

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОЙ ОЦЕНКИ РИСКОВ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Н.О. Шибеева, В.В. Вычужанин

Одесский национальный морской университет,
ул. Мечникова, 34, Одесса, 65404, Украина; e-mail: vint532@yandex.ru

Статья посвящена дистанционной диагностике технического состояния сложных технических систем, их взаимосвязанных, взаимодействующих подсистем и элементов по оценкам рисков. Проведен анализ используемых методов дистанционного мониторинга, диагностики сложных технических систем. Описан метод дистанционного мониторинга, диагностики, основывающийся на учете взаимосвязанности и взаимодействия подсистем сложных технических систем и их элементов, а также количественного и качественного информационно-энергетического взаимодействия. Применение разработанного метода и его информатизация позволяет оценить работоспособность сложной технической системы в различных условиях и режимах ее эксплуатации, а также прогнозировать состояние системы в аварийных экстремальных ситуациях и осуществлять последующую автоматизацию принятия решений.

Ключевые слова: сложная техническая система, информационно-энергетический обмен, мониторинг, диагностика, прогнозирование

Введение

Своевременная и качественная диагностика, в том числе дистанционная, сложных технических систем (СТС) при их эксплуатации позволяет повысить надежность систем, а значит и эффективность их эксплуатации. Одним из важнейших показателей надежности СТС является оценка рисков систем. В работах [1-9] для обеспечения безопасности СТС рекомендуется пользоваться данными, полученными сочетанием качественных и количественных методов оценок рисков, что позволяет осуществить анализ рисков при использовании меньшего объема информации и затрат труда. Однако многообразие методов оценки рисков СТС базируется на инженерных, модельных, экспертных и других подходах, связанных со сложными и дорогостоящими расчетами, определяющими значения оценок рисков с точностью не выше первого порядка.

Проведенный анализ публикаций показал, что сегодня вопросом исследования дистанционного мониторинга и диагностики (ДМД) СТС уделяется существенное внимание. Однако авторы оценки рисков при ДМД СТС для автоматизации принятия решений не в полной мере используют комплексный подход, основанный на учете взаимосвязанности и взаимодействия подсистем СТС, а также количественного и качественного информационно-энергетического взаимодействия [10,11].

При оценках надежности СТС наиболее важным является учет влияния взаимосвязанных, взаимодействующих подсистем и их элементов на технические риски систем в целом. Поэтому для эффективной эксплуатации, прогнозирования и борьбы с аварийными ситуациями следует определять «вклад» каждой подсистемы и ее элементов на надежность СТС, оценивая технические риски с учетом взаимосвязанности и взаимодействия компонентов системы.

Учитывая специфику СТС, технологии передачи данных в них, задача повышения эффективности систем на стадии их эксплуатации путем оценки рисков при ДМД СТС актуальна.

Цель статьи и постановка задачи исследования

Целью статьи является информационное обеспечение дистанционного мониторинга и диагностирования технического состояния СТС для автоматизации принятия решений в аварийных ситуациях.

Задача исследования - оценки технических рисков СТС в аварийных ситуациях с учетом взаимосвязанности и взаимодействия их компонентов.

Основная часть

Для обеспечения надежности необходимо рассматривать СТС и их компоненты с учетом взаимосвязанности и взаимодействия, количественного и качественного информационно-энергетического взаимодействия. Такой подход позволяет оптимизировать время поиска возникшей неисправности в реальной аварийной ситуации и выявить взаимозависимость всех компонентов СТС от конкретного ее критичного элемента.

Определяющим фактором надежности СТС является наличие своевременной, полной и достоверной информации для оценки риска систем. Она может формироваться системой менеджмента качества проектирования и эксплуатации СТС в соответствии со стандартом ISO 9000 [12], предусматривающего мероприятия по обеспечению надежности СТС при условии развития коммуникаций и умения управления информацией. Своевременное и регулярное поступление информации о состоянии оборудования СТС позволяет обслуживающему персоналу отслеживать аварийные ситуации, выявлять причины отказов и вырабатывать меры, направленные на повышение надежности СТС.

