

EDN: XUFZSF

УДК 681.883.77

Clarification of the Variant of the Composition of the Hydroacoustic System in the Interests of Creating a New Effective Technology for the Functioning of Algorithms for Collecting and Processing Information About the Underwater Environment

Pavel A. Starodubtsev,
Evgeny A. Storozhok and Grigory V. Dorofeev*
*Pacific Higher Naval School named after S. O. Makarov
Vladivostok, Russian Federation*

Received 25.04.2023, received in revised form 03.06.2023, accepted 08.08.2023

Abstract. The formation of the appearance of the hydroacoustic system and part of the subsystem for collecting and processing information is traditionally a process of selecting standard procedures that ensure the construction of a system with the required parameters [1]. However, the methodology of using standard design solutions and procedures allows you to assemble individual components of the system, but not the system itself. The system is formed as a result of the purposeful implementation of system relations between components, that is, as a result of the purposeful organization of their functioning, interaction, or more precisely, the organization of procedures for collecting and processing information. Currently, there are no fully sufficient standard design solutions and procedures, techniques that allow for the systematic organization of information collection and processing. The creation of such procedures is to a certain extent the lot of the developer or operator of the system construction and is substantially based on his experience and intuition. In this regard, the organization of the collection and processing of information about the underwater environment is of the greatest interest from the point of view of the subject of research of this scientific article.

Keywords: aggregation, hydroacoustic system, information losses, state of the environment, purpose of aggregation, tuple, selection procedures.

Citation: Starodubtsev, P.A., Storozhok, E.A., Dorofeev, G.V. Clarification of the variant of the composition of the hydroacoustic system in the interests of creating a new effective technology for the functioning of algorithms for collecting and processing information about the underwater environment. *J. Sib. Fed. Univ. Eng. & Technol.*, 2023, 16(6), 759–768. EDN: XUFZSF



Уточнение варианта состава гидроакустической системы в интересах создания новой эффективной технологии функционирования алгоритмов сбора и обработки информации о подводной обстановке

П. А. Стародубцев, Е. А. Сторожок, Г. В. Дорофеев

Тихоокеанское высшее военно-морское училище

им. С. О. Макарова

Российская Федерация, Владивосток

Аннотация. Формирование облика гидроакустической системы и части подсистемы сбора и обработки информации традиционно представляет собой процесс выбора типовых процедур, обеспечивающих построение системы с требуемыми параметрами [1]. Однако методология применения типовых проектных решений и процедур позволяет собрать отдельные компоненты системы, но не саму систему. Система формируется в результате целенаправленной реализации системных отношений между компонентами, т.е. в результате целенаправленной организации их функционирования, взаимодействия или, точнее, организации процедур сбора и обработки информации. В настоящее время не существует в полной мере достаточных типовых проектных решений и процедур, методик, позволяющих обеспечить системную организацию сбора и обработки информации. Создание таких процедур в определенной степени является уделом разработчика или оператора построения системы и в существенной степени базируется на его опыте и интуиции. В связи с этим наибольший интерес с точки зрения предмета исследований данной научной статьи представляет именно организация сбора и обработки информации о подводной обстановке.

Ключевые слова: агрегирование, гидроакустическая система, информационные потери, состояние среды, цель агрегирования, кортеж, процедуры выбора.

Цитирование: Стародубцев П. А. Уточнение варианта состава гидроакустической системы в интересах создания новой эффективной технологии функционирования алгоритмов сбора и обработки информации о подводной обстановке / П. А. Стародубцев, Е. А. Сторожок, Г. В. Дорофеев // Журн. Сиб. федер. ун-та. Техника и технологии, 2023, 16(6). С. 759–768. EDN: XUFZSF

Введение

Суть задачи уточнения варианта гидроакустической системы состоит в агрегировании A , позволяющем в соответствующем сложном состоянии среды Q обеспечить достижение цели G построения подсистемы обработки информации о подводной обстановке и минимизировать информационные потери l при ограничениях на ресурсы $P_{зад}$.

$$A: G \rightarrow K_2 = \min l(S/F_{инф}, R, P, A, Q), P \leq P_{зад}. \quad (1)$$

Недостаточная определенность внешней среды и реакции гидроакустической системы, имеющей объективно ограниченные возможности, приводят к тому, что часть информации при обработке теряется, становится недостоверной, ложной, неактуальной. Эта часть информации относится к информационным потерям.

