УДК 681.306 (075.32)

МОДЕЛИ СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ, ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ «УЗКИХ МЕСТ» И ВЫРАБОТКИ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО УПРЕЖДАЮЩИМ МЕРАМ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОГНОЗНОЙ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА

[1,2,3,4]Костогрызов А.И.,[3,5] Нистратов А.А.,
[3,5] Нистратов Г.А.

[1]Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», 119333, Россия, Москва, ул. Вавилова 44, корп.2,

[2]Главный научно-исследовательский испытательный центр робототехники МО РФ, 125167 Москва, ул. Серегина, 5,

[3]Торгово-промышленная палата Российской Федерации, Комитет по безопасности предпринимательской деятельности, Комитет по промышленной безопасности, 109012 Москва, ул. Ильинка, 6/1, стр.1

[4]Российской академии ракетных и артиллерийских наук, 107564 Москва, 1-я Мясниковская 3, стр.3, e-mail: Akostogr@gmail.com

[5]Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российское энергетическое агентство »Минэнерго России (РЭА), 129110, Россия, г. Москва, ул. Щепкина, 40, стр. 1, e-mail: andrey.nistratov@gmail.com

[6]ООО НИИ прикладной математики и сертификации, 107564, г.Москва, ул. Краснобогатырская 2, стр.2, e-mail: george.icie@gmail.com

Представлены вероятностные модели для аналитического прогнозирования рисков. На основе использования моделей, поддерживаемых программно-инструментальными комплексами, предложены подходы к обоснованию требований, оценке эффективности, определению «узких мест» и выработке рекомендаций по упреждающим мерам в результате прогнозной аналитической обработки данных мониторинга применительно к критически важным системам. В итоге применения предложенных моделей ожидается целенаправленное существенное снижение или удержание на допустимом уровне рисков и/или снижение затрат в жизненном цикле систем различной области приложения.

Ключевые слова: анализ, безопасность, прогнозирование, риск, система, управление.

MODELS OF SYSTEM ENGINEERING FOR REQUIREMENTS RATIONALE, EFFICIENCY ESTIMATION, "BOTTLENECKS" DEFINITION AND RECOMMENDATIONS DEVELOPMENT DEVOTED TO PREVENTIVE MEASURES ON THE BASE OF ANALYTICAL PROCESSING DATA OF MONITORING

[1,2,3,4]Kostogryzov A.I.,[3,5] Nistratov A.A.,[3,5]Nistratov G.A.

[1] Federal Research Center "Computer Science and Control" of the Russian Academy of Sciences (FRC CSC RAS), Vavilova Street 44, bld. 2, 119333 Moscow, Russia

[2] Main Scientific Research Test Center (MSRTC) of the Russian Ministry of Defence, Seriogina Street 5, 125167 Moscow, Russia

[3] Chamber of Commerce and Industry of the Russian Federation, Committee of Security of Enterprise Activity, Committee of Industrial Safety, 109012 Moscow, Ilyinka 6/1 bld.1

[4] Russian Academy of Rockets and Artillery Sciences, 1-st Miasnicovskaya 3, bld.3, 107564 Moscow, Russia, e-mail: Akostogr@gmail.com

[5]*The Russian Power Agency of Ministry for the Power Generating Industry, Shepkina Street 40, bld. 1, 129110 Moscow, Russia,* e-mail: andrey.nistratov@gmail.com

[6] *Research Institute of Applied Mathematics and Certification,* Krasnobogatyrskaja Street 2, Bld. 2, 107564 Moscow, Russia,

e-mail: george.icie@gmail.com

Probabilistic models for analytical prediction of risks are presented. on the base of models supported by software tools the approaches to requirements rationale, efficiency estimation, "bottlenecks" definition and recommendations development (devoted to preventive measures on the base of analytical processing data of monitoring) are proposed in application to critically important systems. As a result the purposeful essential risks decreasing or sustaining at admissible level and-or decreasing in expenses in system life cycle are expected.

