

УДК 004.9, 006.074

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРОАКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫМИ РИСКАМИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СТАНДАРТНЫХ ПРОЦЕССОВ СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ

Нистратов А.А.

Федеральный исследовательский центр информатики и управления Российской академии наук, 119333, г. Москва, ул. Вавилова, 44, корп.2, тел. +7(495)795-85-24, e-mail: Andrey.nistratov@gmail.com

Настоящая работа посвящена представлению и логическому разъяснению математических методов, принятых на уровне последних национальных стандартов системной инженерии (ГОСТ Р 59329 –ГОСТ Р 59357, ГОСТ Р 59989 – ГОСТ Р 59994) и применимых для 30 стандартных процессов в приложении к различного рода системам в их жизненном цикле.

Ключевые слова: метод, риск, система, системная инженерия, управление

MATHEMATICAL METHODS OF PROACTIVE INTEGRAL RISKS MANAGEMENT USING STANDARD SYSTEM ENGINEERING PROCESSES

Nistratov A.A.

Federal Research Center “Computer Science and Control“ of the Russian Academy of Sciences, Vavilova Street 44, bld. 2, 119333 Moscow, Russia, tel. +7(495)795-85-24, e-mail: Andrey.nistratov@gmail.com

This work is devoted to the presentation and logical explanation of mathematical methods adopted at the level of the latest national standards of system engineering (GOST R 59329 - GOST R 59357, GOST R 59989 – GOST R 59994) and applicable to 30 standard processes in application to various systems in their life cycle.

Keywords: management, method, risk, system, system engineering

1 Введение

В жизненном цикле различного рода систем сегодня широко используются стандартные процессы системной инженерии. Системная инженерия согласно ГОСТ Р 57193 «Системная и программная инженерия.

Процессы жизненного цикла систем» представляет собой междисциплинарный подход, управляющий полным техническим и организаторским усилием, требуемым для преобразования ряда потребностей заинтересованных сторон, ожиданий и ограничений в решение и для поддержки этого решения в течение его жизни. Для обеспечения качества, безопасности и/или эффективности систем эти процессы должны учитывать во времени возникающие неопределенности, вызовы, потенциальные возможности, реальные и гипотетичные угрозы. Возникающие при этом риски в общем случае разнородны.

Примечания

1 Согласно ГОСТ Р 57193 под системой понимается комбинация взаимодействующих элементов, упорядоченная для достижения одной или нескольких целей (под это определение системы подпадает опасный производственный объект, промышленное оборудование какого-либо предприятия, ситуационный центр, информационная система, робот, система мониторинга и др.).

2 Под риском понимается 1) мера опасности с ее последствиями (по ФЗ «О техническом регулировании», ГОСТ Р 51898-2002 «Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты», ГОСТ Р 51901.1-2002 «Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем», ГОСТ Р 51897-2011 «Менеджмент риска. Термины и определения», ГОСТ Р МЭК 61508-4-2012 «Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Термины и определения» и др.) или как более общее определение - 2) эффект неопределенности в целях и/или задачах (по ГОСТ Р ИСО 31000-2010 Менеджмент риска. Принципы и руководство).

В зависимости от целей системы, решаемых задач и выполняемых функций в различные периоды времени риски могут быть разнонаправлены (см. пример в разделе 4 настоящей статьи). В любом случае требуются количественное сравнение рисков по единой шкале, прогнозирование во времени и системное решение прямых и обратных задач, которые неизбежно оперируют интегральными рисками.

Вместе с тем, возможности по проактивному управлению интегральными рисками на практике существенно ограничены: риски, оцениваемые качественными или упрощенными методами, в т.ч. экспертными, не позволяют решать обратные задачи обоснования рациональных упреждающих мер противодействия угрозам, а специализированные методы анализа конкретных систем и процессов требуют длительной научно-методической разработки - см. например стандарты, допускающие необходимую аналитическую детализацию для оценки рисков: ГОСТ Р ИСО 7870-1, ГОСТ Р ИСО 13381-1, ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005, ГОСТ Р 50779.41, ГОСТ Р 51901.1, ГОСТ Р 51901.16, ГОСТ Р 54124, ГОСТ Р 54124, ГОСТ Р 54145, ГОСТ Р 57272.1, ГОСТ Р 58045, ГОСТ Р 58771, ГОСТ Р МЭК 61069-2, ГОСТ Р МЭК 62508.

Возникло критичное противоречие между объективными потребностями и реальными возможностями для системной оценки и проактивного управления интегральными рисками для конкретной системы, в которой выполняются различные стандартные процессы.

В качестве стандартных в работе рассмотрены следующие 30 системных процессов (по ГОСТ Р 57193-2016):

- процессы соглашения: приобретения и поставки продукции и услуг для системы;
- процессы организационного обеспечения проекта: управления инфраструктурой, управления моделью жизненного цикла системы, портфелем проектов, человеческими ресурсами, качеством, знаниями;
- процессы технического управления: планирования проекта, оценки и контроля проекта, управления решениями, управления рисками, управления конфигурацией, управления информацией, измерений и гарантии качества;
- технические процессы: анализа бизнеса или назначения, определения потребностей и требований заинтересованной стороны, определения системных требований, определения архитектуры, определения проекта, системного анализа, реализации, комплексирования, верификации, передачи системы, аттестации, функционирования, сопровождения, изъятия и списания системы.

В развитие идей, изложенных в [1-7], настоящая работа посвящена представлению и логическому разъяснению математических методов, принятых на уровне последних стандартов системной инженерии (в создании которых автору статьи довелось

принимать творческое участие) и применимых для стандартных процессов в приложении к различного рода системам.