Организация сбора и обработки информации определяет поведение системы в среде как открытой активной, развивающейся системы, в которой главное внимание уделяется процессам

взаимодействия компонентов, рациональному использованию вычислительных и информационных ресурсов в соответствии с состоянием среды. Системная организация сбора и обработки информации или, точнее, агрегирование процедур сбора и обработки с учетом состояния среды создает предпосылки для возникновения новой системы с особыми качествами.

Основная часть

С учетом вышесказанного для формирования методики агрегирования процедур сбора и обработки оправданы допущения о том, что:

- аппаратура, специальное математическое и информационно-лингвистическое обеспечение базируется на известных типовых проектных решениях и удовлетворяет предъявляемым требованиям;
- процедуры обработки информации созданы по методологии модульного программирования как независимые. Каждая из них обеспечивает минимум потерь при обработке информации, т.е. минимум потерянной, ложной, дублирующей информации и информации, не соответствующей требованиям по точности.

Суть задачи агрегирования процедур сбора и обработки состоит в формировании на основе типовых проектных решений под каждое состояние среды Q функционала, обеспечивающего достижение цели функционирования G или минимизации информационных потерь l при ограничениях на вычислительные ресурсы системы $P_{зад}$ и располагаемое время $T_{расч}$.

$$G: l\{\lambda, R, T, P, Q\} \rightarrow \min, P \leq P_{зад}, T \leq T_{расч}, \quad (2)$$

где λ – приоритет комплекса задач, функционала, процесса.

В условиях конкурентной среды одним из путей достижения неоспоримых преимуществ является опережение противника по темпу действий [2]. Поэтому агрегирование процедур сбора и обработки должно обеспечить минимизацию времени решения соответствующего функционала при имеющихся вычислительных ресурсах. Полное решение соответствующего функционала в течение заданного времени обеспечивает достижение цели функционирования системы. Задержки при обработке и обмене информацией в иерархической гидроакустической системе сказываются на ее точности и достоверности, что неизбежно приводит к ее потерям. Поэтому минимизация времени решения функционала системы за счет организации сбора и обработки информации создает предпосылки для минимизации ее потерь. Такая организация обработки возможна, если обеспечивается независимость процедур, составляющих комплекс задач функционала системы. Поэтому решение задачи должно базироваться на принципах объектно-ориентированного, компонентного или модульного программирования – способов разработки программ, при которых программа разбивается на относительно независимые составные части – программные компоненты или программные модули [3, 4]. Причем при построении каждого из модулей необходимо добиваться минимума времени его решения. Кроме времени решения при построении для каждого алгоритма, модуля обработки определяются так называемые условные профили выполнения. Эти профили в общем случае задают условие применения модуля (выполняемую задачу, требуемые время и вычислительные ресурсы) и показатели качества решений в зависимости от выделенного времени и качества исходных данных. Тогда построение функционала сводится к агрегированию процедур, совокупность которых и обе-

спечит минимум времени решения всего функционала, при располагаемом количестве ресурсов и требуемом качестве обработки. При этом в условиях ресурсных и временных ограничений для агрегирования функционала необходимо использовать различные механизмы планирования вычислений для обеспечения предсказуемости общего времени получения результата [3, 4, 5].