Key words: analysis, control, model, prediction, risk, safety, system

Сегодня, несмотря на то, что многочисленные предпринятые в России меры противодействия угрозам разработаны на уровне федеральных законов, стандартов, федеральных норм и правил, руководств по безопасности, «ручное» управление безопасностью критически важных систем (КВС) продолжает во многих случаях оставаться главенствующим, причем так, как это субъективно понимается на ведомственном и корпоративном уровне. Учитывая, что потенциальные ущербы и затраты на ликвидацию последствий критичных нарушений безопасности КВС в условиях разнородных угроз на порядок превышают затраты на превентивные меры, необходим поиск эффективных решений по обеспечению комплексной безопасности. Мировые тенденции развития современных систем различного функционального назначения свидетельствуют о необходимости кардинального разворота от «ручного» управления отдельными видами безопасности (основанного на выполнении устоявшихся инструкций и на экспертных оценках складывающихся ситуаций) к реализации научно обоснованных эффективных упреждающих мер на основе прогнозирования рисков. Это позволяет на основе прогностического взгляда вперед превентивно предпринимать эффективные упреждающие воздействия. Такая идея красной линией проходит через все западные концепции и последние стандарты системной инженерии. Но как это сделать – остается за кадром. В мире еще нет универсального подхода к реализации этой идеи. В поиске – все ведущие страны мира.

Учитывая актуальность очерченной проблематики, в настоящей работе предлагается научно-практический подход к аналитическому прогнозированию рисков, **обоснованию требований, оценки эффективности, определения «узких мест» и выработки рекомендаций по упреждающим мерам в результате прогнозной аналитической обработки данных мониторинга применительно к КВС**, развивающий сложившиеся вероятностные подходы [1-9].

Аналитическое прогнозирование рисков предлагается осуществлять на основе вероятностного моделирования сложных систем. Для практического применения рекомендуются методы и модели [1-9] (далеко не исчерпывающие список адекватных моделей), где субъективные весовые коэффициенты исключены. Предлагаемые модели базируются на классически построенном вероятностном пространстве (Ω, B, P), где Ω – конечное пространство элементарных событий; B – класс всех подмножеств множества Ω, удовлетворяющий свойствам сигма-алгебры; P – вероятностная мера на пространстве элементарных событий. При этом, поскольку пространство $\Omega=\{\omega k\}$ – конечное, в моделях установлено отображение $\omega k \rightarrow pk = P(\omega k)$ такое, что $pk \geq 0$ и $\sum_k p_k = 1$.

Уровень прогнозируемого качества функционирования КВС предлагается оценивать вероятностью «успеха» (или «отсутствия нарушений целостности»), а прогнозируемой безопасности - вероятностью «нарушения целостности» в течение заданного периода времени для составных компонентов и КВС в целом в условиях разнородных угроз. При идентичных последствиях последняя вероятность характеризует риск нарушения целостности. Под целостностью системы понимается такое ее состояние, при котором обеспечивается достижение целей функционирования, а само понятие приемлемого уровня целостности должно быть определено в терминах штатного состояния КВС или составных элементов.

Сложная система декомпозируется до составных элементов для выполнения функций применительно к каждому из элементов и подсистем. Каждый из элементов представляется в виде «черного ящика», и для него могут быть применены различные вероятностные модели для расчетов и построения искомой функции распределения (ФР) времени между соседними нарушениями целостности, учитывающие разнородные угрозы, предпринимаемые меры контроля, мониторинга и восстановления целостности. Степень достижения ожидаемых результатов оценивается вероятностными показателями, рассчитываемыми с использованием применимых моделей.

При комбинации моделей потенциально оказывается возможным расчет показателей рисков в условиях угроз возможного возникновения и развития нештатных ситуаций с учетом предпринимаемых технологических мер контроля, мониторинга и восстановления целостности (как системы в целом, так и составных подсистем). Важно

определить способы корректного сворачивания расчетных показателей к интегральному виду. Определение таких возможностей позволяет без расширения множества требуемых для расчетов исходных данных использовать принципы целенаправленности, стандартизации, унификации и модульности в оценке защищенности отдельного элемента и совокупности элементов.

Основные идеи интеграции, комбинации и генерации новых моделей для аналитического прогнозирования рисков заключаются в следующем.

1-я идея. Поскольку модели математические, то путем смыслового переобозначения исходных данных и, соответственно, расчетных показателей возможно использование одних и тех же моделей для оценки разных показателей. Идея упомянута лишь для понимания дальнейшей логики в построении моделей.

2-я идея. Для комплексной оценки в приложении к системам сколь угодно сложной параллельно-последовательной структуры предлагается использовать следующий алгоритм генерации новых моделей. Сложность системы оценивается количеством составных элементов. Для этого надо знать наработку на нарушение целостности каждого из элементов. С учетом идеи 1 далее достаточно логического переопределения понятия наработки (например, для анализа надежности это – наработка на отказ, а для безопасности – наработка на нарушение целостности).

