

**В.В. Вычужанин**

Одесский национальный морской университет

## КОГНИТИВНОЕ ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЖИВУЧЕСТИ СУДОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Предлагается метод оценки живучести функциональных комплексов судовых технических систем, базирующийся на использовании когнитивного имитационного моделирования.

Для оценки живучести функциональных комплексов судовых технических систем (ФКТС) предлагается использовать метод, основанный на применении когнитивного имитационного моделирования (КИМ). Агрегатам ФКТС в модели соответствуют узлы орграфа, ребра которого отражают связи причинного либо детерминированного («вещество-информация-энергия») характера. Структурные и функциональные угрозы ФКТС определяются с использованием воздействий поражающего и диагностирующего импульсов (ПМИ, ДМИ).

Для реализации метода оценки живучести ФКТС разработаны алгоритмы моделирования ПМИ (рис. 1) и ДМИ (рис. 2).

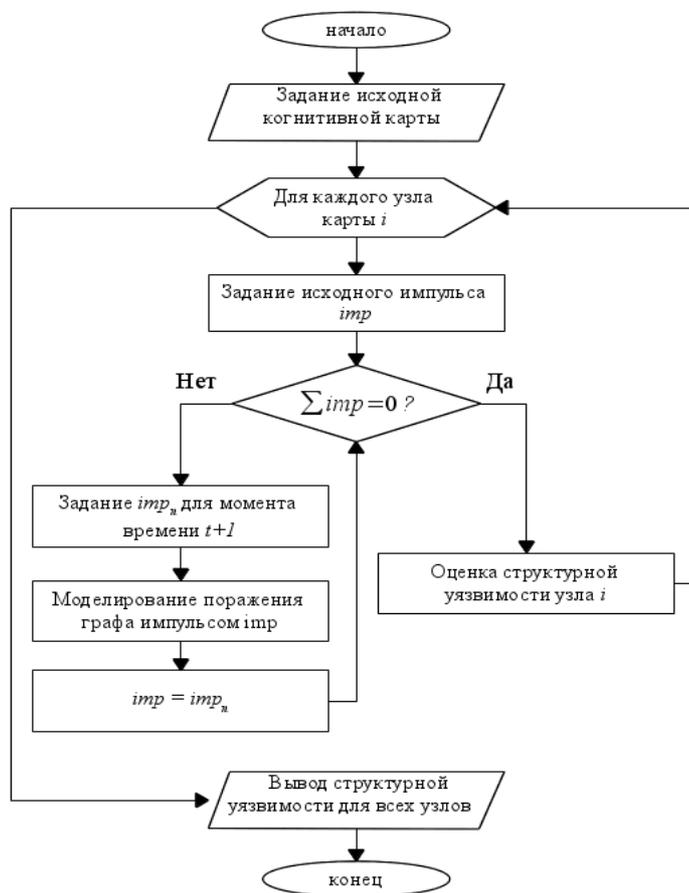


Рис. 1. Блок-схема алгоритма моделирования ПМИ

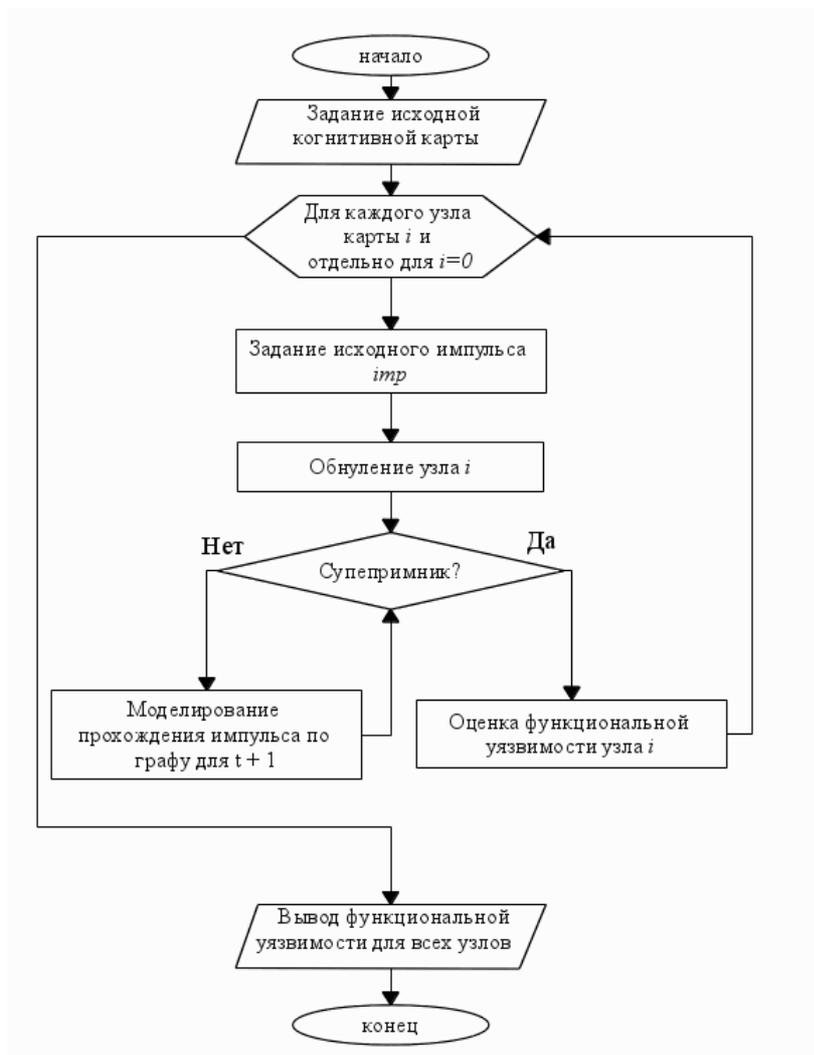


Рис. 2. Блок-схема алгоритма моделирования ДМИ

Прохождение ПМИ по КИМ ФКТС позволяет с изменением характеристики агрегатов оценить структурную угрозу комплексу в результате поражения его агрегатов, однако ПМИ остается без изменений.

Прохождение ДМИ с дополнением КИМ двумя виртуальными узлами – «суперисточником» и «суперприемником» позволяет оценить функциональную угрозу ФКТС без изменений характеристик агрегатов, но с изменением ДМИ.

В целях реализации разработанного метода оценки живучести ФКТС создан моделирующий программный комплекс, в качестве базового инструмента которого используется кросс-платформенный язык Python. Это позволило получить как численные, так и графические результаты исследований для моделей ФКТС различного класса и сложности.

Метод КИМ разделяется на несколько этапов. Предварительно производится составление когнитивной карты, затем выполняется оценка структурных и функциональных угроз КИМ с помощью поражающих и диагностирующих имитационных моделирующих импульсов. На основе полученных оценок угроз вычисляется оценка рисков для ФКТС.