2 Использование математических методов для решения задач системного анализа

Предлагаемые математические методы предназначены для использования при решении задач системного анализа. В общем случае системный анализ представляет собой научный метод системного познания, предназначенный для решения практических задач системной инженерии путем представления рассматриваемых системных процессов, системы и/или соответствующего проекта в виде приемлемой моделируемой системы. Под моделируемой системой понимается система, для которой решение задач системного анализа осуществляется с использованием ее формализованной модели, позволяющей исследовать критичные сущности системы в условиях ее создания и/или применения, учитывающей структурные связи между переменными или постоянными элементами формализованного представления, задаваемые условия и ограничения. Например, в качестве модели системы могут выступать формализованные сущности, объединенные целевым назначением. Модель может формально описывать функциональные подсистемы и элементы, процессы, реализуемые действия, множество активов и/или выходных результатов или множество этих или иных сущностей в их целенаправленном применении в задаваемых условиях.

Применение предлагаемых математических методов в системном анализе предполагает:

- прогнозирование рисков, интерпретацию и анализ приемлемости получаемых результатов для рассматриваемых системных процессов, системы и/или проекта. К специальным критичным сущностям системы могут быть отнесены отдельные характеристики (например, физические параметры, характеристики качества, безопасности, размеры, стоимость), достигаемые эффекты, выполняемые функции, действия или защищаемые активы. При этом в состав рассматриваемых могут быть включены характеристики, эффекты, функции, действия и активы, свойственные не только самой системе, но и иным системам, не вошедшим в состав рассматриваемой системы (это могут быть характеристики, эффекты, функции, действия и активы, свойственные обеспечивающим системам, привлекаемым информационным системам и/или базам данных, охватываемым по требованиям заказчика);
- определение с использованием моделирования существенных угроз и условий, способных при том или ином развитии событий негативно повлиять на свойства рассматриваемых системных процессов, системы (и/или ее элементов) и/или проекта;
- обоснование с использованием моделирования упреждающих мер противодействия угрозам, обеспечивающих желаемые свойства рассматриваемых процесса, системы (и/или ее элементов) и/или проекта при задаваемых ограничениях в задаваемый период времени;
- обоснование с использованием моделирования предложений по обеспечению и повышению качества, безопасности и/или эффективности рассматриваемой системы (и/или ее элементов) и достижению целей системной инженерии при задаваемых ограничениях в задаваемый период времени;
- прослеживаемость эффективности научно-технических системных усилий в процессах системной инженерии, начиная от замыслов до получения итоговых результатов.

Проведение системного анализа различных стандартных процессов с использованием предлагаемых математических методов способствует рациональному решению задач системной инженерии на основе научного обоснованных целенаправленных технических и организационных усилий по преобразованию потребностей заинтересованных сторон, ожиданий и ограничений в системные решения и поддержку этих решений в жизненном цикле системы. Сами решаемые задачи системной

инженерии связывают с целями рассматриваемой системы, ее масштабами, имеющими место вызовами и возможными угрозами нарушения качества, безопасности и/или эффективности системы. В общем случае проведение системного анализа связано с решением задач обеспечения качества, эффективного функционирования, развития и комплексной безопасности систем, включая задачи:

- реализации государственной стратегии в экономике;
- безопасности и устойчивого развития регионов и крупных городов;
- функционирования и развития сложных народнохозяйственных, инженерно-технических, энергетических, транспортных систем, систем связи и коммуникаций;
- защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- безопасности оборонно-промышленного комплекса;
- развития критических технологий (например, базовых и критических военных и промышленных технологий для создания перспективных видов вооружения, военной и специальной техники; базовых технологий силовой электротехники; компьютерного моделирования; информационных и когнитивных технологий; технологий атомной энергетики; технологий информационных, управляющих, навигационных систем; технологий и программного обеспечения распределенных и высокопроизводительных вычислительных систем; технологий мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения; технологий поиска, разведки, разработки месторождений полезных ископаемых и их добычи; технологий предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера);
- безопасности критической информационной инфраструктуры, информационной и информационно-психологической безопасности;
- безопасности и защищенности, промышленной безопасности, технической диагностики, управления ресурсом эксплуатации критически важных объектов и систем;
- энергетической безопасности (в том числе функционирования и развития топливно-энергетического комплекса, нефтяной, газовой и нефтехимической промышленности, электроэнергетики, трубопроводного транспорта);
- ядерной и радиационной безопасности;
- безопасности горнодобывающей промышленности;
- качества и безопасности строительного комплекса, в том числе обоснования прочности и устойчивости создаваемых объектов и конструкций;
- безопасности железнодорожного, авиационного и водного транспорта;
- биологической безопасности;
- продовольственной безопасности;
- экологической безопасности, экодиагностики и охраны природы;
- безопасности освоения континентальных шельфов;
- безопасности систем жизнеобеспечения и жизнедеятельности человека;
- снижения экономических, экологических и социальных ущербов от природных и природно-техногенных катастроф и нарушений качества, безопасности и эффективности критически и стратегически важных систем.

Решение задач системной инженерии с использованием предлагаемых математических методов процессов базируется:

- на формулировании непротиворечивых целей системного анализа в жизненном цикле системы;
- математически корректных постановках задач системного анализа, ориентированных на научно обоснованное достижение сформулированных целей системного анализа применительно к рассматриваемым процессам (выходным результатам и выполняемым действиям) и системе;
- выборе и/или разработке основных и вспомогательных показателей для

всесторонних оценок и прогнозов, на определении способов формализации, выборе и/или разработке формализованных моделей, методов и критериев системного анализа для решения поставленных задач;

- использовании результатов системного анализа рассматриваемых стандартных процессов для принятия решений в системной инженерии.

