

**ПОЛИМОДЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА И ОПТИМИЗАЦИЯ
СЛОЖНЫХ ЭРГОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ****А. В. Алексеев, К. М. Орлов (Санкт-Петербург)**

Активное внедрение методов моделирования сложных эрготехнических систем (ЭТС), в том числе широкого спектра методов имитационного и комплексного моделирования, в теорию и практику решения актуальных задач развития и укрепления научно-производственного потенциала РФ неизбежно влечёт за собой необходимость адекватной оценки качества этих ЭТС с возможностью их последующей структурно-функциональной и параметрической оптимизации. Вместе с тем именно эта задача в целом ряде случаев сводится к оценке отдельных показателей качества без должного их системного и методического обоснования, что существенно ограничивает возможности анализа и синтеза ЭТС в целом, а тем более использования результатов моделирования их функционирования, комплексного моделирования качества ЭТС. Это обстоятельство имеет особое значение при обосновании проектных и управленческих решений (ПУР), а также путей развития сложных ЭТС в военно-промышленной области при обосновании высокотехнологичных и конкурентных ЭТС и программ их развития.

Среди возникающих при этом научных и практических задач *важное место и ключевую роль* занимает решение проблемы достоверной количественной и сравнительной комплексной оценки функционального качества ЭТС, а также качества используемых моделей, качества рекомендуемых путей практического применения моделей и средств их реализации при управлении процессами и объектами моделирования.

Одним из возможных и перспективных направлений решения данной проблемы, в том числе для объектов морской инфраструктуры, сложных корабельных и береговых автоматизированных комплексов и систем, является проведение рейтинг-анализа средств по технологии полимодельной квалиметрической ранговой оптимизации ПУР (технологии КРОПУР) и её последующего развития (технология АСОР) [1–5].

В рамках настоящих исследований с целью всестороннего комплексного анализа возможностей и преимуществ одновременного использования ряда моделей (реализации соответствующего *полимодельного подхода*) были обобщены результаты решения ряда практических задач и формирования баз данных квалиметрического сравнения качества следующих классов технических средств:

□• обеспечения информационной безопасности автоматизированных систем обработки информации (АСЗИ), включая средства разграничения доступа, межсетевое экранирование, VPN-средства, средства сканирования и анализа информационной безопасности, мониторинга-управления информационной безопасностью, защиты от вредоносных кодов (антиспамовые, антивирусные средства), шифрования-дешифрования данных, систем электронной цифровой подписи;

□• обеспечения автоматизированного конструирования (класса CAD/CAM/CAE); обеспечения электронного документооборота (СЭД) общей и технической документации при общем объёме базы данных более 50 вариантов СЭД;

□• обеспечения управления ресурсами предприятия (класса ERP) при общем объёме базы данных по альтернативным вариантам сравнения более 30;

□• обеспечения автоматизированного управления, в том числе функционирующих в условиях сетецентрического противоборства и другие.

Актуальность данного класса квалиметрических исследований обусловлена, как известно, проблемой большого числа возможных альтернативных решений (многовариантностью и многокритериальностью анализа и синтеза), в том числе представленных на современном рынке, соответствующей сложностью выбора предпочтительных,

а тем более – *оптимальных* (как лучших из возможных) *вариантов* создания и использования технических средств обеспечения объектов автоматизации с обязательным учётом влияния «человеческих» факторов, т.е. эрготехнических систем.

В качестве примера на рис. 1 представлены результаты полимодельного (для 6 моделей предпочтений частных показателей качества) квалиметрического анализа и ранжирования (рейтинг-анализа) основных представителей класса систем электронного документооборота, представляющих собой главную («кровеносную») систему обеспечения деятельности каждой организации и предприятия.

