

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ПОТЕРЬ КОНТРОЛЯ НАД СЛОЖНЫМИ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

В.Д. Бойко

Одесский национальный морской университет,
ул. Мечникова, 34, Одесса, 65029, Украина; e-mail: boyko-work@ukr.net

В статье предлагается расширенная когнитивно-имитационная модель сложной технической системы, предназначенная для моделирования аспекта потери контроля над системой из-за внешних неблагоприятных воздействий и поражающих факторов. Описаны элементы, расширяющие существующую модель и позволяющие эмулировать кибернетический аспект живучести. Рассматриваются возможности практического применения расширенной модели в соответствии со стандартом управления рисками ISO 31000:2009.

Ключевые слова: управление рисками, risk management, живучесть, сложные технические системы, когнитивно-имитационное моделирование.

Введение

Как было показано в [1-4] при функционировании сложных технических систем (СТС) внешние неблагоприятные воздействия и поражающие факторы (НВ и ПФ) могут выводить из строя отдельные компоненты или целые подсистемы, а также влиять на первичную и вторичную работоспособность СТС. НВ и ПФ, как правило, несут сложнопрогнозируемый либо непрогнозируемый характер (например, ошибки персонала, стихийные бедствия и т. д.), при этом их воздействие может иметь различные по степени тяжести последствия — вплоть до полного разрушения СТС [5]. Живучесть СТС в условиях НВ и ПФ зависит не только от структурной и функциональной составляющей СТС, но и от целого ряда дополнительных факторов: скорости принятия и реализации решений по борьбе за живучесть, быстроты ликвидации вторичных последствий НВ и ПФ, сохранения управляемости СТС.

Разработка систем поддержки принятия решений (СППР) для управления рисками в условиях борьбы за живучесть СТС при НВ и ПФ является одним из перспективных направлений в обеспечении безопасности функционирования СТС [6]. Такие СППР могут быть реализованы как в виде отдельных stand-alone решений, так и в виде модулей, дополняющих необходимым функционалом готовые системы управления и принятия решений общего назначения. Они позволяют не только быстро принимать решения на этапе устранения последствий НВ и ПФ, но и увеличивают устойчивость СТС благодаря возможности идентификации, анализа и оценивания существующих рисков поражения агрегатов и подсистем СТС [7].

В перечисленных выше работах живучесть рассматривалась, в основном, как показатель способности системы сохранять свою структурную и функциональную составляющие. При этом, кроме непосредственно технической исправности и работоспособности СТС при НВ и ПФ, важным фактором является сохранение управляемости СТС. Как правило, СТС представляют собой сочетание множества различных по назначению, связности и топологии агрегатов и межагрегатных связей, объединенных в подсистемы, которые взаимодействуют между собой в определенных режимах. Поэтому в целом системы управления СТС можно рассматривать как сеть или сочетание сетей, различных по характеру, компонентам, топологии и режимам

работы. Такие управляющие системы, наряду с прочими компонентами СТС, также находятся в условиях НВ и ПФ, а значит, требуется учитывать и их уязвимость.

Целью исследования является расширение концепции существующей когнитивно-имитационной модели, позволяющее моделировать сценарии потери и сохранения контроля над СТС при НВ и ПФ, а также рассмотрение возможностей практического применения полученной модели в соответствии со стандартом управления рисками ISO 31000:2009.

Кибернетическая составляющая живучести

Будем называть «кибернетическим аспектом живучести» способность СТС сохранять наблюдаемость и управляемость при выходе из строя систем, подсистем и отдельных агрегатов либо межагрегатных и межсистемных связей в условиях НВ и ПФ. Таким образом, кибернетический аспект живучести СТС можно представить в виде сочетания таких свойств СТС, как:

– *наблюдаемость* — способность системы предоставлять полную и достоверную информацию о состоянии ее агрегатов и межагрегатных связей;

– *управляемость* — способность компонентов СТС должным образом и за конечное время реагировать на команды управления.

Оба свойства зависят как от исправности рабочих компонентов СТС, так и от функционального состояния непосредственно задействованных в системе контроля и управления агрегатов СТС, которые также находятся в условиях НВ и ПФ, а следовательно, наряду с прочими системами могут выходить из строя. В этом случае как наблюдаемость, так и управляемость СТС может деградировать, вплоть до полной потери контроля над СТС.

Сенсоры и контроллеры

Когнитивно-имитационная модель СТС (КИМ СТС), описанная в [2] и используемая в качестве базовой для предлагаемой системы, представляет собой оргграф, имитирующий поведение СТС, в котором агрегатам СТС соответствуют узлы оргграфа, а межагрегатным связям (материального «энергия-вещество-информация» либо причинного характера) — ветви оргграфа.

