

ИНФОРМАЦИОННАЯ КОГНИТИВНАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ВЗАИМОЗАВИСИМОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Н.Д. Рудниченко, В.В. Вычужанин

Одесский национальный морской университет,
ул. Мечникова, 34, Одесса, 65404, Украина; e-mail: rudnick@mail.ua

В статье приведены результаты исследований разработанной информационной когнитивной модели технологической взаимозависимости и взаимосвязи сложных технических систем для оценки их уязвимости. Построена общая структурная схема взаимосвязанности судовых сложных технических систем. Исследовано взаимодействие агрегатов судовой энергетической установки, системы энергоснабжения судна и судовых вспомогательных систем в аварийных экстремальных ситуациях. На основании полученных результатов исследований разработана информационная когнитивная модель технологической взаимозависимости функционирования судовых сложных технических систем. В соответствии с созданным алгоритмом оценки уязвимости элементов информационной когнитивной модели произведен расчет коэффициентов структурной уязвимости ее элементов. Результаты расчета позволили определить наиболее критичные по надежности элементы модели. Полученные результаты исследований и разработок позволяют повысить эффективность эксплуатации сложных технических систем, обеспечить качественное прогнозирование надежности их функционирования в аварийных экстремальных ситуациях.

Ключевые слова: взаимозависимость, взаимосвязь, когнитивное моделирование, надежность, система поддержки и принятия решений

Введение

Сложные технические системы (СТС), функционирование которых характеризуется взаимозависимостью и взаимосвязностью, обладают повышенным риском в работе, связанным с подверженностью разного рода аварийным ситуациям. Для надежной работы таких СТС крайне важно оперативное принятие управляющих решений по прогнозированию и минимизации негативных последствий от аварийных ситуаций. В этих целях возможно использование системного подхода при оценке надежности функционирования СТС, учитывающего взаимозависимость и взаимосвязность подобных систем. Основой системного подхода может стать разработка и использование когнитивных моделей, позволяющих выявить противоречия совместного функционирования СТС, осуществить их качественный анализ, разработать структурную схему причинно-следственных связей ключевых агрегатов исследуемой технической системы [1–5]. Когнитивное моделирование различных сценариев развития позволяет рассмотреть варианты развития ситуации при различных условиях, оценить возможность достижения целей. Благодаря этому становится возможной разработка оптимальной стратегии управления СТС.

Первым этапом разработки когнитивной модели технологической взаимозависимости и взаимосвязи СТС должна стать формулировка целей (предназначения) деятельности технических систем. Так СТС, установленные на судах,

должны обеспечить требуемые мореходные качества судов, поддержание заданных параметров их функционирования. Спецификой функционирования технологически взаимозависимых и взаимосвязанных судовых СТС является то, что в условиях постоянных внешних и внутренних воздействий, посредством согласованной работы систем производится передача и обмен информацией, энергией, а также жидкими, газообразными и многофакторными веществами, позволяющих судну успешно функционировать.

Цель статьи и постановка исследований

Целью статьи является разработка и исследование информационной когнитивной модели технологической взаимозависимости и взаимосвязи судовых комплексов технических систем (СКТС) для оценки и обеспечения прогнозирования надежности оборудования судов в аварийных экстремальных ситуациях.

Для успешного проведения исследований предлагается представить оборудование судна совокупностью систем, состоящих из взаимозависимых и взаимосвязанных наиболее значимых СТС: судовая энергетическая установка (СЭУ); система энергоснабжения судна (СЭС); судовые вспомогательные системы (СВС). При проведении исследований необходимо учесть воздействия внешней окружающей среды (ВС), как совокупность сложно прогнозируемых природных и неприродных факторов в аварийных экстремальных ситуациях.

Изложение основного материала исследования

Основными структурными объектами СЭУ являются: главный двигатель (ГД), судовой движитель (СД), валопровод (ВП), а также вспомогательные механизмы (ВМ). СЭС состоит из источников электрической энергии (ИЭЭ) в виде генераторов постоянного и переменного тока, аккумуляторов, кабельных сетей (КБ), электрораспределительных щитов (ЭРЩ), преобразователей электроэнергии (ПЭ). СВС представляют собой комплекс различных систем, основными из которых являются: трюмная (ТР); балластная (БС); пожаротушения – комплекс пожаротушения (КП); комфортного кондиционирования воздуха, технического кондиционирования воздуха, парового отопления – климатический комплекс (КК). Для выбранного состава СКТС структурная схема взаимозависимости и взаимосвязанности систем имеет вид, представленный на рис. 1. В когнитивной модели СКТС учтено взаимодействие и взаимосвязи агрегатов, находящихся в каждой подсистеме СЭУ, СЭС и СВС (рис. 2).

