

ОЦЕНКА КОНКУРЕНТНОЙ СПОСОБНОСТИ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБЪЕКТОВ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ

А. В. Алексеев, Р. И. Мусатенко (Санкт-Петербург)

1. Актуальность. В настоящее время среди проблем развития риск-ориентированных технологий систем автоматизации управления объектов морской техники и морской инфраструктуры (ОМТИ) особое место занимают методы, технологии и системы информационно-аналитической и интеллектуальной поддержки (СИП) оценки конкурентной способности (КС) на основе количественного сопоставления агрегированных (сводных, интегральных, обобщенных) показателей качества (АПК).

Именно обобщенная, квалиметрически обеспеченная количественная оценка и анализ АПК с использованием современных автоматизированных систем поддержки принятия решений (АСППР) позволяет принимать научно-технические и организационно обоснованные управленческие решения по выбору направлений и количественных рубежей перспективности развития (ПР) ОМТИ и, в первую очередь, ключевых и риск-ориентированных технологий и конкретных технологических решений (ТР) по обеспечению безопасности эксплуатации (ОБЭ), локализации аварийных ситуаций и аварий (ЛА), борьбы за живучесть (БЖ) ОМТИ [1 - 3].

Далее в развитие [2] рассмотрим на конкретном примере один из перспективных методических подходов и технологию количественного сравнения ОМТИ класса «Ледоколы» с использованием гармонического алгоритма агрегирования показателей качества (скаляризации векторных критериев).

2. Методика решения задачи оценки конкурентной способности ОМТИ. Решение задач системного анализа КС и перспективности развития, исследовательского и концептуального проектирования, системотехнического моделирования сложных эргатических систем, в том числе ОМТИ класса «Ледоколы», предусматривает:

2.1. Решение задачи многокритериального полимодельного (всестороннего) обоснования критериев, оценки показателей и мониторинга векторного критерия их качества $Q(\{q_i\})$, где $\{q_i\}$ – множество частных векторных показателей качества (ЧПК) с текущим номером $i \in [1; I]$.

2.2. Решение задачи скаляризации векторного критерия качества $Q(\{q_i\})$ с переходом к его скалярной оценке Q , как для данного варианта ОМТИ с некоторым номером $p \in [1; P]$ (для простоты изложения этот индекс опустим), так и для всего множества альтернативных вариантов, один из которых примем за базовый для сравнения с соответствующим значением Q_B .

В качестве основных алгоритмов скаляризации (агрегирования ЧПК) при проведении настоящих исследований и выполнения данных оценок, как показано в ряде работ [3–6], используются:

2.2.1. Аддитивный (оптимистический) алгоритм (АА) агрегирования ЧПК.

2.2.2. Мультипликативный (пессимистический) алгоритм (МА) агрегирования.

2.2.3. Гармонический алгоритм (ГА) агрегирования ЧПК, характеризующийся минимальной по отношению к АА и ММ погрешностью оценивания АПК.

2.3. Решение задачи оценки конкурентной способности ОМТИ заданного класса с использованием модели вида $КС = Q/Q_B$.

2.4. Решение задачи перспективности развития ОМТ заданного класса с использованием модели вида $ПР = Q/Q_Э$, где $Q_Э$ – скалярное значение АПК для ОМТИ задан-

ного класса, но для его предыдущего этапа развития данного ОМТИ.

2.5. Интерпретация полученных оценок с определением погрешностей оценивания и оценкой валидности полученных результатов оценки КС и ПР.

Названные основные этапы методики оценки КС и ПР ОМТИ в зависимости от специфических условий решения задачи может дополняться необходимыми процедурами, обеспечивающими повышение методического, инструментального и метрологического качества решения задач по соответствующему решению экспертов.

3. Специфика решения задач оценки КС ОМТИ. Многоаспектный анализ специфики решения задач, в том числе СИП оценки КС для различных ОМТИ позволяет выделить, прежде всего, следующие основные аспекты, которые необходимо учитывать при оценке КС ОМТИ:

- существенная зависимость результатов оценивания от точности исходных данных, представляемых операторами (ЛОР, ЛПР, ЛИР), для чего должны использоваться исключительно данные юридически значимого документооборота (ЮЗДО);
- минимизация негативного влияния субъективных (человеческих) факторов (ЧФ) операторов в процессе оценки КС ОМТИ должна предусматривать специальный комплекс организационно-технических решений, в том числе на основе обеспечения принципов и технологии, например, ранговой партнерской сертификации [3];
- необходимость накопления лучших практик и систематизации в когнитивных базах данных и знаний (КБДЗ) результатов ранее полученных оценок.

4. Системные требования к АСППР оценки КС ОМТИ. С учетом выше изложенного комплекс требований к АСППР, в том числе типа интеллектуальных СИП оценки КС современных ОМТИ, реализующий сформулированную выше методологическую базу к оценке их КС и ПР с соответствующими научно-обоснованными определениями и технологическими регламентами, должен включать в качестве основных:

- подсистему типовых сценариев динамики событий для тестирования альтернативных вариантов построения и использования АСППР;
- подсистему критериев оценки ЧПК, ГПК и АПК с регламентированными значениями индексов критериальных предпочтений и критериальной их значимости;
- подсистему автоматической регистрации и оперативной (в реальном масштабе времени) визуализации данных оценивания;
- подсистему мониторинга данных с подсистемой оценивания трендов ЧПК, ГПК, МПК и АПК с целью выявления соответствующих трендов и их верификации;
- подсистему анализа корневой чувствительности и обоснования ПУР по оптимизации параметров, характеристик и свойств альтернативных вариантов ОМТИ.