Моделирование влияния на систему НВ и ПФ происходит путем вывода из строя отдельных узлов и связей графа в соответствии с заранее заданной или сгенерированной по определенному закону распределения случайной величины последовательностью. После чего выполняется оценка состояния КИМ СТС и сравнение с ее исходным состоянием.

Для когнитивно-имитационного моделирования наблюдаемости и управляемости СТС предлагается дополнить когнитивно-имитационную модель СТС узлами, которые либо получают информацию о состоянии агрегатов и межагрегатных связей СТС (*узел-сенсор*), либо передают сигналы управления (*узел-контроллер*), либо выполняют обе функции.

Совокупность всех данных, получаемых от сенсоров, определяет объем доступной информации о текущем состоянии СТС, а совокупность возможностей влияния на работу агрегатов СТС — степень контроля над СТС. Оценка влияния внешних НВ и ПФ на кибернетический аспект живучести СТС может быть проведена как с помощью традиционных критериев, например, критерия Калмана [8], так и с помощью методов моделирующих импульсов и критерия Бирнбаума, описанных в [2].

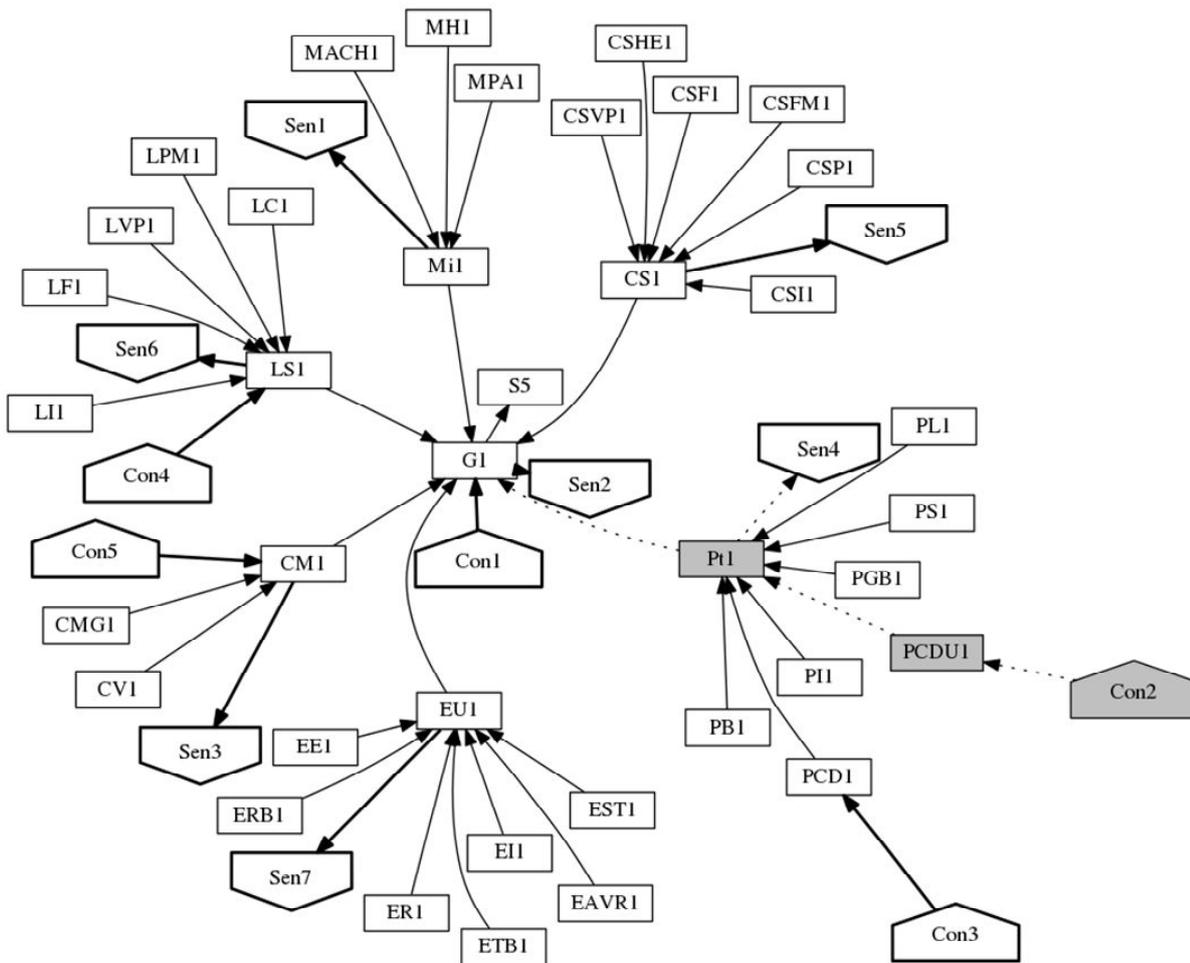


Рис. 1. Фрагмент КИМ СТС, снабженной узлами-сенсорами и узлами-контроллерами.