В разработанном методе основой когнитивной модели является когнитивная карта, представленная в виде орграфа. В зависимости от уровня моделирования когнитивная карта с разной точностью и достоверностью отражает взаимодействие агрегатов системы в нескольких различных аспектах, в частности дуги орграфа могут рассматриваться как взаимовлияние объектов системы, либо как связь агрегатов по ресурсу («энергия» – «информация» – «вещество»). При определении точных значений весов дуг и переменных объектов модели структурная модель превращается в функциональную.

При составлении когнитивной карты локальные показатели живучести, работоспособности и надежности, полученные по регламенту работы ФКТС судна, формализуются и приводятся к единой системной немасштабной и безразмерной оценке. Критерии, характеризующие свойство живучести как системы в целом, так и ее отдельных компонентов применительно к формулировкам и определениям метода оценки живучести ФКТС представляют собой следующие соотношения:

- больше 0.67 – система имеет удовлетворительную живучесть;
- в интервале от 0.67 до 0.33 – система способна решать поставленные задачи, но ограничено эффективна;
- ниже 0.33 – система неработоспособна и не может решить поставленные задачи.

Аналогично можно определить критерии для отдельных агрегатов системы – на уровне подсистем и отдельных узлов и элементов ФКТС судна.

В когнитивной карте не детализируются характер и динамика взаимовлияния агрегатов, изменения ФКТС в целом в зависимости от ситуации и контекста, общая динамика системы. Учет всех перечисленных обстоятельств потребовал смену уровня рассмотрения модели, т.е. перехода от когнитивной карты к когнитивной модели ФКТС судна.

Структурные уязвимости ФКТС оцениваются путем КИМ. Метод реализуется в алгоритме, при помощи которого генерируются наборы данных, описывающих заданные характеристики реальной системы. При этом выполняемые операции могут не иметь отношения к реальной природе и свойствам исследуемого ФКТС. Однако оценки, получаемые в результате манипулирования параметрами когнитивной модели по определенным абстрактным правилам, соответствуют реальным процессам ФКТС.

Технологический процесс моделирования с использованием make-утилиты представляет последовательность действий, соответствующих рис. 3.