Примечание. В качестве логических элементов могут выступать отдельные составные элементы системы, независимые системы или отдельные объекты, или совокупности объектов.

Рассмотрим простейшую структуру из двух независимых элементов, соединенных последовательно, что означает логическое соединение «И» (рис. 1), или параллельно, что означает логическое соединение «ИЛИ» (рис. 2). Предположение независимости имеет место быть. Обозначив для i-го элемента функцию распределения (ФР) времени наработки на нарушение целостности через $Bi(t)=P(\tau i \le t)$, получим:

1) для последовательно соединенных независимых элементов время до нарушения целостности равно минимуму из двух времен τi: выхода из строя 1-го или 2-го элементов (т.е. система переходит в состояние нарушенной целостности, когда откажет либо 1-й, либо 2-й элемент). В этом случае для системы в целом ФР времени наработки B(t) на нарушение целостности определяется выражением:

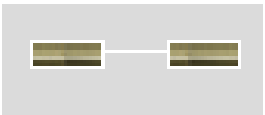
$$B(t) = P(\min(\tau 1, \tau 2) \le t)=1-P(\min(\tau 1, \tau 2) >t)=1-P(\tau 1 > t)P(\tau 2 >t)=$$
$$=1 – [1-B1(t)] [1- B2(t)]. \quad (1)$$

2) для параллельно соединенных независимых элементов при горячем резервировании (когда оба элемента находятся в рабочем состоянии и при выходе из строя одного из них другой продолжает функционировать) время до нарушения целостности равно максимуму из двух времен τi: выхода из строя 1-го и 2-го элементов, т.е. система переходит в состояние нарушенной целостности, когда выйдут из строя оба - и 1-й и 2-й элементы. В этом случае ФР времени наработки на нарушение целостности для системы в целом

$$B(t) = P(\max(\tau 1, \tau 2) \le t)= P(\tau 1 \le t)\, P(\tau 2 \le t)= B1(t)\, B2(t). \quad (2)$$

Применяя приведенные рекуррентные соотношения (1) – (2), можно получать соответствующие оценки для сколь угодно сложной логической структуры с параллельно-последовательным соединением элементов. Именно эти соотношения реализуются в инструментариях, поддерживающем модели (см. [4-9]).

3-я идея. На выходе моделирования системы – вероятность нарушения целостности в течение заданного периода времени. Если для каждого элемента просчитать эту вероятность для всех точек Тзад. от нуля до бесконечности, то получится траектория ФР времени нарушения целостности по каждому из элементов в зависимости от реализуемых мер контроля, мониторинга и восстановления целостности.



ФР времени наработки на нарушение целостности $B(t) =1–[1-B_1(t)][1- B_2(t)]$

Рисунок 1 - Система из последовательно соединенных элементов



ФР времени наработки на нарушение целостности $B(t) = B_1(t)B_2(t)$

Рисунок 2 - Система из параллельно соединенных элементов

В свою очередь, известный вид этой ФР, построенной по точкам с использованием программных комплексов, позволяет традиционными методами математической статистики определить среднее время до нарушения целостности каждого из элементов системы. А это – необходимые исходные данные для применения других моделей и, соответственно, оценки показателей функционирования системы параллельно-последовательной структуры любой степени сложности.

Таким образом, применяя идеи 1-3, оказывается возможным для аналитического прогнозирования рисков для

системы, состоящей из множества составных подсистем и элементов использовать те же комплексные показатели, что и для отдельного элемента.

В рамках комбинации моделей предлагается алгоритм прогноза риска нарушения целостности в течение заданного периода для системы, представимой в виде сложной структуры (возможно представление в виде одного элемента).

Для указанного множества подсистем и элементов, обеспечивающих функционирование анализируемой системы, оценивается интегральный показатель - риск нарушения целостности как системы как таковой, так и составных подсистем - с учетом предпринимаемых технологических мер контроля, мониторинга и восстановления целостности. И далее, исходя из этого показателя для различных значений заданного периода прогноза Тзад, рассчитывается средняя наработка системы до нарушения целостности.

