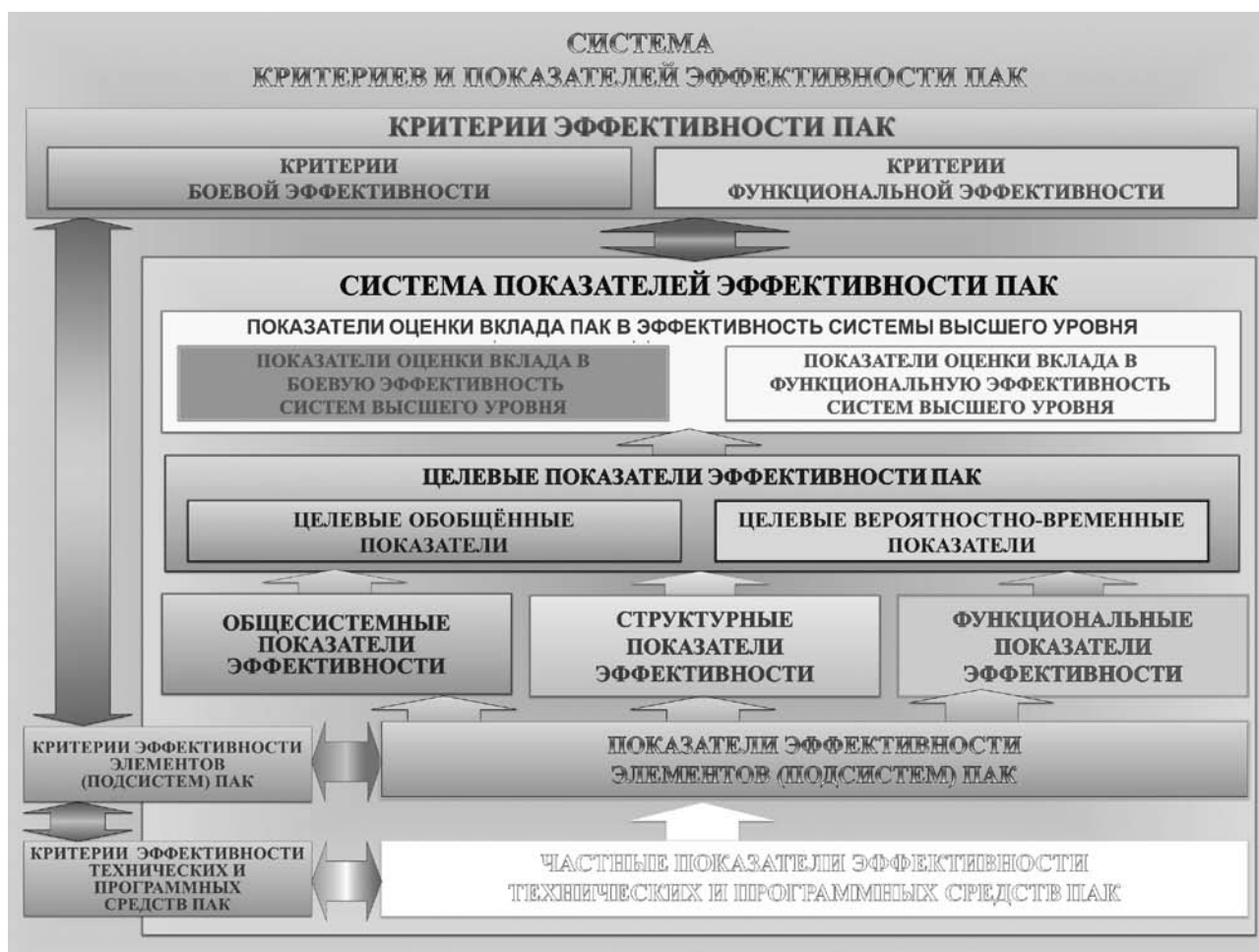


Рис. 3. Критерии и система показателей эффективности ПАК

к необходимой (потребной) для решения задач $W_{nn \text{ макс}}$:

$$W_{\text{нужн макс}} = \frac{W_{\text{нп макс}}}{W_{\text{нн макс}}} \quad (2)$$

Под критериями функциональной эффективности ПАК подразумеваются критерии, показывающие способность ПАК обеспечивать решение задач управления с заданными характеристиками. За критерии функциональной эффективности приняты уровень эффективности процессов управления ЦУ ГК ВМФ, АСУ ВМФ, процессов управления НЦУО РФ в части ВМФ и ПАК НЦУО РФ в части ВМФ с использованием ПАК.