Сбалансированное проактивное управление рисками осуществляется в рамках формальных постановок оптимизационных задач путем целенаправленного использования моделей, методов и выбранных критериев рациональности при ограничениях на ресурсы и варианты реализации стандартных 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, разработки, производства, эксплуатации и сопровождения системы и отдельных ее подсистем и элементов;

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

Главным условием появления объективных возможностей научно обоснованного решения этих задач является наличие методов аналитического прогнозирования рисков (связанных с качеством, безопасностью и/или эффективностью рассматриваемой системы) в зависимости от исходных данных, характеризующих условия и поведение критичных элементов системы.

3 Предлагаемые к использованию методы для аналитического прогнозирования рисков

В таблице 1 для 30 стандартных процессов приведены ссылки на стандарты системной инженерии, содержащие рекомендации по типовым методам аналитического прогнозирования рисков. Применение этих методов обеспечивает решение оптимизационных задач, поскольку расчет рисков (связанных с качеством, безопасностью и/или эффективностью рассматриваемой системы) осуществляется в зависимости от исходных данных, описывающих условия, характеристики и поведение во времени критичных элементов системы.

Для любого из стандартных процессов применение типовых методов из таблицы позволяет рассчитать:

- риск $R_{надежн}(T_{зад})$ нарушения надежности реализации процесса как такового (без учета дополнительных специфических системных требований) на период прогноза $T_{зад}$;

- риск $R_{наруш}(T_{зад})$ нарушения дополнительных специфических системных требований на период прогноза $T_{зад}$.

Без нарушения общности в ссылочных стандартах для расчетов $R_{наруш}(T_{зад})$ приведены модели на примере требований по защите информации, выступающих как дополнительные специфические системные требования.

Используя расчетные значения рисков $R_{надежн}(T_{зад})$ и $R_{наруш}(T_{зад})$, в сопоставлении с возможным ущербом обобщенный риск нарушения реализации рассматриваемого процесса с учетом дополнительных специфических системных требований $R_{обобщ}(T_{зад})$ для периода прогноза $T_{зад}$ определяют по формуле

$$R_{обобщ}(T_{зад}) = 1 - [1 - R_{надежн}(T_{зад})] \cdot [1 - R_{наруш}(T_{зад})]. \quad (1)$$

Примечание — При расчетах используется предположение о независимости случайных величин, характеризующих в моделируемой системе реализацию процесса

как такового (без учета дополнительных специфических системных требований) и выполнение дополнительных специфических системных требований.

Расчет интегральных рисков нарушения качества, безопасности и/или эффективности системы предлагается осуществлять в предполагаемых условиях возможных сценарных комбинаций используемых системных процессов в задаваемом периоде прогноза. Для расчетов интегральных рисков условно все системные процессы нумеруются. Например, для перечисленным 30 системных процессов по ГОСТ Р 57193 ($I = 30$) i -й тип системного процесса означает:

- если процесс относится к процессам соглашения: процесс приобретения ($i = 1$) или поставки ($i = 2$) продукции и услуг для системы;

- если процесс относится к процессам организационного обеспечения проекта: процесс управления моделью жизненного цикла ($i = 3$), инфраструктурой ($i = 4$), портфелем проектов ($i = 5$), человеческими ресурсами ($i = 6$), качеством ($i = 7$) или знаниями ($i = 8$);

- если процесс относится к процессам технического управления: процесс планирования проекта ($i = 9$), оценки и контроля проекта ($i = 10$), управления решениями ($i = 11$), рисками ($i = 12$), конфигурацией ($i = 13$), информацией ($i = 14$), измерений системы ($i = 15$) или гарантии качества для системы ($i = 16$);

- если процесс относится к техническим процессам: процесс анализа бизнеса или назначения ($i = 17$), определения потребностей и требований заинтересованной стороны ($i = 18$), определения системных требований ($i = 19$), определения архитектуры ($i = 20$), определения проекта ($i = 21$), системного анализа ($i = 22$), реализации ($i = 23$), комплексирования ($i = 24$), верификации ($i = 25$), передачи ($i = 26$), аттестации ($i = 27$), функционирования ($i = 28$), сопровождения ($i = 29$) или изъятия и списания системы ($i = 30$).

Предварительно по каждому учитываемому i -му типу системных процессов для задаваемого периода прогноза $T_{\text{зад } i}$ с применением рекомендуемых методов (см. таблицу) осуществляется расчет обобщенного риска $R_{\text{обобщ } i}(T_{\text{зад } i})$ нарушения реализации этого системного процесса, $i = 1, \dots, I$.

После этого формируются сценарные условия возможного применения системных процессов в задаваемый период прогноза $T_{\text{зад}}$ возможных комбинаций используемых системных процессов в этом периоде прогноза. В общем случае сценарий использования стандартных системных процессов определяется возможной комбинацией их реализации (с условными номерами $i_1, i_2, \dots, i_k, k \leq I$) в задаваемый период прогноза $T_{\text{зад}}$.

При этом каждый из системных процессов характеризуется реальной или гипотетической частотой реализации этих процессов в задаваемый период прогноза $T_{\text{зад}}$ (с учетом выполняемых при этом типовых действий).

Период прогноза может охватывать любой промежуток времени при создании (модернизации, развитии) и/или эксплуатации системы и/или выведении системы из эксплуатации, который включает как минимум один законченный системный процесс, задействованный в комбинации с другими процессами.

Это позволяет учесть такие возможности, когда один процесс может входить в состав работ, выполняемых в рамках других стандартных процессов в жизненном цикле системы, или включает другие процессы.

Интегральные показатели рисков используют задаваемые требования к обеспечению качества, безопасности и эффективности системы за период прогноза, задаваемые на уровне ограничений на допустимые риски (в их вероятностном выражении) по каждому из учитываемых системных процессов, и возможные ущербы.