Рис. 1 демонстрирует граф с фрагментом КИМ системы электроснабжения судна [9]. Управляющие узлы обозначены пятиугольниками и промаркированы как *Con1*, ..., *Con5*. Узлы-сенсоры обозначены перевернутыми пятиугольниками и обозначены как *Sen1*, ..., *Sen7*. Информационные связи «агрегат-сенсор» и «контроллер-агрегат» выделены жирным начертанием. Граф, приведенный на рис. 1, иллюстрирует ситуацию, в которой ПФ вывел из строя узлы PCDU1, Pt1 и контроллер Con2 (соответствующие узлы закрашены серым цветом). При этом дополнительно вышли из строя межагрегатные связи — они выделены пунктиром.

Возможности практического использования КИМ СТС для управления рисками при борьбе за живучесть СТС

Стандарт управления рисками ISO 31000:2009 [10] определяет риск как «влияние неопределённости на цели» в противовес старому определению «вероятность или возможность потерь». Основным источником риска считается состояние неопределённости, а причиной такого состояния — недостаточность информации, понимания или знания о событии и его последствиях. Согласно стандарту, процедура управления рисками должна включать в себя следующие этапы: определение контекста, оценку риска и воздействие на риск. При борьбе за живучесть судна *определение контекста* происходит на основе информации, поступающей от систем технической диагностики, и экспертных оценок состояния СТС судна персоналом, принимающим решение [3,4]. *Воздействие на риск* осуществляется как персоналом,

ответственным непосредственно за борьбу за живучесть, так и всем персоналом судна (в случае возникновения чрезвычайной ситуации).

Оценка риска может производиться как персоналом, так и СППР, использующей КИМ СТС. Такое применение КИМ СТС возможно на стадии непосредственно борьбы за живучесть судна и на стадии проведения профилактических мероприятий по выявлению и снижению рисков — в том числе рисков кибернетической составляющей живучести СТС. *Оценка рисков* включает в себя следующие стадии: идентификацию риска, анализ риска и оценивание риска. На этапе *идентификации рисков* должен быть составлен максимально полный перечень вероятных рисков. При этом важно идентифицировать риски, связанные с решением не использовать те или иные благоприятные возможности. Риски включаются в список независимо от того, контролируется их источник или нет, даже если источник или причина могут быть неочевидными. Одним из преимуществ информационной системы на основе КИМ СТС является возможность отслеживания последствий и реакции СТС на риски с неочевидными источниками и причинами, а также проработка сценариев различной вероятности, отвечающих на вопрос «Что, если?». Этап *анализа рисков* заключается в рассмотрении причин и источников риска. При этом должны приниматься во внимание существующие средства управления, их результативность и эффективность. В ISO 31000:2009 подчёркивается, что последствия рисков могут быть выражены в виде материальных или нематериальных потерь. В некоторых случаях требуется более одного численного значения или описывающий параметр для указания вероятностей и последствий рисков для различных моментов времени, местоположения, групп или ситуаций. На этапе анализа рисков КИМ СТС позволяет определить последствия решений по управлению рисками и рассмотреть реализации различных сценариев развития событий. Этап *оценивания рисков* заключается в подготовке к принятию решений, основанных на исходных результатах анализа риска с точки зрения необходимости воздействия на риск и распределения рисков по приоритетности воздействия на них. На этой стадии КИМ СТС может быть использована как «динамическая интерактивная карта» возможных альтернативных состояний СТС, ранжированных по критериям категориальной рамки рисков — структурной, функциональной и кибернетической устойчивости. Это сокращает время и упрощает процесс принятия решений по борьбе за живучесть.

Таким образом, КИМ СТС может использоваться в процессе управления рисками на всех трех стадиях этапа оценки риска при борьбе за живучесть судна. Это позволит увеличить эффективность деятельности персонала, сократить время принятия решений и увеличить процент правильных решений по борьбе за живучесть. Кроме того, использование системы повысит наглядность и прозрачность процессов идентификации, анализа и оценки рисков живучести судна.

Выводы

Использование предложенной расширенной КИМ СТС позволяет дополнить структурный и функциональный аспекты оценки живучести, приведенные в [1] и [2], кибернетическим (управляющим) аспектом и исследовать поведение СТС при НВ и ПФ с точки зрения сохранения контроля и управляемости СТС. Определены возможности использования расширенной КИМ СТС на этапе оценки риска согласно стандарту ISO 31000:2009 и для определения систем, у которых управляемость и наблюдаемость являются избыточными либо недостаточными. В процессе моделирования были выявлены сценарии, когда при относительной исправности система теряет либо управляемость, либо наблюдаемость, либо оба свойства сразу.

