

Шарков Н.А., Ковтун Л.И., Харитоненко В.Т., Ковтун Н.Л.
ФГУП «Крыловский государственный научный центр», Санкт-Петербург, Россия

СОЗДАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЕРВИСНЫМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЕЕ ФАКТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ С УЧЕТОМ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Основной задачей системы управления жизненным циклом морской техники на стадии эксплуатации является обеспечение эффективного сервисного обслуживания морского объекта, определяющего его технико-экономические характеристики, надежность, живучесть и безопасность. Основной составной частью такой системы является интегрированная система управления сервисным обслуживанием морской техники, которая должна обеспечивать сервисное обслуживание с минимальными сроками и стоимостями. В статье предлагается формировать интегрированную систему управления сервисным обслуживанием на основе анализа больших объемов диагностической информации, которая может поступать от диагностических систем отдельного оборудования, а также от специализированных комплексов безразборной параметрической диагностики техники. Предлагаются методы анализа диагностической информации и выработки на основе нее эффективных решений по управлению сервисным обслуживанием морской техники. Создание интегрированной системы управления сервисным обслуживанием позволит обеспечить необходимый коэффициент технической готовности морской техники при сокращенном объеме финансирования.

Ключевые слова: система управления, техническое и сервисное обслуживание, управление жизненным циклом, безразборная диагностика, коэффициент технической готовности, человеко-машинный интерфейс, моделирование, стоимость.

Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Для цитирования: Шарков Н.А., Ковтун Л.И., Харитоненко В.Т., Ковтун Н.Л. Создание интегрированной системы управления сервисным обслуживанием морской техники на основе анализа ее фактического состояния с учетом контролируемых технологических параметров. Труды Крыловского государственного научного центра. 2018; специальный выпуск 1: 15–24.

УДК 629.078

DOI: 10.24937/2542-2324-2018-1-S-I-15-24

Sharkov N., Kovtun L., Kharitonenko V., Kovtun N.
Krylov State Research Centre, St. Petersburg, Russia

DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED SERVICE MANAGEMENT SYSTEM FOR MARINE FACILITIES BASED ON ANALYSIS OF THEIR ACTUAL CONDITION AS PER PERFORMANCE MONITORING PARAMETERS

The main purpose of a life cycle management system during service phase of marine vessels is to support their efficient maintenance to keep up vessel's technical and economic performance, reliability and safety. A key part of the life-cycle management is the integrated service management system intended to ensure that maintenance services are provided on a timely basis at minimum cost. The paper suggests that the integrated service management system should be shaped by analyzing a large amount of diagnostic data that can be supplied by dedicated performance monitoring of individual equipment as well as special-purpose in-situ diagnostic systems. Methods for analysing diagnostic data and working out efficient decisions in the service management of marine vessels are proposed. Development of the proposed integrated service management system would ensure the required technical availability of marine vessels at reduced costs.

Key words: management system, maintenance and servicing, life cycle.

Author declares lack of the possible conflicts of interests.

For citations: Sharkov N., Kovtun L., Kharitonenko V., Kovtun N. Development of an integrated service management system for marine facilities based on analysis of their actual condition as per performance monitoring parameters. Transactions of the Krylov State Research Centre. 2018; special issue 1: 15–24 (in Russian).

UDC 629.078

DOI: 10.24937/2542-2324-2018-1-S-I-15-24



Жизненный цикл – совокупность явлений и процессов, повторяющихся с периодичностью, определяемой временем существования типовой конструкции изделия от ее замысла до утилизации или конкретного экземпляра изделия от момента завершения его производства до утилизации [1].

В соответствии с [1, 2], программа мероприятий жизненного цикла (ЖЦ) морской техники направлена на поддержание оптимальных (рациональных) значений показателей целевых критериев эффективности объекта морской техники и процессов его ЖЦ, а именно:

- эксплуатационной готовности, надежности и других показателей;
- цены образца морской техники и стоимости его ЖЦ;
- сроков создания и ввода в эксплуатацию;
- эксплуатационно-экономической эффективности.

Реализацию мероприятий по обеспечению жизненного цикла морской техники необходимо начинать на стадиях исследования и обоснования создания морской техники, разработки объектно-ориентированного научно-технического задания, формирования концепции создания и технического облика (аванпроект). Именно на этих стадиях закладываются научно-технические и организационно-технические основы обеспечения эффективности образца морской техники и процессов его жизненного цикла.

Создание системы управления жизненным циклом (СУ ЖЦ) морской техники – одно из важнейших направлений обеспечения ее жизненного цикла. Основными проблемами создания СУ ЖЦ в области кораблестроения являются следующие:

- для формирования системы управления жизненным циклом необходимо решение совокупности организационно-технических и нормативно-технических вопросов;
- большинство методик по оценке стоимости и технико-экономической эффективности корабля на всех стадиях жизненного цикла требуют пересмотра;
- не обеспечен централизованный сбор информации о состоянии корабля на стадии его эксплуатации;
- отечественные программные разработки требуют доработки и сертификации для использования их в качестве цифровой основы для системы управления ЖЦ корабля;
- заказчиком и промышленностью не определены основные положения контракта на ЖЦ корабля.

Составной частью СУ ЖЦ морской техники является система управления техническим и сервис-

ным обслуживанием корабля, которая обеспечивает эффективность морской техники и процессов его ЖЦ на стадии эксплуатации.