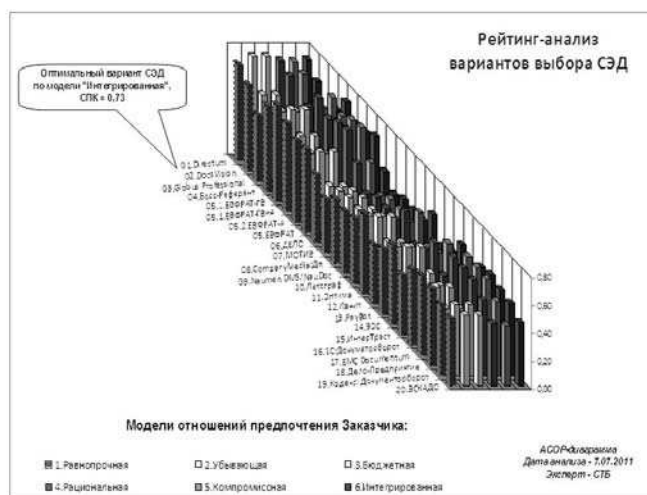


Рис. 1. Результаты полимодельного сравнительного анализа качества СЭД

На рис. 2 приведена соответствующая система критериев оценки качества в порядке их значимости (в ранжированном виде по критериям 1...10), а также характерный диапазон изменения значений соответствующих показателей и единицы их измерения. Следует при этом отметить независимость используемых критериев и их физическую разнородность. С другой стороны, сводный показатель качества (СПК, критерий 11) СЭД, изменяющийся в диапазоне значений [0; 1], позволяет оценивать и сравнивать (как результат агрегирования векторных критериев (их скаляризации) качества) качество ЭТС как количественную меру их свойств в обобщённом по критериям 1...10 виде. В формализованном виде СПК ЭТС может быть представлен трехуровневой комбинированной (аддитивно-мультипликативно-аддитивной) моделью вида

$$Q = \sum_{m=1}^M (\gamma_m \times Q_m) = \sum_{m=1}^M \left[\gamma_m \times \left(\prod_{k=1}^K Q_{m,k}^{\beta_{m,k}} \right) \right] = \sum_{m=1}^M \left\langle \gamma_m \times \left\{ \prod_{k=1}^K \left[\sum_{l=1}^L (\alpha_{k,l} \times q_{k,l}) \right]^{\beta_{m,k}} \right\} \right\rangle,$$

где $m \in [1; M]$ – номер модели полимодельного (по всем M моделям) оценивания СПК ЭТС Q на основе агрегирования (скаляризации) векторных критериев качества Q_m , соответствующих оценкам СПК по m -й из M моделей. Назовём для удобства Q_m *модельным СПК* в отличие от показателя Q , который будем называть *полимодельным СПК*. Физически СПК Q определяет основные *системные свойства ЭТС* при оценке по *аддитивному критерию* скаляризации Q_m и весовых индексах γ_m (коэффициентах важности соответствующих модельных СПК Q_m), причём, $\sum_{m=1}^M \gamma_m = 1$; $k \in [1; K]$ – номер модели оценивания *групповых (ключевых) по k из K СПК ЭТС $Q_{m,k}$* , определяющих

их характерные k -свойства (при оценке модельного СПК Q_m по m -й модели) и агрегируемых по мультипликативному критерию скаляризации $Q_{m,k}$ при весовых индексах $\beta_{m,k}$ (показателях степени), причём, $\sum_{k=1}^K \beta_{m,k} = 1$; $l \in [1; L]$ – номер частного по l из L показателей качества ЭТС $q_{k,l}$, агрегируемых в групповой (ключевой) СПК $Q_{m,k}$ (при оценке модельного СПК Q_m по m -й модели) по аддитивному критерию при весовых индексах $w_{k,l}$, причём, $\sum_{l=1}^L w_{k,l} = 1$.

В частности, график на рис. 1 показывает, что для различных m -моделей предпочтений СПК (от «1.Равнопрочная» до «6.Компромиссная») максимальное значение модельный СПК Q_m имеет для вариантов СЭД, не совпадающих по m . Выбор оптимального варианта, например, по критерию максимума полимодельного СПК Q по $M = 5$ моделям предпочтений возможен (модель «7.Интегрированная», СЭД «DIREC-TUM», СПК = 0,73) при соответствующем задании критерия оптимизации.