Уровень эффективности процессов управления ЦУ ГК ВМФ с использованием ПАК – $U_{\text{нп}}(t)$ – результативность достижения целей комплекса [7]. Он выражается как сумма уровней эффективности процессов, автоматизируемых ПАК:

$$U_{\text{нп}}(t) = \sum_{i=1}^n U_{\text{нп}_i}(t), \quad (3)$$

где $U_{\text{нп}_i}$ – уровень эффективности i -го процесса управления ЦУ ГК ВМФ с использованием ПАК;

n – количество процессов управления, обеспечиваемых ПАК.

Уровень функциональной эффективности АСУ ВМФ с использованием ПАК – $U_{\text{фа}}(t)$ – результативность функционирования комплекса как подсистемы АСУ ВМФ. Он выражается как сумма уровней эффективности функций АСУ ВМФ, реализованных в ПАК:

$$U_{\text{фа}}(t) = \sum_{i=1}^n U_{\text{фа}_i}(t), \quad (4)$$

где $U_{\text{фа}_i}$ – уровень эффективности i -ой функции АСУ ВМФ с использованием ПАК;

n – количество функций АСУ ВМФ с использованием ПАК.

Уровень эффективности процессов управления НЦУО РФ в части ВМФ с использованием ПАК – $U_{\text{нц}}(t)$ – результативность комплекса с точки зрения НЦУО РФ, в состав которого входит ЦУ ГК ВМФ. Он выражается как сумма уровней эффективности процессов управления НЦУО РФ в части ВМФ, охваченных ПАК:

$$U_{\text{нц}}(t) = \sum_{i=1}^n U_{\text{нц}_i}(t), \quad (5)$$

где $U_{\text{нц}_i}$ – уровень эффективности i -го процесса управления НЦУО РФ в части ВМФ с использованием ПАК;

n – количество процессов управления НЦУО РФ в части ВМФ, обеспечиваемых ПАК.

Уровень функциональной эффективности ПАК НЦУО РФ в части ВМФ с использованием ПАК – $U_{\text{фн}}(t)$ – результативность функционирования комплекса как подсистемы ПАК НЦУО РФ. Он выражается как сумма уровней эффективности функций, автоматизированных в ПАК в интересах ПАК НЦУО РФ в части ВМФ:

$$U_{\text{фн}}(t) = \sum_{i=1}^n U_{\text{фн}_i}(t), \quad (6)$$

где $U_{\text{фн}_i}(t)$ – уровень эффективности i -ой функции ПАК НЦУО РФ в части ВМФ с использованием ПАК;

n – количество функций ПАК НЦУО РФ в части ВМФ с использованием ПАК.

С критериями боевой и функциональной эффективности взаимосвязаны критерии эффективности элементов (подсистем), технических и программных средств.

Система показателей эффективности ПАК имеет пятиуровневую структуру и включает в себя показатели оценки вклада в системы высшего уровня, целевые, общесистемные, структурные, функциональные, показатели элементов (подсистем) и частные показатели.

Верхний уровень этой системы включает в себя показатели оценки вклада ПАК в боевую и функциональную эффективность систем высшего уровня (рис. 4).

