

ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ, ПРЕДУСМАТРИВАЮЩИЕ ПРИМЕНЕНИЕ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА

Зацаринный А.А., Костокрызов А.И., 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: AZatsarinny@ipiran.ru, Akostogr@gmail.com, Andrey.nistratov@gmail.com*

Настоящая работа посвящена формированию перспективных направлений развития системной инженерии, предусматривающих для своей реализации применение риск-ориентированного подхода в жизненном цикле сложных систем. Предложены основные шаги для реализации сформулированных перспективных направлений, разъяснена их суть. В приложении к национальным приоритетам в области информационной и экономической безопасности и научно-технологического развития согласно «Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» определены задачи, для эффективного решения которых целесообразна реализация предложенных перспективных направлений.

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

PRIORITY DIRECTIONS OF SYSTEM ENGINEERING DEVELOPMENT, PROVIDING FOR THE USE OF RISK-ORIENTED APPROACH

Zatsarinny A.A., Kostogryzov A.I., 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: AZatsarinny@ipiran.ru, Akostogr@gmail.com, Andrey.nistratov@gmail.com*

This work is devoted to the formation of promising directions for system engineering development, providing for its implementation the use of a risk-oriented approach in the life cycle of complex systems. The main steps for the implementation of the formulated promising directions are proposed, their essence is explained. The application to the national priorities in the field of information and economic security and scientific and technological development according to the "National Security Strategy of the Russian Federation" defines the tasks for the effective solution of which it is reasonable to implement the proposed promising directions.

Keywords: method, model, risk, system, system engineering

1 Введение

Сравнительный анализ различных российских и зарубежных прогнозов в области развития науки, техники и технологий позволяет констатировать следующее. Несмотря на политическую нестабильность во взаимоотношениях государств на мировом уровне, угрозы нарушения промышленной, технологической, информационной безопасности, глобальные климатические изменения, появившиеся новые угрозы эпидемий, соответствующие ограничения и иного рода критические угрозы и условия, а также прогнозные взгляды в России и за рубежом на направления и области развития науки, техники и технологий могут быть охарактеризованы как приблизительно идентичные. Отличия – в темпах и подходах к решению некоторых технических и технологических задач, направленных на поддержание безопасности сложных систем. При этом необходимо подчеркнуть, что наряду с безопасностью в общем случае имеет место нацеленность на обеспечение достижимого качества, сбалансированных эффектов, устойчивого функционирования и развития систем различного функционального назначения. Фокусирование именно на этих прагматичных целях в их возможных вариациях позволяет выявить важнейшую область научно-технических усилий, которая на сегодня остается в тени различных программ по стратегическому развитию, но явно обладает прорывным потенциалом. Речь – о системной инженерии, осознание и применение возможностей которой позволит обеспечить научно обоснованное развитие конкурентоспособной России.

Системная инженерия получает сегодня на международном уровне второе дыхание. В некоторых работах 30-40 летней давности можно встретить перевод выражения «system engineering» на русский язык как «системотехника» (см., например, [1]), однако затем с развитием информационных технологий (ИТ) появилось выражение «software engineering», которое в аналогичный перевод не вписывалось.

Примечание. В настоящее время появляются иные словосочетания с термином инженерия, например, социальная инженерия (social engineering), представляющая собой системный метод манипулирования мыслями и поступками людей, базирующийся на психологических особенностях личности и закономерностях человеческого мышления.

В руководстве по основам знаний в области программной инженерии ISO/IEC TR 19759:2016 (SWEBOOK - Software Engineering. Guide to the Software Engineering Body of Knowledge) инженерия определена как применение систематического, дисциплинарного, количественного подхода к структурам, машинам, продукции, системам или процессам. Согласно ISO/IEC/IEEE 15288 и ГОСТ Р 57193 «Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем» системная инженерия – это междисциплинарный подход, управляющий полным техническим и организаторским усилием для преобразования ряда потребностей заинтересованных сторон, ожиданий и ограничений в определенное системотехническое решение и его поддержание в течение всего жизненного цикла. По более детальному определению Института программной инженерии (Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University) системная инженерия – это избирательное приложение научно-технических усилий по:

преобразованию функциональных потребностей в описание системной конфигурации, которая наилучшим образом удовлетворяет этим потребностям по показателям эффективности;

объединению связанных технических параметров и обеспечению совместимости всех физических, функциональных и программно-технических интерфейсов способом, оптимизирующим в целом определение и проектирование всей системы;

объединению возможностей всех инженерных дисциплин и специальностей в единое системотехническое достижение.

Таким образом, системная инженерия представляет собой сосредоточение научно-технических усилий на том, как рациональным образом построить и эффективно эксплуатировать различные искусственно создаваемые системы. При этом под системой согласно ISO/IEC/IEEE 15288 и ГОСТ Р 57193 понимается комбинация взаимодействующих элементов, упорядоченная для достижения одной или нескольких поставленных целей.

На различных иерархических уровнях для руководителей министерств, ведомств, регионов, предприятий, владельцев собственности, заказчиков, разработчиков, пользователей всегда остро актуален вопрос о выгодности инвестиций и сбалансированности использования ресурсов и активов, обоснованности реальной безопасности и достижимости задаваемого качества проектируемых и эксплуатируемых систем, а также устойчивости их функционирования и развития. В настоящей работе речь идет о сложных системах, создаваемых человеком для любой области приложений: в интересах органов государственной власти и корпораций, энергетических, финансово-экономических, страховых и промышленных структур (в т.ч. для отдельных предприятий, строительных, нефтегазовых и транспортных комплексов, опасного производства), предприятий оборонно-промышленного комплекса, авиационно-космической отрасли, служб по чрезвычайным ситуациям, жилищно-коммунального хозяйства и пр.

Целью настоящей работы является выработка перспективных направлений развития системной инженерии, предусматривающих для своей реализации применение риск-ориентированного подхода в жизненном цикле сложных систем.

2 Анализ прогнозов применения системной инженерии

Несколько слов о ретроспективе. В качестве источников системной инженерии как научно-прикладной дисциплины Международный Совет по системной инженерии (INCOSE) рассматривает ракетные технологии и развитие железнодорожного транспорта, системы безопасности, телефонии, вооружений (1937-1956гг.), первые методологии системной инженерии и технологии обеспечения безопасности в авиакосмической промышленности, результаты моделирования городских систем в Массачусетском технологическом институте (1957-1980гг.), появление стандарта IEEE 1220 и, наконец, принятие первого в практике Международной организации по стандартизации стандарта по системной инженерии ISO/IEC 15288 «Системная инженерия – Процессы жизненного цикла систем» (2002г.). Здесь нелишне вспомнить о реальном вкладе наших отечественных специалистов в становление системной инженерии, в первую очередь, благодаря достижениям в области вооружения, в ракетостроении и освоении космоса. Это доказывает, что даже если техника и технологии уступают по своим характеристикам, то достижение существенных синергетических эффектов возможно за счет рационального использования в жизненном цикле систем методов системной инженерии. Уместно в связи с этим упомянуть, что при вступлении в Международную организацию по стандартизации в 1946г. взнос Советского Союза состоял из объектов интеллектуальной собственности в виде стандартов по системам качества, которые в последующем легли в основу стандартов серии ISO 9000.

