

О.П. Ваколюк

Филиал «Научно-Технический Центр» АО «Концерн «Моринформсистема-Агат», Санкт-Петербург

МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОРАБЕЛЬНЫХ ИНТЕГРИРОВАННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Объект и цель научной работы. Объектом исследований является корабельная интегрированная автоматизированная система управления (ИАСУ). Целью работы является обоснование методов построения специального математического обеспечения (СМО) для повышения эффективности управления кораблем и выполнения поставленных перед ним задач.

Материалы и методы. Обоснование проводится на основе методов аналога и соответствия показателей функциональной эффективности ИАСУ методам построения СМО, позволяющим реализовать эти показатели.

Основные результаты. Разработаны методы построения СМО ИАСУ и алгоритмическая структура, обеспечивающая их реализацию.

Заключение. Новизна методов построения СМО заключается в том, что их реализация позволяет автоматизировать не только отдельные функции должностных лиц, но и объединить автоматизируемые функции в процесс управления кораблем, обеспечивающий подготовку данных для оценки обстановки и выработку рекомендаций командиру для принятия решений по управлению подводной лодкой.

Ключевые слова: подводные лодки, имитационное моделирование, математическое моделирование, автоматизированные системы управления.

Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Для цитирования: Ваколюк О.П. Методы построения специального математического обеспечения корабельных интегрированных автоматизированных систем управления. Труды Крыловского государственного научного центра. 2017; 2(380): 142–147.

УДК 623.618

DOI: 10.24937/2542-2324-2017-2-380-142-147

MISCELLANEOUS

O.P. Vakolyuk

Branch Scientific & Technical Centre, JSC Concern Morinformsystem-Agat, St. Petersburg

DEVELOPMENT METHODS FOR THE SPECIAL MATHEMATICAL SOFTWARE OF MARINE INTEGRATED AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

Object and purpose of research. This paper studies marine integrated automated control system (IACS). The purpose of the study is to justify the development methods for the special software intended to make a ship more controllable and functionally efficient.

Materials and methods. The justification is based on analogy methods and compliance of IACS functional efficiency parameters to the software development methods that allow achieving these performance parameters.

Main results. The paper suggests development methods for IACS software, as well as the algorithmic structure allowing their implementation.

Conclusion. The novelty of suggested development methods for special software is that, if implemented, they will allow automating not only separate functions of the crew members but also the integration of these automated functions into the whole ship control process that ensures preparation of the data required to assess the situation and develop recommendations for the captain.

Key words: automated control system, submarines, modeling, mathematical simulation.

Author declares lack of the possible conflicts of interests.

For citations: Vakolyuk O.P. Development methods for the special mathematical software of marine integrated automated control systems. Transactions of the Krylov State Research Centre. 2017; 2(380): 142–147. (in Russian)

УДК 623.618

DOI: 10.24937/2542-2324-2017-2-380-142-147

Создание корабельных ИАСУ на сегодняшний день стало объективной реальностью. Требования по их созданию включены в тактико-технические задания на строительство перспективных кораблей и подводных лодок (ПЛ) для ВМФ России.

Интегрированная АСУ – совокупность двух и более автоматизированных систем, в которой функционирование одной из них зависит от результатов функционирования другой так, что эту совокупность можно рассматривать как единое целое [1]. Цель создания корабельной ИАСУ – повышение боевой эффективности корабля при решении поставленных задач. В качестве объекта автоматизации в работе рассмотрена подводная лодка.

Современные представления о перспективах автоматизации управления на ПЛ ВМФ базируются на обоснованной необходимости перехода от автоматизации расчетно-графических задач, реализованных в корабельных автоматизированных системах управления (КАСУ), к автоматизации процесса управления, обеспечивающего оценку обстановки и выработку рекомендаций командиром для принятия решений. Необходимо качественное совершенствование корабельных АСУ, применение информационных технологий обработки информации и выработки рекомендаций по управлению ПЛ на основе методов экспертных систем, ситуационного управления, единых связанных баз данных, гибридных баз знаний, обеспечивающих информационную и интеллектуальную поддержку принятия решений командиром по управлению ПЛ [4, 5].