Реализация такого подхода предполагает формирование модели гидроакустической системы, которая функционирует в двух контурах – контуре организации сбора и обработки (адаптации структуры системы) и контуре функционирования (реализации сбора и обработки информации). В контуре организации необходимо осуществлять мониторинг вычислительных ресурсов и их выделение в соответствии с профилями решаемых комплексов, функционалов и задач сформированной модели в целом. Поэтому в состав оператора отображения наряду с компонентами, соответствующими его архитектуре, должен входить и модуль мониторинга и уточнения сценария функционирования.

Формально в общем случае абстрактную модель решения задачи с учетом обеспечения соответствия между скоростями реакции функционала на j -е изменения среды при максимально достижимом качестве решений в условиях ресурсных ограничений можно представить в виде кортежа [6]:

$$\langle Q_j^*, P, T, S, A_p^F, A^F, PA^F \rangle, \quad (3)$$

где $AA^F = (\{(a_i, \Delta t_i, k_i)\}, r)$ – множество реализуемых автоматизированных задач (алгоритмов), их структура (a_i – i -й алгоритм, Δt_i – время выполнения алгоритма a_i , k_i – показатель качества выполнения a_i , $r \subseteq R^F$ – отношение порядка, заданное на структуре алгоритмов); Q_j^* – сложное состояние на заданное время при i -ом измерении (Q_j^*); $P = \{p_k\}$ – вычислительные ресурсы системы (p_k – количество ресурсов k -го типа); T – временное ограничение на принятие решения; $A_p^F = \{a_{ip}\}$ профили алгоритмов; $PA^F : A^F \times Q_j^* \times P \times T \times A_p^F \rightarrow \min l_2$ – правила выбора структуры алгоритмов за заданное время T с наилучшим возможным уточнением сценария, l_2 – показатель качества принятия решения.

В обобщенном виде реализация механизмов удовлетворения временных ограничений при решении задачи предполагается на трех уровнях:

- на уровне решения глобальной задачи (достижения глобальной цели), реализации сценария функционирования системы, предписывающего последовательность выполнения отдельных комплексов и функционалов в конкретном состоянии среды;
- на уровне отдельных комплексов и функционалов, предписывающих реализацию организации последовательности выполнения составляющих их функционалов, модулей, процессов;
- на уровне реализации конкретных модулей и процессов.

Обобщенный, циклически выполняемый алгоритм организации сбора и обработки информации с учетом временных ограничений, реализуемый на всех уровнях перспективной гидроакустической системы, состоит из следующих шагов [5]:

в контуре формирования системы:

- формирование последовательности функционалов, процессов, процедур в соответствии с заданным сценарием функционирования (формирование модели функционирования системы в данном состоянии среды);

- оценка прогнозируемых параметров качества функционирования с учетом имеющихся ресурсов;

- уточнение, в случае необходимости, модели функционирования с учетом наличия функционалов, процессов и процедур, имеющихся ресурсов, требуемого времени и приемлемого качества результата функционирования;

- реализация сформированной модели системы;

в контуре функционирования системы – реализация сценария функционирования в соответствии с выбранной моделью под состояние среды. Динамическое прогнозирование и отслеживание состояния среды (количества информации, имеющихся вычислительных ресурсов) и, в случае необходимости, уточнение модели для получения требуемых показателей качества функционирования (качества информации).

Совокупность изложенных в разделе методических положений направлена на формирование такой группировки гидроакустических средств с организацией в ней сбора и обработки информации, общие (системные) характеристики которой являются предпочтительными с точки зрения минимальных потерь информации о подводной обстановке в зоне ответственности противолодочных сил флота.

Однако ввиду ресурсных ограничений эти процедуры не гарантируют того, что сформированная гидроакустическая система полностью удовлетворит всей совокупности требований к информационному обеспечению задач противолодочной обороны (ПЛО).

Ситуация может быть улучшена путем агрегирования самой информации, поступающей в систему из внешней среды и преобразовываемой ею в выходные данные, адекватно отображающие подводную обстановку.

Основной задачей гидроакустической системы является задача сбора, обработки и автоматизированной выдачи потребителям информации о подводной обстановке в реальном масштабе времени. Теоретическое осмысление процессов сбора, обработки и автоматизированной выдачи потребителям информации о подводной обстановке осуществляется в рамках теории обработки гидроакустической информации.