Интегральный риск $R_{\text{инт.кач}}(T_{\text{зад}})$ нарушения качества системы в задаваемых сценарных условиях комбинации используемых системных процессов в течение задаваемого периода прогноза $T_{\text{зад}}$ предлагается оценивать по формуле

$$R_{\text{инт.кач}}(T_{\text{зад}}) = 1 - \sum_{i=1}^I \lambda_{\text{кач } i} \{1 - R_{\text{обобщ.кач } i}(T_{\text{зад } i}) \cdot [Ind(\alpha_{\text{кач } i})]\} / \sum_{i=1}^I \lambda_{\text{кач } i}, \quad (2)$$

где $\lambda_{\text{кач } i}$ — частота выполнения стандартизованного системного процесса i -го типа за период прогноза $T_{\text{зад } i}$ в условиях угроз качеству моделируемой системы (при этом хотя бы для одного системного процесса за задаваемый период прогноза предполагается законченное выполнение типовых действий, характерных для реализации этого процесса);

$R_{\text{обобщ.кач } i}(T_{\text{зад } i})$ — обобщенный риск нарушения реализации системного процесса i -го типа за период прогноза $T_{\text{зад } i}$, рассчитанный в условиях угроз качеству моделируемой системы, $i = 1, \dots, I$;

$T_{\text{зад}}$ — задаваемый период прогноза, покрывающий длительность всех задаваемых периодов $T_{\text{зад } i}$ каждого из стандартных системных процессов, задействованных в сценарных условиях;

Примечание — Предположение о частично выполненном процессе, который может начаться в конце периода прогноза и не закончиться, может быть удовлетворено заданием дробного значения $\lambda_{\text{кач } i}$ (при общем количестве процессов каждого из типов, большем, чем один).

Критерий выполнения требований к допустимым рискам и ущербам в анализируемых условиях угроз качеству моделируемой системы $\alpha_{\text{кач } i}$ по i -му типу системных процессов устанавливаются с использованием индикаторной функции $Ind(\alpha_{\text{кач } i})$

$Ind(\alpha_{\text{кач } i})$

$= \begin{cases} 0, & \text{если требования к качеству при выполнении } i\text{-го процесса } \alpha_{\text{кач } i} \text{ выполнены,} \\ 1, & \text{если требования к допустимым рискам и ущербам } \alpha_{\text{кач } i} \text{ не выполнены.} \end{cases}$

Интегральный риск $R_{\text{инт.безоп}}(T_{\text{зад}})$ нарушения безопасности системы в задаваемых сценарных условиях комбинации используемых системных процессов в течение задаваемого периода прогноза $T_{\text{зад}}$ предлагается оценивать по формуле

$$R_{\text{инт.безоп}} = 1 - \sum_{i=1}^I \lambda_{\text{безоп } i} \{1 - R_{\text{обобщ.безоп } i}(T_{\text{зад } i}) \cdot [Ind(\alpha_{\text{безоп } i})]\} / \sum_{i=1}^I \lambda_{\text{безоп } i}, \quad (3)$$

где $\lambda_{\text{безоп } i}$ — частота выполнения стандартизованного системного процесса i -го типа за период прогноза $T_{\text{зад } i}$ в условиях угроз безопасности моделируемой системы (хотя бы для одного системного процесса за задаваемый период прогноза предполагается выполнение законченных типовых действий, характерных для реализации этого процесса);

$R_{\text{обобщ.безоп } i}(T_{\text{зад } i})$ — обобщенный риск нарушения реализации системного процесса i -го типа за период прогноза $T_{\text{зад } i}$, рассчитанный в условиях угроз безопасности моделируемой системы, $i = 1, \dots, I$;

Примечание — Предположение о частично выполненном процессе, который может начаться в конце периода прогноза и не закончиться, может быть удовлетворено заданием дробного значения $\lambda_{\text{безоп } i}$ (при общем количестве процессов каждого из типов, большем, чем один).

Критерий выполнения требований к допустимым рискам и ущербам в анализируемых условиях угроз безопасности моделируемой системы $\alpha_{\text{безоп } i}$ по i -му типу системных процессов устанавливаются с использованием индикаторной функции $Ind(\alpha_{\text{безоп } i})$

$Ind(\alpha_{\text{безоп } i}) =$

$\begin{cases} 0, & \text{если требования к безопасности при выполнении } i\text{-го процесса } \alpha_{\text{безоп } i} \text{ выполнены,} \\ 1, & \text{если требования к допустимым рискам и ущербам } \alpha_{\text{безоп } i} \text{ не выполнены.} \end{cases}$

Интегральный риск $R_{\text{инт.кач}}(T_{\text{зад}})$ нарушения эффективности системы в задаваемых сценарных условиях комбинации используемых системных процессов в течение

задаваемого периода прогноза $T_{\text{зад}}$ предлагается оценивать по формуле

$$R_{\text{инт.эфф}} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^I \lambda_{\text{эфф } i} \{1 - R_{\text{обобщ.эфф } i}(T_{\text{зад } i}) \cdot [Ind(\alpha_{\text{эфф } i})]\}}{\sum_{i=1}^I \lambda_{\text{эфф } i}}, \quad (4)$$

где $\lambda_{\text{эфф } i}$ — частота выполнения стандартизованного системного процесса i -го типа за период прогноза $T_{\text{зад } i}$ в условиях угроз эффективности моделируемой системы (при этом хотя бы для одного системного процесса за задаваемый период прогноза предполагается законченное выполнение типовых действий, характерных для реализации этого процесса);

$R_{\text{обобщ.эфф } i}(T_{\text{зад } i})$ — обобщенный риск нарушения реализации системного процесса i -го типа за период прогноза $T_{\text{зад } i}$, рассчитанный в условиях угроз эффективности моделируемой системы, $i = 1, \dots, I$;

Примечания

1 Предположение о частично выполненном процессе, который может начаться в конце периода прогноза и не закончиться, может быть удовлетворено заданием дробного значения $\lambda_{\text{эфф } i}$ (при общем количестве процессов каждого из типов, большем, чем один).