В зарубежной практике кораблестроения переход на новую концепцию сервисного обслуживания подводных лодок класса «Вирджиния» позволил сократить количество заводских ремонтов с трех до двух за весь цикл эксплуатации подводных лодок данного класса. Следует отметить, что коэффициент технической готовности (КТГ) американских подводных лодок составляет 0,7. Основной целью создания системы управления сервисным обслуживанием является обеспечение заданного КТГ при минимизации затрат на его достижение. Для создания эффективной системы управления сервисным обслуживанием американские специалисты создали совокупность программно-аппаратных комплексов и методик.

В отечественной практике техническое и сервисное обслуживание морской техники проводится на основе следующих организационно-технических подходов:

- планово-предупредительное обслуживание;
- обслуживание по фактическому состоянию (внеплановое обслуживание);
- обслуживание по смешанному типу на основе планово-предупредительного подхода и обслуживания по фактическому состоянию.

Объем финансирования на выполнение ремонтов морской техники, в том числе кораблей, сокращается. В связи с этим, обеспечение технического и сервисного обслуживания морской техники оптимальным образом может быть осуществлено на основе обслуживания по смешанному типу. В этом случае учитываются календарные графики обслуживания техники (планово-предупредительный вид технического обслуживания), а также учитывается фактическое состояние морской техники и ее технических средств (обслуживание по фактическому состоянию). Информация о фактическом состоянии морской техники и ее технических средств позволяет в условиях сокращенного финансирования выполнить только необходимые работы из обширного перечня работ, предусмотренных календарными графиками обслуживания техники.

Данный подход является единственным способом обеспечения заданной технической готовности при сокращенном объеме финансирования.

Таким образом, оценка фактического состояния техники является одним из ключевых процессов при проведении технического и сервисного обслуживания морской техники.

Интегрированная система управления сервисным обслуживанием морской техники создается для решения следующих задач:

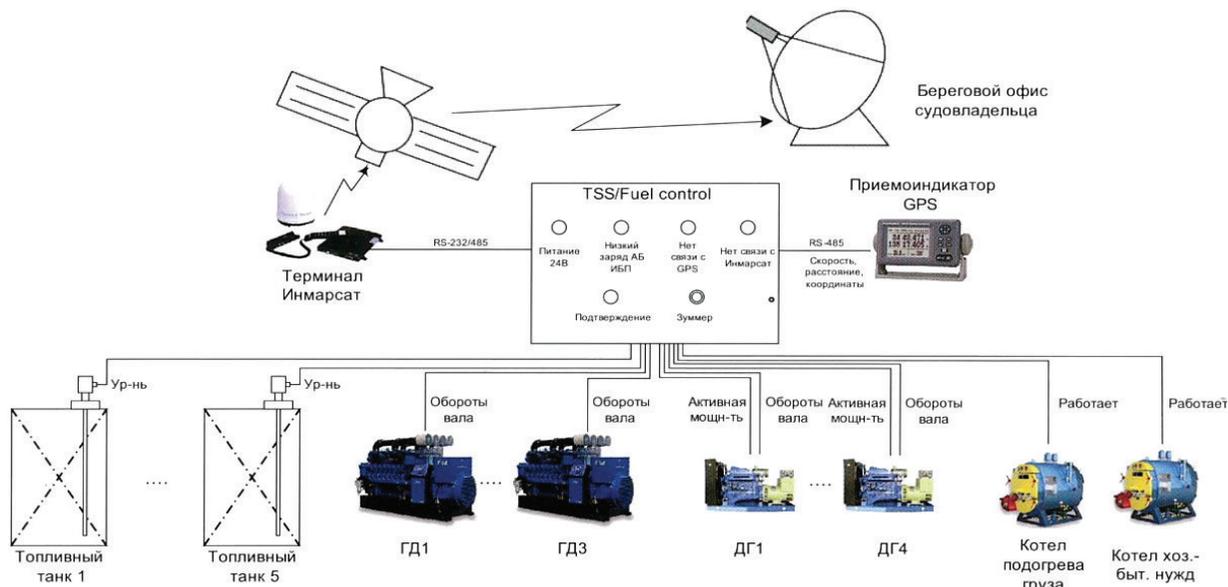


Рис. 1. Схема организации системы учета расхода топлива TSS/Fuel Control компании «Валком»

Fig. 1. TSS/Fuel Control system for fuel consumption accounting at JSC Valkom

Connection to inboard system

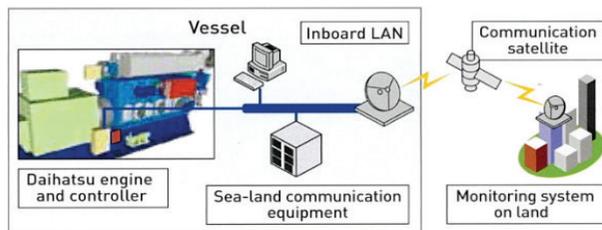


Рис. 2. Схема организации системы учета расхода топлива, разработанной японской фирмой Daihatsu

Fig. 2. Fuel consumption control system of Daihatsu (Japan)

- обеспечение заданной технической готовности сложных технических систем и комплексов к использованию по назначению;
- снижение затрат при организации сервисного обслуживания за счет оптимального распределения ресурсов предприятия, осуществляющего сервисное обслуживание.

Эффективное решение поставленных задач может быть обеспечено при прогнозировании состояния корабля и его технических средств, что позволяет своевременно проводить необходимые работы, доставлять необходимые запасные части и планировать загрузку предприятий, осуществляющих сервисное обслуживание.