Согласно прогнозам INCOSE в настоящее время методы системной инженерии применяют для информационных, энергетических, транспортных, аэрокосмических и оборонных систем, для производства средств электроники, автоматических и биомедицинских систем, для систем публичной политики. Вместе с тем, сегодня глобальные потребности в рациональном построении и эффективном применении различных систем

существенно опережают прогресс в области системной инженерии. Практическое применение во многом основано на эвристике и варьируется в зависимости от отраслей, организаций и типов систем. Теоретические основы системной инженерии находятся в стадии становления. Перекрестное внедрение в различных отраслях промышленности существующих методов системной инженерии идет медленно. Ключевой нерешенной проблемой системной инженерии остается слабая междисциплинарная интеграция научно-технических усилий, применимая на разных этапах жизненного цикла разнородных систем.

По прогнозу INCOSE до 2025г. глобальный контекст для системной инженерии будут определять:

растущие человеческие и социальные потребности (связанные с сохранением здоровья, обеспечением чистой водой и пропитанием, обеспечением доступности к информации, коммуникациям, образованию, мобильности и пр.);

появляющиеся социо-экономические вызовы (глобализация рынков, рост населения и урбанизация, взаимозависимость экономик, изменение рабочей среды, обеспечение безопасности личности и общества) и вызовы природной среды, такие как изменения климата, воспроизводимость ресурсов;

расширение применения системной инженерии в различных областях промышленности, а также для содействия в формировании политики, связанной с социальными и природными системами;

охват и изучение разнообразия подходов к разработке систем, необходимость развития теоретических основ системной инженерии, совершенствование инструментариев, моделей и методов решения сложных задач;

улучшение обучения в области системной инженерии для удовлетворения растущих потребностей практики.

Согласно ожиданиям INCOSE перспективная системная инженерия должна охватывать широкий спектр областей функционального применения систем, выходя далеко за сегодняшние рамки (в т.ч. захватывая поддержку политических решений), ориентироваться на системы будущего, становящиеся более разумными, самоорганизующимися, ресурсоэффективными и безопасными, устойчивыми в эксплуатации и реагирующими на постоянно растущий и разнообразный спектр общественных потребностей. Возможности системной инженерии должны будут обеспечивать всестороннюю интеграцию многочисленных рыночных, социальных и экологических требований заинтересованных сторон с учетом всего жизненного цикла систем и долгосрочных рисков. На системную инженерию будет возлагаться интегрирующая роль в поддержке взаимодействия и сотрудничества, охватывающего различные организационные и региональные границы, а также широкий спектр научно-технических дисциплин. Для этого перспективная системная инженерия должна поддерживаться междисциплинарной теоретической основой, методами и инструментариями исследований, основанными на моделях, позволяющих лучше понимать все более сложные системы и решения, принимаемые в условиях неопределенности. Системы будущего будут создаваться обученными высококвалифицированными специалистами с использованием эффективных инструментариев, реализующих прагматичные инновации для поддержания необходимой конкурентоспособности.

Примечание. Более подробно с прогнозами Международного Совета по системной инженерии (INCOSE) можно ознакомиться на сайте <https://www.incose.org/about-systems-engineering>

В России системная инженерия находится в стадии становления. Для детального описания этого состояния в полной мере применимы оценки Международного Совета по системной инженерии (INCOSE), изложенные выше для развитых стран Запада. Развитие системной инженерии сдерживается недостаточными междисциплинарными возможностями по упреждающей реакции в различного рода приложениях на актуальные вызовы и угрозы в информационной сфере, что не способствует реализации ее прорывного научного потенциала, необходимого для устойчивого развития конкурентоспособной России.

3 Предлагаемые приоритетные направления развития системной инженерии

3.1 Переосмысление роли и места системной инженерии. Общее

В информационном и техническом прогрессе РФ в настоящее время наблюдается серьёзный перекокс, обострившийся в последние годы из-за пандемийных ограничений, санкций Запада, технологического отставания РФ в области информационных технологий, климатических и иных изменений, ведущих к росту разнородных неопределенностей и угроз. С точки зрения системной инженерии различные виды угроз становятся все более взаимосвязанными. В итоге в России процесс создания и эксплуатации важных объектов, становящихся «умными» по мере их информатизации и цифровой трансформации, оказывается совмещенным с утратой согласованной подконтрольности отдельных элементов и систем. Это приводит к недооценке роста рисков в области обеспечения безопасности систем различного функционального назначения, а также к нерациональности в решении связанных с этим системных проблем. В свою очередь мировые тенденции развития современных разнородных систем 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 в жизненном цикле систем на основе **опережающего** научно обоснованного взгляда превентивно предпринимать эффективные упреждающие действия. Такая идея красной линией проходит через все западные концепции и последние стандарты системной инженерии. Но как грамотно реализовать риск-ориентированный подход (в последнее время появилось сходное выражение - «риск-

информированный подход») – остается за кадром. В мире еще нет универсального подхода к реализации этой идеи. Так, в международных стандартах лишь констатируется важность использования риск-ориентированного подхода, подробно излагаются экспертные методы с субъективными оценками (во многих случаях уводящих в сторону от более сложной объективной реальности), перечисляются теоретические и методические подходы, которые могут быть применены – см., например, ГОСТ Р ИСО 11231 «Менеджмент риска. Вероятностная оценка риска на примере космических систем», ГОСТ Р ИСО 13381-1 «Контроль состояния и диагностика машин. Прогнозирование технического состояния. Часть 1. Общее руководство», ГОСТ Р ИСО/МЭК 16085 «Менеджмент риска. Применение в процессах жизненного цикла систем и программного обеспечения», ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005 «Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Менеджмент риска информационной безопасности», ГОСТ Р ИСО 31000 «Менеджмент риска. Принципы и руководство», ГОСТ Р 51901.1 «Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем», ГОСТ Р 51901.7/ISO/TR 31004:2013 «Менеджмент риска. Руководство по внедрению ИСО 31000», ГОСТ Р 54124 «Безопасность машин и оборудования. Оценка риска», ГОСТ Р 54145 «Менеджмент рисков. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Общая методология», ГОСТ Р 57272.1 «Менеджмент риска применения новых технологий. Часть 1. Общие требования», ГОСТ Р 58045 «Авиационная техника. Менеджмент риска при обеспечении качества на стадиях жизненного цикла. Методы оценки и критерии приемлемости риска», ГОСТ Р 58771 «Менеджмент риска. Технологии оценки риска» и др. Некоторым методическим исключением являются практические методы оценки надежности, разработанные более 20 лет назад – см., например, ГОСТ Р 51901.5 (МЭК 60300-3-1:2003) «Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надежности», ГОСТ Р 51901.16 (МЭК 61164:2004) «Менеджмент риска. Повышение надежности. Статистические критерии и методы оценки» и др.