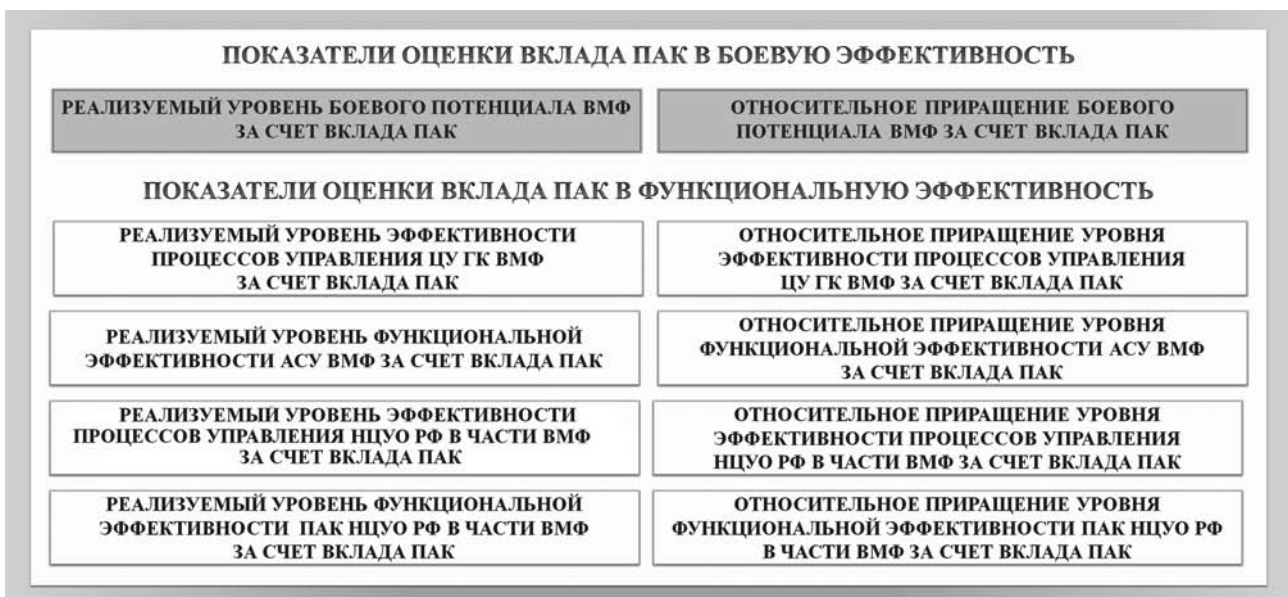


Рис. 4. Показатели оценки вклада ПАК

Показателями оценки вклада ПАК в боевую эффективность определены реализуемый уровень боевого потенциала ВМФ и его относительное приращение. Показателями оценки вклада ПАК в функциональную эффективность определены следующие: реализуемый уровень эффективности процессов управления ЦУ ГК ВМФ и его относительное приращение; реализуемый уровень эффективности АСУ ВМФ и его относительное приращение; реализуемый уровень эффективности процессов управления НЦУО РФ в части ВМФ и его относительное приращение; реализуемый уровень эффективности ПАК НЦУО РФ и его относительное приращение.

Целевые показатели эффективности ПАК – это показатели степени достижения целей и реализации задач, включающие в себя обобщенные и вероятностно-временные показатели (рис. 5). Целевыми обобщенными показателями определены интегральный показатель эффективности процессов управления боевой и повседневной деятельностью ВМФ в различные периоды обстановки, комплексный и сводный показатели эффективности.

К целевым вероятностно-временным показателям отнесены вероятности реализации всех процессов управления, одного из процессов, одной из функций, одной из функциональных задач в течение заданного времени, а также средние времена их реализации с использованием ПАК.

Общесистемные показатели эффективности – это показатели, характеризующие основные системные (системообразующие) свойства ПАК. Структурные показатели эффективности – это показатели, характеризующие структурное построение ПАК как системы, взаимосвязь ее элементов (подсистем), типы и характер этих связей. Функциональные показатели эффективности – так называемые поведенческие показатели, характеризующие способность ПАК выполнять возложенные на него функции. Общесистемными, структурными и функциональными показателями могут быть определены общепринятые, приведенные в руководящих документах.

Показатели эффективности элементов (подсистем) – показатели, характеризующие свойства элементов (подсистем) ПАК. Частные показатели эффективности – это показатели, характеризующие свойства технических и программных средств ПАК.

Рассмотренные выше критерии и показатели эффективности должны отвечать требованиям соответствия, полноты, критичности, вычисляемости и физического смысла, а также быть конкретизированы в части общесистемных, структурных и функциональных показателей. Затем, после определения методов получения их числовых значений, обоснования и выбора математического аппарата их расчета, они могут быть использованы для оценки эффективности ПАК.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В стране развернуты масштабные работы по созданию системы центров управления обороной РФ. Технической основой центров управления являются высокоинтеллектуальные средства автоматизации, организованные в ПАК качественно нового уровня, не имеющие аналогов. Успешность применения центров управления определяется эффективностью ПАК, однако методология определения и оценки эффективности ПАК как многоуровневой структурно-функциональной системы отсутствует.

В настоящей статье на качественном уровне предложен, на основе методологии системного анализа, перспективный комплексный подход к построению системы критериев и показателей эффективности ПАК ЦУ ВМФ. Подход базируется на оригинальном алгоритме оценки эффективности ПАК, учитывающем особенности ВМФ как предметной области применения ПАК и последние достижения в области создания информационно-управляющих систем.

Предложенная система критериев и показателей эффективности ПАК ЦУ ВМФ включает:

- критерии эффективности;
- показатели оценки вклада ПАК ЦУ ВМФ в эффективность системы высшего уровня;



Рис. 5. Целевые показатели эффективности ПАК

- целевые показатели эффективности ПАК ЦУ ВМФ;
- общесистемные, структурные и функциональные показатели эффективности ПАК ЦУ ВМФ;
- показатели эффективности элементов (подсистем) ПАК ЦУ ВМФ;
- частные показатели эффективности технических и программных средств ПАК ЦУ ВМФ.

После определения методов получения числовых значений приведенных показателей, обоснования и выбора математического аппарата их вычислений, предложенный подход может быть использован для расчета эффективности ПАК. При этом применение описанного подхода позволяет:

- осуществлять обоснованный выбор наилучших вариантов построения ПАК уже на этапе разработки и внедрения;
- определять вклад ПАК в реализуемую эффективность применения ВМФ;
- оценивать качество решения задач управления с использованием ПАК;
- разрабатывать предложения по дальнейшему повышению эффективности и улучшению характеристик ПАК ЦУ ВМФ.