Следует отметить, что известны СТС, устанавливаемые на судах, для которых привычные методы резервирования агрегатов, мониторинг технического состояния для повышения надежности СТС не всегда возможно реализовать из-за ограниченного судового пространства и высокой стоимости оборудования. Для таких систем актуальным является дистанционное определение наиболее уязвимых (критичных) агрегатов СТС в различных аварийных ситуациях эксплуатации систем.

Дистанционное диагностирование технического состояния СТС включают этапы [13].

1. Выявление взаимосвязанности и взаимодействия компонентов в иерархии и топологии СТС с учетом используемого ресурса ЭВИ (энергия, вещество, информация).
2. Построение и исследование когнитивной имитационной модели (КИМ) СТС.
3. Оценки ущербов и рисков СТС.

Задача дистанционного мониторинга и диагностики состояния СТС предусматривает распознавание его текущего состояния в условиях ограниченной информации и может быть представлена в виде составляющих рис. 1.

Для исследования модели системы ДМД и СТС среди множества существующих методов моделирования надежности выбрана относительно развитая технология когнитивного имитационного моделирования надежности, живучести, безопасности, эффективности и риска функционирования СТС [14-17], позволяющая реализовать формализованное с разной степенью описание оборудования, учитывающее эволюцию

технической системы во времени.

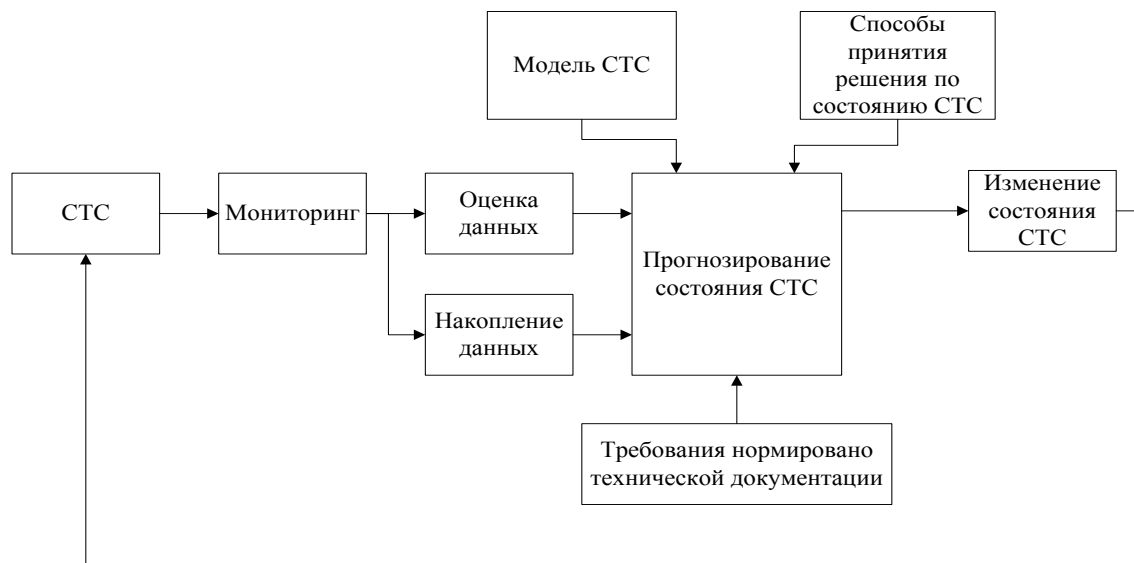


Рис. 1. Структура задачи технического мониторинга СТС

В рамках когнитивного подхода основой когнитивной модели является когнитивная карта, представленная в виде ориентированного графа, включающего в себя элементы СТС судна, представленные вершинами, и их взаимосвязи, представленные направленными дугами. В зависимости от уровня моделирования, когнитивная карта с разной точностью и достоверностью может отражать взаимодействие элементов системы в нескольких различных аспектах, в частности дуги могут рассматриваться как взаимовлияние объектов системы, либо как связь элементов по ресурсу («энергия» – «информация» – «вещество»).

