

## ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора, директора Научно-исследовательский центр технологий контроля качества ракетно-космической техники (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики) на диссертационную работу Гейды Александра Сергеевича, представленную на соискание ученой степени доктора технических наук, на тему **«Основы теории потенциала сложных технических систем и её приложения к принятию проектных решений»** по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации»

### **Актуальность избранной темы диссертации**

Современные технические и организационно-технические системы, особенно те из них, которые функционируют в условиях быстро изменяющейся, конкурентной среды, характеризуются неуклонно нарастающими темпами своего изменения. Такая среда и такие темпы изменения особенно характерны для современных сложных систем оборонно-промышленного комплекса (ОПК), для аэрокосмической, ракетной и ядерной отраслей. Изменения указанных систем вызываются, прежде всего, регулярно изменяющимися условиями и другими воздействиями среды, проявляющимися в виде изменений, как правило, случайных, отношений систем со средой, в том числе — с конкурентными и даже враждебными отношениями со средой.

Такие изменения могут вести затем к необходимости целенаправленно менять системы и их функционирование для того, чтобы перейти к новому функционированию, результаты которого лучше соответствуют изменившимся условиям. Такие изменения могут, в результате, приводить к изменению целей функционирования, к реализации модернизации систем (например, модернизации производственной базы предприятий) и к совершенствованию процессов функционирования систем (например, в виде совершенствования бизнес-процессов предприятий).

Тенденции к регулярным изменениям особенно усиливаются в связи с цифровой трансформацией современных систем, поскольку такая трансформация имеет целью ускорение изменений разных видов и создание новых возможностей совершенствования, ускорения темпов совершенствования.

При этом особенности таких изменений, особенности развития систем, всё ещё недостаточно хорошо описаны как на концептуальном, так и на формальном уровнях. Как результат, всё ещё недостаточно хорошо развиты теоретические средства исследования целенаправленных изменений систем разных видов. Например, недостаточно развиты теоретические средства исследования целенаправленных изменений, прогнозирования результатов обновления, модернизации производственной и испытательной базы современных систем оборонно-промышленного комплекса (ОПК), результатов цифровизации сложных систем ОПК.

При этом, следует согласиться с утверждением соискателя о том, что многие современные актуальные практические задачи в области совершенствования предприятий, организаций, стратегического планирования, развития предприятий и организаций, применения новых информационных технологий, задачи обеспечения безопасности государства и общества требуют для своего решения исследования функционирования сложных систем в изменяющихся условиях.

Решение указанных задач должно позволить повысить качество функционирования систем в изменяющихся условиях за счёт достижения лучшего соответствия исследуемых сложных систем и результатов их использования таким, изменяющимся условиям.

Однако, как следует из практики, при исследовании функционирования современных сложных технических систем в изменяющихся условиях не всегда строятся



прогнозные, аналитические, математические модели изменений и реакции на них, не описываются причинно-следственные связи между наблюдаемыми состояниями среды, системы, изменениями целей, требований и последующими целенаправленными функционированиями системы в результате изменений.

При этом для современного этапа развития предприятий, особенно предприятий ОПК, характерно ускорение и усложнение цепочек изменений, в частности — в связи с усилением геополитического противостояния, геополитической и экономической конкуренцией, с цифровой трансформацией предприятий. В результате, как и обосновал диссертант, описание возможных результатов функционирования систем в изменяющихся условиях, особенно при сложных последовательностях случайных изменений становится всё более актуальным. Такое описание направлено на последующее научное обоснование рационального обновления, модернизации и совершенствования систем, функционирующих в изменяющихся условиях.

Такое совершенствование следует реализовывать, используя показатели свойств систем, характеризующих комплексы возможных результатов функционирования в изменяющихся условиях.

В числе таких свойств — свойство, потенциала системы, введённое автором диссертации на основе традиционного свойства эффективности функционирования системы для описания комплексов возможных результатов функционирования систем в изменяющихся условиях.