Проблема создания новых и качественного совершенствования автоматизированных систем управления для ПЛ ВМФ носит актуальный характер и становится реализуемой, т.к. появились субъективные и объективные предпосылки ее решения.

К субъективным предпосылкам создания новых и качественного совершенствования автоматизированных систем управления следует отнести: потребность командира ПЛ в повышении уровня автоматизации выработки достоверных данных для оценки обстановки и рекомендаций для принятия решений в условиях высокой неопределенности обстановки, малых дистанций обнаружения наиболее вероятных противолодочных сил – подводных лодок и противолодочной авиации, скоротечности дуэльной ситуации, наличия на борту ПЛ значительного количества средств поражения и подавления, требующих их обоснованного применения с минимальными временными интервалами, необходимости избежать проявления человеческого фактора в экстремальных ситуациях и т.д.

К объективным предпосылкам создания новых и качественного совершенствования автоматизированных систем управления следует отнести: наличие высокопроизводительных ЭВМ, сетевых структур обмена данными, значительных объемов памяти, открытых операционных систем, баз данных, графических пакетов прикладных программ и языков программирования высокого уровня, возможность построения АСУ с открытой архитектурой и необходимость интеграции АСУ тактического звена в ИАСУ ВМФ и АСУ Вооруженных Сил РФ.

Все это позволяет обеспечить следующее.

- Во-первых, программную интеграцию боевой информационно-управляющей системы (БИУС) и средств освещения обстановки в интересах своевременной выработки и наглядного представления обоснованных рекомендаций командиром по управлению ПЛ.
- Во-вторых, применение единых аппаратно-программной, технической и информационной платформ, позволяющих унифицировать применяемые технологические конструктивы, пультовое оборудование, системы электропитания и документирования, запасное имущество и принадлежности (ЗИП).

Из изложенного следует, что по пути создания интегрированной системы необходимо двигаться по двум основным направлениям. Первое направление – это создание качественно нового специального математического обеспечения (СМО), реализующего автоматизацию не отдельных расчетно-графических задач, а процессов управления ПЛ, ее оружием и вооружением. Второе направление – информационная и техническая интеграция систем и комплексов, являющихся основой для реализации первого направления.

Первое направление, как ожидается, должно привести к повышению эффективности решения задач, выполняемых ПЛ в море, а второе – к экономии средств на разработку, эксплуатацию и техническое обслуживание ИАСУ.

Эффективность решения поставленных перед ПЛ задач оценивается по степени достижения цели действий. Поставленная цель достигается путем реализации боевого потенциала. Боевой потенциал – это совокупность материальных и духовных возможностей Вооруженных Сил, которые могут быть использованы для достижения стоящих перед ними задач. Это прочный сплав воинского мастерства и высокой технической оснащенности [3]. Интеллектуальной основой боевого потенциала ПЛ являются

математический аппарат, способы и методы построения СМО средств автоматизации функций органов управления кораблей и интеллект самих органов управления. Используя интеллектуальную основу боевого потенциала, ПЛ выполняет задачи и достигает поставленной цели действий.

Любая боевая система (корабль или подводная лодка) характеризуется свойствами, определяющими ее целевое предназначение при решении возлагаемых на нее задач. Свойства боевой системы определяются множеством свойств подсистем, входящих в нее. Каждая из подсистем боевой системы характеризуется своими свойствами, отличающими ее от других подсистем или определяющими их общность. Обобщенное (интегральное) свойство боевой системы, характеризующее ее целевое предназначение и отражающее ее способность решать поставленные задачи, определяет качество системы и оценивается эффективностью решения задач или достижения цели [2].