При этом одним из основных факторов, подлежащих учету, является подводная обстановка, сложившаяся к определенному времени, представляющая собой совокупность факторов и условий, в которых осуществляется боевая и повседневная деятельность сил и средств противолодочной обороны (ПЛО).

Под информацией о подводной обстановке понимаются значимые данные о подводной обстановке. Основной составляющей информации о подводной обстановке является гидроакустическая информация, представляющая собой совокупность значимых данных о подводных объектах и помеховой обстановке, полученных с помощью средств гидроакустики. Подводным объектом считается объект материального мира, находящийся в подводной среде.

В свою очередь, данные о подводной обстановке формируются на основе значимых данных о каждом из подводных объектов. К значимым данным о подводном объекте относятся координаты, характеристики движения и признаковая информация.

Оформление теории обработки гидроакустической информации как вполне самостоятельной дисциплины произошло под влиянием развития гидроакустической системотехники, на-

учной базой которой является теория больших, информационных систем, осуществляющих свою деятельность в подводной среде [7].

Гидроакустическая системотехника – научное направление, охватывающее проектирование, создание, испытание и эксплуатацию сложных гидроакустических систем. Теоретические и практические исследования, проводимые в рамках гидроакустической системотехники, показали, что «Гидроакустическая система – это нечто большее, нежели простое объединение гидроакустических средств. Функциональное взаимодействие средств внутри системы создает гораздо более широкие технические возможности и по существу создает новое качество. Именно обработка гидроакустической информации является одним из основных компонентов в обеспечении функционального взаимодействия, создании нового качества и реализации функционального назначения гидроакустической системы.

Основополагающими понятиями теории обработки гидроакустической информации являются следующие.

Обработка гидроакустической информации – приведение поступающей гидроакустической информации к виду, удобному для использования при управлении оружием и различными техническими средствами.

Различают следующие этапы автоматизированной обработки гидроакустической информации:

- первичная обработка, под которой понимается преобразование принятых гидроакустических сигналов с целью обнаружения отметок и определения координат и признаков подводных объектов и представление данных о них в виде, удовлетворяющем потребителя;
- вторичная обработка, под которой понимается преобразование данных о подводных объектах, полученных на этапе первичной обработки, с целью обнаружения, определения кинематических параметров и признаков, сопровождения траекторий движения подводных объектов и представления их в виде, удовлетворяющем потребителя;
- третичная обработка, под которой понимается преобразование гидроакустической информации с целью объединения и обобщения сведений о подводных объектах (кинематических параметров и признаков), поступающих от различных источников, и представления их в виде, удовлетворяющем потребителя.

В основу традиционной, классической теории обработки гидроакустической информации положены методы теории вероятности и математической статистики. Функциональные исследования гидроакустических систем потребовали соответствующего ее развития, а также развития теории конфликтно устойчивых радиоэлектронных систем, приложений к теории обработки, теории принятия решений, теории моделирования, теории эффективности. В исследованиях стал использоваться не только аппарат теории вероятности и математической статистики [8, 9], но и аппарат теории множеств [10, 11].

К основным понятиям теории обработки информации относятся такие, как:

- обнаружение, представляющее собой процесс принятия решения о наличии или отсутствии подводного объекта в данной области пространства;
- оценка параметров подводного объекта – задание функции выборки, реализация которой может рассматриваться как приближение неизвестного параметра, представляющее собой процесс определения координат на этапе первичной обработки, кинематических параметров

и признаков на этапе вторичной обработки, объединенных и обобщенных сведений на этапе третичной обработки.

В рамках функционального анализа гидроакустических систем в ходе осмысления и обобщения основных понятий теории обработки информации сформировалась категория «отображение», с помощью которой можно характеризовать как процесс, так и результат функционирования больших и сложных гидроакустических систем [7, 12, 13].