На рис. 1 представлена схема организации системы учета расхода топлива TSS/Fuel Control, разрабо-

танная российской компанией «Вал-ком». Система предназначена для сбора, накопления и передачи в офис судовладельца информации о параметрах движения судна, времени и режимах работы его механизмов, запасе топлива для целей контроля и оптимизации расхода топлива [3].

На рис. 2 представлена система мониторинга состояния двигателя, разработанная японской фирмой Daihatsu. Особенностью системы является то, что сбор данных о состоянии двигателя выполняется на борту корабля, а основная обработка и анализ информации осуществляется высококвалифицированными специалистами в мониторинговом центре, располагающимся в береговых условиях [4].

В области оценки фактического состояния техники Крыловский государственным научный центр обладает большим научно-техническим и опытно-конструкторским заделом, основными элементами которого являются:

- комплекс контроля теплотехнических характеристик проточной и ходовой части (роторы, подшипники) газотурбинных двигателей;
- мобильный комплекс (на базе автомобиля «Камаз») теплотехнического и виброакустического диагностирования главной энергетической установки, электро-энергетической системы, общесудовых и других систем морской техники;
- автоматизированный информационно-измерительный комплекс оценки виброактивности основных механизмов и шумоизлучения;



Рис. 3. Основные модули интегрированной системы управления сервисным обслуживанием морской техники
Fig. 3. Main modules of integrated service management system for marine vessels

- корабельный информационно-измерительный комплекс (разработан при выполнении ОКР «Мониторинг-Супер») контроля основных эксплуатационных характеристик морской техники, таких как пропульсивные характеристики судна; кавитационные явления на движителях; маневренные характеристики; крутящий момент и осевой упор на гребных валах; ходовая вибрация корпуса корабля; прочность корабельных конструкций; воздушный шум в обитаемых помещениях.

Предлагаемая интегрированная система управления сервисным обслуживанием морской техники (рис. 3) на основе анализа фактического состояния состоит из трех основных составляющих, которые располагаются:

- на борту морской техники;
- на предприятиях сервисного обслуживания;
- в центрах управления заказчиков морской техники [11, 12].

Система управления сервисным обслуживанием морской техники основывается на информации, получаемой от средств безразборной диагностики состояния его технических средств, а также от комплексных систем управления техническими средствами (КСУ ТС) и бортовых электронных журналов [5].

Система управления сервисным обслуживанием морской техники обеспечивает статистическую обработку [10], краткосрочный и долгосрочный прогноз изменения отдельных диагностических параметров, а также состояния технических средств, подсистем, систем и комплексов морской техники. На основе текущей информации о состоянии морской техники и ее технических средств, а также на основе статистической обработки указанной информации проводится анализ видов, последствий и критично-

сти отказов на основе имитационного логико-динамического моделирования.

Состояние многоуровневой иерархической структуры морской техники рассчитывается на основе прогнозного логико-динамического метода имитационного моделирования [6, 7]. Основой данного подхода являются логические вычисления с двоичными числами. Двоичные числа предоставляют возможность компактного описания больших объемов информации о морском объекте, а также позволяют достичь высокого быстродействия при их обработке.

Иерархическая структура морской техники описывается многомерными логическими матрицами на четырех иерархических уровнях описания, начиная с уровня основных элементов, необходимых для управления жизненным циклом. Описание производится с помощью совокупности числовых массивов

$$A_j = \sum_{i=1}^k Y_i \cdot 2^{i-1}, \quad \begin{cases} j = 1, 2, 3, \dots, j_m; \\ i = 1, 2, 3, \dots, k, \end{cases}$$

где A_j – численное представление «j» строки матрицы; j_m – число строк в «m»-ой матрице; k – число значащих элементов объекта;

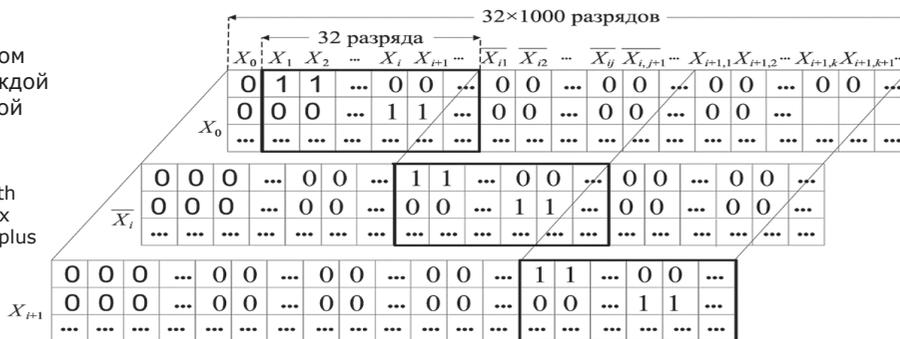
$$Y_i(t) = \begin{cases} 1, & \text{if } (x(t) < Xcr); \\ 0, & \text{if } (x(t) \geq Xcr), \end{cases}$$

$Y_i(t)$ – двоичная переменная, которая зависит от соотношения текущей величины ($x(t)$) и ее порогового значения (Xcr) для данного элемента корабля.

Результирующее состояние морской техники и его технических средств в дискретные моменты времени «t» описывается совокупностью векторов состояния (однострочных матриц), число которых равно общему числу всех корабельных объектов.