Таким образом, по степени реализации боевого потенциала ПЛ, который оценивается эффективностью решения поставленных задач, мы косвенно оцениваем эффективность функционирования ИАСУ и достоверность выбора и реализации методов построения СМО.

Исходя из изложенного, теоретическое обоснование применимости методов построения СМО в работе проводится на основе потребности в их реализации для повышения эффективности решения поставленных перед ПЛ задач и качества ИАСУ, выраженного через свойства системы, обуславливающие ее пригодность выполнять потребности в соответствии с назначением.

Рассмотрим свойства корабельной ИАСУ и методы построения СМО, позволяющие реализовать те из них, которые являются новыми.

Свойства ИАСУ рассмотрим применительно к двум различным группам тактических ситуаций: экстремальной и текущей.

Экстремальные тактические ситуации – такие, в которых автоматизация процессов управления, согласно требованиям к их выполнению по условиям обстановки, ограничивает участие органов управления выполнением функций утверждения рекомендаций и контролем их выполнения.

Текущие тактические ситуации – такие, в которых автоматизация процессов управления предполагает творческое участие органов управления в оценке обстановки и выработке рекомендаций для принятия решений на действия ПЛ.

В экстремальных тактических ситуациях наиболее важными, с точки зрения потребностей оценки качества ИАСУ, являются следующие свойства.

1. Эффективность вырабатываемых рекомендаций по управлению ПЛ в конкретных условиях экстремальной тактической ситуации (изменение состояния ПЛ, применение средств поражения и подавления).
2. Оперативность выполнения процессов автоматизированного управления (от момента получения данных о наличии сигнала до выработки управляющих воздействий или команд на их исполнение).
3. Достоверность оценки обстановки – соответствие результатов оценки обстановки сложившейся тактической ситуации.
4. Адекватность рекомендаций по управлению ПЛ – соответствие вырабатываемых рекомендаций сложившейся тактической ситуации.
5. Надежность выполнения процессов автоматизированного управления.

В текущих тактических ситуациях, где автоматизация процессов управления осуществляется в интересах поддержки органов управления при принятии решений на управление ПЛ, с точки зрения потребностей оценки качества ИАСУ наиболее важными являются следующие свойства.

1. Эффективность вырабатываемых рекомендаций по управлению ПЛ в конкретных условиях текущей тактической ситуации (изменение состояния ПЛ, применение средств поражения и подавления).
2. Достоверность оценки обстановки – соответствие результатов оценки обстановки сложившейся тактической ситуации.
3. Точность выработки данных о состоянии и положении объектов, состоянии средств и среды, оцениваемых в системе (координаты и параметры движения целей, целеуказание средствам поражения и подавления, состоянии боевой системы, ее полей, внутренней среды и т.д.).
4. Обоснованность вырабатываемых рекомендаций по управлению ПЛ.
5. Надежность выполнения процессов автоматизированного управления.
6. Оперативность автоматизированного управления (определяется потребностью лица, принимающего решение, в обеспечении соответствующих условий его творческой работы для оценки обстановки и выработки обоснованных рекомендаций по управлению боевой системой).

Отличие в двух группах тактических ситуаций – экстремальной и текущей – заключается в их скорости и опасности. Очевидно, что оперативно выработанные адекватные рекомендации в экстремальной тактической ситуации, соответствующие цели управления, пусть и не самые точные, но обеспечивающие позитивное оперативное разрешение тактической ситуации, объективно лучше точных обоснованных рекомендаций, выработанных лишь к исходу тактической ситуации, когда их реализация не обеспечивает выполнение цели управления.

Анализируя представленный состав свойств, следует отметить, что ИАСУ присущи новые свойства, отличающие ее от ранее созданных автоматизированных систем управления, для которых не проводилась оценка качества по показателям, характеризующим следующие свойства.