Отображение (матем.) – соответствие, при котором каждому элементу одного множества сопоставляется определенный элемент (определенные элементы) другого множества (единственный, или при многозначном отображении несколько) [10].

Отображение гидроакустическое (как процесс) – получение информации относительно каких-то объектов и преобразование их к такому виду, который нужен потребителю информации.

Под гидроакустическим отображением подводного объекта или множества подводных объектов (как под результатом гидроакустического наблюдения) понимается тело или общее тело неопределённости, описывающие распределение вероятности нахождения объекта в каждой точке четырехмерного пространства с соответствующими координатами или апостериорное распределение плотности вероятностей объектов в пространстве. Такое отображение считается неадекватным. Для преобразования неадекватного отображения в адекватное требуется принять решение, какие максимумы тела неопределенности соответствуют реальным объектам, а какие – ложным тревогам, и осуществить сжатие отображения путем принятия решения о существовании подводных объектов в моменты времени, интересующие систему высшего порядка.

В результате отображение подводного объекта представляет собой точку в четырехмерном пространстве с соответствующими координатами, а отображение совокупности подводных объектов – множество точек. Следует подчеркнуть, что адекватность здесь трактуется как соответствие требованиям системы высшего порядка, или надсистемы, т.е. потребителя информации.

В состав гидроакустических систем входят не только гидроакустические измерительные средства – ГАС (ГАК), реализующие гидроакустическое отображение, но и средства обработки информации, описывающие, преобразующие и представляющие потребителю фрагменты адекватного гидроакустического отображения в соответствующих областях пространства, и каналы передачи данных, транслирующие гидроакустическое или преобразованное в результате обработки отображение. Кроме того, отображая некоторое множество точек, гидроакустическая система отображает и системный признак, характеризующий опосредованно общность задач, решаемых группами, который при обработке не в полной мере используется.

В связи с этим возникает необходимость уточнения категории «отображение» и ряда понятий, связанных с этой категорией.

Пусть X – множество, описывающее подводную обстановку, а $x = x(v, pr, t)$ – элемент этого множества $x \in X$, где v, pr, t – характеристики (кинематические характеристики – v , признаки – pr) подводного объекта или области помех на момент времени t . Тогда формально отображение в гидроакустической системе можно представить следующим образом:

$$X \rightarrow X_R. \quad (4)$$

Причём для одного объекта:

$$x(v, pr, t) \rightarrow x_R(v, pr, t), \quad (5)$$

а для множества объектов:

$$\bigcup_I x_i(v, pr, t) \xrightarrow{R} \bigcup_K x_{Rk}(v, pr, t), x_i(v, pr, t) \in \\ \in X, x_{Rk}(v, pr, t) \in X_R, i = [1, I], k = [1, K], \quad (6)$$

где R , X_R , $X_{Rk}(v, p, t)$ – оператор отображения и, соответственно, результат отображения, представляющий собой некоторое множество отображенных объектов, являющихся подмножеством множества X , и отдельный подводный объект, являющийся элементом множества X ; I , K – количество объектов и количество отображенных объектов соответственно.

Тогда процесс отображения в гидроакустической системе представляет собой процесс, обеспечивающий соответствие каждому элементу или подмножеству элементов множества подводных объектов определенного элемента (или подмножества элементов) другого множества – множества данных о подводных объектах.

Отображение как результат есть множество данных, характеризующихся определенной степенью соответствия подводной обстановке и представленных в гидроакустической системе в виде, удовлетворяющем потребителя.

Основным свойством гидроакустической системы является свойство отображения подводной обстановки.

Свойство отображения – категория, выражающая способность гидроакустической системы обеспечить соответствие каждому элементу или подмножеству элементов множества подводных объектов определенного элемента (или подмножества элементов) другого множества – множества данных о подводной обстановке.

Обработка гидроакустической информации обеспечивает процесс и результат отображения подводной обстановки, т.е. реализует в системе свойство отображения.