Рис. 4. Представление трехмерной матрицы с числом двоичных переменных в каждой подматрице 32, образованной из матрицы с количеством элементов более 1000

Fig. 4. 3D dimensional matrix with binary variables in each submatrix derived from a matrix with 1000 plus elements



Таким образом, результат логических вычислений, представляется массивом двоичных чисел

$$A_{qt} = \sum_{i=1}^k Y_{qti} \cdot 2^{i-1},$$

где $t = 1, 2, \dots, n$ – число дискретных моментов времени; $q = 1, 2, \dots, g$ – число анализируемых корабельных объектов.

Сложные логические матрицы, элементами которых являются подматрицы, могут представляться трехмерными матрицами с двоичными элементами без общего преобразования их к нормальным формам. Для сокращения размерности матрицу можно представить в виде нескольких матриц меньшей размерности. Таким образом, формируются многомерные матрицы [8]. На рис. 4 представлен пример трехмерной матрицы с числом переменных в каждой подматрице, равным 32, образованной из матрицы с количеством столбцов, равным 32×1000 .

Реальные корабельные объекты описываются несколькими тысячами логических переменных, поэтому с целью обеспечения максимальной производительности вычислительных процедур с двоичными логическими матрицами воспользуемся 32 разрядными целыми числами и трехмерным представлением совокупности логических матриц, аналогично показанному на рис. 4.

Система логических уравнений определяет рекурсивную зависимость. Вычисление значений такой логической функции предполагается выполнять методом итераций. При составлении системы логических уравнений необходимо следить за тем, чтобы была исключена возможность появления дискретного колебательного процесса при итерационном анализе системы уравнений.

На основе прогнозного метода логико-динамического моделирования рассчитывается состояние иерархической структуры морской техники в текущий

момент времени, а также в прогнозные интервалы времени, для чего потребуются результаты вычисления состояний элементов нижнего уровня иерархической модели морской техники, которые выполняются с помощью прогнозных статистических моделей.

В качестве первичной информации для вычислений используется текущие и прогнозные данные, получаемые от средств безразборной диагностики морской техники и ее технических средств, а также от КСУ ТС и бортовых электронных журналов.

На рис. 5 представлен обобщенный алгоритм логико-динамического имитационного моделирования, который позволяет определять состояние многоуровневой иерархической структуры корабля в текущий и прогнозные интервалы времени. Он состоит из процессов получения информации о текущем и прогнозном состоянии элементов многоуровневой иерархической структуры корабля. В ее состав входит информация о состоянии корабля и его технических средств; о выполненных и планируемых работах по техническому и сервисному обслуживанию корабля и его технических средств). Алгоритм формирует потоки первичных и вторичных отказов технических средств корабля.

Вычислительные процедуры представленного на рис. 5 алгоритма реализуются с помощью операций с многомерными логическими матрицами. Данный алгоритм состоит из нескольких составных алгоритмов и связывает их в единое целое.

На начальном этапе работы алгоритма происходит анализ информации о состоянии многоуровневой иерархической структуры корабля с помощью логической фильтрации, формирование потока первичных отказов путем сравнения текущих характеристик и их критических значений для конкретного оборудования.

Определение обобщенных оценок состояния корабля реализуется вычислениями в четырех иерархически организованных циклах, соответствующих оборудованию, подсистемам, системам и комплек-