В итоге существующий порядок использования подходов системной инженерии может быть охарактеризован как применение в жизненном цикле конкретных систем выбираемых необходимых стандартных процессов системной инженерии. В настоящей работе рассматриваются стандартные процессы согласно ГОСТ Р 57193-2016 (ISO/IEC/IEEE 15288, NEQ) «Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем». К стандартным отнесены следующие 30 системных процессов, охватывающие системы различного функционального назначения:

- процессы соглашения (2 процесса): приобретения и поставки продукции и услуг для системы;
- процессы организационного обеспечения проекта (6): управления инфраструктурой, управления моделью жизненного цикла системы, портфелем проектов, человеческими ресурсами, качеством, знаниями;
- процессы технического управления (8): планирования проекта, оценки и контроля проекта, управления решениями, управления рисками, управления конфигурацией, управления информацией, измерений и гарантии качества;
- технические процессы (14): 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.

Для конкретной системы с учетом ее специфики осуществляется детализация используемых процессов, включая формулировку цели процесса, перечисление выполняемых действий и выходных результатов. В итоге выполнения стандартных действий ожидается получение выходных результатов процессов, обеспечивающих достижение целей каждого процесса. Применяемые методы и технологии системной инженерии остаются за кадром, в т.ч. в рамках пяти частей руководства ISO/IEC TR 24748 по применению ISO/IEC/IEEE 15288 (к примеру см. ГОСТ Р 57102/ISO/IEC TR 24748-2 «Информационные технологии. Системная и программная инженерия. Управление жизненным циклом. Часть 2. Руководство по применению ИСО/МЭК 15288»). Т.е. самое главное – ответ на вопрос «Как достичь требуемых безопасности, качества, сбалансированных эффектов и устойчивых функционирования и развития системы?» - отдается на откуп заинтересованным лицам системы (заказчикам, разработчикам, пользователям, инвесторам и др.). Накопленный опыт в других областях не систематизируется. В итоге может сложиться обманчивое впечатление, что достижение целей, обозначенных в этом вопросе, обеспечивается автоматически в результате выполнения стандартных процессов системной инженерии. Однако этого на практике не происходит – добросовестное выполнение стандартных действий в каждом из используемых процессов еще не гарантирует достижения требуемых уровней безопасности, качества, сбалансированных эффектов, устойчивого функционирования и развития систем. Необходимо понимать, что стандартные действия – это лишь рекомендации, сформированные на основе лучших практик. Достижение требуемых эффектов определяется с помощью необходимого научного обоснования.

Таким образом, нынешний взгляд – это чаще всего использование стандартов и существующих (реже - новых) подходов системной инженерии в рамках конкретной системы – см. рис. 1. Именно отсутствие понятных научных методов по прогнозированию и рациональному управлению рисками для приложений системной инженерии, обеспечивающих траекторию движения от идеи до достигаемых эффектов – это главный недостаток нынешнего взгляда на роль и место системной инженерии для обеспечения качества, безопасности, эффективности. Как следствие, развитие различных народнохозяйственных систем идет своим чередом, ожидая, какие достижения науки, техники и технологий, появляющиеся на рынке, могут оказаться для них полезными. Ожидаемые эффекты рассматриваются в контексте специфики конкретной системы. При таком сложившемся догматическом подходе получается, что развитие методов системной инженерии оказывается заведомо

стесненным приложениями конкретной системы. Налицо явное междисциплинарное противоречие между высокоуровневыми общесистемными потребностями в разных прикладных областях и инженерными возможностями, формирующимися внутри конкретной системы, т.е. на более низком мета-уровне. Это противоречие было подмечено еще 90 лет назад основоположником кибернетики Норбертом Винером: «Важные исследования задерживаются из-за того, что в той или иной области неизвестны результаты, уже давно ставшими классическими в смежной области» [19]. Системная инженерия, объединяя междисциплинарные научно-технические усилия, как раз и призвана разрешить это противоречие.

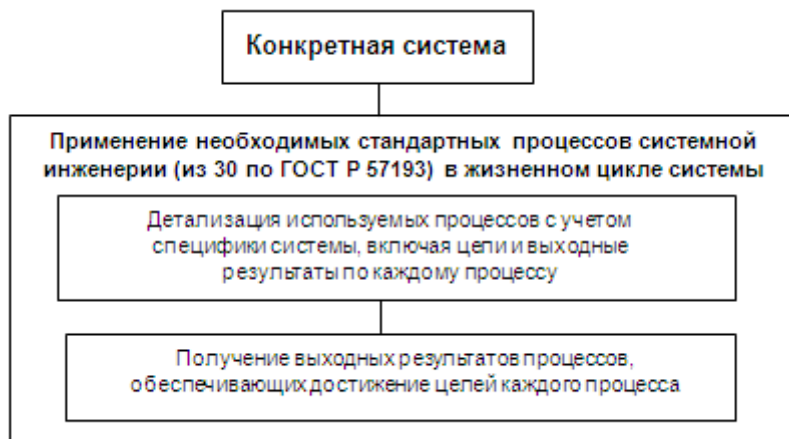


Рисунок 1 Нынешний взгляд – это использование стандартов и существующих подходов системной инженерии в рамках конкретной системы

В поиске прикладных научных методов риск-ориентированного подхода – все ведущие страны мира, а находки, которых не так много, обращаются в государственные, коммерческие или военные решения «ноу-хау», предопределяющие выгоды от их применения. Учитывая, что потенциальные ущербы и затраты на ликвидацию последствий критичных нарушений в эксплуатации важных объектов и систем в условиях разнородных угроз на порядок превышают затраты на превентивные меры, поиск эффективных решений с использованием методов системной инженерии является остро актуальным. В этой связи, предлагается кардинальное изменение нынешнего взгляда на роль и место системной инженерии, переходя к принципу «от общего знания – к частному применению» - см. рис. 2. Для перспективной системной инженерии это предлагаемое изменение заключается в сосредоточении научно-технических усилий на более высоком мета-уровне, позволяющем достаточно универсальным образом математически ставить и аналитически решать востребованные задачи рационального построения, эффективной эксплуатации и обеспечения безопасности сложных систем различного функционального назначения. Ключевыми словами являются «рациональность», «эффективность», «требуемые безопасность, качество, сбалансированные эффекты и устойчивость функционирования и развития», предполагающие широкое применение универсальных методических решений с использованием прогнозируемых рисков. Учитывая появление разносторонних универсальных моделей, методов и поддерживающих инструментариев (см., например [2-18]), определяющих аналитическое содержание и роль системной инженерии, предлагается, чтобы именно они с накопленными знаниями об их применении в разных прикладных областях выступали побуждающим стимулом совершенствования и помогали вырабатывать для конкретных систем целенаправленные шаги, ведущие к достижению научно обоснованных количественных требований в части безопасности, качества, сбалансированных эффектов и устойчивого функционирования и развития системы. Согласно появившимся аналитическим возможностям, допускающим и предполагающим их совершенствование и развитие, место перспективной системной инженерии определено как изначально диктующее целенаправленные приоритеты и направления (см. рис. 2) по отношению к существующим подходам, применяемым в рамках конкретной системы на уровне реализуемых процессов (см. рис. 1).

В предлагаемом модифицированном взгляде на роль и место системной инженерии первостепенное значение для любого рода систем всюду по жизненному циклу имеют:

- приоритетные направления развития существующей системной инженерии для эффективного применения прогнозируемых достижений науки, техники и технологий, освоение которых позволит получать научно обоснованный ответ на вопрос «Как достичь требуемых безопасности, качества, сбалансированных эффектов и устойчивых функционирования и развития системы?»;

- целенаправленные шаги, применимые к системе в целом, ее составным элементам или совокупности рассматриваемых систем или элементов при выполнении стандартных процессов (везде, где это уместно и применимо).

