

А.А. Нозик, генеральный директор, А.С. Можжев, ведущий специалист, ОАО «СПИК СЗМА»

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ СТРУКТУРНО- СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Расчет показателей надежности и безопасности структурно-сложных технических систем является важной частью этапа проектирования и предусмотрен руководящими документами Российской Федерации [1]. Теории, методы и программные средства решения этой сложной задачи активно разрабатываются во многих развитых странах мира.

Наиболее известные решения основываются на логико-вероятностных методах (ЛВМ) с использованием деревьев отказов и событий (ДО&ДС) или блок-схем (БС). На основе ДО и ДС разработаны и используются программные комплексы RISK SPECTRUM (Швеция), RISK и CRISS 4.0 (РФ), SAPHIRE и Relex FT/ET (США), а на основе БС – программный комплекс Relex RBD (США). Указанные два вида программных комплексов (ПК) несовместимы по построению, поскольку основаны на разных видах исходных структурных схем. Оба указанных подхода также ограничены тем, что используют при моделировании функционально не полный (монотонный) набор логических операций – «И» и «ИЛИ». Это позволяет на основе ДО&ДС строить только минимальные сечения отказов (МСО) исследуемых систем, а на основе БС – только кратчайшие пути успешного функционирования (КПУФ).

Дальнейшее развитие логико-вероятностного направления системного анализа привело к созданию в конце 1980-х гг. нового Общего логико-вероятностного метода (ОЛВМ) анализа структурно-сложных систем [2], теории и технологии автоматизированного структурно-логического моделирования (АСМ) [3]. ОЛВМ характеризуется следующими основными отличиями от существующих ЛВМ ДО&ДС и ЛВМ БС:

1. В ОЛВМ впервые реализован функционально полный базис логических

операций – «И», «ИЛИ» и «НЕ», что позволило строить как все виды существующих монотонных, так и новый класс – немонотонных моделей функционирования систем [2].

2. Для графической постановки задач моделирования свойств надежности и безопасности структурно-сложных систем используется новый логически полный графический аппарат – схема функциональной целостности (СФЦ) [2–5] (см. рис. 1). Это позволяет с помощью СФЦ представлять как все виды существующих монотонных структурных схем (ДО, БС и др.), так и новый класс

немонотонных структурных моделей сложных системных объектов и процессов [2].

3. Для построения логических моделей исследуемых свойств надежности и безопасности систем в ОЛВМ разработан универсальный графоаналитический метод (УГМ) решения систем логических уравнений, представляющих все виды СФЦ [2].

4. ОЛВМ позволяет выполнять точные вычисления вероятностных показателей надежности и безопасности систем на основе формируемых расчетных многочленов вероятностных функций (ВФ).

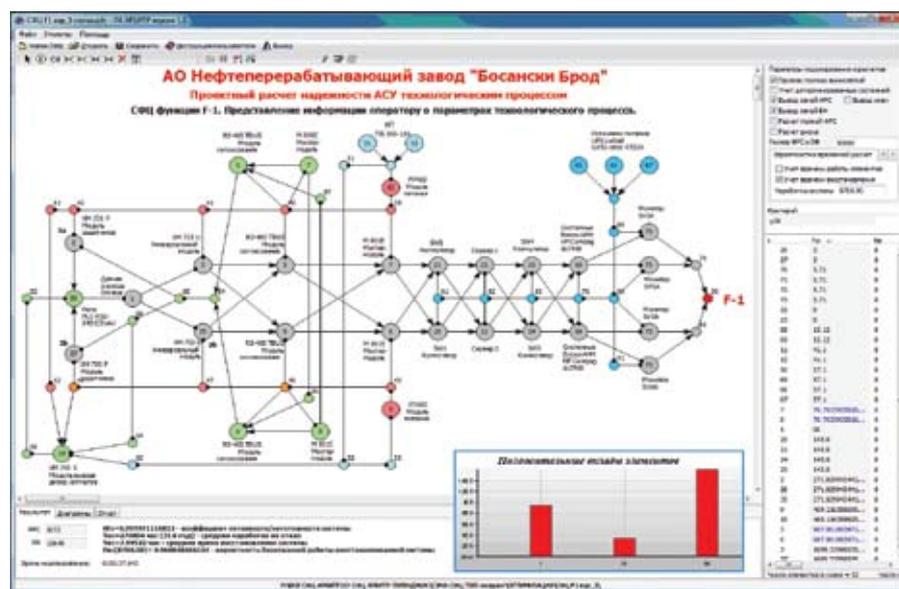


Рис. 1. Интерфейс программного комплекса «АРБИТР» (ПК АСМ СЗМА) автоматизированного моделирования и расчета показателей надежности и безопасности структурно-сложных систем

На базе ОЛВМ в ОАО «СПИК СЗМА» разработан ПК «АРБИТР» автоматизированного структурно-логического моделирования надежности и безопасности систем [4]. В 2007 г. ПК «АРБИТР» успешно прошел процедуру государственной аттестации [4, 5] и допущен к применению на всех предприятиях Ростехнадзора РФ для моделирования и расчета показателей надежности и безопасности различных структурно-сложных систем объектов использования атомной энергии и других промышленных опасных производственных объектов.