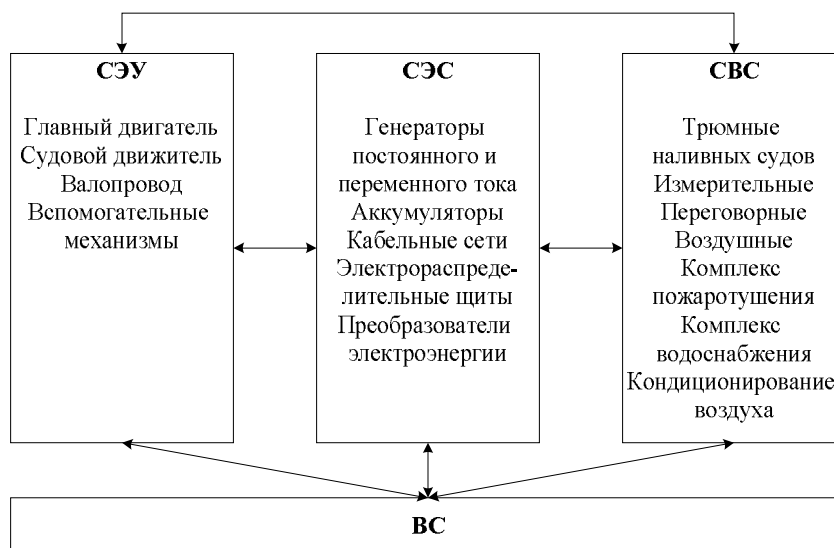


Рис 1. Структурная схема взаимозависимости и взаимосвязанности СКТС

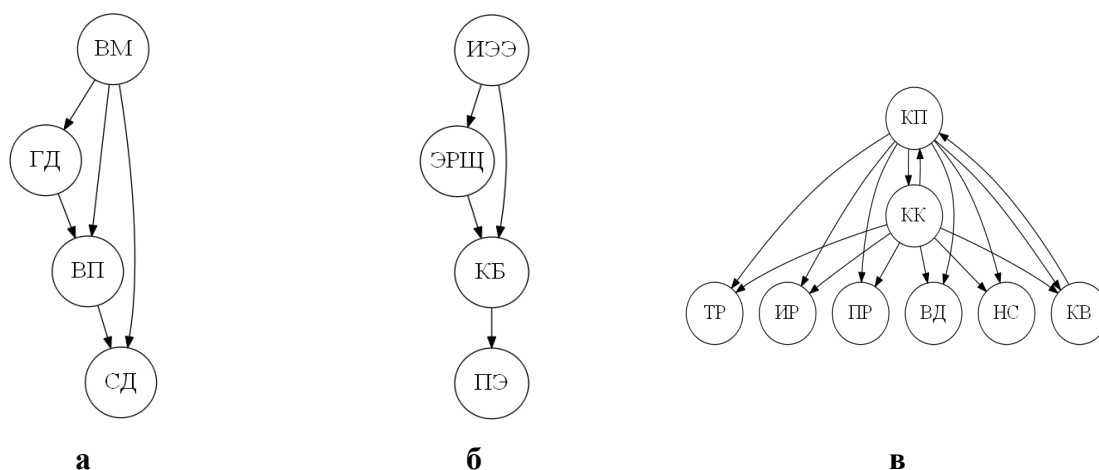


Рис 2. Взаимодействие и взаимосвязи агрегатов модели СКТС: а – взаимодействие объектов подсистемы СЭУ; б – взаимодействие объектов подсистемы СЭС; в – взаимодействие объектов подсистемы СВС

При разработке когнитивной модели использован язык DOT, служащий для описания и построения графов модели. Интерпретация кода произведена с использованием программного продукта *Graphviz*. Моделирование осуществлено в соответствии с алгоритмом, приведенным на рис. 3.