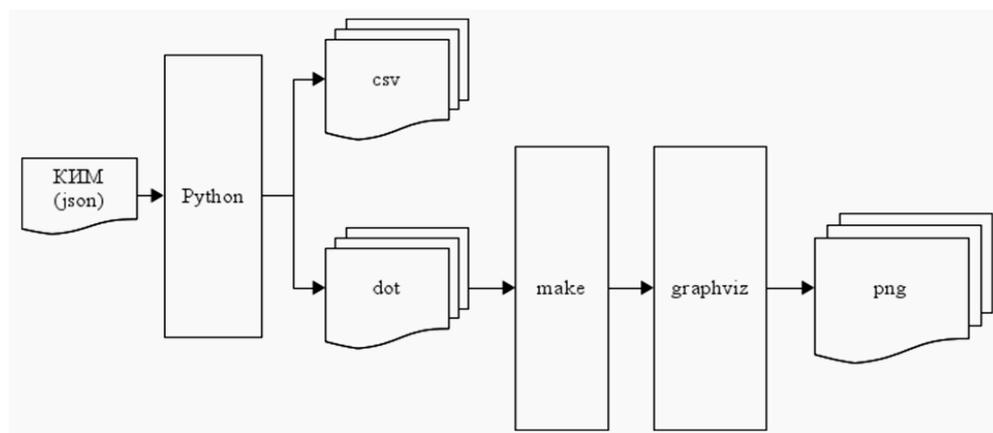


Рис. 3. Процесс моделирования живучести в среде Debian GNU/Linux

Исходная модель формулировалась в терминах формата JSON и передавалась на вход программы на Python. Результатом работы программы стал массив таблиц в csv-формате и файлов в формате языка dot, которые с помощью утилиты make пакетно

передавались на вход программы graphviz. Результатом работы программы graphviz стал массив диаграмм в формате png. Анализ полученных результатов проводился средствами Calc Libre Office.

Моделирование осуществлено на базе дистрибутива Debian GNU/Linux 6.0 Sid с использованием средств программной оболочки (makefiles, язык сценариев bash). Формат языконезависимый и может применяться практически с любым языком программирования.

Для моделирования поражающего и моделирующего импульсов было создано два отдельных скрипта, каждый из которых содержит набор общих функций. Обе программы включают в себя основную часть, вспомогательные функции и модуль моделирования ПМИ или ДМИ – в зависимости от целевого назначения программы.

Основная часть программ отвечает за координацию вызовов вспомогательных функций и моделирующих подпрограмм.

Программы организованы таким образом, что могут быть вызваны как самостоятельно (в режиме «stand alone»), так и в составе более сложных программных комплексов (в виде подключаемых библиотек языка Python).

Разработанный моделирующий программный комплекс обеспечивает получение как численных, так и графических результатов КИМ ФКТС различного класса и сложности. Описанный метод позволяет по когнитивной карте с помощью имитационного моделирования определять угрозы и риски – уязвимые и критичные места ФКТС, влияющие на его живучесть, а также обеспечивает получение численной оценки угроз и рисков для ранжирования приоритета уязвимостей комплекса.

*Т.И. Гаверилова*  
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

## **ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ КОРМЫ ВОДОИЗМЕЩАЮЩЕГО СУДНА НА ЕГО УПРАВЛЯЕМОСТЬ**

Основными показателями управляемости судна являются его поворотливость и устойчивость. Под критерием поворотливости по Правилам Российского Речного Регистра [1] понимают наименьший, полученный при максимально допустимой перекладке руля, относительный диаметр установившейся циркуляции  $(D_{ц} / L)_{\min}$ , то есть отношение наименьшего возможного диаметра циркуляции  $D_{ц \min}$ , выполняемой судном на глубокой тихой воде при одинаковой до начала маневра и более не регулируемой частоте вращения всех гребных винтов, к длине судна  $L$  по конструктивной ватерлинии. Поворотливость считается удовлетворяющей требованиям Правил, если наименьший относительный диаметр установившейся циркуляции отвечает условию  $(D_{ц} / L)_{\min} \leq 2$ . Понятно, что диаметр циркуляции  $D_{ц}$  достигает своего минимального значения при максимально допустимой для конкретного судна перекладке руля  $\delta$ .

Под критерием устойчивости судна на курсе понимают диаметр установившейся циркуляции, выполняемой судном на глубокой тихой воде при нулевом угле перекладки руля  $\delta=0^\circ$  и одинаковой частоте вращения всех гребных винтов. Устойчивость на курсе считается удовлетворяющей требованиям Правил, если диаметр установившейся циркуляции  $D_{ц}(\delta_0)$  составляет 10 длин судна или более, т.е.  $(D_{ц} / L)_{\max} \geq 10$ . Судно также считается устойчивым на курсе, если при непереложенных рулях оно продолжает движение прямым курсом, не входя в циркуляцию.

В работе [2] показано, что требование Регистра в отношении устойчивости может быть выражено как требование на угловую скорость самопроизвольной циркуляции: