Оригинальное исследование

УДК 62-503.55
DOI: https://doi.org/10.52899/24141437_2025_02_137 EDN: BGQTOV

Разработка автоматизированных информационно-управляющих систем для повышения эффективности управления судами

Д.О. Домашев, Ю.В. Ясинская

Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

Актуальность. Информационно-управляющие системы (ИУС) играют ключевую роль в обеспечении эффективной поддержки управленческих решений на всех уровнях организационной иерархии. Особенно актуально это для капитанов и руководителей, которым необходимо оперативно получать, обрабатывать и распределять информацию в процессе планирования и контроля.

Цель работы — анализ особенностей функционирования ИУС на кораблях и разработка математической модели, позволяющей проводить углублённый расчёт систем на стадии исследовательского проектирования.

Методы. Использованы методы анализа международного опыта проектирования и эксплуатации ИУС, а также математического моделирования с возможностью проведения компьютерных экспериментов.

Результаты. Выделены три уровня управленческой деятельности — стратегический, тактический и оперативный — для каждого из которых определены требования к информации. Описаны принципы архитектуры и технические характеристики ИУС, важность участия пользователей в проектировании, необходимость обучения персонала и оптимизации затрат. Разработана математическая модель, позволяющая проводить компьютерные эксперименты, подтверждающие эффективность проектных решений.

Выводы. Эффективность ИУС напрямую зависит от правильного отбора информации, участия пользователей в проектировании и подготовки персонала. Представленная модель демонстрирует практическое применение теоретических подходов в реальных условиях и может служить основой для дальнейшего совершенствования ИУС на кораблях.

Ключевые слова: информационно-управляющие системы; управление; архитектура; математическая модель; компьютерный эксперимент.

Как цитировать
Домашев Д.О., Ясинская Ю.В. Разработка автоматизированных информационно-управляющих систем для повышения эффективности управления судами // Труды Санкт-Петербургского государственного морского технического университета. 2025. Т. 4, № 2. С. 137–146. DOI: 10.52899/24141437_2025_02_137 EDN: BGQTOV

Рукопись получена: 10.02.2025 **Рукопись одобрена:** 03.04.2025 **Опубликована online:** 26.06.2025

ЭКО • ВЕКТОР

Статья доступна по лицензии CC BY 4.0 International
© Авторы, 2025

Original study article
DOI: https://doi.org/10.52899/24141437_2025_02_137 EDN: BGQTOV

Development of Automated Information Control Systems to Improve Ship Management

Dmitriy O. Domashev, Yulia V. Yasinskaya

Saint Petersburg State Marine Technical University, Saint Petersburg, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Information control systems (ICS) play a key role in supporting effective management decision-making at all organizational levels. This is especially relevant for captains and managers who need to quickly receive, process, and distribute information during the planning and control.
AIM: To analyze the operational features of the ship ICS and develop a mathematical model for in-depth system design at the design study phase.
METHODS: The methods include analysis of international ICS design and operation practices and mathematical modeling with an option of computer experiments.
RESULTS: The authors identified three management levels, i.e. strategic, tactical, and operational, and determined information requirements on each level. The paper describes the ICS architecture and specifications, the importance of user involvement in design, and the need for staff training and cost reduction. The authors developed a mathematical model allowing to conduct computer experiments to prove the efficiency of design solutions.
CONCLUSIONS: Efficiency of ICS directly depends on the correct selection of information, user involvement in the design, and staff training. The presented model shows how theoretical approaches are used in real-life practice and may be used as a basis for further improvement of ICS for ships.

Keywords: information control systems; management; architecture; mathematical model; computer experiment.

To cite this article
Domashev DO, Yasinskaya YuV. Development of Automated Information Control Systems to Improve Ship Management. *Transactions of the Saint Petersburg State Marine Technical University.* 2025;4(2):137–146. DOI: 10.52899/24141437_2025_02_137 EDN: BGQTOV

Submitted: 10.02.2025 **Accepted:** 03.04.2025 **Published online:** 26.06.2025

ECO • VECTOR
The article can be used under the CC BY 4.0 license
© Authors, 2025

ВВЕДЕНИЕ

Информационно-управляющие системы (ИУС) выполняют важные функции по сбору, обработке и распределению информации на всех уровнях организационной иерархии, обеспечивая поддержку управленческих решений. Основными задачами, указанных систем, являются обеспечение капитана и других руководителей необходимой информацией для выполнения функций планирования и контроля.

Проектирование ИУС требует учета внешней среды и специфических информационных потребностей различных уровней управления. Различают три уровня управленческой деятельности: стратегический, тактический и оперативный. Каждый уровень требует соответствующей информации. На высшем уровне акцент делается на внешних источниках, а на низшем — на детализации и точности информации.