Свойство оперативности выполнения процессов автоматизированного управления. Это свойство присуще всем корабельным автоматизированным системам управления. Однако отличительной особенностью ИАСУ является функционирование входящих в нее автоматизированных систем как единого целого [1], а значит, оценивается не время решения расчетно-графических задач, а время автоматизации процесса управления, реализации сквозных алгоритмов функционирования подсистем ИАСУ. При этом выделение составных частей процесса оценки обстановки, реализуемых подсистемами ИАСУ, не всегда представляется возможным.

Свойство достоверности оценки обстановки. Новизна данного свойства заключается в том, что оценка обстановки обстановки и классификация тактической ситуации в ИАСУ производится автоматизировано, на основе алфавита понятий предметной области, описывающих тактическую обстановку, состояние ПЛ и внешней среды, в которой она находится.

Свойство адекватности вырабатываемых рекомендаций по управлению ПЛ. Новизна данного свойства заключается в том, что оно выражает отношение выработанных рекомендаций цели управления, которые на ее основе реализуются. Эта форма адекватности непосредственно связана с практическим использованием информации, с соответствием задач, решаемых всеми подсистемами ИАСУ, текущей цели управления и задачи, стоящей перед ПЛ.

Свойство обоснованности вырабатываемых рекомендаций по управлению ПЛ. Новизна данного свойства заключается в том, что ИАСУ позволяет производить выбор оптимального обоснованного решения по показателю оценки эффективности выполнения тактического эпизода.

Рассмотрим методы построения СМО, позволяющие реализовать данные свойства ИАСУ.

В экстремальных тактических ситуациях реализацию свойств оперативности, достоверности и адекватности обеспечивают методы построения СМО на основе ситуационного управления и экспертных систем.

Применение метода ситуационного управления нацелено на ситуации, в которых изменяется состояние объекта управления и происходит адаптация технических систем и деятельности личного состава в соответствии с конкретной ситуацией. При этом при принятии решения и реализации замысла управления ответственное за это лицо должно учитывать как текущую ситуацию (информацию о внешней среде и функционировании объекта в данный момент времени), так и полную совокупность ситуаций (информацию о цели функционирования объекта и технологии управления объектом для достижения цели). Метод обеспечивает оперативную и достоверную оценку описания текущего состояния системы «ПЛ – среда – противник». Описание ситуации представляет собой набор понятий, характеризующих поставленную ПЛ задачу, внешнюю и внутреннюю обстановку, полученных по данным собственных средств наблюдения или по каналам связи. Анализ состояния системы и отождествление ситуации проводится на основе логико-трансформационных правил вида «Если (выполняется условие)..., то (рекомендуются действия)...». Под вырабатываемыми решениями понимаются рекомендации на выполнение тактического эпизода.

Выработка рекомендаций на управление в тактическом эпизоде проводится на основе готовых решений, расположенных в базе знаний. Для этого применим метод построения СМО на основе экспертных систем. Он обеспечивает оперативную и адекватную выработку рекомендаций по управлению ПЛ в соответствии с текущей ситуацией и поставленной задачей.

Экспертные системы находят применение как эффективное средство анализа плохо формализуемых и трудно алгоритмизуемых задач по распознаванию тактических ситуаций и классификации конфликтов, условий их реализации, поиску целесообразных и оптимальных действий в условиях различных конфликтов. Методы экспертных систем позволяют находить решения при неполноте исходных данных об объекте управления, идентифицировать стратегии и действия противника в конфликтных ситуациях, обрабатывать смысловое содержание больших объемов информации и на основе этого формировать оптимальные решения для управления. Одним из основных

направлений применения метода экспертных систем в экстремальных ситуациях становится выработка решений по управлению в соответствии с текущей ситуацией.

Отличительными особенностями экспертных систем от алгоритмических являются их способности к обоснованию рекомендаций и обучению. Это позволяет повысить степень доверия лица, принимающего решения, к выработанным рекомендациям и возможность наращивания базы знаний ИАСУ.