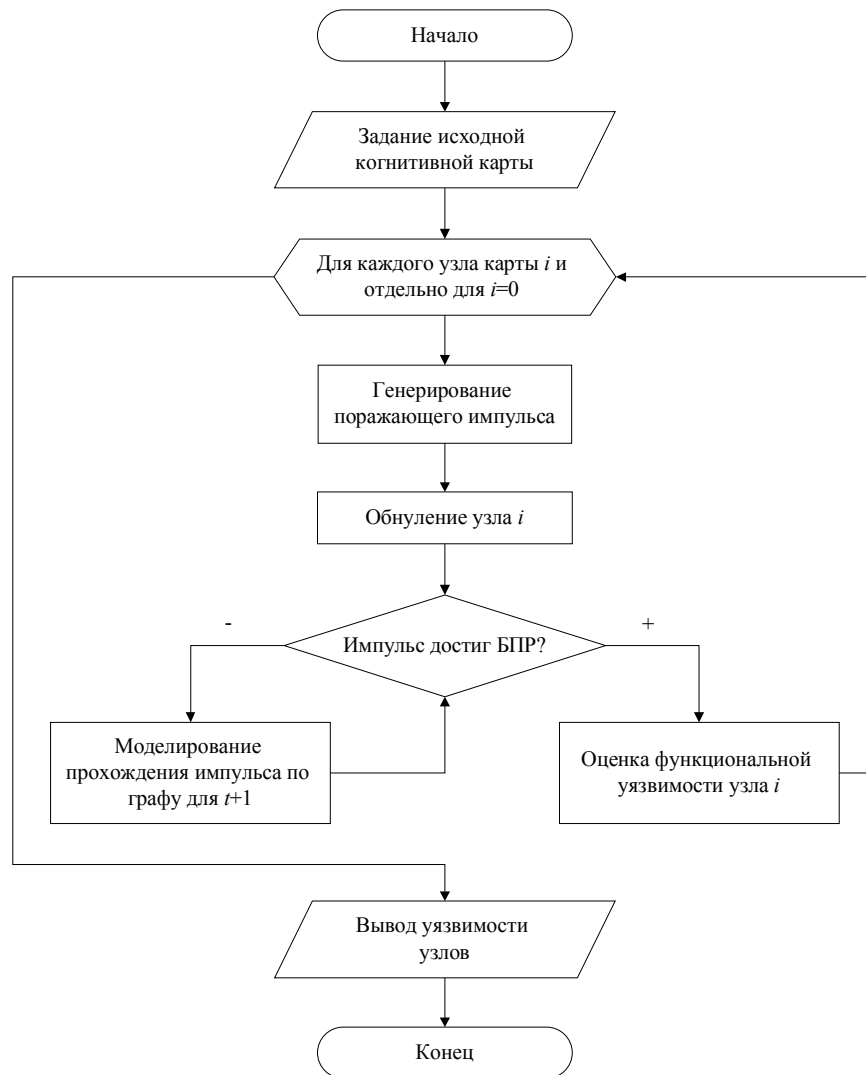


Рис. 3. Алгоритм оценки уязвимости узлов

Согласно когнитивной карте взаимозависимых и взаимосвязанных судовых технических средств (рис. 4), первоначальное воздействие на судно оказывается внешней средой. При проведении исследований импульс поражающего воздействия, связанный с факторами внешней среды, перемещается к ключевым элементам каждой из подсистем. Проходя по соответствующим связям через все агрегаты СКТС, поражающий импульс поступает на блок приемника (БПР), предназначенный для анализа состояния работоспособности каждой подсистемы комплекса. Ключевые элементы подсистем СЭУ и СЭС на рис 6 обозначены двойными окружностями.

При моделировании дополнительно использовался подход, заключающийся в аналитическом или экспертном выборе соответствующих вершин графа, на которые производится моделирующее воздействие, а также моментов времени, в которые данные воздействия проводятся. При этом учитывались различные характеристики (показатели) объекта исследования (табл. 1).

Для математической оценки степени уязвимости факторов применен коэффициент структурной угрозы K_c [6], представляющий собой количественное соотношение пораженных импульсом узлов к общему количеству узлов системы

$$K_c(F_i) = \frac{i}{N},$$

где

F_i — объект системы, на который воздействует единичный поражающий импульс;

i — общее количество пораженных объектов;

N — общее количество объектов в системе.