Для повышения эффективности ИУС рекомендуется участие пользователей в проектировании, обучение сотрудников, соблюдение соразмерности затрат и эффективности, а также правильный отбор информации. В рамках данной работы анализируется мировой опыт организации ИУС на корабле, рассматриваются принципы их архитектуры, а также проводится компьютерный эксперимент с расчетами и графическим представлением результатов.

АНАЛИЗ МИРОВОГО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДЕЛА В ЧАСТИ ЭТИХ СИСТЕМ

Современные морские информационно-управляющие системы формируют данные о надводной, подводной и воздушной обстановке для тактического управления кораблями и группировками. Они представляют собой сложный комплекс распределенных средств наблюдения, алгоритмов передачи и обработки информации, а также отображения данных на экранах. Совершенствование технологий принятия решений связано с увеличением автономности средств наблюдения, развитием систем связи и алгоритмов обработки информации.

Система, представленная в виде схемы, называется информационно-управляющей. На самом деле, это комплекс, объединяющий сбор, обработку и представление данных от сенсоров, таких как внешние антенны и датчики, включая информационно-управляющую часть. Элементы сети имеют возможность передачи данных и управления по акустическим и комбинированным каналам, таким как «акустика – радио» и «акустика – спутниковая радиосвязь». Данные, полученные под водой, передаются через серверы на обработку в систему сбора, обработки и управления. Кроме того, принимаются данные от системы оперативной океанографии для оценки и прогнозирования условий окружающей среды.

Процессоры, размещенные на корабле или берегу, решают задачи адаптации к условиям среды, слежения за целями, оптимального поиска и классификации, а также передачи данных. Эти функции обеспечивают установочные рекомендации для узлов системы в море, а управление системой осуществляется контроллером сети и наблюдательного поля через интерфейс. Объединенная обработка данных, полученных от элементов сети, позволяет эффективно управлять наблюдательным полем и адаптировать расположение мобильных элементов в зависимости от окружающих условий и тактической ситуации.

Функции информационно-управляющей системы направлены на обнаружение, классификацию и локализацию целей. Объединенная обработка данных повышает качество их обнаружения и позволяет определить параметры их движения. Кроме того, ИУС формирует интегральное представление тактической обстановки и окружающей среды, предлагая рекомендации по управлению.

Блок слежения за целью, называемый также блоком сбора данных, отвечает за обнаружение и сопровождение целей на основе информации о ее проходе через станции и данных о расстоянии и глубине. Блок оптимального поиска, обнаружения и классификации обеспечивает адаптивность к окружающей среде, оптимизируя поисковые характеристики мобильных узлов.

Алгоритмы, используемые для решения задач по направлению аппаратов и сенсоров, учитывают динамические характеристики, профили скорости звука и акустические потери. Такие оптимизационные задачи помогают максимизировать качество акустических характеристик и обеспечивают эффективное взаимодействие элементов системы.

Блок адаптации к условиям среды моделирует свойства сигналов акустической связи, учитывая доплеровский эффект для движущихся аппаратов. Прогноз характеристик связи позволяет планировать выполнение задач, оптимизируя поведение мобильных узлов в зависимости от условий распространения акустических волн.

Контроллер сети принимает рекомендации от функциональных блоков для перераспределения мобильных сенсоров, анализируя состояние энергетики узлов и информацию от внешних источников. Он определяет необходимость адаптации мобильных узлов и управляет параметрами системы, учитывая скрытность операций и ограничения на связь.

Интерфейс с наблюдательным полем представляет собой аппаратно-программные средства, предназначенные для работы с разнородными автономными устройствами. Этот интерфейс является центральным элементом системы управления развертываемыми устройствами, включая необитаемые подводные аппараты, и обеспечивает эффективное взаимодействие между всеми компонентами системы.