В качестве объекта исследования СТС выбрана судовая энергетическая установка (СЭУ), представляющая собой либо функциональный комплекс подсистем, либо взаимосвязь этих комплексов. СЭУ является особо важным элементом энергетической установки судна и влияет на работоспособность всех ее остальных элементов. Поэтому функционирование СЭУ с позиций надежности необходимо рассматривать во взаимной связи со всеми ее элементами. Эксплуатационная готовность СЭУ имеет решающее значение для эффективного использования судна как транспортного средства. Следует отметить, что одной и той же эксплуатационной готовности можно достичь при разной величине затрат, поэтому необходимо нормировать величину показателей надежности. Решение такой задачи с помощью натурного эксперимента затруднительно. Единственно возможный на данном этапе путь ее решения – с помощью аналитических методов, а именно методом моделирования процесса функционирования СЭУ. Решая задачу аналитически, можно исключить заведомо нереальные варианты и, таким образом, снизить степень технического риска. Технический риск представляет собой комплексный показатель надежности элементов СТС, а именно комбинацию вероятностей возникновения опасностей определенного класса и ущербов от нежелательных событий из-за несовершенства, нарушения правил эксплуатации технических систем. Технические риски при КИМ определяются как произведение вероятности возникновения опасности и ущерба от пораженных компонентов СТС в соответствии с алгоритмом, приведенным на рис. 2. В качестве источника статистических значений вероятностей выхода из строя элементов СЭУ, используется база данных офшорных судовых компаний [18].

Агрегаты СТС СЭУ взаимодействуют между собой по межагрегатным связям – трубопроводам, линиям передачи энергии и информации. Для математического описания и оценок рисков СТС с учетом выявленной взаимосвязанности и взаимодействия их элементов используется КИМ, представленная в виде орграфа, в котором направленные дуги (ребра графа) выполняют функции межэлементных связей. Каждому агрегату СТС соответствует узел орграфа, каждой межэлементной связи – направленная дуга, направление которой совпадает с направлением передачи ЭВИ.

Основной задачей предлагаемого метода является оценка влияния состояния отдельного элемента на общую надежность СТС. Для оценки рисков элементов СТС введем коэффициенты рисков, численно выражающие степень рисков на интервале 0-1. Для значения коэффициента «0» состояние межэлементной связи не сказывается на надежности СТС, а для значения «1» надежность СТС определяется состоянием межэлементной связи.