Применительно к текущим тактическим ситуациям реализацию свойств достоверности и обоснованности обеспечивают методы построения СМО на основе ситуационного управления, имитационного моделирования и расчетно-логических алгоритмов.

Суть функционирования метода ситуационного управления в типовых тактических ситуациях – достоверная оценка обстановки и классификация тактической ситуации.

Применение методов имитационного моделирования или алгоритмических зависит от классифицируемой ситуации и реализуемого тактического эпизода.

Для алгоритмического метода применимы, реализованные в современных БИУС, расчетно-логические задачи.

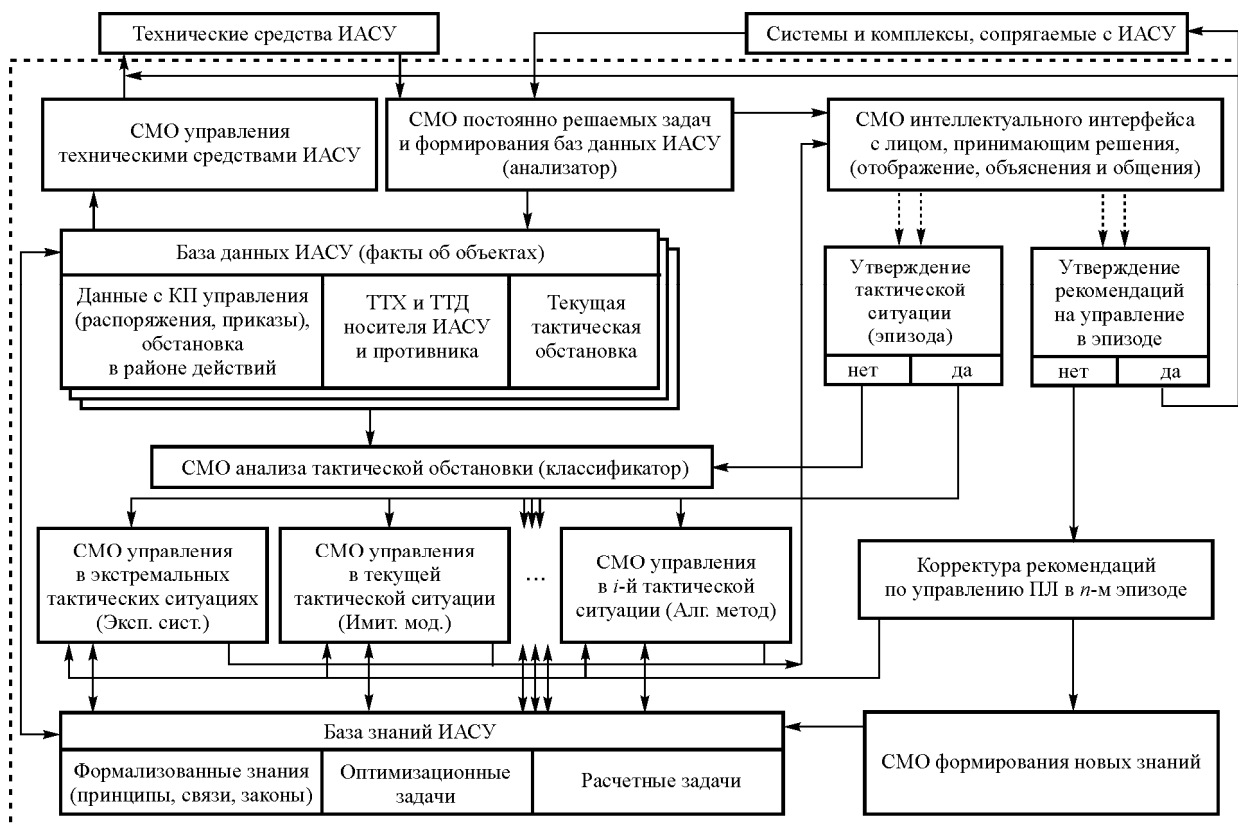
Применение методов имитационного моделирования в реальной динамике выполнения тактических эпизодов становится возможным при применении многопроцессорных ЭВМ и распределенной организации вычислительного процесса.