Критерии оценки качества СЭД ТД

1. Обобщённый уровень качества по данным системы сертификации, $OUC = [0; 8]$
2. Функциональная полнота, $ФП = РДВфп / (7...12)$, %
3. Качество решения задач 1...7, $Qpз = a_1 * q_1 + a_2 * q_2 + ...$, %
4. Эффективность решения задач 1...7, $W = Q/Q_{max}$, %
5. Защищённость СЭД ТД, $S = [0; 1]$
6. Дружественность интерфейса, $DI = [0; 1]$
7. Качество комплексности автоматизации, сопряжения с CAD/CAM/CAE, PLM, ERP, ..., %
8. Срок внедрения (месяцев), $T = [3; 40]$
9. Успешность внедрения, $УВ = u_1 * V_1 + u_2 * V_2 + ...$, %
10. Стоимость владения (т. руб.), $C = [20; >10000]$
11. Сводный показатель качества СЭД ТД, $Q = [0; 1]$

Рис. 2. Система критериев и показателей анализа качества СЭД

На рис. 3 приведены аналогичные результаты для квалиметрического рейтинга анализа (ряда TOP-30) технических средств защиты информации класса средств виброакустической защиты информации (ТСЗИ – АВЗ) по 6 указанным моделям предпочтений без использования моделей типа «7.Интегрированная».

Опыт проведения многовариантных исследований качества широкого спектра ЭТС позволяет прежде всего отметить особую важность и конструктивность:

1. Использования системных аспектов, методологии и технологии проведения анализа качества структурно и функционально сложных ЭТС [5–7], в том числе с использованием результатов имитационного моделирования их функционирования.

2. Анализа динамики при синтезе качества ЭТС (исследовательском проектировании оптимального вариантов) эмерджентных свойств, характеризующих качество взаимосвязей элементов в составе ЭТС и их влияние на комплексные свойства ЭТС.

3. Синтеза эффективных алгоритмов управления при обосновании качества ПУР на основе данных квалиметрического анализа, что указывает на актуальность и целесообразность комплексного квалиметрического мониторинга управления качеством ЭТС, в том числе при имитационном моделировании их функционирования.



Рис. 3. Результаты полимодельного сравнительного анализа качества ТСЗИ-AB3

4. Использование концепции полимодельного анализа-синтеза ПУР, обеспечивающей многоаспектный (полимодельный) и комплексный учёт особенностей разработки и эксплуатации ЭТС с соответствующим многокритериальным методическим аппаратом и технологией автоматизированной поддержки принятия ПУР, например, с использованием систем класса АСППР типа «ASPID», «КРОПУР», «АСОР» [1, 2, 4].

5. Обоснования и прежде всего оптимизации ПУР, подлежащих внедрению при создании современных структурно и функционально сложных ЭТС, что обеспечивает их эффективное и безопасное, в том числе катастрофоустойчивое использование.

6. Комплексного моделирования и анализа качества ЭТС при различных вариантах их построения и использования, а также ранжирования. Например, число межсетевых экранов (МСЭ) на рынке средств защиты информации (СЗИ) сегодня согласно Госреестру сертифицированных СЗИ составляет более 180, выбор наиболее предпочтительных из которых представляет собой весьма сложную проблему в связи с отсутствием в доступной литературе необходимых сведений для их сравнения и ранжирования.

7. Комплексного анализа факторов и проблем, а также обоснования программ внедрения новых технологий и ПУР с учётом «операторского компонента» ЭТС, т.е. «пресловутых» человеческих факторов, имеющих сегодня, как известно, ключевой характер. Один из вариантов систематизации проблем внедрения новых ПУР в ЭТС, а также предлагаемый вариант их квалиметрической оценки приведён на рис. 4.

При этом традиционно особое внимание должно уделяться систематизации критериев и показателей эффективности использования каждого типа ЭТС [6, 7]. Полиmodelность задания исходных данных по отношениям предпочтений подтвердила возможность получения при рейтинг-анализе альтернативных решений более полной картины для лиц, обосновывающих (ЛОР) и принимающих ПУР (ЛПР).

В обобщённом виде схема их взаимодействия и алгоритм принятия сложных решений по проектам (m моделям) ПУР при управлении ЭТС приведена на рис. 5.