На рисунке 1 приведен общий вид интерфейса пользователя ПК «АРБИТР» с СФЦ и результатами моделирования и проектного расчета показателей надежности реализации АСУ ТП функции F-1 (предоставление информации оператору о параметрах процесса), выполненного ОАО «СПИК СЗМА» по заказу АО Нефтеперерабатывающий завод «Босански Брод» [6]. С помощью ПК «АРБИТР» выполнено автоматическое построение логической функции работоспособности, состоящей из 3072 конъюнкций, автоматическое построение многочлена ВФ, состоящего из 12 648 одночленов, на основе которого произведены расчеты основных и дополнительных показателей надежности данной подсистемы (коэффициент готовности, средняя наработка на отказ, среднее время восстановления, вероятность безотказной работы), значимостей и вкладов всех элементов. Результаты позволили выработать предложения по оптимальному преобразованию структуры, состава элементов системы и обосновать соответствие

достигнутого уровня ее надежности заданным нормативным требованиям к проекту.

Кроме указанного основного аналитического вероятностно-временного режима моделирования в ПК «АРБИТР» реализован ряд дополнительных режимов:

1. Режим учета структурных и вероятностных последствий возникновения различных аварийных ситуаций.
2. Режим моделирования и расчета показателей технического риска, ожидаемого ущерба [1] от аварий качественно-сложных систем.
3. Режим автоматизированного логико-статистического моделирования и оценки вероятностных показателей надежности и безопасности высоконадежных системных объектов.
4. Режим приближенного расчета, в котором вычисления вероятностных показателей выполняются по методике, используемой в зарубежных и отечественных программных комплексах технологии деревьев отказов.

За прошедшие годы в ОАО «СПИК СЗМА» по заказам различных организаций выполнены десятки проектных расчетов надежности систем опасных производственных объектов.

ПК «АРБИТР» успешно применяется в 13 организациях РФ, в том числе в ОАО «Гипровостокнефть», г. Самара, ООО «Ленгипронефтехим», ООО «НТЦ «ТБ», г. Санкт-Петербург, ФГУП «ПО «МАЯК», г. Озерск и др. ПК используется для обучения будущих инженеров в таких вузах, как ГОУ ВПО «МАТИ», Академия государственной противопожарной службы МЧС России г. Москва, ГОУ ВПО «Саратовский государственный технический

университет» им. Ю.А. Гагарина. В ОАО «СПИК СЗМА» продолжают работы по дальнейшему развитию ОЛВМ, теории и технологии АСМ и ПК «АРБИТР». Наиболее перспективными являются следующие результаты:

1. Реализация в «АРБИТР» многоуровневой декомпозиции высоконадежных СФЦ.
2. Разработка метода и программного кода технико-экономической оптимизации надежности сложных систем.
3. Разработка нового логико-детерминированного метода моделирования и расчета детерминированных потоковых характеристик сетевых систем. Реализация указанных новых функциональностей позволит использовать ПК «АРБИТР» для повышения эффективности выработки и реализации управленческих решений как на этапах проектирования, так и в процессе эксплуатации структурно-сложных систем опасных производственных объектов различного назначения.



ОАО «Специализированная инженеринговая компания «Севзапмонтажавтоматика»
199155, г. Санкт-Петербург,
пер. Каховского, д. 10,
пом. 2Р, лит. А
Тел.: +7 (812) 350-78-79
Факс: +7 (812) 350-11-13
e-mail: info@szma.com
www.szma.com

Литература:

1. РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. М.: ГУП «НТЦ ПБ» Госгортехнадзора России, 2001. – Вып.10. – 60 с.
2. Поленин В.И., Рябинин И.А., Свирин С.К., Гладкова И.А. Применение общего логико-вероятностного метода для анализа технических, военных организационно-функциональных систем и вооруженного противоборства. СПб.: НИКА, 2011. – 410 с.
3. Нозик А.А. и др. Сравнительный анализ технологий деревьев отказов и автоматизированного структурно-логического моделирования, используемых для выполнения работ по вероятностному анализу безопасности АЭС и АСУ ТП на стадии проектирования. (Отчет НИР: «Технология 2004»). СПб.: ФГУП «СПбАЭП», ОАО «СПИК СЗМА», ИПУ РАН, 2004. – 282 с.
4. ОАО «СПИК СЗМА». Программный комплекс автоматизированного структурно-логического моделирования и расчета надежности и безопасности систем АРБИТР (ПК АСМ СЗМА), базовая версия 1.0. . Аттестационный паспорт Ростехнадзора РФ, №222 от 21 февраля 2007 г. – 6 с.
5. Отчет о верификации программного средства «АРБИТР» (ПК АСМ СЗМА), базовая версия 1.0. СПб.: ОАО «СПИК СЗМА», 2007. – 1031 с.
6. АО Нефтеперерабатывающий завод «Босански Брод». Проектная оценка надежности АСУ ТП. – СПб.: ОАО «СПИК СЗМА», 2009. – 67 с.