Обоснованность выработанных рекомендаций оценивается по выбранному показателю эффективности реализации тактических эпизодов моделированием возможных стратегий поведения корабля, вооруженного ИАСУ, и противодействующих сил противника.

Моделирование должно проводиться в реальной динамике процесса управления. Для выработки обоснованных оптимальных стратегий поведения ПЛ,

Рис. Алгоритмическая структура построения специального математического обеспечения интегрированной автоматизированной системы управления

Fig. Algorithmic development structure for special software of integrated automated control system



необходимо проводить моделирование по множеству стратегий своего поведения и противника. Из полученных результатов моделирования необходимо выбрать план управления, обеспечивающий максимальное значение показателя эффективности для реализуемого тактического эпизода.

Однако для выработки обоснованного плана управления необходима настройка системы на решение тактического эпизода и ввод значительного количества исходных данных, учет которых должен быть произведен на этапе создания СМО при моделировании процесса управления на моделирующем стенде.

Вариант построения алгоритмической структуры построения СМО ИАСУ с применением вышеизложенных методов представлен на рисунке.

Исходя из изложенных методов построения СМО ИАСУ, следует, что для достижения цели автоматизации ПЛ (повышения боевой эффективности ПЛ при решении поставленных задач) на сегодняшний день актуальным является интеграция методов построения СМО.

Необходима интеграция методов искусственного интеллекта с системным анализом, исследованием операций и теорией управления. Интеграция методов построения СМО в ИАСУ должна обеспечить решение следующих задач.

1. Оперативный анализ динамики системы «ПЛ – среда – противник», вариантов сценариев изменения входных воздействий на элементы и подсистемы ПЛ с учетом пространственно-временных, технических и технологических ограничений, связанных с процессом ее применения по целевому назначению в различных условиях обстановки, т.е. осуществление классификации тактической ситуации.
2. Достоверное оценивание структурного состояния ПЛ, включающее многокритериальную оценку ее

состояний при различных вариантах воздействий, боеспособности, скрытности, управляемости, наблюдаемости и устойчивости ПЛ, т.е. определение вариантов возможных действий.

3. Адекватный и обоснованный выбор оптимальных рекомендаций по управлению ПЛ и регулированию состояния системы «ПЛ – среда – противник».

Библиографический список

Reference

1. Автоматизированные системы. Термины и определения. ГОСТ 34.003-90. М.: Издательство стандартов, 2000.
2. Ваколюк О.П. Обоснование системы свойств и показателей эффективности интегрированных систем боевого управления боевых систем ВМФ. М.: ОАО «Концерн «Моринсис-Агат», 2015.
3. Военно-морской словарь. М.: Воениздат, 1989.
4. Величко Г.А., Каганович С.Л., Кузнецов И.В. Основы проектирования экспертных систем. М.: Воениздат, 1994.
5. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. М.: Наука, 1986.

Сведения об авторах

Ваколюк Олег Павлович, к.т.н., старший научный сотрудник, ведущий специалист филиала «НТЦ» АО «Моринформсистема-Агат». Адрес: 192286, Россия, Санкт-Петербург, Альпийский пер., д. 29. Телефон: 8 (812) 648-02-28. E-mail: kvo267@bk.ru

About the authors

Vakolyuk, Oleg P., Candidate of Technical Science, Senior Researcher, Lead Expert, STC Branch, JSC Morinformsystema-Agat, address: 29, Alpiyskiy per., St. Petersburg, Russia, post code 1192286. Tel.: 8 (812) 648-02-28. E-mail: kvo267@bk.ru

Поступила: 07.02.17
Принята в печать: 03.04.17
© О.П. Ваколюк, 2017