Диссертант ввёл допущение о проектном функционировании исследуемых систем, что ограничивает ряд моделируемых систем, однако — позволяет ограничить спектр требуемых для исследования моделей теми из них, которые описывают проекты, т. е. (как правило, стохастическими) сетями технологических операций разных видов. В то же время допущение о том, что в состав рассматриваемых систем, кроме технических подсистем, могут входить подсистемы других видов, в том числе коллективы людей, предписания, организационные указания по выполнению технологических операций, связанные различными видами отношений друг с другом и с техническими устройствами, в том числе с устройствами, оперирующими информацией — наоборот, существенно расширяет спектр возможных объектов исследования. Так, к таким объектам исследования могут быть отнесены технические, организационно-технические, социальные и социотехнические системы.

Исследование практики использования систем в изменяющихся условиях выполнено соискателем на примере предприятий ОПК, для которых весьма характерны быстро меняющиеся условия, воздействия среды на элементы ОПК. Выполнив анализ практики функционирования сложных технических систем (СТС) ОПК, соискатель показал, что имеющаяся практика использования СТС ОПК характеризуется значительным числом недостатков, проявляющихся в виде несоответствий наблюдаемых результатов использования систем требованиям к результатам использования. При этом было показано, что значительное число этих недостатков проявляется в результате изменяющихся условий и других воздействий среды на элементы СТС ОПК.

Соискатель обосновал, что классифицированные и проанализированные им недостатки следует исследовать и устранять, как несоответствия характеристик рассматриваемых им СТС ОПК регулярно меняющимся требованиям со стороны быстро изменяющейся среды, а также вызванные другими возможными воздействиями среды на элементы СТС ОК.

Следует согласиться с соискателем в том, что имеющиеся в настоящее время концептуальные и строящиеся на их основе формальные, математические модели, описывающие свойства СТС, функционирующих в условиях регулярных изменений



требований и в условиях других воздействий среды СТС на их элементы, пока ещё недостаточно развиты. Это проявляется в том, что существующие модели не приспособлены для того, чтобы описывать множество возможных будущих результатов функционирования в зависимости от изменяющихся комплексов возможных условий, от изменения целей, а также от характеристик систем и их функционирования.

В существующих математических моделях, как правило, не учитываются переходные технологические операции, другие технологические операции, особенно – информационного характера, которые необходимы для функционирования СТС в регулярно изменяющихся условиях.

Отсутствие такого рода моделей связано, в том числе, с недостаточно конструктивным концептуальным описанием свойств систем, систем, функционирующих в регулярно изменяющихся условиях. В результате отсутствия такого конструктивного концептуального описания оказывается весьма сложно описать необходимые математические зависимости характеристик свойств систем, функционирующих в регулярно изменяющихся условиях — от характеристик систем и характеристик их функционирования, влияющих на проявления указанных свойств.

Для преодоления отмеченного несоответствия в диссертационной работе соискателем предложено новое свойство СТС – её потенциал. Он определён соискателем, как комплексное операционное свойство, характеризующее приспособленность (то есть пригодность, соответствие условиям) СТС к достижению изменяющейся (то есть действительной и одной из возможных, будущих) цели. Потенциал СТС введён так, что его характеристики зависят от характеристик «целевых» и «переходных» функционирований СТС. Следует отметить важнейший аспект, описанный соискателем в работе и состоящий в том, что потенциал СТС существенно зависит и от выполняемых информационных технологических операций, а именно от операций по проверке состояний СТС и среды, операций по выработке предписаний по выполнению технологических операций и операций по доведению предписаний исполнителям, а затем и по выполнению, контролю исполнения предписаний.

Весьма важно то, что предложенные диссертантом концептуальные модели разработаны таким образом, что они позволяют достаточно просто перейти к формальным моделям, позволяющим, в свою очередь, оценивать и прогнозировать значения показателя потенциала аналитически, в зависимости от переменных характеристик, описывающих систему и возможные технологические операции, в том числе информационные, а также в зависимости от параметров, в том числе – характеризующих возможные изменения среды.