DOI: https://doi.org/10.52899/24141437_2025_02_137

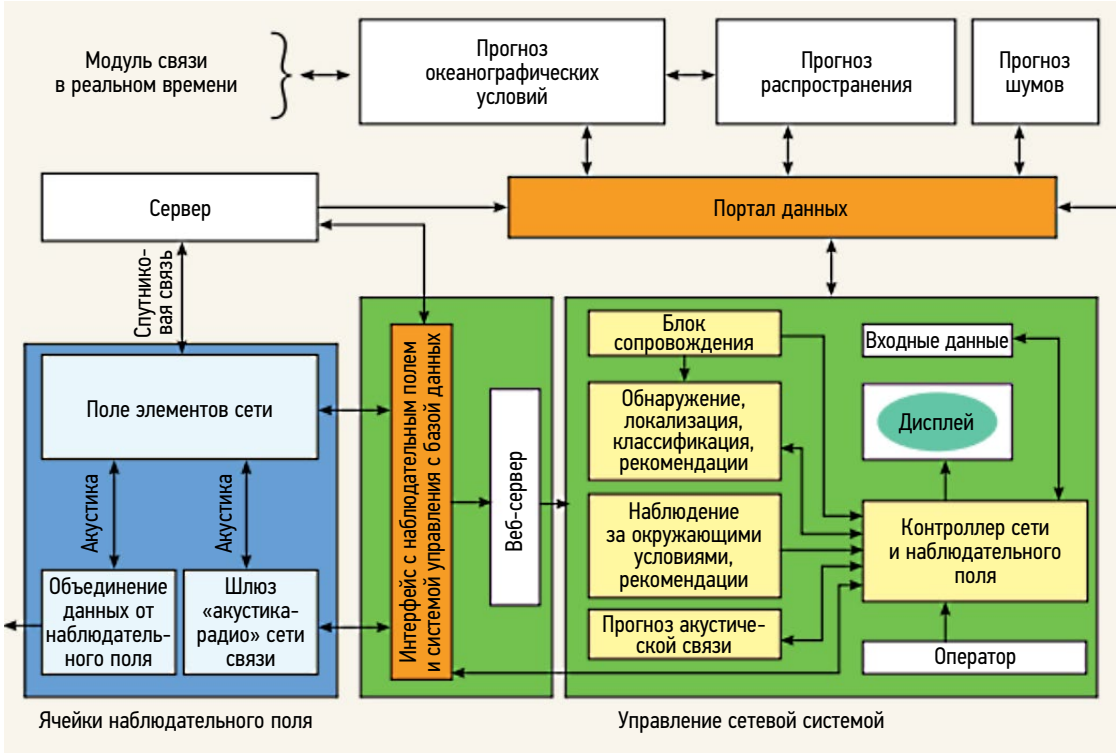

Рис. 1. Представление о составе и функциях информационно-управляющей.
Fig. 1. Components and functions of the information control system.

Для кораблей комплексы автоматизации становятся актуальными, поскольку к функциям информационно-управляющих систем добавляются управление оружием и борьба за живучесть. Объем автоматизации обосновывается эффективностью, стоимостью и возможностью уменьшения потерь личного состава.

Эффективность управления в условиях быстроменяющейся тактической обстановки определяется способностью всех звеньев быстро реагировать на угрозы, что оценивается временем реакции на обнаружение цели и подготовку оружия к действию.

С конца 60-х годов XX века несколько систем оружия начали объединять в комплексные системы для координированного боевого управления, что привело к созданию боевой информационно-управляющей системы (БИУС).

АРХИТЕКТУРА ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

Информационно-управляющие системы (ИУС) играют ключевую роль в современных военных кораблях, обеспечивая эффективное управление их боевыми действиями. Они позволяют быстро обрабатывать большие объемы данных и предоставлять актуальную информацию для принятия оперативных решений. Это особенно важно в условиях динамично меняющейся тактической обстановки, когда каждая секунда имеет значение. Основная цель ИУС — минимизация времени реакции на угрозы и оптимизация работы экипажа.

Одним из важных аспектов архитектуры ИУС является принцип совместимости. Это означает, что системы должны быть открытыми для интеграции с внешними источниками информации и другими системами. Указанное обстоятельство позволяет улучшить взаимодействие между различными компонентами и повысить общую эффективность управления. Применение стандартов в программном и аппаратном обеспечении способствует упрощению интеграции и модернизации систем.

Вместе с тем, значительное внимание в разработке ИУС уделяется безопасности. В условиях современного боя защита информации и управление доступом к системам становятся критически важными. Принцип безопасности включает в себя как физическую, так и информационную защиту, что позволяет предотвратить несанкционированный доступ и защитить систему от кибератак.

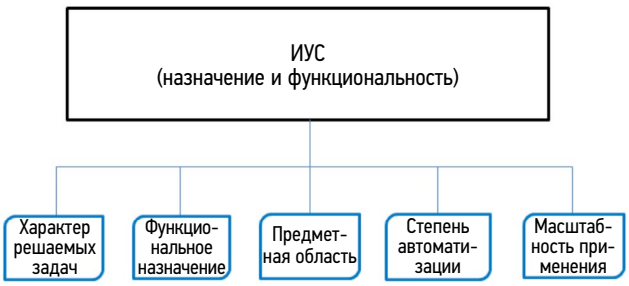

Рис. 2. Признаки классификации архитектур ИУС по назначению и функциональности.
Fig. 2. Classification attributes of ICS architectures (intended use and functions).