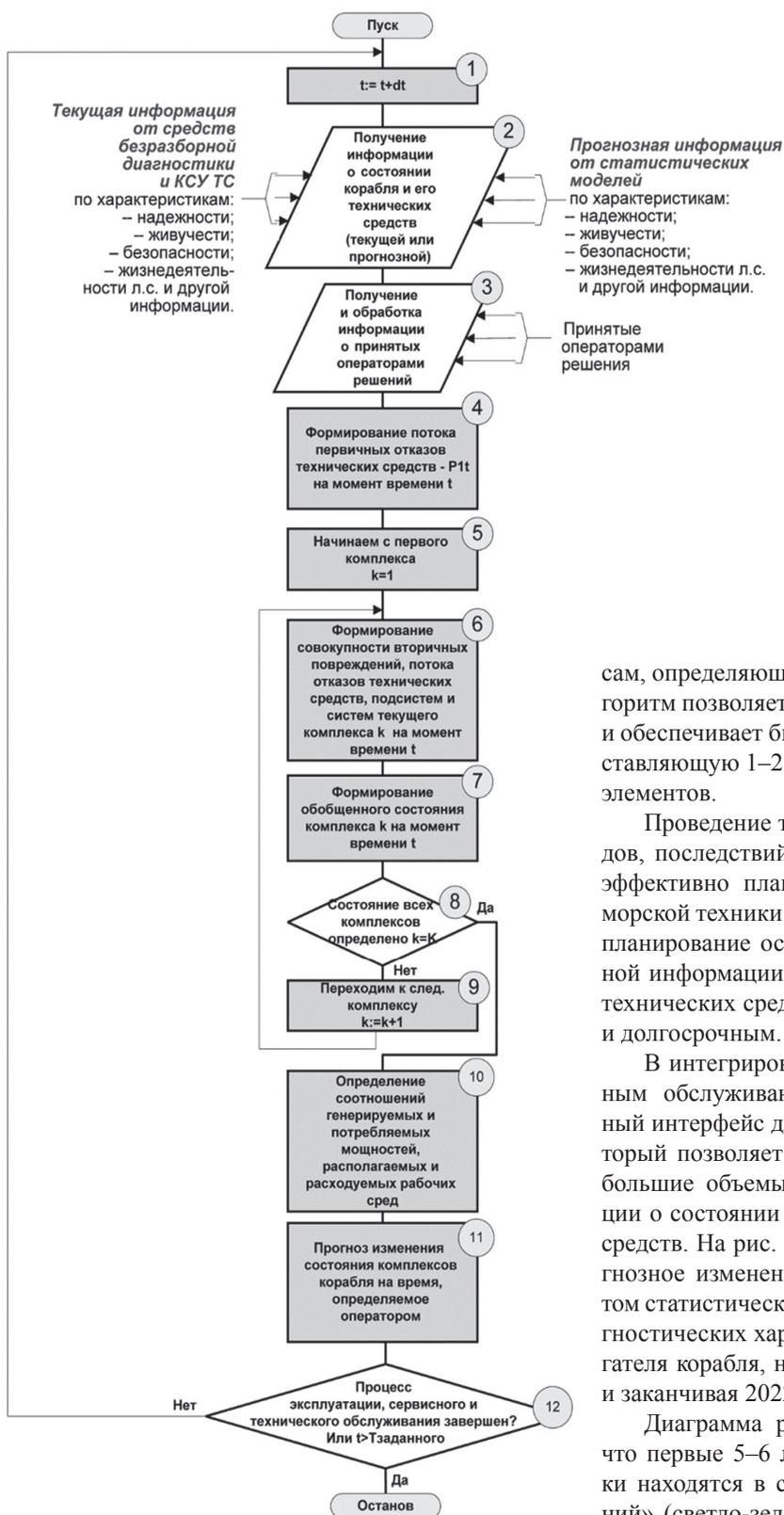


Рис. 5. Обобщенный алгоритм логико-динамического имитационного моделирования: t – текущее оперативное время с начала процесса эксплуатации и технического обслуживания; $P1t$ – поток первичных отказов многоуровневой иерархической структуры корабля; $P2t$ – поток вторичных отказов многоуровневой иерархической структуры корабля; k – номер комплексов корабля; K – общее количество комплексов корабля; dt – шаг расчета; $T_{заданное}$ – время расчета

Fig. 5. Generalized algorithm for logic-dynamic simulation: t – current time from coming into service and maintenance phase; $P1t$ – flow of primary failures in multi-level hierarchy structure of vessel; $P2t$ – flow of secondary failures in multi-level hierarchy structure of vessel; k – system number; K – total number of ship systems; dt – computational step; $T_{spec.}$ – computational time

сам, определяющим основные функции корабля. Алгоритм позволяет избежать «зацикливания» расчетов и обеспечивает быструю сходимость результатов, составляющую 1–2 с для 1000 участвующих в расчетах элементов.

Проведение текущего и прогнозного анализа видов, последствий и критичности отказов позволяет эффективно планировать сервисное обслуживание морской техники и ее технических средств. При этом планирование основывается на текущей и прогнозной информации о состоянии морской техники и ее технических средств, что делает его своевременным и долгосрочным.

В интегрированной системе управления сервисным обслуживанием разработан человеко-машинный интерфейс для лиц, принимающих решения, который позволяет в кратчайшие сроки обрабатывать большие объемы текущей и прогнозной информации о состоянии морской техники и ее технических средств. На рис. 6 представлено фактическое и прогнозное изменение технического состояния (с учетом статистического анализа функциональных и диагностических характеристик) эшелона главного двигателя корабля, начиная с постройки судна в 2010 г. и заканчивая 2022 г.

Диаграмма рисков и угроз (ДРУ) отображает, что первые 5–6 лет диагностические характеристики находятся в состоянии «Без потерь и ограничений» (светло-зеленый цвет), следующие 1–2 года –

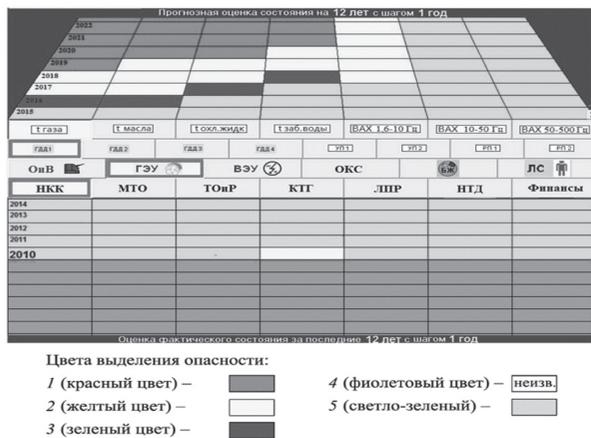


Рис. 6. Основная экранная форма человеко-машинного интерфейса

Fig. 6. Main screen shot of human-machine interface in integrated service management system

в состоянии «Минимальные потери и ограничения» (темно-зеленый цвет), следующие 2–3 года – в состоянии «Средние потери и ограничения» и далее – в состоянии «Недопустимые потери и ограничения» (красный цвет).

Интервал представления информации на ДРУ может изменяться и составлять от нескольких минут до нескольких лет. Выбор длины интервала лицом, принимающим решения, зависит от требований, которые определяются процессом решения задачи технического и сервисного обслуживания.