Предлагаемый алгоритм предусматривает выполнение следующих действий:

1. Выбирается само множество подсистем (всего – N, N≥1 подсистем, обеспечивающих функционирование анализируемого системы), по которым выполняется прогноз интегрального показателя. В самом общем случае рассматривается полное множество используемых подсистем.

2. Для каждой подсистемы из всего множества по п.1 настоящего алгоритма применяется следующий порядок действий:

2.1. Множество выбранных подсистем и/или элементов логически объединяется условием «И» и тем самым представимы в виде последовательной цепочки  (или при наличии резервирования-условие «ИЛИ» с представлением ).

2.2. По каждому элементу для последующих расчетов определяются следующие исходные данные для применения моделей [ ].

2.3. С учетом идеи 3 применительно к каждому из элементов выбирается и применяется для Тзад в точках от 0 до ∞ модели […]. С использованием идеи 1 вычисляется риск нарушения целостности в течение периода Тзад. В итоге численных расчетов в точках Тзад от 0 до ∞ получается функция распределения.

Примечание. Действие 2.3 может быть выполнено, например, с использованием подсистем прогноза рисков существующих инструментариев [4-9].

3. Имея в результате выполнения п. 2.3 алгоритма значения ФР по каждой подсистеме, используются формулы (1), (2) для построения ФР за систему в целом (т.е. по всему комплексу подсистем). Исходя из полученного вида ФР обычным статистическим способом вычисляется среднее время наработки до нарушения целостности, свойственное задаваемым условиям контроля, мониторинга и восстановления целостности.

Предложенный алгоритм применим для решения практических задач в приложении к отдельным элементам, подсистемам и к КВС в целом, комплексируемым из разнородных систем в их жизненном цикле, в т.ч. создаваемым с разными целями в разные сроки, но объединяемые в какое-то время для решения общих или пересекающихся задач (т.е. к так называемым системам систем).

Примечание. Подробнее о системах систем и процессах жизненного цикла – см. ГОСТ Р 57193-2016 «Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем».

Зафиксировав уровни «допустимых рисков» для системы и составных подсистем, а также, считая неизменными все параметры, за исключением одного, возможно решение различные оптимизационных задач, связанных с обоснованием эффективных упреждающих мер обеспечения целостности системы в условиях разнородных угроз. Классическими задачами являются максимизация эффекта (уровня качества или безопасности и др.) или минимум рисков, возможных ущербов при ограничениях или минимизация затрат при ограничениях на допустимые риски и иных ограничениях. Пример предлагаемых классических постановок задач управления рисками в жизненном цикле КВС приведен на рис. 3.



Рисунок 3 - Постановки задач управления рисками в жизненном цикле

Для расчетов могут быть использованы модели, поддерживаемые инструментально-моделирующими комплексами [4-9].

Сбалансированное упреждающее управление процессами возникновения, развития, контроля и нейтрализации возможных угроз осуществляется в рамках формальных постановок оптимизационных задач путем целенаправленного использования моделей и выбранных критериев рациональности при ограничениях на ресурсы и варианты реализации процессов. Смысл применения оптимизационных постановок задач в следующем – за счет упреждающего выбора рациональных значений управляемых параметров анализируемых сценариев угроз и реализуемых мер упреждения и реакции:

избежать излишних затрат при допустимых рисках и заданных критичных ограничениях на этапах концепции и технического задания (ТЗ), разработки, производства, эксплуатации и сопровождения КВС и отдельных ее подсистем и элементов;

минимизировать риски в процессе эксплуатации КВС и отдельных ее подсистем и элементов при заданных критичных ограничениях.

Пример 1. Для крупных предприятий КВС, существенно зависящих от непрерывного энергоснабжения объектов, актуальным является вопрос автоматизации систем инженерного обеспечения (СИО). Требуется спрогнозировать надежность системы электропитания при функционировании комплексного центра обработки информации (КЦОИ) как заданного фрагмента СИО в неавтоматизированном режиме и с использованием автоматизированной системы управления (АСУ) СИО. Логические компоненты системы электропитания КЦОИ приведены на рис. 4. Здесь выделены: подсистема 1 – городское электроснабжение, формализуемое как основная и резервная подсистемы; подсистема 2 – система электропитания КЦОИ, включая главный распределительный щит (ГРЩ) во взаимодействии с двумя одинаковыми системами бесперебойного питания (СБП), система кондиционеров (СКВ) поддерживаемая двумя одинаковыми источниками бесперебойного питания (ИБП), сервер, поддерживаемый одним ИБП, диски для хранения информации, поддерживаемые двумя одинаковыми ИБП (см. рис.1). Вся подсистема 2 поддерживается дополнительно системой гарантированного электроснабжения с помощью двух дизель-генераторных установок (ДГУ).