2 При расчетах интегрального риска нарушения эффективности системы исходные данные, включая сценарные условия комбинации используемых системных процессов, могут учитывать характеристики моделируемой системы, влияющие в различных процессах также на качество и безопасность рассматриваемой системы и сказывающиеся в итоге на эффективности системы.

Критерий выполнения требований к допустимым рискам и ущербам в анализируемых условиях угроз эффективности моделируемой системы $\alpha_{\text{эфф } i}$ по i -му типу системных процессов устанавливаются с использованием индикаторной функции $Ind(\alpha_{\text{эфф } i})$

$$Ind(\alpha_{\text{эфф } i}) = \begin{cases} 0, & \text{если требования к эффективности при выполнении } i \text{ - го процесса } \alpha_{\text{эфф } i} \\ & \text{выполнены,} \\ 1, & \text{если требования к допустимым рискам и ущербам } \alpha_{\text{эфф } i} \text{ не выполнены.} \end{cases}$$

Предложенные выражения доведены до реализации в ГОСТ Р 59991 «Системная инженерия. Системный анализ процесса управления рисками для системы», частные показатели рисков – в стандартах из таблицы (в создании которых автору статьи довелось принимать творческое участие). Вероятностные показатели рисков оцениваются в сочетании с возможным ущербом - см., например, ГОСТ Р 22.10.01, ГОСТ Р 54145.

При это важно подчеркнуть: расчет рисков (связанных с качеством, безопасностью и/или эффективностью рассматриваемой системы) осуществляется в зависимости от исходных данных, описывающих условия, характеристики и поведение во времени критичных элементов сложной системы. Именно эта зависимость позволяет аналитическое решение оптимизационных задач.

4 Пример интеграции разнородных рисков [7]

Согласно "Доктрине энергетической безопасности Российской Федерации", утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 13.05.2019 № 216 (далее по тексту – Доктрина) и «Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р, энергетика РФ вносит значительный вклад в национальную безопасность и социально-экономическое развитие страны. С учетом множества факторов неопределенности состоянию энергетической безопасности РФ присущи долговременные разнородные вызовы, угрозы и риски.

Имея ввиду предложенные выше методы для прогнозирования и интеграции разнородных рисков, из вербального описания Доктрины возможно составить логико-вероятностную схему интеграции рисков, например, для иерархического уровня

федерального округа: «Цели – направления деятельности – решаемые задачи – риски для достижения цели – угрозы, определяющие риски – характеристики угроз для моделирования» – см. фрагмент предлагаемой схемы на рисунке. Обозначения непосредственно привязаны к нумерации и тексту Доктрины.

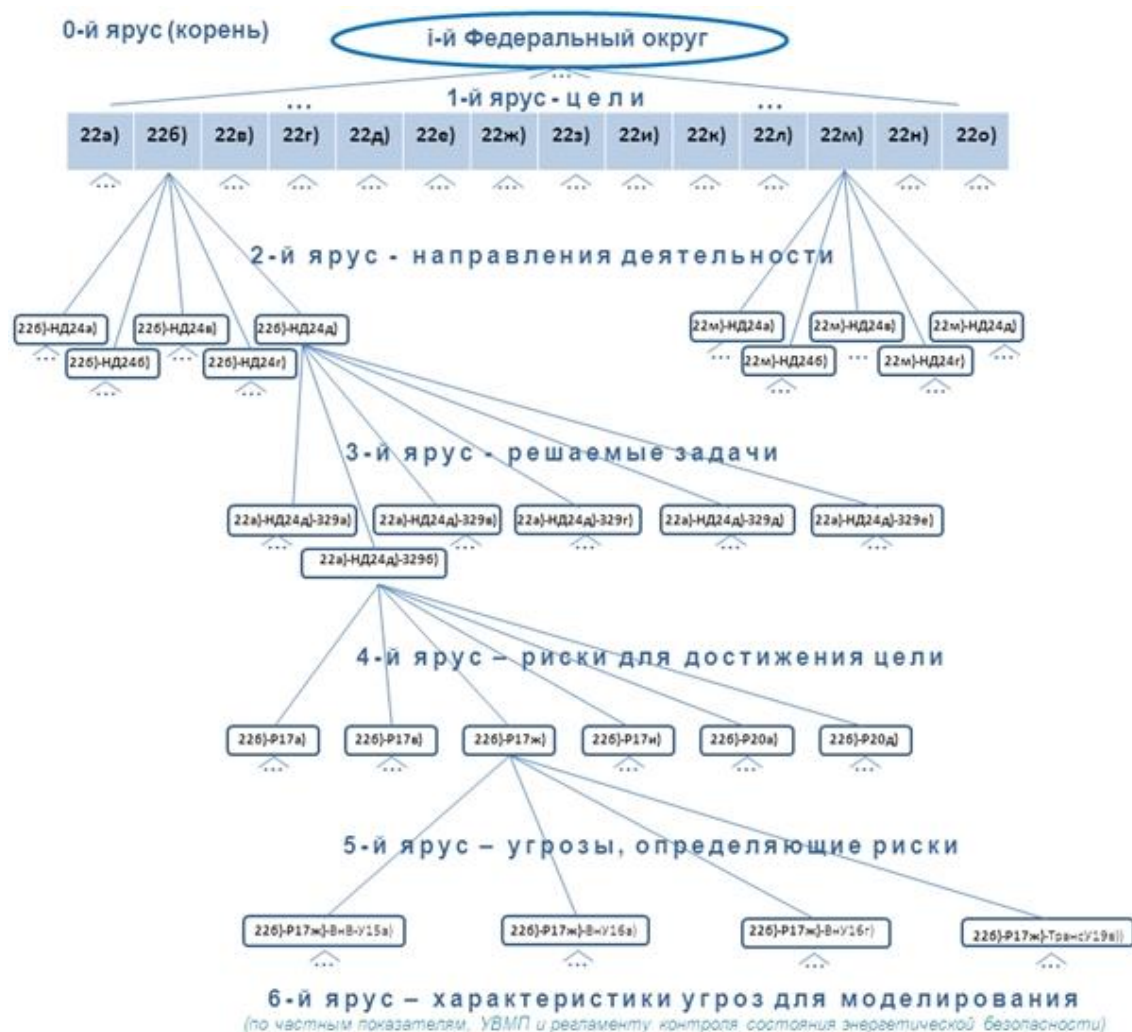


Рисунок - «Логическое дерево» для описания связи «цели – направления деятельности - решаемые задачи - риски - угрозы – характеристики угроз»