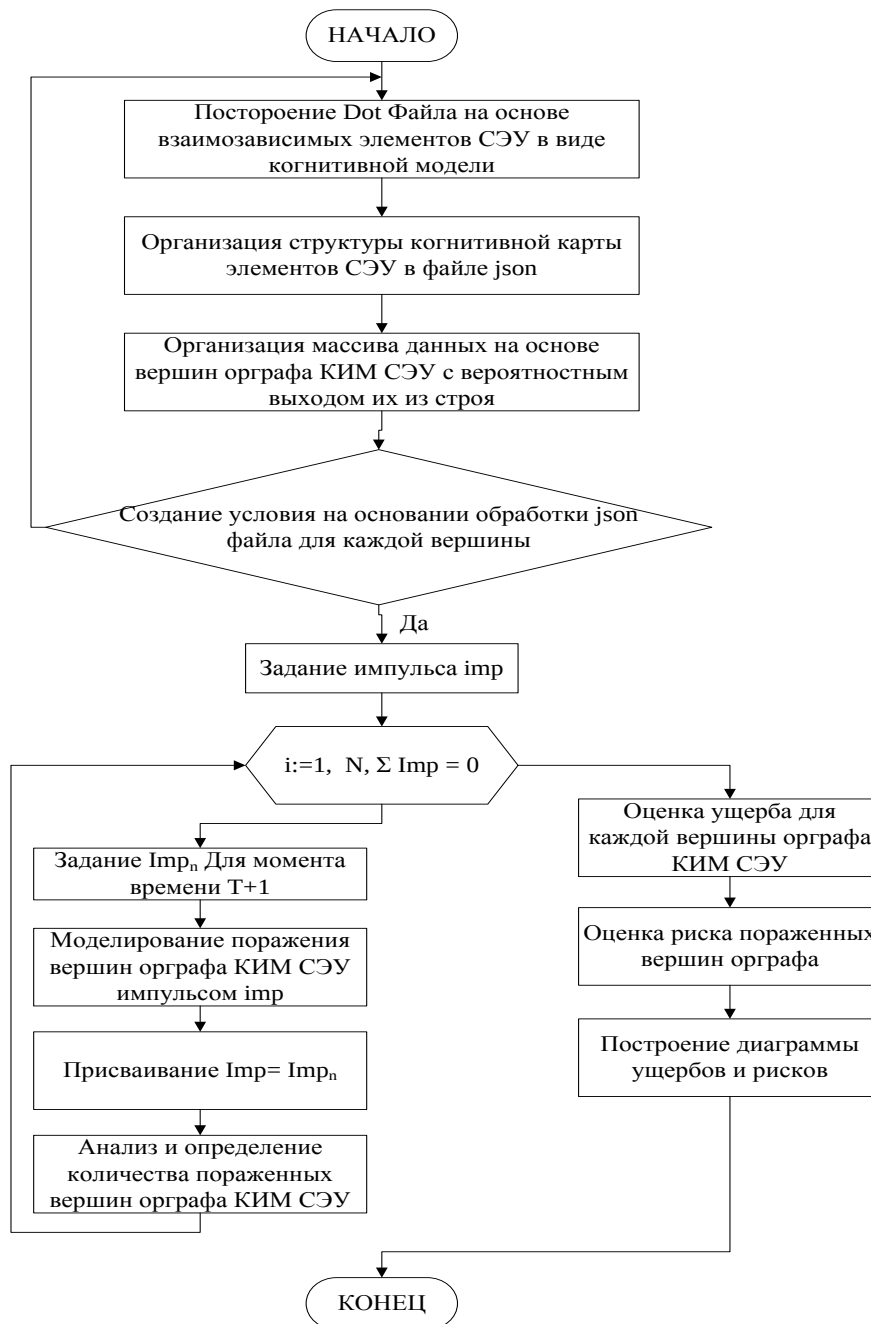


Рис. 2. Алгоритм реализации метода оценок ущерба и риска вершин орграфа КИМ СЭУ

Когнитивное имитационное моделирование выполняется путем воздействия на оргграф модели имитационных моделирующих импульсов (ИМИ). Суть такого моделирования состоит в том, что в одной из вершин графа задается определенное изменение. Эта вершина актуализирует всю систему показателей, т.е. связанных с ней вершин, в большей или меньшей степени. Таких вершин может быть несколько, однако в данной методике рассмотрено воздействие только единичных импульсов. Проходя по вершинам и дугам оргграфа, импульс изменяет их значения, изменяется сам. При оценке структурных угроз используется воздействие поражающего не изменяющегося МИ (ПМИ), распространяющегося по оргграфу и модифицирующего состояние его отдельных узлов [19]

$$I(t) = (imp_{ij}(t)), i = 1, \dots, t = t_1, \dots, t_d$$

где $imp_{ij}(t)$ – набор значений модулей ПМИ, соответствующих направленным дугам оргграфа; t – момент дискретного времени; t_1 – начальный момент дискретного времени; t_d – конечный момент дискретного времени.

ПМИ последовательно распространяется по оргграфу, выводя из строя смежные узлы и дуги на каждом очередном шаге дискретного времени. Дуга и узел меняют свое значение с 1 («исправен») на 0 («не исправен»), а значения модулей вектора $I(t)$ отражают прохождение ПМИ по узлам на каждый дискретный момент времени, вдоль направленных ребер графа. При распространении по системе импульс ослабляется в зависимости от весов дуг оргграфа СТС. В рассматриваемом случае веса дуг принимают бинарные значения (0 либо 1) в зависимости от исправности дуги. С целью моделирования промежуточных состояний частичной исправности МС алгоритм ПМИ предусматривает использование широкого диапазона весов.