Считается, что надежность системы электропитания обеспечивается, если И в 1-й подсистеме, И во 2-й подсистеме в течение прогнозируемого срока не будет нарушений электроснабжения.

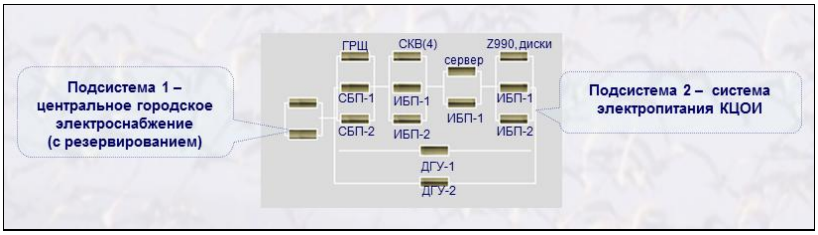


Рисунок 4 - Логические подсистемы фрагмента

Результаты комплексной оценки функционирования системы с использованием АСУ СИО отражены на рисунке 5 (показатель – вероятность надежного функционирования, а дополнение до 1 – риск нарушенбия надежности за заданное время). Их анализ показывает, что, при реализуемой в рамках АСУ СИО технологии контроля, мониторинга и восстановления целостности наработка системы электропитания на отказ составит 42219 часов, а вероятность надежного функционирования системы равна 0.828.

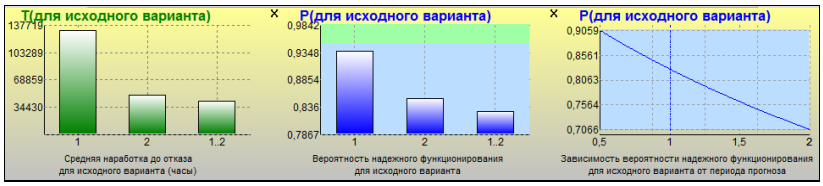


Рисунок 5 - Результаты оценки надежности системы электропитания при реализации АСУ

В свою очередь, если предположить, что те же самые средства работают под контролем в неавтоматизированном режиме (отсутствует мониторинг, реализуемый в АСУ), с прежними характеристиками, то показатели эффективности принимают значения, приведенные на рис. 6.

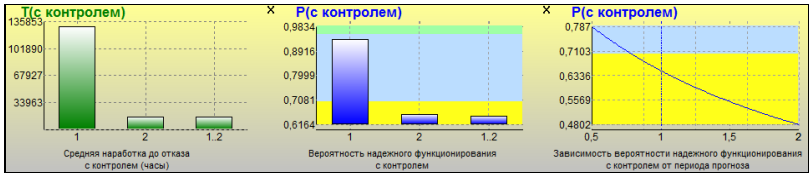


Рисунок 6 - Результаты оценки надежности системы электропитания, свойственные для неавтоматизированного режима (без внедрения АСУ)

Анализ показывает, что, в неавтоматизированном режиме наработка системы электропитания на отказ составит 16196 часов (это в 2.44 раза меньше, чем при внедрении АСУ), а вероятность надежного функционирования системы в течение года равна 0.649 (в 1.26 раза меньше, чем при внедрении АСУ).

В свою очередь, результаты анализа рисков показывают, что с внедрением АСУ СИО интегральный риск нарушения целостности системы электропитания в течение 0.5 – 2-х лет, изменяемый в диапазоне 0.0053 до 0.1145, в 4-8 раз ниже по сравнению с неавтоматизированным режимом, когда риск колеблется от 0.0423 до 0.4564.

Таким образом, полученные результаты моделирования характеризуют эффективность внедрения АСУ СИО на рассмотренном фрагменте: наработка на отказ возрастает в 2.4 раза, а риски уменьшаются в 4-8 раз за счет рационального применения системного контроля, мониторинга и восстановления целостности системы.

Пример 2 реализации и извлечения эффектов [6-9]. В России создан комплекс обеспечения техногенной безопасности на объектах газораспределения нефтегазовой отрасли, служащий ярким примером достижения прагматических эффектов с использованием предложенных методов аналитического прогнозирования рисков.