DOI: https://doi.org/10.52899/24141437_2025_02_137

Рис. 3. Классификация архитектур ИУС по особенностям реализации.
Fig. 3. Classification of ICS architectures by design specifications.

Функциональное назначение ИУС варьируется в зависимости от специфики задач, стоящих перед кораблем. Например, системы мониторинга и управления ресурсами позволяют эффективно распределять боеприпасы и контролировать состояние оборудования. Системы поддержки принятия решений помогают командирам в анализе ситуации и выборе оптимальных стратегий ведения боя, что особенно актуально в условиях ограниченного времени и высокой степени неопределенности.

Структура АСУ должна быть гибкой и адаптируемой, чтобы справляться с возможными сбоями или изменениями в боевой обстановке. Надежность системы, её способность к самовосстановлению и быстрая реакция на изменения становятся решающими факторами в успешном выполнении боевых задач. Поэтому при проектировании АСУ необходимо учитывать не только текущее состояние, но и потенциальные сценарии, которые могут возникнуть в ходе выполнения задач.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

Понимание технических характеристик системы обеспечивает её соответствие поставленным задачам. К ним относятся:

- архитектура системы;
- надежность;
- масштабируемость;
- способность к восстановлению;
- наличие резервного копирования;
- защита от атак;
- интеграция с другими системами.

Минимизация рисков включает анализ вероятности того, что цели не будут достигнуты, что может привести к финансовым потерям. Для снижения рисков проводится комплексный анализ факторов и поэтапное внедрение решений с регулярной оценкой и модификацией.

Выделяются ключевые объекты затрат, такие как процесс создания системы, оборудование, ПО, персонал и управление задачами, для которых формируются характеристики, способствующие снижению рисков. Проектирование включает несколько этапов:

1. Анализ системы принятия решений.
2. Анализ информационных требований.
3. Агрегирование решений.
4. Проектирование процесса обработки информации.
5. Проектирование ИУС и системы контроля за её работой.

Разработка информационно-управляющих систем представляет собой комплекс научно-исследовательских, проектных и организационных работ, направленных на совершенствование существующей системы управления с использованием современных методов и вычислительной техники.

Совершенствование системы управления означает переход к качественно новому уровню её развития, что сопровождается изменением организационной структуры и принципов функционирования. Для большинства систем установлены следующие стадии их создания: предпроектная, разработка технического и рабочего проектов, ввод в эксплуатацию. В особых случаях, при разработке сложных и уникальных систем, может быть выделена стадия эскизного проекта.

DOI: https://doi.org/10.52899/24141437_2025_02_137

Ход работ по созданию информационно-управляющих систем удобно представлять в виде сетевых графиков, которые включают множество операций. Обобщенный сетевой график укрупнённых этапов разработки даёт общее представление об основных стадиях создания и позволяет проследить путь от начала разработки до ввода в эксплуатацию.

Работы по созданию любой информационно-управляющей системы начинаются с предварительного ознакомления с будущей системой, что позволяет определить целесообразность её создания для конкретной организации. Обычно эту работу выполняет небольшая группа высококвалифицированных специалистов, которая включает в себя представителей заказчика и разработчиков.

Кроме того важным этапом является определение требований пользователей к системе, что помогает выявить конкретные задачи и функционал, необходимые для успешного выполнения поставленных целей. Такой подход позволяет учесть все нюансы и обеспечить соответствие системы ожиданиям её пользователей.

Наконец, тестирование и оценка системы перед её внедрением имеют решающее значение. Эти процессы помогают выявить возможные недостатки и доработать систему до уровня, удовлетворяющего всем требованиям. Систематическое обучение персонала также является ключевым элементом успешного внедрения, поскольку от навыков пользователей во многом зависит эффективность работы всей системы.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УГЛУБЛЕННОГО РАСЧЁТА ИУС КОРАБЛЯ НА СТАДИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Корабль состоит из основных подсистем и трансформируется в систему «Человек – машина», благодаря экипажу. Если в парусный период требовались сила и выносливость, то сейчас главными навыками являются работа с информацией и принятие решений. Для экипажа корабль становится информационной системой.

Информационное взаимодействие формализуется через функционально-информационный контур, уровень автоматизации корабля влияет на функции экипажа. В современных условиях управление находится на частичном уровне автоматизации, с диагностическими системами для обслуживания, а автоматизация ремонта только начинает развиваться.