Исследуемая СЭУ при ДМД в виде КИМ, основанная на оценке рисков, состоит из функциональных элементов СЭУ и ДМД, где элементы подсистем СЭУ образуют вершины оргграфа, а проводные элементы подсистемы выступают в качестве межэлементных связей и образуют ребра оргграфа.

На рис. 3 приведен оргграф СЭУ при ДМД, вершинами которого являются: ручное управление главным двигателем (РУГД); система сжатого воздуха (ССВ); котельная установка (КУ); судовая электростанция (СЭ); противопожарная система (ПС); аварийный привод ДРК (АП); главный двигатель (ГД); система дистанционно-автоматизированного управления (ДАУ) главного двигателя; система управления ДРК; передача мощности от главного двигателя к движителю (ПМ); система санитарной водоподготовки (ССВП); балластно-осушительная система (БОС); движительно-рулевой комплекс (ДРК). Кроме того на рис.3 приведены элементы вершины оргграфа СДМ: ИУ – измерительное устройство контроля параметров СЭУ; КО – контроллер; С – сервер; АРМ – автоматизированное рабочее место; К и Д – кодер и декодер; ПП – приемно-передающее устройство; ППС – подвижная спутниковая связь; СТ – стационарная станция; ГР – грид-облако; Ш – шлюз; ЛС – локальная сеть.

С использованием программного продукта graphwiz, осуществляется построение и отображение графа. В файле json задаются параметры графа, такие как вершины и переходы между вершинами, и указываются веса вершин и ребер. При помощи автоматизированного пакетного файла, написанного на языке python, выполняется расчет ущербов, и результаты заносятся в файл с расширением .csv.

Оргграф функционирования СЭУ и системы ДМД описывает их реальный состав. Связи вершин оргграфа функционирования СЭУ с позиций обеспечения системы ДМД представлены матрицей функционирования на рис. 4.

На рис. 5 приведены зависимости ущерба (Y) наносимого СЭУ, вероятности (P) того, что ущерб нанесет весомые повреждения СЭУ при ДМД и риска (R) возникновения ущерба.