В созданном Комплексе периферийные газорегуляторные пункты дополнительно оснащены датчиками вибрации (фиксирование землетрясения), пожара, наводнения, несанкционированного доступа, урагана, видеоизображение внутренней и внешней обстановки, а также интеллектуальными средствами реакции, способными реализовать процедуры распознавания, идентификации и раннего прогнозирования развития нештатных ситуаций. Реализованные технологические возможности использования космической связи позволяют реагировать за секунды.

Эксплуатация Комплекса в Калужской и Курской областях обеспечила безаварийное функционирование нефтегазовых объектов (до этого – по несколько аварийных ситуаций в год). Применение Комплекса в период 2009-2014гг. обеспечило возможность экономии 8,5 млрд рублей, что достигнуто за счет эффективного внедрения функций прогнозирования рисков и обеспечения техногенной безопасности в технологического процессы контроля и мониторинга газораспределения. Работа была удостоена премии Правительства РФ в области науки и техники за 2014 год [6-7].

Появившиеся функциональные возможности Комплекса использованы в жизненном цикле объектов и систем на основе решения сформулированных оптимизационных задач минимизации затрат (на этапах создания) или рисков (на этапе эксплуатации) при задаваемых ограничениях.

Существуют десятки других практических примеров, подтверждающих работоспособность предложенных моделей, в т.ч. для нефтегазовых систем и опасных производственных объектов угольной отрасли.

Их применение поддерживает для КВС аналитическое прогнозирование рисков, **обоснование требований, оценку эффективности, определения «узких мест» и выработку рекомендаций по упреждающим мерам в**

результате прогнозной аналитической обработки данных мониторинга [4-9].

На основе накопленного опыта разработан проект стандарта «Оборудование горно-шахтное. Многофункциональные системы безопасности угольных шахт. Система дистанционного контроля (СДК) опасных производственных объектов (ОПО)». Применение стандарта при создании (модернизации, развитии) и эксплуатации СДК обеспечивает:

раннее распознавание и оценку развития предпосылок к инцидентам и нарушению нормальных условий функционирования ОПО;

прогнозирование рисков, выявление явных и скрытых недостатков и угроз, поддержку принятия решений по предотвращению в режиме реального времени возникновения на ОПО предаварийных и аварийных условий функционирования;

определение сбалансированных мер обеспечения промышленной безопасности при средне- и долгосрочном планировании на ОПО;

обоснование предложений по совершенствованию и развитию МФСБ угольных шахт по результатам системного анализа информации СДК ПБ ОПО.

Заключение

Реализация сформулированных подходов к вероятностному прогнозированию рисков и обоснованию упреждающих мер развивает сложившиеся подходы к обеспечению и повышению комплексной безопасности КВС и позволяет на современной научно-методической основе строить стратегию управления рисками.

Предложенный подход обеспечивает поддержку принятия решений ответственными лицами в части выработки и обоснования эффективных упреждающих мер противодействия рискам и целенаправленных действий по предотвращению негативных последствий, к снижению экономических потерь и материального ущерба при реализации различного рода угроз.

Список литературы

1. Костогрызов А.И., Степанов П.В. Инновационное управление качеством и рисками в жизненном цикле систем формационных систем / - М.: Изд-во ВПК, 2008. - 404 с.

2. Kostogryzov A.I. “Software Tools Complex for Evaluation of Information Systems Operation Quality (CEISOQ).” Proceedings of the 34-th Annual Event of the Government Electronics and Information Association (GEIA), Engineering and Technical Management Symposium, USA, Dallas, pp.63-70, 2000.

3. Kostogryzov A., Krylov V., Nistratov A., Nistratov G., Popov V., Stepanov P. (2011) Mathematical models and applicable technologies to forecast, analyze and optimize quality and risks for complex systems, Proceedings of the 1st Intern.Conf. on Transportation Information and Safety, ICTIS, June 30-July 2,2011, Wuhan, China, p. 845-854

4. Kostogryzov A., Nistratov G., Nistratov A. (2012) Some Applicable Methods to Analyze and Optimize System Processes in Quality Management, DOI: 10.5772/46106, Total Quality Management and Six Sigma, InTech, 2012, pp. 127-196, http://www.intechopen.com/books/total-quality-management-and-six-sigma/some-applicable-methods-to-analyze-and-optimize-system-processes-in-quality-management

5. Kostogryzov A., Grigoriev L., Nistratov G., Nistratov A., Krylov V. (2013) Prediction and Optimization of System Quality and Risks on the Base of Modelling Processes, DOI: 10.4236/ajor.2013.31A021, American Journal of Operations Research, 2013, 3, p.217-244, http://www.scirp.org/journal/ajor/

6. Акимов В.А., Костогрызов А.И., Махутов Н.А., Фортов В.Е., Шойгу С.К. и др. /Под ред. Махутова Н.А./ Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Научные основы техногенной безопасности. М.: МГОФ «Знание», 2015, - 936с.