Информационные потоки разделяются на два подмножества: первое — между внешней средой и кораблём, второе — между подсистемами. Каждый поток характеризуется номенклатурой параметров, их количеством и законом распределения времени поступления.

Корабль включает такие подсистемы, как «Экипаж», «Информация и управление», «Энергия», «Движение», «Навигация», «Маневрирование», «Стабилизация», «Корпус». Каждая из них генерирует информацию, которая может быть использована для управления, и формирует иерархическую структуру.

Автоматизация управления может осуществляться двумя способами: на нижнем уровне управления или через принятие решений на любом уровне иерархии. Процесс проектирования ИУС состоит из трех этапов: определение технологии, построение структуры управления и разработка механизмов управления.

На первом этапе определяются функционально-информационные контуры, которые включают информацию о состоянии корпуса, движении, энергии, экипаже и навигации. Количество членов экипажа зависит от автоматических устройств и скорости обработки информации. Второй этап связан с определением специалистов и автоматов, а третий — с описанием взаимодействия между руководителями и подчинёнными, а также автоматами с механизмами.

Оптимизация управления кораблем включает в себя распределение информации и создание эффективной организационной структуры. Автоматизация может быть частичной, комплексной или полной, отражающей долю информации, замыкающейся на автомат или компьютер, что улучшает скорость и надежность принятия решений.

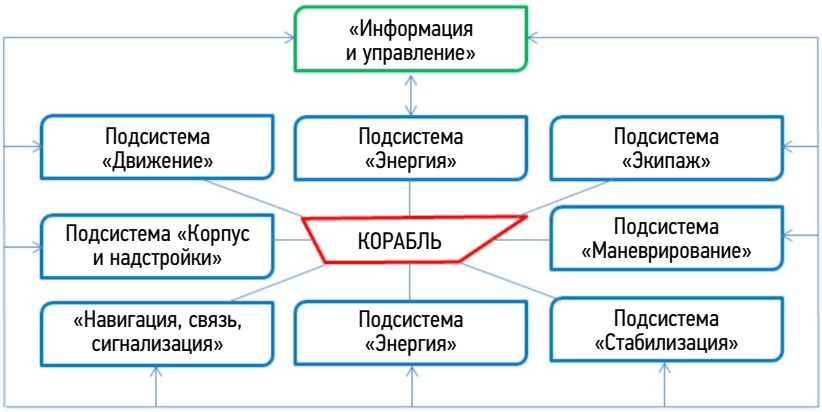

Рис. 4. Основные подсистемы корабля.
Fig. 4. Basic ship subsystems.

Рис. 5. Схема функционально-информационного контура.
Fig. 5. Function and information loop diagram.

ПЛАНИРОВАНИЕ И ПРОВЕДЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Рассмотрим проблему оптимизации структуры экипажа без автоматизации, что не снижает общности поставленной задачи. Создание оптимальной иерархической структуры обычно приводит к сложной оптимизационной задаче. Однако, учитывая принцип единовластия и традиции флотских экипажей, можно сделать упрощения. Высшие уровни занимают командир и его подчиненные, а структурированию подлежат функционально-информационные контуры (ФИК) корабля.

Задача ФИК заключается в надежной обработке первичной информации для командира боевой части, учитывающей скорость обработки и затраты на обучение и содержание экипажа. Оптимальная структура управления будет решаться методом поиска в глубину с отсечением по ограничениям. Для упрощения задачи принимаются следующие допущения:

- Древовидная структура управления.
- Все члены экипажа на одном уровне имеют одинаковую квалификацию.
- Квалификация зависит от скорости и правильности обработки информации.
- Разделение по специальностям не учитывается.
- Доклад состоит из одной информационной единицы.
- Информация обрабатывается непрерывно всеми участниками.
- Начальник может исправлять ошибки подчиненных.
- Ограниченное число иерархических уровней и членов экипажа для обеспечения обитаемости.

Исходные данные: количество информационных единиц (А*), максимально допустимое время (Б*), минимально допустимая вероятность правильного решения (Р*), максимально допустимая численность экипажа (N*).

Задана матрица квалификаций K:

$$K = \left\| K_{jq} \right\| \; j = 1, \ldots J; q = 1, \ldots Q,$$

где J — число видов квалификаций в данном ФИК; Q — число характеристик квалификации.

Оптимизируемые переменные образуют целочисленную матрицу:

$$X = \left\| X_{ij} \right\| \; I = 1, \ldots I; j = 1, \ldots J,$$

где X_{ij} — число членов экипажа, обладающих j-й квалификацией на i-м уровне управления; I — предельное число уровней управления данного ФИК.