В качестве корня дерева (0-й ярус) выступает сам федеральный округ. А характеристики угроз, используемые в качестве исходных данных при моделировании и расчетах критериев, образуют вершины последнего яруса дерева. Эти последние вершины могут быть представлены с помощью универсальной вспомогательной модели показателя (УВМП) - см., например, ГОСТ Р 59349-2021 «Системная инженерия. Защита информации в процессе системного анализа». Применительно к 0-му ярусу - корню (т.е. применительно к рассматриваемому федеральному округу) выбирают свойственные цели по пп. 22 а)-22о) Доктрины. Они образуют 1-й ярус дерева, т.е. каждая цель по п.22 а)-22о) Доктрины – это вершина 1-го яруса. Всего для условно i-го федерального округа РФ максимально может быть 14 вершин 1-го яруса: i.1-я вершина обозначена 22а), i.14-я вершина – обозначена 22о). В качестве вершин 2-го яруса рассматриваются направления деятельности из Доктрины для достижения цели, 3-го яруса - решаемые задачи в рамках направления деятельности, на 4-м ярусе - риски для достижения целей путем решения конкретных задач, на 5-м ярусе – угрозы, определяющие эти риски, на 6-м ярусе – характеристики угроз для моделирования. Например, каждое направление по п.24 а)-24д) Доктрины образует вершину 2-го яруса, всего – 5 вершин 2-го яруса. Так, на

рисунке 1 от i.2-й вершины 1-го яруса идут ветви к вершинам 2-го яруса, тогда соответствующие вершины 2-го яруса обозначаются от 22б)-НД24а) до 22б)-НД24д), а для i.12-й вершины 1-го яруса – соответственно от 22м)-НД24а) до 22м)-НД24д).

Решаемые задачи для каждого из направлений деятельности образуют 3-й ярус дерева, т.е. каждая задача по пп. 25-29 Доктрины – это вершины 3-го яруса. Таким образом, для направления деятельности 24а) Доктрины может быть до 13 вершин 3-го яруса. На ветвях от первой вершины 2-го яруса 22а)-НД24а) (такое обозначение для вершины 2-го яруса означает цель, связанную с воспроизводством минерально-сырьевой базы ТЭК согласно п. 22а) Доктрины и направление деятельности «совершенствование государственного управления в области обеспечения энергетической безопасности» согласно п. 24а) Доктрины) образуются вершины 3-го яруса. В частности, первая вершина будет означать первую решаемую задачу – «а) совершенствование нормативно-правовой базы по вопросам обеспечения безопасного, надежного и устойчивого функционирования инфраструктуры и объектов энергетики» согласно п. 25а) Доктрины, эта вершина будет обозначаться 22а)-НД24а)-325а), а 13-я вершина 3-го яруса, относящаяся к задаче «н) стимулирование энергосбережения и повышения энергетической эффективности экономики» по п.25н) Доктрины будет обозначаться 22а)-НД24а)-325н). Для 5-го направления деятельности 24д) Доктрины всего будет до 6 вершин 3-го яруса. Тогда для этого направления деятельности 1-я вершина яруса обозначается 22а)-НД24д)-329а), а 6-я вершина, относящаяся к задаче по п.29е) Доктрины, обозначается 22а)-НД24д)-329е).

Предложенный вариант интеграции рисков на уровне «логических деревьев», образуемых из вербального описания Доктрины, и формульные выражения (1) – (4) образуют логико-вероятностную основу создания иерархической системы проактивного управления интегральными рисками для обеспечения энергетической безопасности. Пример нашел отражение в ГОСТ Р 59349 (в создании которого автору статьи довелось принимать творческое участие).

Заключение

Предложенные математические методы позволяют осуществлять интеграцию разнородных рисков для различных систем, опирающихся в жизненном цикле на реализацию стандартных процессов.

Использование необходимых стандартных процессов в жизненном цикле системы позволяет получать выходные результаты процессов с использованием обоснованных логичных решений, подтверждаемых прогнозными исследованиями по достижению требуемых качества, безопасности и эффективности систем.

Это позволяет осуществление проактивного управления интегральными рисками в жизненном цикле систем.

Прослеживаемость эффективности научно-технических системных усилий в 30 процессах системной инженерии, начиная от замыслов до получения итоговых результатов будет обеспечена.

Предложенные методы реализованы в стандартах системной инженерии (ГОСТ Р 59329 – ГОСТ Р 59357, ГОСТ Р 59989 – ГОСТ Р 59994).

Демонстрация практичности методов осуществлена в приложении к действующей доктрине энергетической безопасности Российской Федерации.