Формирование матрицы индексов интегральных критериев качества для соответствующих классов ЭТС позволяет по существу создать равные условия и сопоставимость всего ряда сравниваемых проектных решений. С другой стороны, согласование получаемых результатов с разработчиками ЭТС обеспечивает минимизацию информационного дефицита при квалиметрическом рейтинг-анализе и повышает точность задания исходных данных, а также получаемых оценок качества.



Рис. 4. Результаты полимодельного анализа качества ТСЗИ-АВЗ

Тем самым многокритериальное и полимодельное сравнение альтернативных вариантов ЭТС, их ранжирование по вариантам построения и эксплуатации, прежде всего по результатам моделирования функционирования сложных ЭТС, позволяет обеспечить *системное комплексное обоснование их развития*, мониторинг системных показателей качества ЭТС с *формированием соответствующих баз данных и знаний* (БДЗ), динамики их наращивания, что имеет особо важное значение для сложных ЭТС.



Рис. 5. Алгоритм и технология принятия сложных решений при управлении ЭТС

В свою очередь, формирование БДЗ ЭТС обеспечит качественно новый уровень организации и проведения сертификации средств, аттестации объектов информатизации, профессиональную подготовку и лицензирование юридических и физических лиц.

Более того, поиск на основе полимодельной квалиметрической оценки и анализа предпочтительных и оптимальных ПУР обеспечивает обоснование перспективных направлений развития ЭТС, формирование бизнес-стратегий развития компаний в целом.

Особое значение полученные результаты и формирование БДЗ рейтинг-анализа ЭТС имеют в связи с учётом в технологии КРОПУР, АСОР используемой и непрерывно актуализируемой системы альтернативных моделей предпочтений заказчиков.

Пожалуй, наибольшую пользу для разработчиков-проектировщиков и управленцев различных уровней изложенный подход к квалиметрическому сравнению вариантов проектного выбора принесет при использовании и актуализации (по результатам модельных и натурных испытаний) подобных БДЗ и их публикации испытательными лабораториями и органами сертификации для различных ведомств и корпораций.

Приведенные полимодельные оценки количественно подтвердили то важное обстоятельство, что системные аспекты внедрения ПУР при развитии сложных ЭТС являются наиважнейшими и требующими непереносимого системно обоснованного учёта при развитии сложных комплексов и их систем.

Литература

1. **Алексеев А. В.** Технология оптимизации проектных и управленческих решений при создании автоматизированных систем объектов морской инфраструктуры в защищённом исполнении//Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2009). СПб., 2009.
2. **Алексеев А. В.** Технология и программный комплекс квалиметрической ранговой оценки качества сложных информационно-аналитических систем//Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции МОРИНТЕХ-ПРАКТИК «Информационные технологии в судостроении – 2008». СПб, 2008.
3. **Антимонов С. Г., Сердюк В. А., Алексеев А. В., Калинин И. В.** Новые подходы к выбору средств антивирусной защиты при поддержке принятия комплексных проектных решений по обеспечению информационной безопасности//Сб. докл. V Юбилейной Всероссийской конференции «Обеспечение информационной безопасности. Региональные аспекты. 2006.», 12-16.09.2006, Сочи. – М.: Академия информационных систем, 2006.
4. **Алексеев А. В.** Технология квалиметрической ранговой оптимизации проектных и управленческих решений//Труды Международной научной школы «Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах (МА БР-2007)», СПб.: ГОУ ВПО «СПбГУАП», 2007.
5. **Алексеев А. В.** Оптимизация проектных и управленческих решений при комплексном обеспечении безопасности большого города//Безопасность большого города / Сб. ст. под ред. Э.И. Слепяна. СПбю: Изд-во Сергея Ходова, 2007.
6. **Алексеев А.В., Орлов К.М.** Квалиметрическая оценка подсистем визуализации и обработки информации корабельных автоматизированных систем управления //Состояние, проблемы и перспективы разработки корабельных информационно-управляющих комплексов (эффективность, надёжность, экономика). Сб. докл. научно-техн. конф. М.: ОАО «Концерн “Моринформсистема-Агат”», 2011.
7. **Орлов К. М.** Формирование системы оценки качества визуализации информации автоматизированных систем в защищённом исполнении. СПб: СПИИРАН, 2010.