Система ограничений образована следующими требованиями:

1. Все специалисты на i-м уровне управления должны иметь одинаковые квалификации:

$$\sum_{j \neq j^*}^{j} X_{ij} = 0; i = 1, \ldots, I,$$

где j^* — выбранная на i-м уровне квалификация.

2. Все информационные единицы, поступающие на i-й уровень управления, должны быть обработаны:

$$a_{j^*} x_{ij^*} \geq A_i,$$

где a_{j^*} — число информационных единиц, перерабатываемых членом экипажа, имеющим j^*-ю квалификацию; A_i — число информационных единиц, поступающих на i-й уровень. Для первого уровня $A_i = A^*$ для последующих $A_i = x_{i-1, j^*}$.

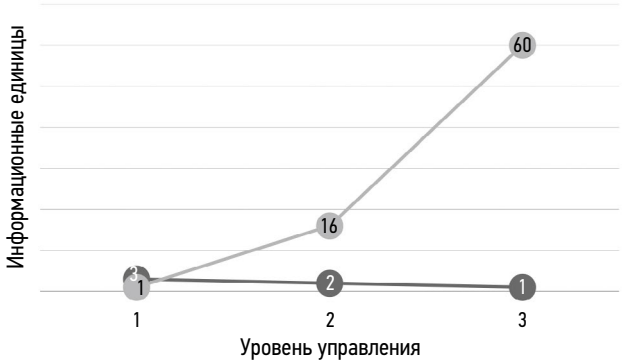

Рис. 6. Число информационных единиц, перерабатываемых членами экипажа.
Fig. 6. Information units processed by crew members.

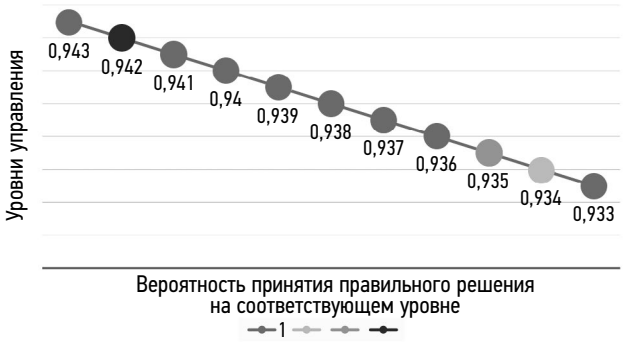

Рис. 7. Вероятность принятия правильных управленческих решений командиром БЧ.
Fig. 7. Probability of correct management decisions made by the department commander.

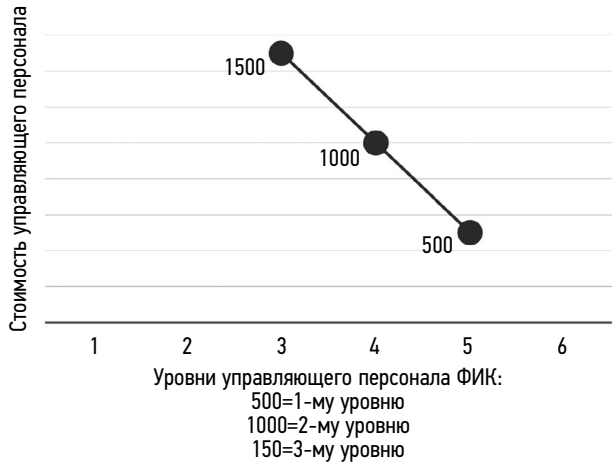

Рис. 8. Минимизируемая стоимость управляющего персонала ФИК.
Fig. 8. Reduced cost of the function and information loop control personnel.

3. Вероятность принятия правильных управленческих решений командиром БЧ должна быть не меньше заданной:

$$\Pi_{i=1}^{I}(P_{i-1,j^*} + \Delta P_{ij}) \geq P^*,$$

где P_{ij^*} — вероятность принятия правильного решения на соответствующем уровне при выбранной для этого уровня квалификации экипажа; ΔP_{ij} — поправка, учитывающая возможность корректировки управленческого решения, полученного на нижележащем уровне управления.

4. Длительность выработки решения командиром БЧ не должна превосходить нормативную:

$$\sum_{j=1}^{I} T_{ij} \leq T^*,$$

где T_{ij}^* — длительность обработки информации на i-м уровне управления при выбранной соответствующей квалификации.

Критерием эффективности (функция цели) задачи является минимизируемая стоимость управляющего персонала ФИК:

$$Z = \sum_{j=1}^{I} C_{iJ} * x_{ij} \to \min$$

Проведём расчётный пример по формулам.