Таблица 1. Ссылки на типовые методы прогнозирования рисков

Стандартный процесс	Вероятностные показатели рисков	Ссылки на типовые методы
Процессы приобретения и поставки продукции и услуг для системы	<ul style="list-style-type: none"> - риск нарушения надежности реализации процесса как такового (без учета дополнительных требований); - риск нарушения дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации); - риск нарушения реализации процесса с учетом дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации) 	ГОСТ Р 59329–2021, приложение В
Процесс управления моделью жизненного цикла системы	<ul style="list-style-type: none"> - риск нарушения надежности реализации процесса как такового (без учета дополнительных требований); - риск нарушения дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации); - обобщенный риск нарушения реализации процесса с учетом дополнительных специфических системных требований (в том числе на примере требований по защите информации) 	ГОСТ Р 59330–2021, приложение В; ГОСТ Р 59992
Процесс управления инфраструктурой системы	<ul style="list-style-type: none"> - риск нарушения надежности реализации процесса как такового (без учета дополнительных требований); - риск нарушения дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации); - обобщенный риск нарушения реализации процесса с учетом дополнительных специфических системных требований (в том числе на примере требований по защите информации) 	ГОСТ Р 59331–2021, приложение В; ГОСТ Р 59993
Процесс управления портфелем проектов	<ul style="list-style-type: none"> - риск нарушения надежности реализации процесса как такового (без учета дополнительных требований); - риск нарушения дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации); - риск нарушения реализации процесса с учетом дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации) 	ГОСТ Р 59332–2021, приложение В

Процесс управления человеческими ресурсами системы	<ul style="list-style-type: none"> - риск нарушения надежности реализации процесса как такового (без учета дополнительных требований); - риск нарушения дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации); - риск нарушения реализации процесса с учетом дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации) 	ГОСТ Р 59333–2021, приложение В
Процесс управления качеством системы	<ul style="list-style-type: none"> - риск нарушения надежности реализации процесса как такового (без учета дополнительных требований); - риск нарушения дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации); - обобщенный риск нарушения реализации процесса с учетом дополнительных специфических системных требований (в том числе на примере требований по защите информации) 	ГОСТ Р 59334–2021, приложение В; ГОСТ Р 59989
Процесс управления знаниями о системе	<ul style="list-style-type: none"> - риск нарушения надежности реализации процесса как такового (без учета дополнительных требований); - риск нарушения дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации); - риск нарушения реализации процесса с учетом дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации) 	ГОСТ Р 59335–2021, приложение В
Процесс планирования проекта	<ul style="list-style-type: none"> - риск нарушения надежности реализации процесса как такового (без учета дополнительных требований); - риск нарушения дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации); - риск нарушения реализации процесса с учетом дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации) 	ГОСТ Р 59336–2021, приложение В
Процесс оценки и контроля проекта	- для системных процессов риски по ГОСТ Р 59337–2021, 6.3 (с учетом дополнительных специфических системных требований на примере требований по защите информации), ГОСТ Р 59990–2022, 6.3	ГОСТ Р 59337–2021, приложение В, ГОСТ Р 59990–2022, приложение В

Процесс управления решениями	<ul style="list-style-type: none"> - риск нарушения надежности реализации процесса как такового (без учета дополнительных требований); - риск нарушения дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации); - риск нарушения реализации процесса с учетом дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации) 	ГОСТ Р 59338–2021, приложение В
Процесс управления рисками для системы	риски по ГОСТ Р 59339–2021, ГОСТ Р 59991–2022	ГОСТ Р 59339–2021, приложение В, ГОСТ Р 59991–2022
Процесс управления конфигурацией системы	<ul style="list-style-type: none"> - риск нарушения надежности реализации процесса как такового (без учета дополнительных требований); - риск нарушения дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации); - риск нарушения реализации процесса с учетом дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации) 	ГОСТ Р 59340–2021, приложение В
Процесс управления информацией системы	<ul style="list-style-type: none"> - риск нарушения надежности реализации процесса как такового (без учета дополнительных требований); - риск нарушения дополнительных специфических системных требований (на примере требований к качеству выходной информации); - риск нарушения реализации процесса с учетом дополнительных специфических системных требований (на примере требований к качеству выходной информации) 	ГОСТ Р 59341–2021, приложение В
Процесс измерений системы	<ul style="list-style-type: none"> - риск нарушения надежности реализации процесса как такового (без учета дополнительных требований); - риск нарушения дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации); - риск нарушения реализации процесса с учетом дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации) 	ГОСТ Р 59342–2021, приложение В
Процесс гарантии	- для системных процессов риски по	ГОСТ Р 59343–

качества для системы	ГОСТ Р 59343–2021, 6.3. (с учетом дополнительных специфических системных требований на примере требований по защите информации), ГОСТ Р 59994–2022, 6.3	2021, приложение В, ГОСТ Р 59994–2022, приложение В
Процесс анализа бизнеса или назначения системы	<ul style="list-style-type: none"> - риск нарушения надежности реализации процесса как такового (без учета дополнительных требований); - риск нарушения дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации); - риск нарушения реализации процесса с учетом дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации) 	ГОСТ Р 59344–2021, приложение В
Процесс определения потребностей и требований заинтересованной стороны для системы	<ul style="list-style-type: none"> - риск нарушения надежности реализации процесса как такового (без учета дополнительных требований); - риск нарушения дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации); - риск нарушения реализации процесса с учетом дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации) 	ГОСТ Р 59345–2021, приложение В
Процесс определения системных требований	<p>показатели на примере требований по защите информации:</p> <ul style="list-style-type: none"> - частные показатели риска реализации угроз безопасности информации, направленных на нарушение функционирования системы, в условиях отсутствия мер защиты, предлагаемых к применению в ходе формирования системных требований, и в условиях их применения (показатели остаточного риска нарушения функционирования системы); - частные показатели риска реализации угроз утечки конфиденциальной информации в условиях отсутствия мер защиты, предлагаемых к применению в ходе формирования системных требований, и в условиях их применения (показатели остаточного риска нарушения требований по защите конфиденциальной информации в системе или о системе); - интегральные показатели риска реализации угроз, направленных на нарушение функционирования системы в течение ее жизненного цикла, в условиях отсутствия и применения мер защиты, предлагаемых в 	ГОСТ Р 59346–2021, приложения В, Д