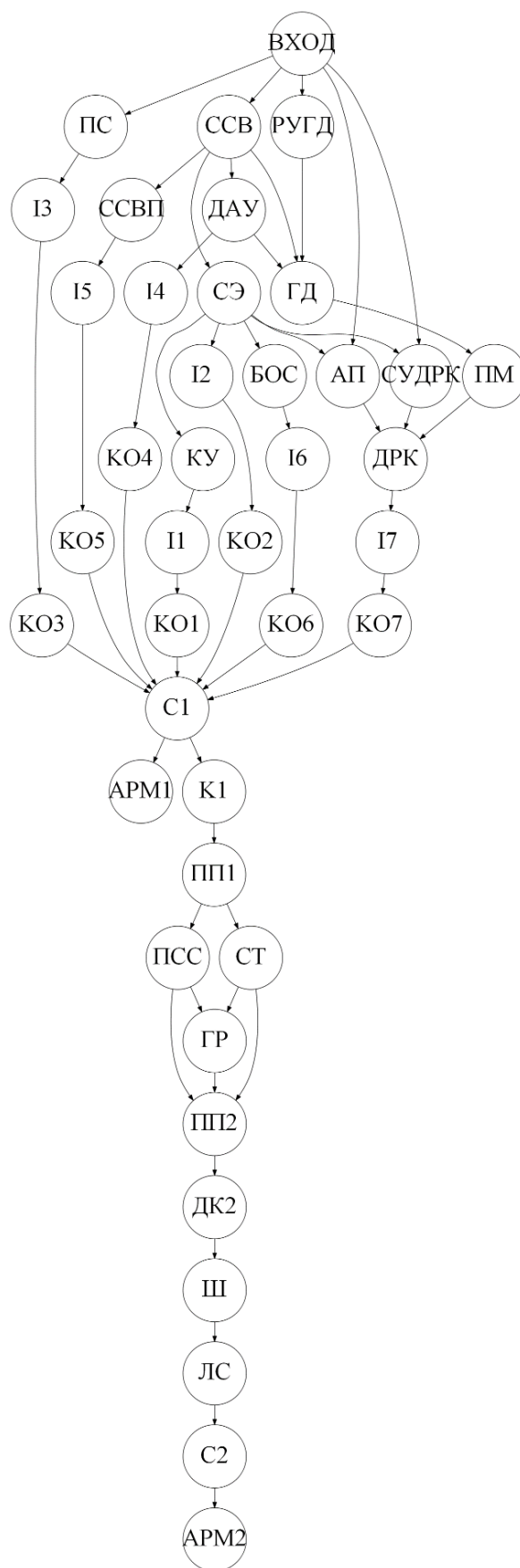


Рис. 3. Орграф функционирования СЭУ и системы ДМД

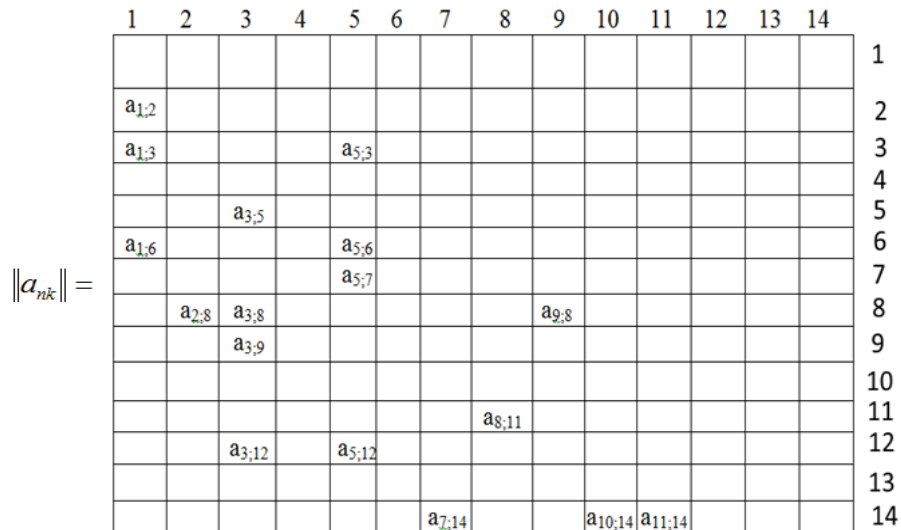


Рис. 4. Матрица функционирования СЭУ

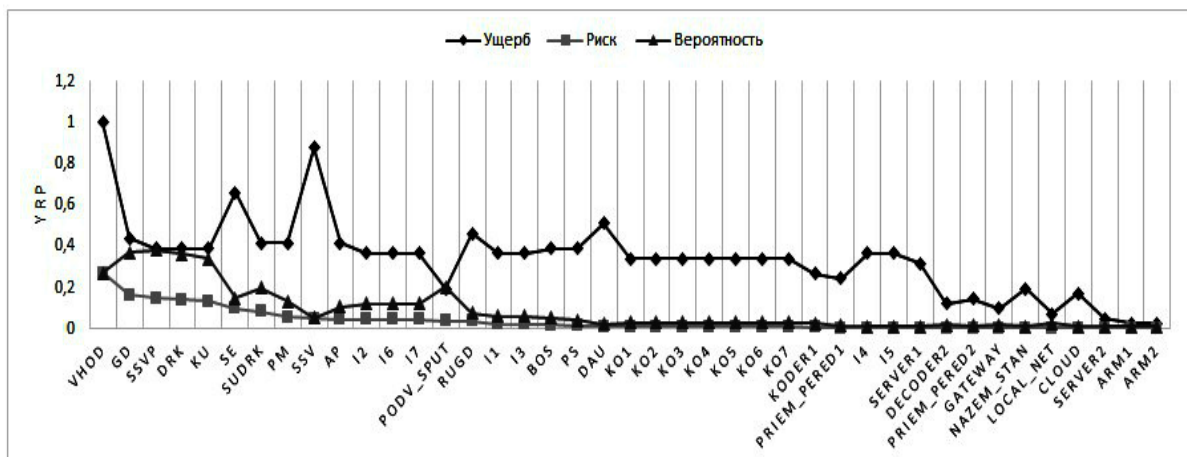


Рис. 5. Залежності ушкодження, ймовірності та ризику для функціональної схеми СЭУ