Условия:

- число информационных единиц в первичной информации $A^* = 50$;
- максимально допустимое время прохождения информации до командира БЧ $T^* = 60$ с;
- минимально допустимая вероятность правильного решения;
- управленческой задачи командиром БЧ $P^* = 90$;
- максимально допустимая численность экипажа, необходимая для управления данным ФИК, $N^* = 25$ человек.

Матрица квалификаций К:

$$K = \begin{vmatrix} 3 & 1 & 20 & 0{,}95 & 0 & 100 \\ 4 & 1 & 15 & 0{,}96 & 0{,}01 & 150 \\ 5 & 1 & 10 & 0{,}97 & 0{,}02 & 250 \\ 6 & 1 & 10 & 0{,}98 & 0{,}03 & 350 \\ 7 & 1 & 5 & 0{,}99 & 0{,}04 & 500 \end{vmatrix}$$

В матрице К строки соответствуют типам квалификаций, а столбцы — характеристикам квалификации:

- 1-й — число обрабатываемых входных информационных единиц;
- 2-й — число информационных единиц в докладе начальнику;
- 3-й — скорость обработки поступившей информации;
- 4-й — вероятность принятия правильного управленческого решения;
- 5-й — возможность корректировки решения подчиненных;
- 6-й — стоимость подготовки (абсолютно условные единицы).

Задача решается путем перебора возможных вариантов квалификаций от нижнего уровня иерархии управления к верхнему.

Результатом оптимизации является следующая структура управления ФИК:

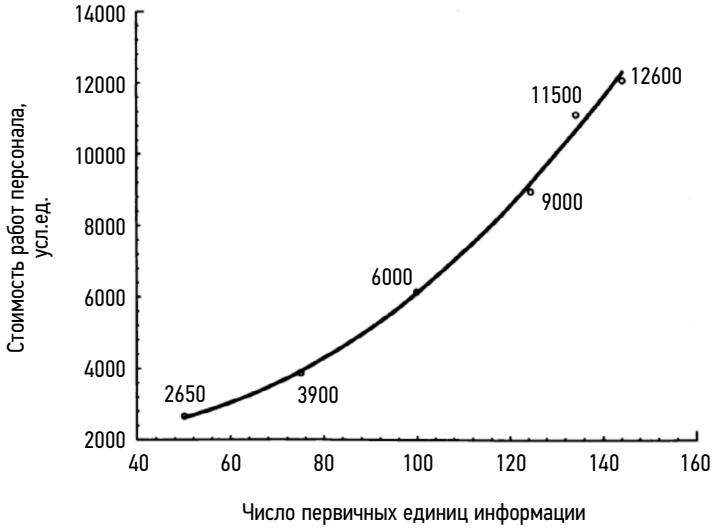

Рис. 9. Влияние объема перерабатываемой информации на стоимость работ персонала при ограничении его числа.
Fig. 9. Influence of the amount of processed information on labor costs when the headcount is reduced.

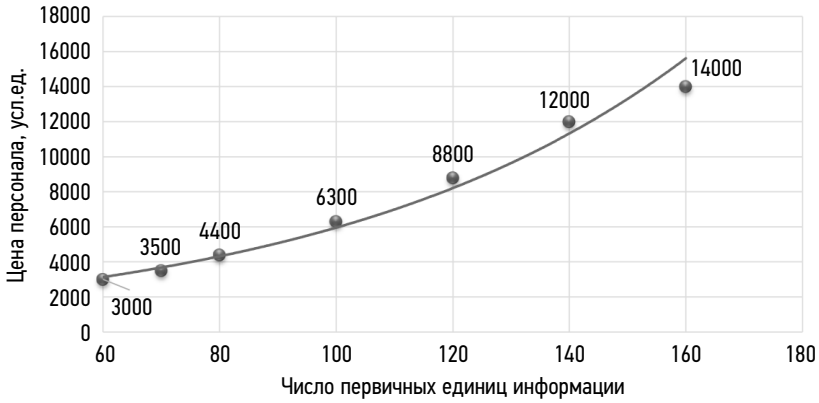

Рис. 10. Влияние объема перерабатываемой информации на заработную плату персонала при ограничении его численности.
Fig. 10. Influence of the amount of processed information on personnel's salaries when the headcount is reduced.

- число уровней управления равно 3;
- квалификация на 1-м и 2-м уровнях — 1-я, а на 3-м — 4-я;
- численность экипажа на 1-м уровне — 17, на втором — 6, на 3-м (командир БЧ) — 1. Всего — 24 человека;
- вероятность принятия правильного решения 0,914;
- время прохождения информации 50 с;
- стоимость управленческого персонала 2650.85.