	<p>ходе формирования системных требований.</p> <p>Примечание — Приведенные показатели демонстрируют возможности модификации показателей прогнозируемых рисков.</p>	
Процесс определения архитектуры системы	<ul style="list-style-type: none"> - риск нарушения надежности реализации процесса как такового (без учета дополнительных требований); - риск нарушения дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации); - риск нарушения реализации процесса с учетом дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации) 	ГОСТ Р 59347–2021, приложение В
Процесс определения проекта	<ul style="list-style-type: none"> - риск нарушения надежности реализации процесса как такового (без учета дополнительных требований); - риск нарушения дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации); - риск нарушения реализации процесса с учетом дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации) 	ГОСТ Р 59348–2021, приложение В
Процесс системного анализа	<ul style="list-style-type: none"> - риск нарушения надежности реализации процесса как такового (без учета дополнительных требований); - риск нарушения дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации); - риск нарушения реализации процесса с учетом дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации) 	ГОСТ Р 59349–2021, приложение В
Процесс реализации системы	<ul style="list-style-type: none"> - риск нарушения надежности реализации процесса как такового (без учета дополнительных требований); - риск нарушения дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации); - риск нарушения реализации процесса с учетом дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации) 	ГОСТ Р 59350–2021, приложение В

Процесс комплексирования системы	<ul style="list-style-type: none"> - риск нарушения надежности реализации процесса как такового (без учета дополнительных требований); - риск нарушения дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации); - риск нарушения реализации процесса с учетом дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации) 	ГОСТ Р 59351–2021, приложение В
Процесс верификации системы	<ul style="list-style-type: none"> - риск нарушения надежности реализации процесса как такового (без учета дополнительных требований); - риск нарушения дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации); - риск нарушения реализации процесса с учетом дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации) 	ГОСТ Р 59352–2021, приложение В
Процесс передачи системы	<ul style="list-style-type: none"> - риск нарушения надежности реализации процесса как такового (без учета дополнительных требований); - риск нарушения дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации); - риск нарушения реализации процесса с учетом дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации) 	ГОСТ Р 59353–2021, приложение В
Процесс аттестации системы	<ul style="list-style-type: none"> - риск нарушения надежности реализации процесса как такового (без учета дополнительных требований); - риск нарушения дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации); - риск нарушения реализации процесса с учетом дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации) 	ГОСТ Р 59354–2021, приложение В
Процесс функционирования системы	<ul style="list-style-type: none"> - риск нарушения надежности реализации процесса как такового (без учета дополнительных требований); - риск нарушения дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации); - риск нарушения реализации процесса с 	ГОСТ Р 59355–2021, приложение В

	учетом дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации)	
Процесс сопровождения системы	- риск нарушения надежности реализации процесса как такового (без учета дополнительных требований); - риск нарушения дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации); - риск нарушения реализации процесса с учетом дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации)	ГОСТ Р 59356–2021, приложение В
Процесс изъятия и списания системы	- риск нарушения надежности реализации процесса как такового (без учета дополнительных требований); - риск нарушения дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации); - риск нарушения реализации процесса с учетом дополнительных специфических системных требований (на примере требований по защите информации)	ГОСТ Р 59357–2021, приложение В

Список литературы

1. Костогрызов А.И., Нистратов Г.А. Стандартизация, математическое моделирование, рациональное управление и сертификация в области системной и программной инженерии. М. Изд.Вооружение, политика, конверсия”, 2004, 2-е изд.-2005.- 395с.
2. 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
3. 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>
4. 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, American Journal of Operations Research, 2013, 3, p.217-244, DOI: 10.4236/ajor.2013.31A021,
5. 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
6. Нистратов А.А. Аналитическое прогнозирование интегрального риска нарушения приемлемого выполнения совокупности стандартных процессов в жизненном цикле

систем высокой доступности. Часть 1. Математические модели и методы // Системы высокой доступности. 2021. Т.17 №3, с. 16-31

7. Нистратов А.А. Подход к интеграции разнородных рисков на примере анализа целей, задач и угроз по доктрине энергетической безопасности. Безопасные информационные технологии. Сборник трудов XI международной научно-технической конференции "Безопасные информационные технологии", 6-7 апреля 2021 г. в Москве - М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2021. сс. 255-263.

References

1. Kostogryzov A.I., Nistratov G.A. Standartizaciya, matematicheskoe modelirovanie, racional'noe upravlenie i sertifikaciya v oblasti sistemnoj i programmnoj inzhenerii. M. Izd.Vooruzhenie, politika, konversiya", 2004, 2-e izd.-2005.- 395s.

2. 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

3. 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>

4. 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, American Journal of Operations Research, 2013, 3, p.217-244, DOI: 10.4236/ajor.2013.31A021,

5. 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

6. Nistratov A.A. Analiticheskoe prognozirovanie integral'nogo riska narusheniya priemlemogo vypolneniya sovokupnosti standartnyh processov v zhiznennom cikle sistem vysokoj dostupnosti. CHast' 1. Matematicheskie modeli i metody // Sistemy vysokoj dostupnosti. 2021. Т.17 №3, с. 16-31

7. Nistratov A.A. Podhod k integracii raznorodnyh riskov na primere analiza celej, zadach i ugroz po doktrine energeticheskoy bezopasnosti. Bezopasnye informacionnye tekhnologii. Sbornik trudov XI mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii "Bezopasnye informacionnye tekhnologii", 6-7 aprelya 2021 g. v Moskve - M.: MGTU im. N.E.Baumana, 2021. ss. 255-263.