Соискатель характеризует потенциал системы в отношении с понятием качества, как ту сторону качества СТС, которая описывает приспособленность СТС к получению практических результатов использования СТС в изменяющихся условиях, с учётом выполняемых информационных операций. Действительно, эта сторона качества СТС должным образом не описывалась ранее аналитически и даже не выделялась при решении задач совершенствования СТС в изменяющихся условиях, особенно с учётом реализации информационных операций.

Автор диссертации для того, чтобы систематизировать решение задач совершенствования СТС в изменяющихся условиях предложил взаимосвязанный комплекс средств в виде концепции решения задач оценивания, анализа потенциала, методов построения концептуальной модели, а затем методов перехода от концептуальных моделей к теоретико-графовым, функциональным и затем программным моделям. В результате, на основе концепции решения указанных задач были предложены основы методологии оценивания, анализа потенциала СТС и обоснования характеристик СТС, обладающей требуемым потенциалом.



Следует согласиться с соискателем в том, что предложенный в диссертации взаимосвязанный комплекс частей концепции и методологии следует рассматривать, как основы теории потенциала СТС. Соискатель проиллюстрировал разработанные основы теории простым примером исследования системы, используемой в изменяющихся условиях. В примере функционирование описывается динамическими последовательностями сетей технологических операций. Такие сети целенаправленно меняются в разные моменты времени на другие сети операций, в зависимости от изменяющихся условий. При этом, в заданную моделью информационной операции моменты времени условия задаются стохастической сетью действий среды и полученными на ее основе моделями состояний среды в этот момент, а состояния системы в тот же момент определяются на основе сетевого графика функционирования системы и моделей состояний рабочих мест при выполнении тех или иных технологических операций.

Необходимо согласиться с суждением соискателя о том, что новые требования практиков к созданию СТС, обладающей требуемым потенциалом, с учётом возможных изменений воздействий среды, не могут быть удовлетворены с помощью существующих теоретических средств исследования сложных систем, в рамках которых не вскрываются связи между характеристиками систем, среды, характеристиками информационных и последующих за ними переходных, а затем «целевых» действий – с одной стороны, и характеристиками потенциала систем – с другой стороны.

На основании изложенного следует сделать вывод о том, что диссертационная работа Гейды А.С., посвященная решению проблемы создания отсутствующих теоретических средств для решения задач оценивания, анализа потенциала СТС и обоснования характеристик СТС, обладающих требуемым потенциалом, в приложении к принятию проектных решений, является *новой и актуальной*.

Считаю, что тема связана с перспективным направлением совершенствования современных СТС и имеет важное научное, практическое значение, в том числе для решения задач совершенствования предприятий и организаций ОПК.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность**

Достоверность основных результатов диссертационной работы обеспечивается выполненным соискателем всесторонним анализом состояния исследований в предметной области, согласованностью теоретических выводов с результатами экспериментальной проверки полученных результатов исследований, нашедшими отражение в актах о внедрении основных результатов, в успешной апробации основных теоретических положений диссертации в печатных трудах и в докладах на российских и международных научных и научно-практических конференциях, в том числе на высокорейтинговых конференциях мирового уровня.

Кроме того, подтверждением достоверности и обоснованности основных результатов исследований являются обширный сравнительный анализ существующих научных разработок по исследуемой проблематике, корректность математических методов, моделей и алгоритмов, разработанных на основе доказавших свою обоснованность результатов, полученные положительные результаты использования основных научных положений диссертации в нескольких предметных областях.

**Научная новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

1. Предложена концепция оценивания, анализа потенциала СТС и обоснования проектных решений с использованием показателей потенциала СТС, отличающаяся:

развитием понятийного аппарата теории эффективности и теории систем для учёта возможных изменений цели функционирования СТС из-за изменений среды;



введением нового свойства СТС – её потенциала, необходимого для учета возможных изменений цели функционирования СТС из-за изменений среды;

установлением и исследованием связей введённого свойства СТС с уже известными и изученными свойствами СТС.