Представляет интерес зависимость параметров управленческой структуры от объема первичной информации. Такая зависимость для условий примера показана на рис. 9. При числе первичных единиц информации больше 150 создать управленческую структуру численностью не более 25 человек невозможно.

Интересен факт, что по мере роста первичной информации скорость ее прохождения и качество обработки увеличиваются, поскольку при ограничении численности экипажа места на управленческих уровнях занимают лица с все более высокой квалификацией.

А также, в качестве эксперимента был построен график при численности экипажа, N*=30 человек.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Были рассмотрены общие принципы построения архитектуры информационно-управляющих систем корабля и требования к ним.

Также, приведена математическая модель углубленного расчёта информационно-управляющих систем корабля на стадии исследовательского проектирования, и благодаря математической модели произведён компьютерный эксперимент, который показал, что при числе первичных единиц информации больше 150 создать управленческую структуру численностью не более 25 человек невозможно.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Д.О. Домашев — поиск публикаций по теме статьи, написание текста рукописи; Ю.В. Ясинская — редактирование текста рукописи, создание изображений; Ю.В. Ясинская — экспертная оценка, утверждение финальной версии. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.
Источники финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.
Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).
Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.
Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали один внешний рецензент, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFO

Author contributions: D.O. Domashev: investigation, writing—original draft; J.V. Yasinskaya: writing—review & editing, visualization. All the authors approved the version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.
Funding sources: The study was not supported by any external sources.
Disclosure of interests: The authors have no explicit or potential conflicts of interests associated with the publication of this article.
Statement of originality: When creating this work, the authors did not use previously published information (text, illustrations, data).
Generative AI: No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.
Provenance and peer-review: This work was submitted to the journal on its own initiative and reviewed according to the usual procedure. One external reviewer, a member of the editorial board and the scientific editor of the publication participated in the review.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кунин С.В. Гидроакустическая связь как средство управления силами военно-морского флота. В кн.: Состояние, перспективы развития: материалы конференции «Гидроакустическая связь и гидроакустические средства аварийно-спасательного назначения». СПб.: СевТехИздат, 2007. С. 93–101.
2. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практические применения. М.: Изд. дом «Вильямс», 2007.
3. Зубченко Э.С., Шарков А.М. Перспективы использования автономных подводных необитаемых аппаратов для обеспечения ВМФ гидрографической и океанологической информации // Навигация и гидрография. 2014. № 37. С. 59–65. EDN: TPUMXP
4. Кебкал К.Г., Машонин А.И., Мороз Н.В. Пути решения проблем создания сетевой подводной связи и позиционирования // Гидроскопия и навигация. 2019. Т. 27, № 2 (105). С. 106–135. EDN: LKJCAS doi: 10.17285/0869-7035.2019.27.2.106-135

REFERENCES

1. Kunin SV. Underwater Acoustic Communication as a Means of Naval Force Control. In: *Status and Development Prospects: Proceedings of the Conference "Underwater Acoustic Communication and Hydroacoustic Equipment for Emergency and Rescue Purposes"*. St. Petersburg: SevTekhIzdat; 2007:93–101. (In Russ.)
2. Sklar B. *Digital communication. Theoretical foundations and practical applications*. Moscow: Williams; 2007. (In Russ.)
3. Zubchenko ES, Sharkov AM. Prospects for the use of autonomous underwater uninhabited vehicles to provide the Navy with hydrographic and oceanological information. *Navigation and hydrography*. 2014;37:59–65. (In Russ.) EDN: TPUMXP
4. Kebkal KG, Mashonin AI, Moroz NV. Solution for underwater communication and positioning network development. *Gyroscopy and Navigation*. 2019;27(2(105)):106–135. (In Russ.) EDN: LKJCAS doi: 10.17285/0869-7035.2019.27.2.106-135

ОБ АВТОРАХ

Юлия Владимировна Ясинская, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры систем автоматического управления и бортовой вычислительной техники, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет; e-mail: yasinskaya.spb@mail.ru

***Дмитрий Олегович Домашев,** магистр, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет; e-mail: dima-domashev@mail.ru

AUTHORS' INFO

Yuliya V. Yasinskaya, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Department Department of Automatic Control Systems and Onboard Computer Engineering; Saint Petersburg State Marine Technical University; e-mail: yasinskaya.spb@mail.ru

***Dmitriy O. Domashev,** Master, Saint Petersburg State Marine Technical University; e-mail: dima-domashev@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author