Гидроакустическая система состоит из совокупности взаимосвязанных элементов различного функционального назначения и возможностей. Как отмечено выше, часть из них является измерительными, т.е. именно на их входы поступает множество X и, собственно, они, в соответствии со своими возможностями, формируют фрагменты гидроакустического отображения в заданных пространствах наблюдения. Другая часть элементов осуществляет обработку (объединение) фрагментов отображения и выдачу объединенного отображения потребителям. Поэтому свойство отображения гидроакустической системы определяется не только возможностями измерительных элементов, но и возможностями таких элементов, как средства автоматизации и каналы передачи данных.

Свойством отображения в зоне наблюдения системы обладает только система в целом и ни один из ее элементов в отдельности в силу меньших возможностей этим свойством в полной мере не обладает. С этой точки зрения свойство отображения можно трактовать как системное свойство, а категорию отображения – как системную категорию. Это свойство реализуется системным оператором R .

Основное общее требование к отображению – обеспечение адекватности, которая характеризует степень соответствия, полученного гидроакустической системой отображения подводной обстановке, представленного в виде, удовлетворяющем потребителя.

Главной функцией оператора R является формирование в гидроакустической системе отображения, адекватного подводной обстановке, и представление его потребителям в соответствующем виде. Эта функция обеспечивает реализацию целевого предназначения гидроакустической системы и определяет ее эффективность. В связи с этим по адекватности отображения подводной обстановки можно судить об эффективности.

Если обеспечивается формирование адекватного, т.е. соответствующего подводной обстановке и удовлетворяющего требования потребителей отображения, то

$$X_{R\Theta} = X_R \cap X \cap X_\Theta = X, \quad X_R \cap \bar{X} = \emptyset, \quad (7)$$

где X_Θ – множество требований потребителей; $X_{R\Theta}$ – отображение, удовлетворяющее требованиям потребителей, а эффективность системы должна принимать максимальное значение.

При неадекватном отображении

$$\{\bar{X}_R \cap X\} \cup \{\bar{X}_R \cap \bar{X}\} = X_I,$$

где X_I – подмножество, характеризующее потери адекватности отображения.

Адекватность отображения подводной обстановки и собственно отображение как процесс и результат неразрывно связаны с такой фундаментальной категорией, как неопределённость.

Категория неопределенности, как одна из фундаментальных категорий теории информации и теории принятия решений, в свете последних научных воззрений несет онтологическую нагрузку, т.е. отражает некоторое реальное свойство объекта, не зависящее от сознания человека [14].

Заключение

Диалектическое несоответствие между возможностями гидроакустической системы, состоянием подводной обстановки и требованиями потребителей информации является следствием другой, более общей закономерности, состоящей в объективном наличии ограничений информационных возможностей гидроакустической системы при любом уровне ее развития.

Список литературы / References

- [1] Пильщикова Д. Е. *Методы и методики создания перспективных КСА для пунктов (органов) управления ВВС на основе применения типовых проектных решений и процедур*. Тверь: ВА ВКО, 2005. [Pilshchikov D. E. *Methods and techniques for creating promising CSA for Air Force control points (bodies) based on the application of standard design solutions and procedures*. Tver: VA East Kazakhstan Region, 2005. (in Rus.)]
- [2] Ивлев А. А. *Основы теории Бойда. Направления развития, применения и реализации: монография*. М. 2008. 64 с. [Ivlev A. A. *Fundamentals of Boyd's theory. Directions of development, application and implementation: monograph*. Moscow. 2008. 64 p. (in Rus.)]
- [3] Семёнов С. А., Борисов В. В., Бреслер И. Б., Корниенко В. В. Перспективные подходы к построению программных комплексов. *Радиопромышленность*, 2009, 1, 72–88 [Semenov S. A.,

Borisov V. V., Bresler I. B., Kornienko V. V. Promising approaches to the construction of software complexes. *Radio Industry*, 2009, 1, 72–88 (in Rus.)]