7. Абросимов Н.В., Костогрызов А.И., Махутов Н.А., Фортов В.Е., Шойгу С.К. и др. /Под ред. Махутова Н.А./ Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Техногенная, технологическая и техносферная безопасность. М.:МГОФ «Знание», 2018, - 1016с. ISBN 978-5-87633-173-1.

8. V. Artemyev, A. Kostogryzov, Ju. Rudenko, O. Kurpatov, G. Nistratov, A. Nistratov, Probabilistic methods of estimating the mean residual time before the next parameters abnormalities for monitored critical systems. Proceedings of the 2nd International Conference on System Reliability and Safety (ICSRS), Milan, Italy, December 20-22, 2017,pp. 368-373. ISBN: 978-1-5386-3321-2

9. Probabilistic modeling in system engineering. InTech, Edited by A. Kostogryzov, 2018, 279p. ISBN: 978-1-78923-775-7

References

1. Kostogryzov A.I. Stepanov P.V. Innovative management of quality and risks in systems life cycle / - M .: Armament. Policy. Conversion, 2008 — 404p.

2. Kostogryzov A.I. “Software Tools Complex for Evaluation of Information Systems Operation Quality (CEISOQ).” Proceedings of the 34-th Annual Event of the Government Electronics and Information Association (GEIA), Engineering and Technical Management Symposium, USA, Dallas, 2000, pp.63-70.

3. Kostogryzov A., Krylov V., Nistratov A., Nistratov G., Popov V., Stepanov P. (2011) Mathematical models and applicable technologies to forecast, analyze and optimize quality and risks for complex systems, Proceedings of the 1st Intern.Conf. on Transportation Information and Safety, ICTIS, June 30-July 2,2011, Wuhan, China, p. 845-854

4. Kostogryzov A., Nistratov G., Nistratov A. (2012) Some Applicable Methods to Analyze and Optimize System Processes in Quality Management, DOI: 10.5772/46106, Total Quality Management and Six Sigma, InTech, 2012, pp. 127-196, http://www.intechopen.com/books/total-quality-management-and-six-sigma/some-applicable-methods-to-analyze-and-optimize-system-processes-in-quality-management

5. Kostogryzov A., Grigoriev L., Nistratov G., Nistratov A., Krylov V. (2013) Prediction and Optimization of System Quality and Risks on the Base of Modelling Processes, DOI: 10.4236/ajor.2013.31A021, American Journal of Operations Research, 2013, 3, p.217-244, http://www.scirp.org/journal/ajor/

6. Akimov V.A., Kostogryzov A.I., N.A. Machutov at al. Security of Russia. Legal, Social&Economic and Scientific&Engineering Aspects. The Scientific Foundations of Technogenic Safety / Edited by N.Machutov – Moscow, Znanie, 2015 ─ 936p.

7. Abrosimov N.V., Kostogryzov A.I., Machutov N.A. at al. Security of Russia. Legal, Social&Economic and Scientific&Engineering Aspects. Technogenic, Technological, Technospheric Safety / Edited by N.Machutov – Moscow, Znanie, 2018 ─ 1016p. ISBN 978-5-87633-173-1.

8. V. Artemyev, A. Kostogryzov, Ju. Rudenko, O. Kurpatov, G. Nistratov, A. Nistratov, Probabilistic methods of estimating the mean residual time before the next parameters abnormalities for monitored critical systems. Proceedings of the 2nd International Conference on System Reliability and Safety (ICSRS), Milan, Italy, December 20-22, 2017,pp. 368-373. ISBN: 978-1-5386-3321-2

9. Probabilistic modeling in system engineering / Edited by A. Kostogryzov, London: InTech,2018 ─ 279p. ISBN:978-1-78923-775-7 http://www.intechopen.com/books/probabilistic-modeling-in-system-engineering