ДРУ состоит из трех основных частей:

- поле оценки текущего и прогнозного состояния комплексов и характеристик корабля (верхняя прямоугольная часть ДРУ);
- раскрывающаяся полоса комплексов корабля и его характеристик;
- поле оценки зафиксированного на предыдущих интервалах времени состояния комплексов и характеристики корабля (нижняя часть ДРУ).

Поля оценки состояния комплексов и характеристик корабля разбиты на элементы в координатной сетке «дискретный интервал времени – объект корабля». Элементы поля оценки состояния комплексов и характеристики корабля расцветаются в зависимости от состояния соответствующего объекта в указанный момент времени с помощью цветов выделения опасности.

Пять цветов выделения опасности приняты в соответствии с рекомендациями, изложенными в [9]. Подобные принципы цветового выделения опас-

ности утверждены международными стандартами. Цветовая раскраска индикатора словесного описания опасных событий позволяет облегчить проектиранту и эксплуатанту восприятие и понимание представленной сложной многофакторной информации, а также помогает быстро проследить цепь причинно-следственных происшествий, сконцентрировать внимание на наиболее важных направлениях борьбы за живучесть корабля.

На рис. 6 выделяются:

- красным цветом – состояния тех комплексов и в такие моменты, когда они становятся недопустимыми и требующими принятия неотложных или срочных контрмер;
- желтым цветом – состояния тех комплексов и в такие моменты, когда они становятся предельно допустимыми по некоторым параметрам (например, при перегрузке генераторов, при отключении исправного оборудования, т.е. при неиспользуемом резерве и т.п.) с ограничением времени на принятие мер противодействия;
- зеленым цветом – допустимые состояния корабельных комплексов при некоторых допустимых ограничениях на их использование.

При этом дополнительно фиолетовый цвет принят для выделения критического (предельно недопустимого) состояния оборудования, когда оно не только не может функционировать, но и повреждено, что исключает возможность его восстановления в море для локализации и ликвидации аварии. Светло-зеленый цвет принят для другого крайнего состояния оборудования – когда оно полностью отвечает штатным требованиям нормативно-технической документации.

Для каждого анализируемого элемента ДРУ представляет информацию о текущем, предшествующем и прогнозируемом состояниях с шагом, выбранным лицом, принимающим решения. На полях ДРУ информация отображается в обобщенном виде с помощью цветовой раскраски. При выборе нужного поля обобщенная информация детализируется в поле «Расшифровка состояния» в словесно-логической форме на профессионально-ориентированном языке. Для дополнительной детализации могут быть вызваны соответствующие имитационно-вычислительные модули с собственными человеко-машинными интерфейсами.

В основе интегрированной системы управления сервисным обслуживанием, а соответственно, и в основе ДРУ, находится структура морской техники, позволяющая описывать процессы ее полного жизненного цикла. Данная структура последователь-

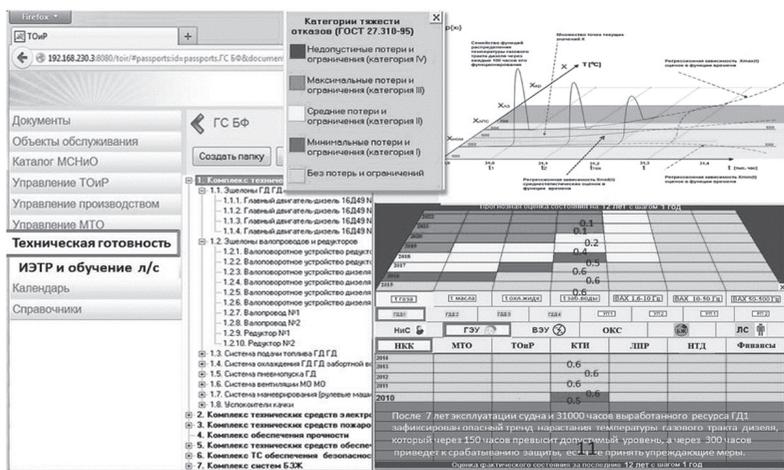


Рис. 7. Комплексный интерфейс интегрированной системы управления сервисным обслуживанием
Fig. 7. General interface of integrated service management system

но используется на всех стадиях жизненного цикла, состав ее постепенно корректируется, набор информации пополняется.

На верхнем иерархическом уровне структуры используются следующие основные элементы, необходимые для управления жизненным циклом корабля:

- надежность и безопасность корабельных комплексов (НKK);
- материально-техническое обслуживание (МТО);
- техническое обслуживание и ремонт (ТОиР);
- коэффициент технической готовности (КТГ);
- комплектация экипажа корабля и его обитаемость (ЛПР);
- обеспеченность электронной нормативно-технической документацией (НТД);
- финансовое обеспечение (финансы).

Каждый из элементов верхнего уровня может быть разукрупнен перечнем более низкого уровня иерархии. Например, НKK характеризуется составом комплексов корабля (и так до четвертого иерархического уровня), таких как:

- оружие и вооружение (О и В);
- главная энергетическая установка (ГЭУ);
- вспомогательная энергетическая установка (ВЭУ);
- общекорабельные средства (ОКС);
- средства борьбы за живучесть (БЖ);
- личный состав (ЛС).

В качестве примера более детально рассмотрен комплекс ГЭУ. Он состоит из эшелонов главных двигателей с 1 по 4 (ГДД), упорных подшипников (УП), редукторных передач (РП).