[4] Семёнов С.А., Бреслер И.Б., Борисов В.В. Виртуализация и масштабирование как базовые принципы современных сетевых технологий. *Вопросы радиоэлектроники. Сер. «СОИУ»*, 2010, 1, 67–76 [Semenov S. A., Bresler I. B., Borisov V. V. Virtualization and scaling as basic principles of modern network technologies. *Radio electronics issues. Ser. “SOIU”*, 2010, 1, 67–76 (in Rus.)]

[5] Кобан А.Я., Григоренко В.М., Семёнов С.А. Методика организации вычислительных процессов подсистемы обработки информации о воздушной обстановке при построении системы РЛ разведки. *Сборник трудов НИЦ РКО, ч. I. НИЦ РКО, Москва. М.*, 2013, 205–212 [Koban A. Ya., Grigorenko V. M., Semenov S. A. Methodology for organizing computational processes of the subsystem for processing information about the air situation when building a radar reconnaissance system. *Collection of works of SIC RKO, part I. SIC RKO, Moscow. Moscow*, 2013, 205–212 (in Rus.)]

[6] Котенко И.В., Станкевич Л.А. Командная работа агентов в условиях временных ограничений. *Искусственный интеллект*, 2002, 4, 560–567 [Kotenko I. V., Stankevich L. A. Teamwork of agents under time constraints. *Artificial Intelligence*, 2002, 4, 560–567 (in Rus.)]

[7] Богданчук В.З. *Оценивание и классификация параметров объектов в условиях неопределенности*. Рига: Зинанте, 1987. [Bogdanchuk V. Z. *Estimation and classification of object parameters under uncertainty*. Riga: Zinatne, 1987. (in Rus.)]

[8] Репин В.Г., Тартаковский Г.П. *Статистический синтез при априорной неопределенности и адаптация информационных систем*. М.: Сов. радио, 1977. [Repin V. G., Tartakovsky G. P. *Statistical synthesis with a priori uncertainty and adaptation of information systems*. Moscow: Soviet Radio, 1977. (in Rus.)]

[9] Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. *Теория вероятностей и ее инженерные приложения*. М.: Наука, 1988. [Wentzel E. S., Ovcharov L. A. *Probability theory and its engineering applications*. Moscow: Nauka, 1988. (in Rus.)]

[10] Куратовский К., Мостовский А. *Теория множеств*. М.: Мир, 1970, 416 с. [Kuratovsky K., Mostovsky A. *Set theory*. Moscow: Mir, 1970. 416 p. (in Rus.)]

[11] Дружинин В.В., Конторов Д.С. *Проблемы системологии (проблемы теории сложных систем)*. С предисловием акад. Глушкова В.М. М.: Сов. радио, 1976, 296 с. [Druzhinin V. V., Kontorov D. S. *Problems of systemology (problems of the theory of complex systems)*. With a preface by acad. Glushkova V. M. Moscow: Soviet Radio, 1976, 296 p. (in Rus.)]

[12] *Советская военная энциклопедия*. М: Воениздат МО СССР, 1980. [The Soviet Military Encyclopedia. Moscow: Voenizdat of the USSR Ministry of Defense, 1980. (in Rus.)]

[13] Брук В.М., Николаев В.И. *Системотехника: методы и приложения*. Ленинград: Машиностроение, 1985. [Brook V. M., Nikolaev V. I. *System engineering: methods and applications*. Leningrad: Mashinostroenie, 1985. (in Rus.)]

[14] Андреев Г.И., Барвиненко В.В., Остапенко С.Н., Тихомиров В.А., Торгованов Ю.Б. *Принципы построения формализованных методов теории принятия решений*. Тверь: ВУ ПВО, 2001. [Andreev G. I., Barvinenko V. V., Ostapenko S. N., Tikhomirov V. A., Torgovanov Yu. B. *Principles of constructing formalized methods of decision theory*. Tver: VU PVO, 2001. (in Rus.)]