Системная инженерия как сосредоточение научно-технических усилий на том, как рациональным образом построить и эффективно эксплуатировать различные системы

Направления развития системной инженерии:

1 – сосредоточение научно-технических усилий на достижении целей обеспечения требуемых безопасности, качества, сбалансированных эффектов и устойчивого функционирования и развития сложных систем;

2 - предоставление возможностей прогнозирования и рационального управления рисками в стандартных процессах жизненного цикла систем, совершенствование и накопление статистики и знаний, выявление общих аналитических закономерностей;

3 – расширение на все сферы человеческой деятельности функциональных возможностей созданных моделей и методов системной инженерии, программных, технологических и методических решений по аналитическому прогнозированию и рациональному управлению рисками, межприкладное применение баз данных и баз знаний, выявленных общих аналитических закономерностей;

4 – трансформация существующего подхода к созданию и использованию моделей и методов системной инженерии, ориентированных на конкретную систему, в технологию искусственного интеллекта поддержки принятия логичных решений, подтверждаемых прогнозными исследованиями по достижению требуемых безопасности, качества, сбалансированных эффектов и устойчивого функционирования и развития систем

Целенаправленные шаги в жизненном цикле, применимые к системе, элементу, процессу:

1 - от прагматической фильтрации информации → к перспективным идеям и целенаправленным замыслам;

2 - от перспективных идей и целенаправленных замыслов → к формализации неопределенностей;

3 - от формализации неопределенностей → к познанию закономерностей и логичным решениям;

4 - от познания закономерностей и логичных решений → к рациональному управлению рисками;

5 - от рационального управления рисками → к достижению требуемых безопасности, качества, сбалансированных эффектов и устойчивого функционирования и развития

Конкретные системы в различных областях приложения, ориентированные на целенаправленное использование возможностей системной инженерии

Применение необходимых стандартных процессов системной инженерии в жизненном цикле системы

Применение в реализуемых процессах целенаправленных шагов и методов системной инженерии

Получение выходных результатов процессов с использованием обоснованных логичных решений, подтвержденных в жизненном цикле систем прогнозными исследованиями по достижению требуемых безопасности, качества, сбалансированных эффектов и устойчивого функционирования и развития, а также прослеживаемостью логичности от идеи до достигаемого эффекта

Рисунок 2 Место перспективной системной инженерии - как изначально диктующее цели, приоритеты и направления (т.е. «от общего знания – к частному применению»)

3.2 Пояснения к предлагаемым приоритетным направлениям развития системной инженерии

При создании и эксплуатации сложных систем предлагаются следующие приоритетные направления развития системной инженерии:

1-е направление: сосредоточение научно-технических усилий на достижении целей обеспечения требуемых безопасности, качества, сбалансированных эффектов и устойчивого функционирования и развития сложных систем;

2-е направление: предоставление возможностей прогнозирования и рационального управления рисками в стандартных процессах жизненного цикла систем, совершенствование и накопление статистики и знаний, выявление общих аналитических закономерностей;

3-е направление: расширение на все сферы человеческой деятельности функциональных возможностей созданных моделей и методов системной инженерии, программных, технологических и методических решений по аналитическому прогнозированию и рациональному управлению рисками, межприкладное применение баз данных и баз знаний, выявленных общих аналитических закономерностей;

4-е направление: трансформация существующего подхода к созданию и использованию моделей и методов системной инженерии, ориентированных на конкретную систему, в технологию искусственного интеллекта поддержки принятия логичных решений, подтверждаемых прогнозными исследованиями по достижению требуемых безопасности, качества, сбалансированных эффектов и устойчивого функционирования и развития систем и прослеживаемостью логичности от идеи до достигаемого эффекта.

Реализацию этих направлений предлагается осуществлять пошагово. Предлагаемые пять целенаправленных шагов (см. рис. 2) в той или иной мере пронизывают все описанные выше четыре приоритетные направления развития системной инженерии. С некоторыми вариациями они применимы в жизненном цикле любого рода систем, составных элементов или совокупности рассматриваемых систем или элементов при их построении и эксплуатации, в т.ч. при выполнении всех стандартных процессов соглашения, организационного обеспечения проекта, технического управления и технических процессов (подробный перечень процессов см. в ГОСТ Р 57193). Эти целенаправленные шаги представляет собой укрупненные вехи в жизненном цикле системы, в рамках процесса могут быть использованы один или несколько шагов (т.е. какие

необходимы). Эти вехи характеризуются получением выходных результатов стандартных процессов с использованием обоснованных логичных решений, подтвержденных прогнозными исследованиями по достижению требуемых безопасности, качества, сбалансированных эффектов и устойчивого функционирования и развития систем с обеспечением прослеживаемости логики принимаемых решений от идеи до достигаемого эффекта - см. рис. 2.

1-й шаг: от прагматической фильтрации информации → к перспективным идеям и целенаправленным замыслам. По сложившейся за десятилетия традиции в настоящее время лицо, принимающее решение (ЛПР), при формировании идей и замыслов, руководствуется в первую очередь своим опытом, знаниями и обладаемой информацией (получаемой из различных информационных систем и иных источников, в т.ч. через Интернет). Получаемая при формировании перспективных идей и целенаправленных замыслов информация должна не только иметь прямое или косвенное отношение к делу, но и обладать высоким качеством. Чтобы была возможность обеспечить требуемый уровень качества используемой информации, само качество должно быть объективно оцениваемым количественно. Интуитивно формируя идеи, которые кажутся правильными, ЛПР выбирает лишь ту информацию, которая подтверждает правильность своей идеи. Опровергающая информация сегодня чаще игнорируется, реже – приводит к изменению начальной идеи. И это не из-за того, что ЛПР пытается выбелить себя, а лишь из-за того, что за отведенное время при отсутствии или ограниченности состава и возможностей используемых моделей и методов системной инженерии трудно исследовать по единым критериям сразу несколько идей. Поэтому отбираются 2-3 идеи, а если идей десятки – сотни, то сравнить их эффективность при множестве учитываемых факторов под силу лишь искусственному интеллекту. По сути – это начальная стадия прагматической фильтрации информации. По мере совершенствования аналитических возможностей системной инженерии (включая развитие моделей и методов, технологий сбора и получения необходимой информации) ЛПР сможет исследовать перспективность полного множества возможных идей, в первую очередь по выбранным критериям безопасности, качества, сбалансированности эффектов и/или устойчивости функционирования и развития систем. Более того, любая количественно обоснованная перспективная идея может быть развита до уровня целенаправленного замысла для системы. В этом случае степень достижения сформулированных целей замысла может и должна быть оценена с использованием показателей прогнозируемых рисков или иных объективных показателей. По сути описанное выше – это укрупненное описание логики шага 1: от прагматической фильтрации информации → к перспективным идеям и целенаправленным замыслам.

2-й шаг: от перспективных идей и целенаправленных замыслов → к формализации неопределенностей. Формализация неопределенности предполагает построение вероятностных моделей. Предлагаемые модели к использованию модели должны базироваться 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 $\omega_k \rightarrow p_k = P(\omega_k)$ такое, что $p_k \geq 0$ и $\sum_k p_k = 1$. Правила построения и примеры формализации неопределенностей см., например, [1-10, 14-18].