2. Предложен новый метод разработки концепции и, на её основе, предложен метод решения задач совершенствования систем, функционирование которых изменяется в результате воздействий среды, отличающиеся развитием логико-лингвистической концепции Г. Фреге на основе введения схем понятий и связываемых с их помощью в комплекс графов экспликации: концептов; схем понятий; теоретико-множественных форм понятий.

3. Разработан новый комплекс моделей функционирования СТС при принятии проектных решений в изменяющихся условиях, моделей среды СТС и их отношений, позволяющий описание возможных последовательностей альтернативных сетей операций функционирования СТС в зависимости от состояний среды, СТС и их связей.

4. Предложены новые методы расчёта показателей операционных свойств систем в изменяющихся условиях (в том числе показателей потенциала систем), методы решения задач оценивания, анализа потенциала СТС и обоснования проектных решений на основе показателей потенциала СТС, отличающиеся использованием новых моделей семейств помеченных альтернативных стохастических сетей и учётом их особенностей.

5. Разработаны основы новых информационных технологий и методики решения ряда актуальных прикладных задач, обеспечивающие учёт особенностей функционирования СТС в изменяющихся условиях при принятии проектных решений.

#### **Практическая значимость результатов исследований**

Практическая значимость работы подтверждается экспериментально проверенными результатами, полученными под руководством и с участием автора, при реализации более чем 30 НИР и ОКР в интересах предприятий и организаций различных отраслей.

При этом, указанные результаты согласуются с теоретическими выводами и существующей практикой, эвристиками совершенствования функционирования предприятий. Полученные соискателем результаты позволили улучшить экономические эффекты модернизации производственной базы, снизить затраты ресурсов, повысить обоснованность принимаемых проектных решений, о чём свидетельствуют акты о реализации результатов диссертации.

Кроме того, результаты диссертации ориентированы на перспективные разработки. Свидетельством этого является непосредственное участие диссертанта в выполнении фундаментальных исследований, поддержанных грантами РФФИ: 16-08-00953 – «Концептуальные и методологические основы теории потенциала сложных технических систем», 20-08-00649 – «Модели и методы исследования эффективности использования цифровых технологий при функционировании технологических систем» (руководитель), 19-08-00989 – «Разработка и исследование научных основ теории многокритериального оценивания, анализа и управления качеством моделей и полимодельных комплексов, описывающих сложные технические объекты», 15-08-01825 – «Концептуальные и методологические основы управления техническим состоянием критически важных объектов на основе их мониторинга», 13-08-00573 – «Модели и методы оценивания инновационных проектов при создании сложных технических систем» (участник научного коллектива).

#### **Апробация работы, публикации и соответствие паспорту специальности**

Научные положения диссертации Гейды А.С. докладывались и обсуждались в период с 1992 по 2021 годы на более чем 30 международных и Российских конференциях,



в том числе на ведущих международных (класса А): «Americas Conference on Information Systems» (AMCIS) 2020, «The 21st ACM Conference on Economics and Computation» (EC'20); на регулярных международных конференциях «Finnish-Russian University Cooperation in Telecommunications» (FRUCT) 21–29», «Interdisciplinary Information Management Talks» (IDIMT) 2019-2021; на международных конференциях «Computers Science and Information Technology (CSIT)», «International Conference on Industrial Engineering (ICIE)»; на регулярных Российских конференциях «Региональная информатика», «Информационная безопасность регионов России», «Форум от науки к бизнесу», «Актуальные проблемы защиты и безопасности», «Информационные технологии в управлении», «Современные проблемы прикладной информатики», «Государство и бизнес», «Доветовские чтения», «Система распределённых ситуационных центров как основа цифровой трансформации государственного управления», «Имитационное моделирование. Теория и практика», «Системный анализ и информационные технологии», «Вопросы экономического управления в оборонно-промышленном комплексе России»; на регулярных семинарах по различным вопросам обороны, безопасности и функционирования оборонно-промышленного комплекса.