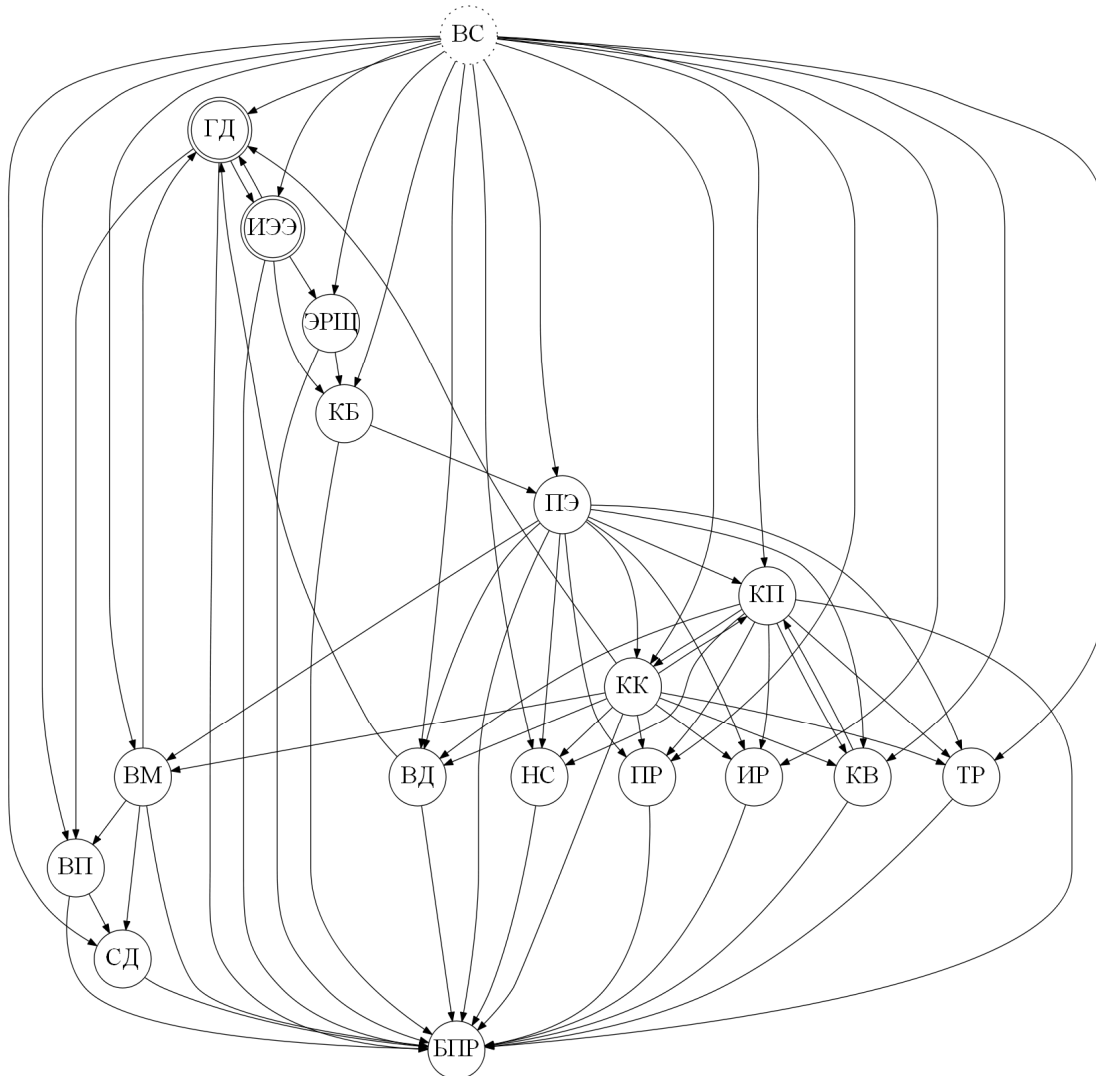


Рис. 4. Когнитивная карта взаимозависимости и взаимосвязанности СКТС

Установленные в ходе исследований и расчетов значения коэффициента структурной уязвимости по агрегатам СКТС приведены на гистограмме рис. 5. На оси абсцисс показаны наименования всех объектов полученной информационной когнитивной модели, на оси ординат — диапазон значений, которые принимает коэффициент структурной уязвимости (от 0 до 1 с шагом 0,1).

Таблица 1.