Для упрощення математичного описання обобщенная модель ДМД СЭУ розроблена на рівні підсистем СЭУ, механізмів та пристроїв. При необхідності детального дослідження моделі СЭУ та системи ДМД модель може доповнятися окремими моделями (орграфами) підсистем СЭУ. В цьому випадку зберігається розроблений принцип моделювання.

З результатів отриманих оцінок ризиків випливає, що найбільш уразливими підсистемами СЭУ є: головний двигач (ГД) (0,16), система санітарної водопідготовки (ССВП) (0,14), рульово-двигачний комплекс ДРК (0,14), котельна установка КУ (0,13). Менш уразливими елементами СЭУ є наступні елементи системи: система дистанційного автоматизованого управління (ДАУ) головного двигача (ДАУ) (0,010), Пожежозахисна система (ПС) (0,016), Балластно-осушувальна система (БОС) (0,019), ручне управління головним двигачем РУГД (0,035).

Выводы

Впервые разработаны методологические основы обеспечения дистанционного мониторинга и диагностирования состояния судовых СТС на основе оценки технических рисков систем в аварийных ситуациях с учетом взаимосвязанности и взаимодействия их компонентов, количественного и качественного информационно – энергетического взаимодействия.

Технические риски систем, определяемые по предлагаемой методике для аварийной ситуации позволяют прогнозировать тенденцию изменения технического состояния СТС во времени (в зависимости от изменения работоспособности и надежности отдельных ее элементов, с учетом разной скорости изменения этих параметров).

Предлагаемая методика оценки рисков судовых СТС позволяет: определить значимость действующих в системе взаимосвязей и взаимодействий компонентов систем; моделировать распространения различных уровней тяжести неблагоприятных внешних воздействий и поражающих факторов по структуре системы.

Список литературы

1. Бакланов, А.И. Системы наблюдения и мониторинга / А.И.Бакланов // М.: Бином. – 2009. – 234 с.
2. Кончаков, Е. И. Техническая диагностика судовых энергетических установок / Е. И. Кончаков. – Владивосток: ДВГТУ, 2007. – 112 с.
3. Головкин, С.В. Диагностика технического состояния судового электрооборудования на основе интеллектуального анализа данных / С.В. Головкин. // Вестник АГТУ. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика, 2009. – С. 90 – 95.
4. Рябинин, И. А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем / И. А. Рябинин. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2007. – 276 с.
5. Andersen, B. A Diagnostic System for Remote Real-Time Monitoring of Marine Diesel-Electric Propulsion Systems / B. Andersen. – Leipzig, 2011. – 45 p.
6. Минаков, А.А. Диагностирование оборудования с использованием параметров технологического контроля / А.А. Минаков, Д.В. Федосеев. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2009. – С. 305 – 309.
7. Klein, J. H. An approach to technical risk assessment / J. H. Klein, R. B. Cork // International Journal of Project Management. – 1998. – 16 (6). – Pp. 345-351
8. O'Neill, J. Technical Risk Assessment: a Practitioner's Guide / J. O'Neill, N. Thakur, A. Duus. – Australia, 2007. – 29 p.
9. Kertzner, P. Process Control System Security Technical Risk Assessment Methodology & Technical Implementation / P. Kertzner, J. Watters, D. Bodeau // Research Report. – 2008. – № 13. – 47 p.
10. Вычужанин, В.В. Метод управления рисками судовых сложных технических систем / В.В. Вычужанин, Н.Д. Рудниченко // Проблемы техники. – 2014. – №2. – С. 138 – 142.
11. Вычужанин, В.В. Технические риски сложных комплексов функционально взаимосвязанных структурных компонентов судовых энергетических установок / В.В. Вычужанин, Н.Д. Рудниченко // Вісник Одеського національного морського університету, збірник наукових праць. – 2014. – Вып. 2(40). – С. 68 – 77.
12. ISO 9000:2015 Quality management systems -- Fundamentals and vocabulary, 2015. – 51 p.
13. Вычужанин, В.В. Оценка структурного и функционального рисков сложных технических систем [Текст] / В.В. Вычужанин, Н.Д. Рудниченко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – 1/2 (67). – С. 18 – 22.
14. Langley, P. Automated cognitive modeling / P. Langley, S. Ohlsson // Automated cognitive modeling. – 1984. – 112 p.
15. Frank, A. Spatial and cognitive simulation with multi-agent systems / A. Frank, S. Bittner, M. Raubal // Spatial Information Theory. – 2001. – Pp. 124 – 139.
16. Beetz, M. Cognitive technical systems—what is the role of artificial intelligence / M. Beetz, M. Buss, D. Wollherr // KI 2007: Advances in Artificial Intelligence. – 2007. – Pp. 19 – 42.
17. Schwenk, C.R. The cognitive perspective on strategic decision making / C.R. Schwenk // Journal of Management Studies. – 2007. – Т. 25. – № 1. – Pp. 41 – 55.