Элементы самого низкого иерархического уровня описания комплекса НKK характеризуются набором диагностических параметров. Например, для ГД1 в этот набор входят: температуры различных техно-

логических сред (t) и виброакустические характеристики на разных частотах (ВАХ).

Значения элементов самого низкого иерархического уровня формируются на основе информации, поступающей от средств безразборной параметрической диагностики, КСУ ТС и бортовых электронных журналов.

Представленный на рис. 7 интерфейс объединяет все основные информационные компоненты интегрированной системы управления техническим и сервисным обслуживанием.

Таким образом, в результате проведения ситуационного анализа и анализа видов, последствий и критичности отказов происходит определение состояний подсистем, систем и комплексов корабля на основе диагностической информации, поступающей от средств безразборной параметрической диагностики, КСУ ТС и бортовых электронных журналов.

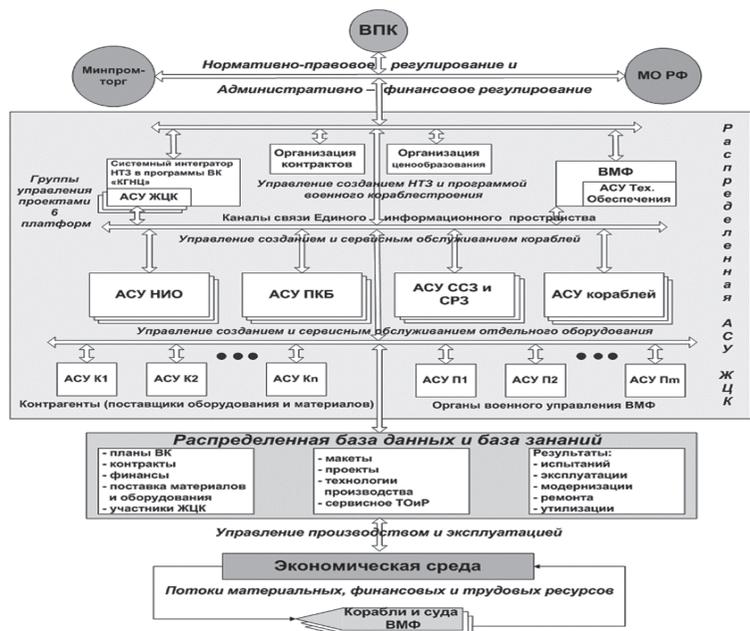
Создание системы управления жизненным циклом морской техники является организационно-технической задачей. Для того, чтобы система смогла функционировать, необходимо определить регламент взаимодействия участников полного жизненного цикла. В решении задач технического обеспечения создания системы управления жизненным циклом в судостроительной отрасли имеется определенный научно-технический задел. При этом в области организационных задач создания системы управления жизненным циклом корабля еще не решены принципиальные задачи.

Организационная структура управления жизненным циклом включает следующих основных участников:

- государственные заказчики;
- военные представительства;

Рис. 8. Структура автоматизированной системы управления жизненным циклом продукции кораблестроения

Fig. 8. Structure of computerized life-cycle management system for shipbuilding products



- научно-исследовательские и испытательные организации заказчика
- и промышленности (НИО);
- организации заказчика, осуществляющие эксплуатацию ВВСТ;
- головные исполнители (исполнители), в том числе разработчики, изготовители и поставщики (проектно-конструкторские бюро – ПКБ; судостроительные и судоремонтные заводы – ССЗ и СРЗ);
- организации и предприятия оборонно-промышленного комплекса (ОПК), обеспечивающие техническую эксплуатацию и капитальный ремонт ВВСТ;
- заинтересованные органы государственной власти;
- другие участники ПЖЦ ВВСТ по решению государственного заказчика.

На рис. 8 представлен вариант объединения участников полного жизненного цикла корабля на основе автоматизированного подхода. На основе Крыловского государственного научного центра предлагается создать Отраслевой ситуационно-аналитический центр судостроительной промышленности для развития научно-методического обеспечения ЖЦ, формирования научно-технического задела и программ военного кораблестроения, а также для выполнения функций базового государственного на-

учного центра отрасли.

Таким образом, разработаны технические и организационные основы интегрированной системы управления сервисным обслуживанием морской техники, которые позволяют обеспечить необходимый коэффициент технической готовности при сокращенном объеме финансирования на основе безразборной параметрической диагностики и информации о технологических параметрах, получаемых от КСУ ТС:

- предложена структура интегрированной системы управления сервисным обслуживанием морской техники на основе трех основных составляющих;
- проанализированы и определены основные источники получения информации о техническом состоянии морской техники;
- проработан подход к формированию логико-динамической имитационной модели морской техники, позволяющий проводить анализ видов, последствий и критичности отказов;
- сформирован проект интерфейса системы управления сервисным обслуживанием морской техники на основе методов ситуационного анализа.

Библиографический список

References

- ГОСТ Р 56136-2014 «Управление жизненным циклом продукции военного назначения. Термины и определения». [GOST R 56136-2014. Life cycle management for military products. Terms and definitions. (In Russian)].