Характеристики показателей модели

№	Название объекта	Блок объекта	Оценка
1	Главный двигатель	СЭУ	Качественная
2	Судовой движитель	СЭУ	Качественная
3	Валопровод	СЭУ	Качественная
4	Вспомогательные механизмы	СЭУ	Качественная
5	Источники электроэнергии	СЭС	Количественная
6	Линии электропередач	СЭС	Качественная
7	Электрораспределительные щиты	СЭС	Качественная
8	Преобразователи электроэнергии	СЭС	Количественная
9	Трюмные системы	СВС	Качественная
10	Системы наливных судов	СВС	Качественная
11	Измерительные системы	СВС	Качественная
12	Переговорные системы	СВС	Качественная
13	Воздушные системы	СВС	Качественная
14	Комплекс пожаротушения	СВС	Качественная
15	Комплекс водоснабжения	СВС	Количественная
16	Климатический комплекс	СВС	Количественная
17	Морское волнение	ВС	Качественная
18	Воздействие ветра	ВС	Качественная
19	Воздействие подвижных объектов	ВС	Качественная
20	Воздействие неподвижных объектов	ВС	Качественная
21	Штормовое воздействие	ВС	Качественная

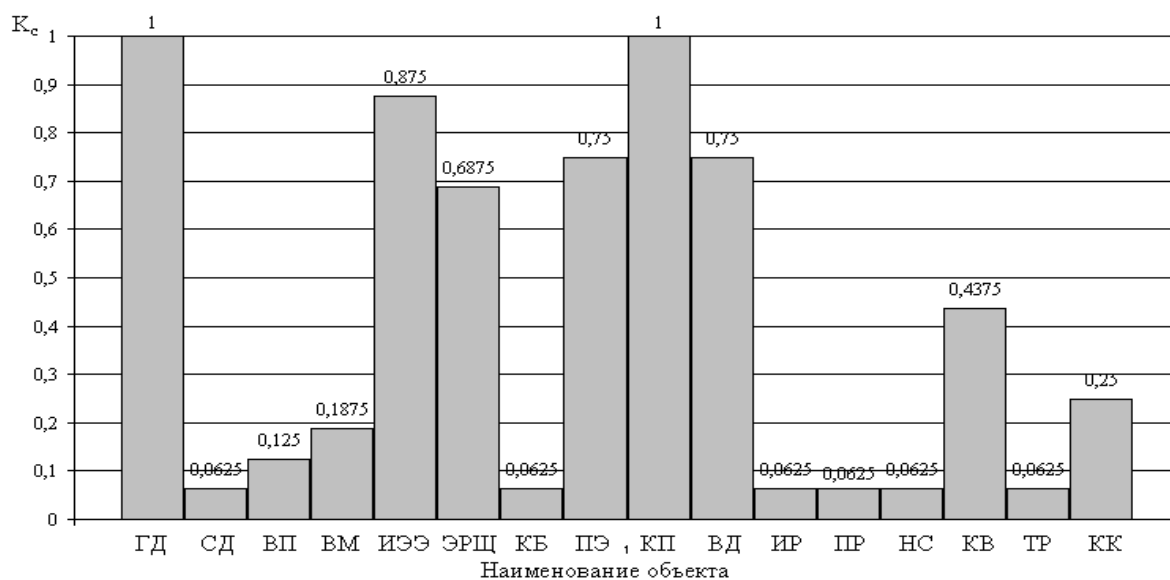


Рис. 5. Значения коэффициентов структурной уязвимости по агрегатам СКТС

Из результатов проведенных исследований следует, что наиболее уязвимыми в СКТС являются главный двигатель (СЭУ), комплекс пожаротушения (СВС), источники электроэнергии (СЭС), что связано с высокой степенью их зависимости от других агрегатов СКТС.

Полученные результаты информационно когнитивного моделирования взаимозависимых и взаимосвязанных СТС позволяют описать механизм их функционирования, сценарии возможного развития, структурные свойства. Разработанная информационная когнитивная модель СКТС является основой проектируемой системы поддержки принятия решений при оценке и обеспечении надежности функционирования СТС.

Выводы

Полученные результаты исследования информационной когнитивной модели взаимозависимых и взаимосвязанных СКТС показали работоспособность модели, а также целесообразность применения метода когнитивного моделирования для исследования сложных технических систем. Использование предложенного метода расчета значений коэффициентов структурной уязвимости обеспечивает определение наиболее уязвимых и критичных по надежности агрегатов СКТС. Полученные результаты исследований и разработок позволяют повысить эффективность эксплуатации сложных технических систем, обеспечить качественное прогнозирование надежности их функционирования в аварийных экстремальных ситуациях.