3-й шаг: от формализации неопределенностей → к познанию закономерностей и логичным решениям. В формализации неопределенностей наивысшим достижением моделирования является построенное вероятностное пространство (Ω, B, P) , позволяющее вычислять вероятность нарушения целостности системы (например, безопасности или качества) за время t . Если время t распространить на всю временную ось, то речь идет о функции распределения (ФР) времени до нарушения целостности системы. На рис. 6 проиллюстрированы ограничения к допустимым рискам, экспоненциальная и некая более адекватная ФР времени между соседними нарушениями системной целостности с одинаковой частотой нарушений λ (на примере нарушения безопасности). Ориентируясь на простейшую аппроксимацию экспоненциальной ФР (с одним параметром), можно легко констатировать выполнение или невыполнение задаваемых требований к уровню допустимых рисков. Ниже «пограничной полосы» - требование выполнено, выше – не выполнено! И это – все извлекаемые знания... Из «плюсов» - лишь удобство сравнения. И все... Ориентируясь на более адекватную ФР (например – с помощью моделей [11-18]), если при ее создании для каждого критичного составного элемента задавались характеристики угроз и предпринимаемые меры противодействия угрозам, возможно извлечение следующих знаний:

- рассчитать реальную зависимость вероятности нарушения целостности системы и составных подсистем от характеристик разнородных угроз и предпринимаемых мер противодействия угрозам;
- оценить точность прогнозирования по сравнению с экспоненциальной аппроксимацией ФР;
- определить период эффективного функционирования, в течение которого нарушений не ожидается (по критерию непревышения допустимых рисков) – для определения упреждающих противодействий угрозам за время, не превосходящее данного периода;
- выделить зоны прогнозных периодов времени, когда возможны нарушения требований допустимого риска – для определения упреждающих противодействий угрозам или обоснованное уточнение риска для этих зон (в т.ч. избегание рисков или смягчение требований из-за неизбежного резкого возрастания рисков в пределах, признанных приемлемыми);

- сравнить периоды эффективного функционирования, в течение которого нарушений не ожидается (по критерию непревышения допустимых рисков) с соответствующими периодами при экспоненциальной аппроксимации ФР.

Построив более адекватную ФР, возможно обычными расчетными методами извлечь дополнительные знания [15-18]: рассчитать среднюю наработку на нарушение и, как обратную к ней величину - частоту нарушений целостности системы и составных подсистем в условиях задаваемых разнородных угроз и предпринимаемых мер противодействия угрозам, а также сравнить среднюю наработку на нарушение целостности или частоту нарушений целостности системы (и подсистем) со средней наработкой или частотой нарушений целостности при экспоненциальной аппроксимации ФР.

Именно построение и оперирование более адекватной ФР позволяет выявить и познать какие-либо закономерности в ожидаемом поведении систем и выработать логичные решения.

4-й шаг: от познания закономерностей и логичных решений → к рациональному управлению рисками.

Познание закономерностей и логичных решений позволяет перейти к рациональному управлению рисками. Ключевое слово «рациональность» предполагает использование оптимизирующих критериев принятия тех или иных решений при использовании риск-ориентированного подхода. 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. Для расчетов могут быть использованы модели, поддерживаемые инструментально-моделирующими комплексами, описанными в [3, 4, 8-13].

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 системы и отдельных ее подсистем и элементов;

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

Описанные выше подходы в той или иной мере регламентированы на уровне стандартов ГОСТ 22.2.04 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные аварии и катастрофы. Метрологическое обеспечение контроля состояния сложных технических систем. Основные положения и правила», ГОСТ Р ИСО 13381-1 «Контроль состояния и диагностика машин. Прогнозирование технического состояния. Часть 1. Общее руководство», ГОСТ Р 51901.1 «Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем», ГОСТ Р 54877 «Менеджмент знаний. Руководство для персонала при работе со знаниями. Измерение знаний», ГОСТ Р 57193 «Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем», ГОСТ Р 57272.1 «Менеджмент риска применения новых технологий. Часть 1. Общие требования», ГОСТ Р МЭК 61069 «Измерение, управление и автоматизация промышленного процесса. Определение свойств системы с целью ее оценки (часть 2 - Методология оценки, часть 7 - Оценка безопасности системы)» и др. Более подробно методы описаны в национальном стандарте ГОСТ Р 58494-2019 «Оборудование горно-шахтное. Многофункциональные системы безопасности угольных шахт. Система дистанционного контроля опасных производственных объектов». Эти же идеи заложены и реализованы в стандартах системной инженерии ГОСТ Р 59329 – ГОСТ Р 59357-2021, посвященных решению задач защиты информации в типовых процессах жизненного цикла систем. Их применение нацелено:

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

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

определение сбалансированных мер обеспечения безопасности при средне- и долгосрочном планировании; обоснование предложений по совершенствованию и развитию многофункциональных систем безопасности по результатам системного анализа информации мониторинга.

5-й шаг: от рационального управления рисками → к достижению требуемых безопасности, качества, сбалансированных эффектов и устойчивого функционирования и развития. 5-й шаг означает, что рациональное управление рисками должно привести к достижению прагматических целей, в той или иной степени связанных с достижением требуемых безопасности, качества, сбалансированных эффектов и устойчивого функционирования и развития системы - примеры см. в [15-18].

4 Какие практические задачи могут быть охвачены?

Предлагаемые перспективные направления развития системной инженерии в полной мере могут быть связаны с обеспечением национальных интересов Российской Федерации и эффективной реализации стратегических национальных приоритетов согласно «Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» - см. рис. 3 (в рисунках 3-6 нумерация соответствует нумерации в «Стратегии...»).