2. ГОСТ Р 56135-2014 «Управление жизненным циклом продукции военного назначения. Общие положения». [GOST R 56135-2014. Life cycle management for military products. General. (In Russian)].
3. TSS/Control – integrated ship system management system интегрированная система управления техническими средствами судна [Электрон. ресурс] / Сайт компании «Валком». URL: <http://www.valcom.ru/page.php?pagelId=113&topicId=28&biblId=74/> [TSS/Control - integrated ship system management system [electronic resources] / Website Valkom. URL: <http://www.valcom.ru/page.php?pagelId=113&topicId=28&biblId=74> (In Russian)].
4. Daihatsu diesel [electronic resources] / Daihatsu website URL: <http://www.dhdt.co.jp/ja/index.html>
5. Богданов Д.А., Власов В.А. Опыт разработки и внедрения компоненты системы управления жизненным циклом кораблей и судов ВМФ // Морская радиоэлектроника. 2016. № 4(58). С. 8–11. [Bagdanov D.A., Vlasov V.A. Experience in development and implementation of life-cycle management system components on naval ships // Marine radioelectronics. 2016; 4(58): 8–11. (In Russian)].
6. Ковтун Л.И. Супервизорная система автоматизированная управления иерархически структурированными организационно-техническими комплексами морской техники с использованием имитационно-вычислительных симуляторов // Труды ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова. 2010. № 54(338). С. 5–48. [Kovtun L.I. Supervisor computerized system for management of hierarchic-structured organization & technical systems using computational simulators // Transactions of Krylov Shipbuilding Research Institute. 2010; 54(338): 5–48. (In Russian)].
7. Шарков Н.А. Анализ и синтез иерархически-интегрированных человеко-машинных комплексов управления морской техникой в аварийных условиях на базе интеллектуальных технологий // Труды ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова 2010. № 54(338). С. 49–75. [Sharkov N.A. Analysis and synthesis of hierarchy integrated human-machine control systems for marine vessels in emergencies using intelligent technologies // Transactions of Krylov Shipbuilding Research Institute. 2010; 54(338): 49–75. (In Russian)].
8. Супрун Г.Ф. Синтез систем электроэнергетики судов. Л.: Судостроение, 1972. [Suprun G.F. Synthesis of ship's electric-power systems. L.: Sudostroenie, 1972. (In Russian)].
9. ГОСТ РВ 0029-05.018-2008 «Цвета обозначения систем и выделения информации в образцах военной техники. Номенклатура и порядок выбора». [GOST RV 0029-05.018-2008 Colors for coding systems and highlighting information in military hardware. Nomenclature and choice procedure. (In Russian)].
10. Ковтун Н.Л. Имитационный статистический анализ параметров технологических процессов на судах для прогнозирования надежности техники // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2016. № 5(39). С. 215–225. [Kovtun L.I. Simulation statistical analysis of technological processes on ships for reliability predictions // News Bulletin of Admiral Makarov State University of Marine and Inland Shipping. 2016; 5(39): 215–25. (In Russian)].
11. «Единая структура базы данных и знаний для промышленности и морского флота». Материалы презентации ФГУП «Крыловский государственный научный центр», АО «51ЦКТИС», ООО «НТК ИНФРЭС» на VII Международном Военно-Морском Салоне «МВМС 2015». [Integrated structure of data and knowledge base for industry and marine fleet. Presentation of Krylov State Research Centre, AO 51 KTIS, OOO NTK INFRENS, VII Maritime Defence Show “MDS 2015”. (In Russian)].
12. «Составная часть системы информационной поддержки жизненного цикла морской техники (на этапе эксплуатации)». Материалы презентации ФГУП «Крыловский государственный научный центр», АО «51ЦКТИС», ООО «НТК ИНФРЭС» на VIII Международном Военно-Морском Салоне «МВМС 2017». [Component part of the life-cycle information support for marine vessel (operating service phase). AO 51 KTIS, OOO NTK INFRENS, VIII Maritime Defence Show “MDS 2017”. (In Russian)].

Сведения об авторах

Шарков Николай Александрович, к.т.н., старший научный сотрудник ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44. Тел.: 8 (812) 415-45-38; E-mail: nicolaysharkov@yandex.ru.

Ковтун Лев Игнатьевич, д.т.н., ведущий научный сотрудник ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44. Тел.: 8 (812) 386-69-50; E-mail: levkovtun@yandex.ru.

Харитоненко Владимир Терентьевич, к.т.н., ведущий научный сотрудник ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44. Тел.: 8 (812) 415-47-08; E-mail: xvt1@bk.ru.

Ковтун Николай Львович, ведущий инженер ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44. Тел.: 8 (812) 415-47-08; E-mail: kovtun5@yandex.ru.

About the authors

Sharkov N. Cand. of Tech. Sc., Senior Researcher, Krylov State Research Centre. Address: Moskovskoye sh. 44, St. Petersburg, Russia, 196158. Tel.: 8 (812) 415-45-38; E-mail: nicolaysharkov@yandex.ru.

Kovtun L., D. Sc., Lead Researcher, Krylov State Research Centre. Address: Moskovskoye sh. 44, St. Petersburg, Russia, 196158. Tel.: 8 (812) 386-69-50; E-mail: levkovtun@yandex.ru.

Kharitonenko V., Cand. of Tech. Sc., Lead Researcher, Krylov State Research Centre. Address: Moskovskoye sh. 44, St. Petersburg, Russia, 196158. Tel.: 8 (812) 415-47-08; E-mail: xvt1@bk.ru.

Kovtun N., Lead Engineer, Krylov State Research Centre. Address: Moskovskoye sh. 44, St. Petersburg, Russia, 196158. Tel.: 8 (812) 415-47-08; E-mail: kovtun5@yandex.ru.

Поступила / Received: 12.03.18
Принята в печать / Accepted: 18.04.18
© Коллектив авторов, 2018