Использование информационных когнитивных моделей сложных технических систем является первоочередным этапом при проектировании систем поддержки принятия решений, что позволит автоматизировать и оптимизировать процесс оценки надежности сложных технических систем.

Список литературы

1. Максимов, В.И. Развитие моделей принятия решений: проблемы, парадоксы и перспективы / В.И. Максимов // Банковские технологии. — 2000. — № 3. — С. 39–43.
2. Максимов, В.И. Анализ и управление в нестабильной среде / В.И. Максимов, С.В. Качаев, Е.К. Корноушенко // Банковские технологии. — 1999. — № 3. — С. 47–52.
3. Максимов, В.И. Когнитивный анализ и моделирование сложных ситуаций / В.И. Максимов, Е.К. Корноушенко, С.В. Качаев // Банковские технологии. — 2001. — № 7. — С. 21–26.
4. Шередеко, Ю.Л. Классификация информационных процессов. Когнитивные процессы / Ю.Л. Шередеко // Управляющие системы и машины УС и М. — 1998. — № 1. — С. 5–17.
5. Горелова, Г.В. Когнитивное моделирование для интеллектуальной системы поддержки принятия решений управления транзитной торговлей / Г.В. Горелова, А.И. Хлебникова // Искусственный интеллект. — 2010. — № 3. — С. 473–482.
6. Бойко, В.Д. Модель оценки живучести судовых технических систем / В.Д. Бойко, В.В. Вычужанин // Вестник НУК. — 2012. — № 3. — С. 62–67.

ІНФОРМАЦІЙНА КОГНІТИВНА МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ВЗАЄМОЗАЛЕЖНОСТІ СУДНОВИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

Н.Д. Рудніченко, В.В. Вичужанін

Одеський національний морський університет,
вул. Мечникова, 34, Одеса, 65404, Україна; e-mail: rudnick@mail.ua

У статті наведено результати досліджень розробленої інформаційної когнітивної моделі технологічної взаємозалежності і взаємозв'язку складних технічних систем для оцінки їх вразливості. Побудовано загальну структурну схему взаємопов'язаності суднових складних технічних систем. Досліджено взаємодію агрегатів суднової енергетичної установки, системи енергопостачання судна і суднових допоміжних систем в аварійних екстремальних ситуаціях. На підставі отриманих результатів досліджень розроблено інформаційну когнітивну модель технологічної взаємозалежності функціонування суднових складних технічних систем. Відповідно до створеним алгоритмом оцінки вразливості елементів інформаційної когнітивної моделі зроблено розрахунок коефіцієнтів структурної уразливості її елементів. Результати розрахунку дозволили визначити найбільш критичні за надійності елементи моделі. Отримані результати досліджень і розробок дозволяють підвищити ефективність експлуатації складних технічних систем, забезпечити якісне прогнозування надійності їх функціонування в аварійних екстремальних ситуаціях.

Ключові слова: взаємозалежність, взаємозв'язок, когнітивне моделювання, надійність, система підтримки та прийняття рішень

INFORMATION COGNITIVE MODEL OF TECHNOLOGICAL INTERDEPENDENCE OF MARINE TECHNICAL RECOURCES

Nick D. Rudnichenko, Vladimir V. Vichuzhanin

Odessa National Maritime University,
34 Mechnikova str., Odessa, 65404, Ukraine; e-mail: rudnick@mail.ua

This paper contains the results of studies of the cognitive model developed information technology interdependence and interrelation of complex technical systems to assess their vulnerability. A general block diagram of a ship interconnectedness of complex technical systems. The interaction of ship power plant units, the power supply system of the ship and ship's auxiliary systems in extreme emergency situations. Based on the results of research developed an information processing model of cognitive functioning marine interdependence of complex technical systems. In accordance with the established algorithm vulnerability assessment information elements of the cognitive model calculated the coefficients of the structural vulnerability of its elements. The calculation results have allowed to identify the most critical elements of the model in terms of reliability. The results of research and development will improve the efficiency of operation of complex technical systems that provide high-quality prediction of the reliability of their operation in extreme emergency situations.

Keywords: interdependence, interaction, cognitive modeling, reliability, support system and decision-making