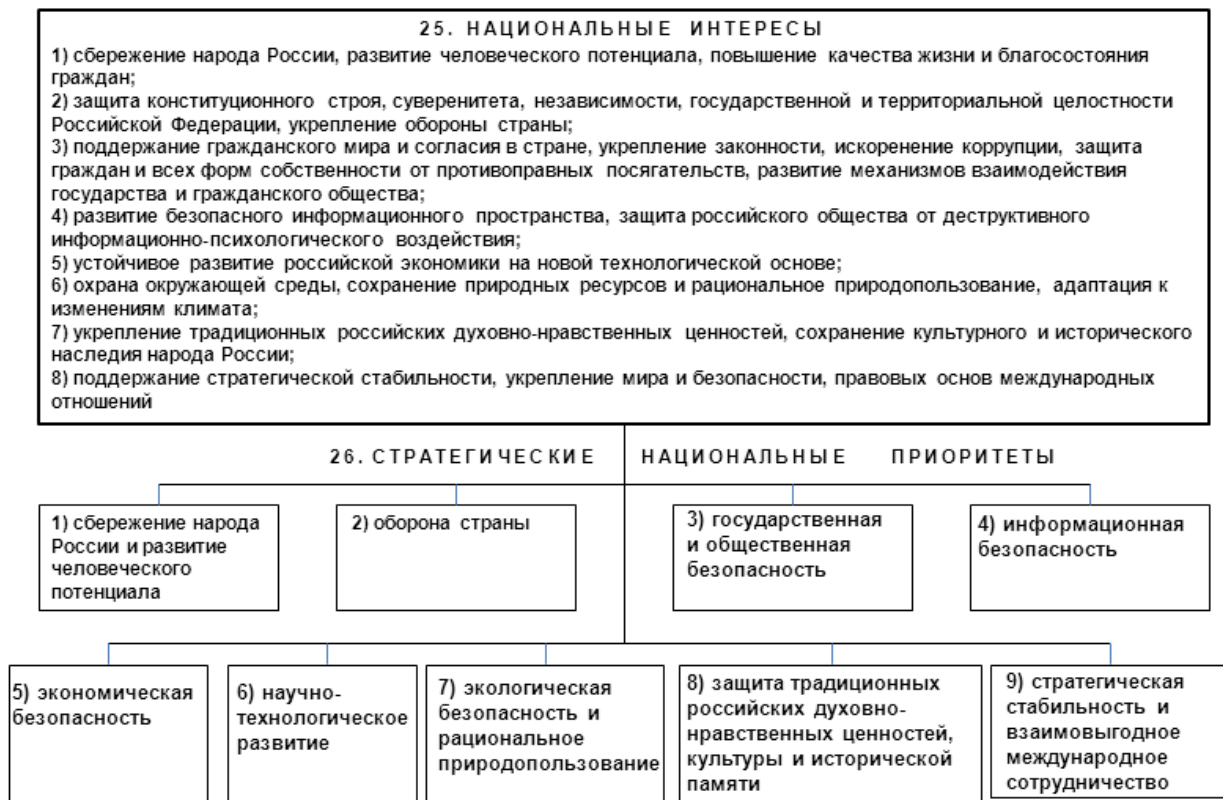


Рис. 3 Структурирование стратегии национальной безопасности РФ до уровня национальных интересов и стратегических национальных приоритетов

Например, согласно этой «Стратегии...» перспективные направления развития системной инженерии в интересах эффективной реализации стратегического национального приоритета, связанного с обеспечением информационной безопасности, могут охватывать задачи, приведенные на рис. 4. Для национального интереса в сфере экономической безопасности охватываются задачи, приведенные на рис. 5, а для национального приоритета, связанного с научно-технологическим развитием России, могут быть охвачены задачи, приведенные на рис. 6.

СТРАТЕГИЧЕСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПРИОРИТЕТ

26.4) информационная безопасность

Цель: укрепление суверенитета Российской Федерации в информационном пространстве

57. ЗАДАЧИ, ПОДЛЕЖАЩИЕ РЕШЕНИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ

- 1) повышение защищенности информационной инфраструктуры Российской Федерации и устойчивости ее функционирования;
- 2) развитие системы прогнозирования, выявления и предупреждения угроз информационной безопасности Российской Федерации, определения их источников, оперативной ликвидации последствий реализации таких угроз;
- 3) предотвращение деструктивного информационно-технического воздействия на российские информационные ресурсы, включая объекты критической информационной инфраструктуры Российской Федерации;
- 4) создание условий для эффективного предупреждения, выявления и пресечения преступлений и иных правонарушений, совершаемых с использованием информационно-коммуникационных технологий;
- 5) повышение защищенности и устойчивости функционирования единой сети электросвязи Российской Федерации, российского сегмента сети "Интернет", иных значимых объектов информационно-коммуникационной инфраструктуры;
- 6) снижение до минимально возможного уровня количества утечек информации ограниченного доступа и персональных данных, а также уменьшение количества нарушений установленных российским законодательством требований по защите такой информации и персональных данных;
- 7) предотвращение и (или) минимизация ущерба национальной безопасности, связанного с осуществлением иностранными государствами технической разведки;
- 10) развитие сил и средств информационного противоборства;
- 12) совершенствование средств и методов обеспечения информационной безопасности на основе применения передовых технологий, включая технологии искусственного интеллекта и квантовые вычисления

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ

- 1 – сосредоточение научно-технических усилий на достижении целей обеспечения требуемых безопасности, качества, сбалансированных эффектов и устойчивого функционирования и развития сложных систем в информационном пространстве;
- 2 - предоставление возможностей прогнозирования и рационального управления рисками в стандартных процессах жизненного цикла систем, совершенствование и накопление статистики и знаний, выявление общих аналитических закономерностей в интересах информационной безопасности;
- 3 – расширение на все решаемые задачи функциональных возможностей созданных моделей и методов системной инженерии, программных, технологических и методических решений по аналитическому прогнозированию и рациональному управлению рисками, межприкладное применение баз данных и баз знаний, выявленных общих аналитических закономерностей в интересах информационной безопасности;
- 4 – трансформация существующего подхода к созданию и использованию моделей и методов системной инженерии, ориентированных на конкретную систему, в технологию искусственного интеллекта поддержки принятия логичных решений, подтверждаемых прогнозными исследованиями по достижению требуемых безопасности, качества, сбалансированных эффектов и устойчивого функционирования и развития систем в информационном пространстве

Рис. 4 Направления развития системной инженерии в интересах обеспечения информационной безопасности

СТРАТЕГИЧЕСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПРИОРИТЕТ

26.5) экономическая безопасность
 Цели: укрепление экономического суверенитета страны, повышение конкурентоспособности российской экономики и ее устойчивости к воздействию внешних и внутренних угроз, создание условий для экономического роста Российской Федерации, темпы которого будут выше мировых

67. ЗАДАЧИ, ПОДЛЕЖАЩИЕ РЕШЕНИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ

- 2) сохранение макроэкономической устойчивости, обеспечение сбалансированности бюджетной системы;
- 5) обеспечение устойчивого развития реального сектора экономики, создание высокотехнологичных производств, новых отраслей экономики, рынков товаров и услуг на основе перспективных высоких технологий;
- 6) повышение производительности труда путем модернизации промышленных предприятий и инфраструктуры, цифровизации, использования технологий искусственного интеллекта, создания высокотехнологичных рабочих мест;
- 8) укрепление достигнутых Российской Федерацией лидирующих позиций и конкурентных преимуществ в авиационной, судостроительной, ракетно-космической промышленности, двигателестроении, атомном энергопромышленном комплексе, а также в сфере информационно-коммуникационных технологий;
- 15) обеспечение энергетической безопасности Российской Федерации, в том числе обеспечение устойчивого тепло- и энергоснабжения населения и субъектов национальной экономики, повышение энергетической эффективности экономики и эффективности государственного управления в сфере топливно-энергетического комплекса;
- 19) развитие рыночной, энергетической, инженерной, инновационной и социальной инфраструктур;
- 20) обеспечение развития эффективной транспортной инфраструктуры и транспортной связанности страны;
- 23) повышение эффективности государственной макроэкономической политики путем развития системы стратегического планирования, внедрения риск-ориентированного подхода с учетом потенциальных внешних и внутренних вызовов и угроз экономической безопасности Российской Федерации;
- 24) совершенствование системы государственного контроля (надзора) в сфере экономической деятельности;
- 32) повышение эффективности использования бюджетных средств и управления принадлежащими государству активами