Полученные результаты целесообразно внедрить в деятельность предприятий и организаций ОПК, использовать для стратегического планирования деятельности предприятий и организаций, особенно тех, результаты функционирования которых не могут оцениваться лишь финансовыми показателями — например, такими, как прибыль.

Основные положения диссертации опубликованы более чем в 180 работах, включая 47 публикаций, индексируемых РИНЦ, более чем 20 публикаций в рецензируемых научных изданиях из перечня Минобрнауки РФ (из них – 11 индексируемых SCOPUS, 3 – Web of Science). По результатам исследования изданы 3 коллективных монографии. Принята в печать монография Гейды А.С. «Основы теории потенциала сложных технических систем».

Следует сделать вывод о том, что результаты диссертационной работы соответствуют паспорту специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации».

#### **Недостатки работы:**

1. В диссертации недостаточно внимания уделено вычислительным аспектам реализуемых алгоритмов, их ресурсоемкости и точности.

2. Сбор и подготовка данных, требуемых для исследования потенциала в соответствии с предложенной методикой, сопряжены со значительными затратами времени. Было бы разумным рассмотреть возможности упрощения этих процедур при дальнейшем внедрении результатов в деятельность предприятий и организаций.

3. В примере расчёта с использованием информационных технологий соискателем не использованы современные методы оперирования случайными и нечёткими величинами на ЭВМ.

4. Вызывает сомнения возможность расчёта показателей потенциала для больших систем с использованием предложенных технологий JavaScript/HTML и имеющейся на предприятиях вычислительной техники.

Приведенные недостатки в целом не снижают научный уровень представленного материала, не опровергают и не ставят под сомнение достоверности и значимости основных научных результатов, полученных автором рассматриваемой диссертационной работы.



### **Заключение о соответствии диссертации установленным критериям**

Диссертационная работа Гейды А.С. на тему «Основы теории потенциала сложных технических систем и её приложения к принятию проектных решений» по специальности: 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации» является законченной научно-квалификационной работой. Автореферат в полной мере отражает основные положения и результаты диссертационной работы.

Диссертация Гейды А.С. характеризуется новизной, теоретической и практической значимостью и ценностью полученных результатов. Результаты являются научно обоснованными и достоверными. Соискателем успешно решена актуальная научная проблема разработки комплекса взаимосвязанных концептуальных и методологических средств, с помощью которых могут быть корректно сформулированы и решены задачи оценивания, анализа потенциала СТС и обоснования характеристик СТС, обладающих требуемым потенциалом.

Исходя из содержания диссертации и автореферата, можно сделать вывод, что работа Гейды А.С. является самостоятельно выполненным, завершенным научно-квалификационным трудом, содержащим решение актуальной научной проблемы создания теоретических средств (основ теории потенциала СТС) для решения задач оценивания, анализа потенциала СТС и обоснования характеристик СТС, обладающих требуемым потенциалом, в приложении к принятию проектных решений, и удовлетворяет требованиям п.п. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013г. № 842 (в редакции Постановления Правительства Российской Федерации № 426 от 20.03.2021г), а её автор, Гейда Александр Сергеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности: 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации» согласно приказу Минобрнауки России от 24.02.2021 № 118.

Официальный оппонент - доктор технических наук, профессор,  
Директор Научно-исследовательского центра технологий контроля качества  
ракетно-космической техники



Прохорович Владимир Евгеньевич

Телефон: +7 (911) 942-97-45

e-mail: [ve-pro@yandex.ru](mailto:ve-pro@yandex.ru)

Наименование организации: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»

Почтовый адрес организации: 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49

Телефон: +7 (812) 232-23-07

Адрес электронной почты: [od@mail.ifmo.ru](mailto:od@mail.ifmo.ru)

02.12.21