Список литературы

1. Бойко, В.Д. Метод поражающего импульса для оценки влияния состояния межагрегатных связей на структурную живучесть сложных технических систем / В.Д. Бойко // Научно-практическая конференция «Інформаційні управляючі системи та технології» (ІУСТ-2013). – Одеса, 2013. – С. 234-236.
2. Бойко, В.Д. Методика оценки живучести судовых технических систем / В.Д. Бойко – Одесса: Сборник научных трудов SWorld. «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании `2012», 2012. – С. 37–39.
3. Рудниченко, Н.Д.. Оценки структурного и функционального рисков сложных технических систем / Н.Д. Рудниченко, В.В Вычужанин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, Інформаційні технології. Системи управління, 2014. –Том1. – №2(67) . – С. 18-22.
4. Вычужанин, В.В. Технические риски сложных комплексов функционально взаимосвязанных структурных компонентов судовых энергетических установок / В.В. Вычужанин //Вісник Одеського національного морського університету, збірник наукових праць, 2014. – Том 41. – №2. – С. 68-77
5. Siepermann, M. Risk Cost Accounting and Bottom Price Calculation–A Risk Management Information System //International Conference on the Economics of Grids, Clouds, Systems, and Services. – Springer, Cham, 2017. – С. 43-55.
6. Boyko, V. et al. Concept implementation of decision support software for the risk management of complex technical system //Advances in Intelligent Systems and Computing. – Springer International Publishing, 2017. – С. 255-269.
7. Vychuzhanin, V. et al. Devising a method for the estimation and prediction of technical condition of ship complex systems // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2016. – №. 6 (9). – С. 4-11.
8. Калман Рудольф Э., Очерки по математической теории систем. / Р.Э. Калман, П.Л. Фалб, М.А. Арбиб // Пер. с англ. / под ред. Я.З.Цыпкина. Изд. 2-е, стереотипное. – М: Едгориал УРСС, 2004. – С. 198-204.
9. Бойко, В.Д. и др. Модель оценки живучести технических систем / В.Д. Бойко, В.В. Вычужанин – Przemysł. Nauka i studia: VIII Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Perspektywiczne opracowania są nauką i technikami - 2012», 2012. — С. 26–29.
10. Leitch, M. ISO 31000: 2009 – The new international standard on risk management // Risk Analysis, 2010. – Т. 30, №. 6. – С. 887-892.
11. Siepermann, M. Risk Cost Accounting and Bottom Price Calculation–A Risk Management Information System. In International Conference on the Economics of Grids, Clouds, Systems, and Services, September, Springer, Cham. 2017. – Pp.. 43-55.
12. Boyko, V., Rudnichenko, N., Kramskoy, S., Hrechukha, Y., & Shibaeva, N. Concept implementation of decision support software for the risk management of complex technical system. In Advances in Intelligent Systems and Computing, Springer International Publishing, 2017. – Pp. 255-269.
13. Vychuzhanin, V., Rudnichenko, N., Boyko, V., Shibaeva, N., & Konovalov, S. Devising a method for the estimation and prediction of technical condition of ship complex systems: Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2016. – Т6 (9). – С.4-11.
14. Leitch, M. (2010). ISO 31000: The new international standard on risk management. Risk Analysis, 2009. – Т30(6). – Pp. 887-892.

УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ВТРАТ КОНТРОЛЮ НАД СКЛАДНИМИ ТЕХНІЧНИМИ СИСТЕМАМИ

В.Д. Бойко

Одеський Національний Морський Університет,
вул. Мечнікова, 34, Одеса, 65029, Україна; e-mail: boyko-work@ukr.net

У статті пропонується розширена когнітивно-імітаційна модель складної технічної системи, призначена для моделювання аспекту втрати контролю над системою через зовнішніх несприятливих впливів і вражаючих факторів. Описано елементи, що розширюють існуючу модель і дозволяють емулювати кібернетичний аспект живучості. Розглядаються можливості практичного застосування розширеної моделі відповідно до стандарту управління ризиками ISO 31000: 2009.

Ключові слова: управління ризиками, risk management, живучість, складні технічні системи, когнітивно-імітаційне моделювання.

RISK MANAGEMENT FOR SCENARIOS OF LOSS CONTROL OVER COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS

V.D. Boyko

Odessa National Maritime University
34, Mechnikova Str., Odessa, 65029, Ukraine; e-mail: boyko-work@ukr.net

The paper considers an expanded cognitive-imitation model of a complex technical system. This model can be used for modeling the loss of complex system control scenarios under pressure of external adverse effects and damaging factors. The extension of the model is proposed in the form of adding elements that allow to emulate the cybernetic aspect of system survivability and reliability. Also the possibilities of practical application of the extended model in accordance with the standard of risk management ISO 31000:2009 are considered.

Keywords: risk management, reliability, survivability, complex technical systems, cognitive-simulation modeling.