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ

- 1 – сосредоточение научно-технических усилий на достижении целей обеспечения требуемых безопасности, качества, сбалансированных эффектов и устойчивого функционирования и развития сложных систем в сфере экономики;
- 2 - предоставление возможностей прогнозирования и рационального управления рисками в стандартных процессах жизненного цикла систем, совершенствование и накопление статистики и знаний, выявление общих аналитических закономерностей в сфере экономики;
- 3 – расширение на все решаемые задачи функциональных возможностей созданных моделей и методов системной инженерии, программных, технологических и методических решений по аналитическому прогнозированию и рациональному управлению рисками, межприкладное применение баз данных и баз знаний, выявленных общих аналитических закономерностей в сфере экономики;
- 4 – трансформация существующего подхода к созданию и использованию моделей и методов системной инженерии, ориентированных на конкретную систему, в технологию искусственного интеллекта поддержки принятия логичных решений, подтверждаемых прогнозными исследованиями по достижению требуемых безопасности, качества, сбалансированных эффектов и устойчивого функционирования и развития систем в сфере экономики

Рис. 5 Направления развития системной инженерии в интересах обеспечения экономической безопасности

СТРАТЕГИЧЕСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПРИОРИТЕТ

<p>26.6) научно-технологическое развитие Цель: обеспечение технологической независимости и конкурентоспособности страны, достижения национальных целей развития и реализации стратегических национальных приоритетов</p>	
<p>76. ЗАДАЧИ, ПОДЛЕЖАЩИЕ РЕШЕНИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ</p>	
<p>1) выработка и реализация на федеральном, региональном, отраслевом и корпоративном уровнях согласованной политики, обеспечивающей переход российской экономики на новую технологическую основу;</p> <p>3) создание единой государственной системы управления научной, научно-технической и инновационной деятельностью;</p> <p>5) ускоренное внедрение в промышленное производство результатов научных исследований для обеспечения полного научно-производственного цикла в соответствии с приоритетами социально-экономического, научного и научно-технологического развития Российской Федерации;</p> <p>6) совершенствование системы фундаментальных научных исследований как важнейшей составляющей устойчивого развития Российской Федерации;</p> <p>7) модернизация и развитие научной, научно-технической и инновационной инфраструктуры;</p> <p>9) создание и развитие на территории Российской Федерации сети научных установок класса "мегасайенс", крупных исследовательских инфраструктур, центров коллективного пользования научно-технологическим оборудованием, экспериментального производства и инжиниринга;</p> <p>12) создание национальной системы оценки результативности научной, научно-технической и инновационной деятельности;</p> <p>14) развитие перспективных высоких технологий (нанотехнологии, робототехника, медицинские, биологические, геномной инженерии, информационно-коммуникационные, квантовые, искусственного интеллекта, обработки больших данных, энергетические, лазерные, аддитивные, создания новых материалов, когнитивные, природоподобные технологии), суперкомпьютерных систем;</p> <p>15) развитие междисциплинарных исследований;</p> <p>17) проведение научных и научно-технических исследований в интересах обороны страны и безопасности государства;</p> <p>18) активизация научных исследований в области обеспечения биологической, радиационной и химической безопасности Российской Федерации;</p> <p>19) обеспечение передачи знаний и технологий между оборонным и гражданским секторами экономики;</p> <p>23) подготовка научных и научно-педагогических кадров, высококвалифицированных специалистов по приоритетным направлениям научно-технологического развития Российской Федерации</p>	
<p style="text-align: center;">НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ</p>	
<p>1 – сосредоточение научно-технических усилий на достижении целей обеспечения требуемых безопасности, качества, сбалансированных эффектов и устойчивого функционирования и развития систем в научно-технологической сфере;</p> <p>2 - предоставление возможностей прогнозирования и рационального управления рисками в стандартных процессах жизненного цикла систем, совершенствование и накопление статистики и знаний, выявление общих аналитических закономерностей в научно-технологической сфере;</p> <p>3 – расширение на все сферы человеческой деятельности функциональных возможностей созданных моделей и методов системной инженерии, программных, технологических и методических решений по аналитическому прогнозированию и рациональному управлению рисками, межприкладное применение баз данных и баз знаний, выявленных общих аналитических закономерностей в научно-технологической сфере;</p> <p>4 – трансформация существующего подхода к созданию и использованию моделей и методов системной инженерии, ориентированных на конкретную систему, в технологию искусственного интеллекта поддержки принятия логичных решений, подтверждаемых прогнозными исследованиями по достижению требуемых безопасности, качества, сбалансированных эффектов и устойчивого функционирования и развития систем в научно-технологической сфере</p>	

Рис. 6 Направления развития системной инженерии в интересах научно-технологического развития

5 Когда переходить «от общего знания – к частному применению»?

Уже сейчас возможно начинать осуществлять переход к принципу «от общего знания – к частному применению», не дожидаясь полной реализации на государственном уровне всех четырех направлений развития системной инженерии. Основанием для такого вывода служит накопление начального объема знаний и создание национальных стандартов по системной инженерии, включивших в себя разносторонние универсальные модели и методы, определяющие аналитическое содержание и роль перспективной системной инженерии для разных прикладных областей. Использование необходимых стандартных процессов в жизненном цикле системы (а в рамках каждого из реализуемых процессов - целенаправленных шагов и методов системной инженерии) позволят получать выходные результаты процессов с использованием обоснованных логичных решений, подтвержденных в жизненном цикле систем прогнозными исследованиями по достижению требуемых безопасности, качества, сбалансированных эффектов и устойчивого функционирования и развития. Результаты будут одинаково понимаемыми на уровне вероятностных прогнозов рисков, идентично интерпретируемыми и сравнимыми для обеспечения качества, безопасности и эффективности различного рода систем. Прослеживаемость эффективности научно-технических системных усилий от замыслов до получаемых итоговых результатов также будет обеспечена.

Взаимосвязь предлагаемых приоритетных направлений развития системной инженерии, предусматривающих для своей реализации применение риск-ориентированного подхода при выполнении стандартных процессов в жизненном цикле сложных систем, отражена на рис. 7.