Данный комплексный подход также может быть применен для оценки эффективности программно-аппаратных комплексов центров управления видов (родов войск) Вооруженных Сил и других силовых структур РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В Адмиралтействе открыт Центр управления Главного командования ВМФ России. [Электронный ресурс]// Национальная оборона. ЦАМТО. – Режим доступа: <http://www.armstrade.org/includes/periodics/news/2014/1217/183527101/detail.shtml> (17.12.2014).
2. Соловьёв И.В., Геков В.В., Доценко С.М. и др. Современные проблемы управления силами ВМФ. Теория и практика. Состояние и перспективы. – СПб.: Политехника, 2006. – 432 с.
3. Арепин Ю.И., Допира Р.В., Смоляков А.А. Военная кибернетика: методология создания автоматизированных систем управления техническим обеспечением. – Тверь: ЗАО НИИ ЦПС, 2006. – 202 с.
4. Тарасенко Ф.П. Прикладной системный анализ (наука и искусство решения проблем): учебник. – Томск: Издательство Томского университета, 2004.
5. Акимова Г.П., Соловьёв А.В., Янишевский И.М. Методология оценки эффективности иерархических информационных систем // Труды ИСА РАН. – М., 2006. – Т. 23. – С. 48–66.
6. Кругликов С.В., Леоновец Ю.А. Комплексный подход к оценке эффективности автоматизированной системы управления Военно-воздушными силами и войсками противовоздушной обороны // Наука и военная безопасность. – Минск, 2007. – № 2. – С. 49–53.
7. Рябчук В.Д., Кондратьев В.В., Ничипор В.И. Эффективность систем управления общевойсковых тактических формирований, общая методология ее прогноза и оценки// Вестник Академии военных наук. – 2014. – № 3 (48). – С. 75–81.

REFERENCES

1. V Admiralteistve otkryt Tsentr upravleniia Glavnogo komandovaniia VMF Rossii [In the Admiralty Opened the Control Center of the Main Command of the Russian Navy]. *Natsionalnaia oborona. TSAMTO* [National Defense. CAMTO], 2014, 17 December. Available at: <http://www.armstrade.org/includes/periodics/news/2014/1217/183527101/detail.shtml>.
2. Solovov I.V., Gekov V.V., Dotcenko S.M. et al. *Sovremennye problemy upravleniia silami VMF. Teoriia i praktika. Sostoianie i perspektivy* [Contemporary Problems of Control by the Navy. Theory and Practice. Status and Prospects]. St. Petersburg, Politehnika Publ., 2006. 432 p.
3. Arepin Yu.I., Dopira R.V., Smoliakov A.A. *Voennaia kibernetika: metodologia sozdaniia avtomatizirovannykh sistem upravleniia tekhnicheskim obespecheniem* [Military Cybernetics: The Methodology for the Creation of Automated Control Systems Technical Support]. Tver, ZAO NII TSPS Publ., 2006. 202 p.
4. Tarasenko F.P. *Prikladnoi sistemnyi analiz (nauka i iskusstvo reshenia problem)* [Applied System Analysis (The Science and Art of Solving Problems). Textbook]. Tomsk, Tomsk University Publ., 2004.
5. Akimova G.P., Solovov A.V., Yanishevskii I.M., *Metodologia otsenki effektivnosti ierarkhicheskikh informatsionnykh sistem* [Methodology to Assess the Effectiveness of Hierarchical Information System]. *Trudy ISA RAN. T 23* [Proc. Institution of Russian Academy of Sciences. Institute for Systems Analysis RAS], Moscow, 2006, vol. 23, pp. 48–66.
6. Kruglikov S.V., Leonovets Yu.A. *Kompleksnyi podkhod k otsenke effektivnosti avtomatizirovannoi sistemy upravleniia VoЕННО-vozdushnymi silami i voiskami protivovozdushnoi oborony* [The Comprehensive Approach to Assess the Effectiveness of Automated Control System of the Air Force and Air Defense Forces]. *Nauka i voennaia bezopasnost* [Science and Military Security], Minsk, 2007, no. 2, pp. 49–53.
7. Riabchuk V.D., Kondratiev V.V., Nichipor V.I. *Effektivnost sistem upravleniia obschevoiskovykh takticheskikh formirovani, obschaia metodologiia ee prognoza i otsenki* [The Effectiveness of the Control Systems Combined Arms Tactical Formations, the General Methodology of Forecasting and Assessment]. *Vestnik Akademii voennykh nauk* [Bulletin of the Academy of Military Sciences], 2014, no. 3 (48), pp. 75–81.