18. OREDA. OREDA – Offshore Reliability Data Handbook 2015. – 6th Edition / OREDA 2015 6TH EDITION, 2015. – 783 p.
19. Вычужанин, В.В. Взаимодействие технических средств СЭУ на основе когнитивного моделирования / В.В. Вычужанин, Н.Д. Рудниченко// Матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції Суднова енергетика: стан та проблеми. – 2013. – С. 58 – 60.

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИСТАНЦІЙНОЇ ОЦІНКИ РИЗИКІВ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Н.О. Шибасєва, В.В. Вичужанин

Одеський національний морський університет,
Мечникова, 34, Одеса, 65404, Україна; e-mail: vint532@yandex.ru

Стаття присвячена дистанційній діагностиці технічного стану складних технічних систем, їх взаємопов'язаних, взаємодіючих підсистем і елементів за оцінками ризиків. Проведено аналіз використовуваних методів дистанційного моніторингу, діагностики складних технічних систем. Описано метод дистанційного моніторингу, діагностики, який базується на обліку взаємозв'язку і взаємодії підсистем складних технічних систем і їх елементів, а також кількісного та якісного інформаційно – енергетичного взаємообміну. Застосування розробленого методу і його інформатизація дозволяє оцінити працездатність складної технічної системи в різних умовах і режимах її експлуатації, а також прогнозувати стан системи в аварійних екстремальних ситуаціях і здійснювати подальшу автоматизацію прийняття рішень.

Ключові слова: складна технічна система, інформаційно – енергетичний взаємообмін, моніторинг, діагностика, прогнозування.

INFORMATIVE PROVIDING OF THE CONTROLLED FROM DISTANCE ESTIMATION OF RISKS OF THE DIFFICULT TECHNICAL SYSTEMS

N.O. Shibaeva, V.V. Vychuzhanin

Odessa National Maritime University,
34, Mechnikov str., Odessa, 65404, Ukraine; e-mail: vint532@yandex.ru

The article is sanctified to the controlled from distance diagnostics of the technical state of the difficult technical systems, their associate, interactive subsystems and elements on the estimations of risks. The analysis of the used methods of remote monitoring, diagnostics of the difficult technical systems is conducted. The method of remote monitoring, diagnostics, being base on account of associateness and co-operation of subsystems of the difficult technical systems and their elements, is described, and also quantitative and quality informatively - power trade-out. Application of the worked out method and his informatization allow to estimate the capacity of the difficult technical system under various conditions and modes of her exploitation, and also to forecast the state of the system in an emergency

Keywords: difficult technical system, informatively is a power trade-out, monitoring, diagnostics, prognostication.