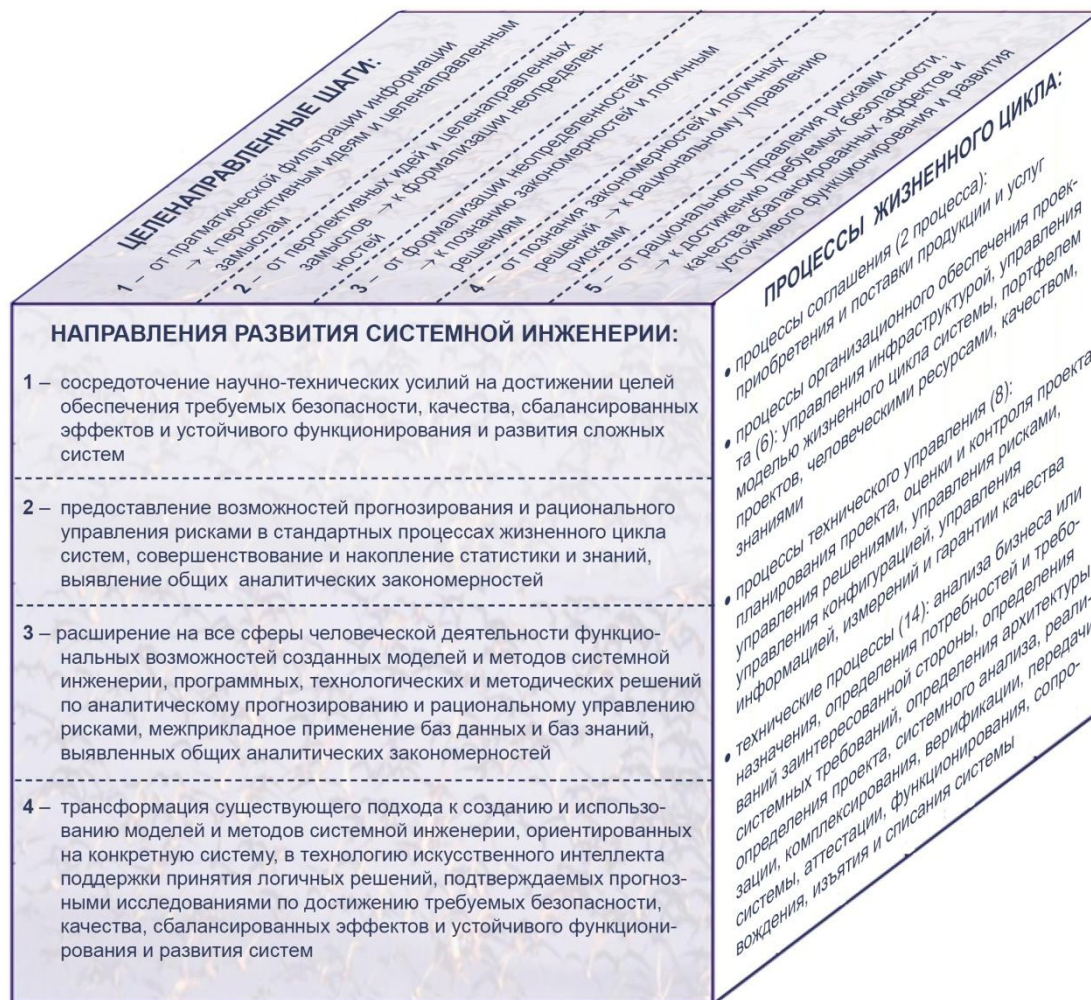


Рисунок 7 Взаимосвязь предлагаемых приоритетных направлений развития системной инженерии, предусматривающих применение риск-ориентированного подхода при выполнении стандартных процессов

Практические примеры приведены в [1-18].

Вместо заключения

Для обеспечения качества, безопасности и эффективности систем предложено пересмотреть и модифицировать сложившиеся научно-технические взгляды на роль и место системной инженерии в России. Учитывая появление разносторонних технологий, универсальных моделей и методов, определяющих аналитическое содержание и роль системной инженерии, предложено, чтобы именно они с накопленными знаниями их применения в разных прикладных областях выступали побуждающим стимулом совершенствования и помогали вырабатывать для конкретных систем целенаправленные шаги, ведущие к достижению научно обоснованных количественных требований в части безопасности, качества, сбалансированных эффектов и устойчивого функционирования и развития системы. Согласно появившимся аналитическим возможностям, допускающим и предполагающим их совершенствование и развитие, место перспективной системной инженерии определено как изначально диктующее целенаправленные приоритеты и направления по отношению к существующим подходам, применяемым в рамках конкретной системы на уровне реализуемых процессов. В предлагаемом модифицированном взгляде на роль и место системной инженерии в качестве первостепенных для любого рода систем всюду по жизненному циклу определены и детализированы:

- направления развития существующей системной инженерии для эффективной реализации стратегических национальных приоритетов, освоение которых при решении практических задач позволит получать научно обоснованный ответ на вопрос «Как достичь требуемых безопасности, качества, сбалансированных эффектов и устойчивых функционирования и развития системы?»;

- целенаправленные шаги, применимые к системе в целом, ее составным элементам или совокупности рассматриваемых систем или элементов при выполнении стандартных процессов (везде, где это уместно и применимо).

Безотлагательное использование необходимых стандартных процессов в жизненном цикле системы (а в рамках каждого из реализуемых процессов – предложенных целенаправленных шагов и методов системной

инженерии, зафиксированных на уровне национальных стандартов в части защиты информации - см., например, ГОСТ Р 59329 – ГОСТ Р 59357-2021) позволят получать выходные результаты процессов с использованием обоснованных логичных решений, подтвержденных в жизненном цикле систем прогнозными исследованиями по достижению требуемых безопасности, качества, сбалансированных эффектов и устойчивого функционирования и развития. Результаты будут одинаково понимаемыми на уровне вероятностных прогнозов рисков, идентично интерпретируемыми и сравнимыми для различного рода систем. Прослеживаемость эффективности научно-технических системных усилий от замыслов до получаемых итоговых результатов будет обеспечена.

Литература

- [1] Костогрызов А.И., Петухов А.В., Щербина А.М. «Основы оценки, обеспечения и повышения качества выходной информации в АСУ организационного типа». М.: Изд. «Вооружение, политика и конверсия», 1994.-278с.
- [2] Костогрызов А.И., Липаев В.В. Сертификация функционирования автоматизированных информационных систем. М.: Изд. «Вооружение. Политика. Конверсия», 1996.- 280 с.
- [3] 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.
- [4] Безкорвайный М.М., Костогрызов А.И., Львов В.М. Инструментально-моделирующий комплекс для оценки качества функционирования информационных систем КОК. 150 задач анализа и синтеза и примеров их решения. М.: Изд. «Вооружение. Политика. Конверсия», 2002.- 304 с.
- [5] 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.
- [6] Костогрызов А.И., Степанов П.В. Инновационное управление качеством и рисками в жизненном цикле систем – М.: Изд. "Вооружение, политика, конверсия", 2008. – 404с.
- [7] 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
- [8] 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>
- [9] 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](https://doi.org/10.4236/ajor.2013.31A021), American Journal of Operations Research, 2013, 3, p.217-244, <http://www.scirp.org/journal/ajor/>
- [10] Акимов В.А.,..., Махутов Н.А. 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.
- [11] Моделирование процессов в жизненном цикле систем "Моделирование процессов" - "ноу-хау" // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2004610858
- [12] Комплекс для анализа и управления качеством и рисками при создании и эксплуатации автоматизированных систем // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2006610219
- [13] Программно-вычислительный комплекс оценки качества производственных процессов // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2010614145.
- [14] Абросимов Н.В.,..., Махутов Н.А. 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.
- [15] 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
- [16] Probabilistic modeling in system engineering. InTechOpen, 2018, 279p. <http://www.intechopen.com/books/probabilistic-modeling-in-system-engineering>
- [17] A. Kostogryzov and V. Korolev, Probabilistic Methods for Cognitive Solving of Some Problems in Artificial Intelligence Systems. Probability, Combinatorics and Control, InTechOpen. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.89168>
- [18] Костогрызов А.И., Нистратов А.А. Подходы к прогностической обработке данных в системах искусственного интеллекта. Часть 1. О возможностях вероятностных методов, 2021, №4, 2021, №4. Часть 2. Достижение практических эффектов. ИТ-стандарт, 2022, №1
- [19] Винер Н. Кибернетика или Управление и связь в животном и машине. Изд.2-е. М.: Сов.радио, 1968. - 326с.