Тем самым сформированный проектный образ АСППР оценки КС ОМТИ и анализ требований по качеству к ним позволили перейти к проектному обоснованию технологий АСППР [4–7] с учетом возможности инвариантной к специфике решаемых задач технологической реализации.

5. Вариант реализации АСППР оценки КС ОМТИ класса «Ледоколы». Удовлетворить достаточно высокие и часто противоречивые требования к современным ОМТИ сегодня можно лишь при широком использовании современных методов вариантного анализа и синтеза, исследовательского проектирования и моделирования процессов интеллектуальной поддержки принимаемых проектных и управленческих решений (ПУР) с соответствующими параметрами выбора архитектуры, алгоритмов и технологии реализации сформулированных требований и использованием систем моделирования оценок качества типа АСППР оценки КС ОМТИ.

Главная интерфейсная форма одного из возможных вариантов реализации сформулированных выше требований в виде Программного комплекса (ПК) «КС ОМТИ» применительно к задаче оценки КС ОМТИ класса «Ледоколы» приведена на рисунке 1.

6. Моделирование процессов оценки и анализа КС на примере ОМТИ класса «Ледоколы» с использованием разработанного ПК «КС ОМТИ» позволило, как проверить правильность заложенных принципов функционирования, так и квалиметрически оценить достигнутое качество по критерию АПК в сравнении с пятью лучшими (конкурентно способными) вариантами ОМТИ в названном классе ТР.

Как показали количественные оценки, *достигнутый уровень КС* при принятых исходных данных в соответствии с рис. 1 дизель-электрического ледокола по варианту «1.ДЭЛ «Илья Муромец», пр. 21180» составил по гармоническому алгоритму оценивания $КС=1,070$ (ранговый индекс $R_{КС-Г}=1$), а многоцелевого атомного ледокола по варианту «5.МАЛ «Ямал», 1992» $КС=1,068$ ($R_{КС-Г}=2$) в сравнении с базовым вариантом для сравнения «4.МАЛ «Вайгач», пр. 10580 (1990, Финляндия)».

При оценке перспективности развития в классе «Ледоколы» в сравнении с вариантом «2.АЛ «Арктика», пр. 22220, СПб» лучшим результатом в $ПР=7,7\%$, что говорит о темпе развития, обладает также вариант «1.ДЭЛ «Илья Муромец», пр. 21180».

Анализ подобных оценок выполняется после проведения многовариантных подобных оценок с регуляризацией (доопределением) задачи многовариантного оценивания и выходит за рамки настоящей статьи.

7. Основой представленной методики оценки АПК, КС и ПР является использование полимодельного (многомодельного) подхода квалиметрического оценивания с гармоническим алгоритмом агрегирования ЧПК в ГПК и последующим агрегированием в МПК и АПК. Приведенный пример оценки КС и ПР риск-ориентированных технологических решений на примере объектов морской техники класса «Ледоколы» одновременно иллюстрирует инвариантность (неизменность) используемой методологии к специфике анализируемых объектов при одновременной возможности оценки свойств в целом ОМТИ, что является весьма важным свойством.

Это обстоятельство позволяет утверждать о возможности оценивать АПК, КС и ПР ОМТИ не только внутри заданных классов, но и в связи с использованием относительных метрических шкал в ряде случаев при сравнении качества и оценки конкурентной способности для разнородных средств.

Не менее важным свойством приведенного примера реализации следует считать предусмотренную возможность решения на основе оценки индекса корневой чувствительности (ИКЧ) оптимизационной задачи (нижняя часть рис. 1) при вводе соответствующих относительных изменений ЧПК с оценкой относительного изменения КС.

8. Основными задачами дальнейшего развития представляемого методического аппарата оценки КС и ПР эргатических систем ОМТИ следует считать:

1. Систематизацию рейтинговых данных в составе квалиметрических и когнитивных БДЗ (КБДЗ) и сравнительный анализ возможных технологий реализации в интегрированных автоматизированных системах управления (ИАСУ) ОМТИ.

Оценка конкурентной способности (КС) и перспективности развития (ПР) объекта морской техники класса "Ледокол"							
Назначение объекта морской техники (ОМТ):		Проводка судов в замерзших бассейнах					
Основные конкурентные свойства ОМТ класса "Ледокол" (варианта "5.МАЛ «Ямал»" по отношению к варианту "4.МАЛ «Вайгач»"):	1. Продукционное качество: Энергоэффективность, Водоизмещение, Количество видов продукции	113,15%					
	2. Технологичность обслуживания (сложность эксплуатации, ремонтпригодность, ресурсоемкость обслуживания):	102,87%					
	3. Конструктивное качество (ресурсная экономичность, безопасность эксплуатации, эргономичность, дизайн и	108,08%					
	4. Экономичность владения (закупочная стоимость, расходных материалов, стоимость обслуживания):	93,45%					
Оценка конкурентной способности ОМТ варианта 5 к 4						106,8%	
Критерии оценки качества \ Объект морской техники (ОМТ)	ИКЗ (вес)	1.ДЭЛ "Илья Муромец", пр. 21180	2.АЛ "Арктика", пр. 22220, СПб	3.АЛ "Россия", 1983	4.МАЛ «Вайгач», пр. 10580 (1990, Финлянд)	5.МАЛ «Ямал», 1992	
ГПК: 1.Энергоэффективность, %	80	48,1%	131,8%	122,3%	100,0%	120,6%	
ЧПК:							
1.1.Мощность на валах, МВт	40	10,2	60,0	52,8	36,0	52,8	
1.2.Мощность СЭС, кВт.	10	1600	1700	1600	1500	1200	
1.3.Скорость судна, узл.	10	15,0	20,8	13,1	18,5	21,0	
1.4.Ледопроходимость, м	20	1,0	2,0	2,0	1,77	2,0	
1.5.Автономность плавания, мес.	20	2,00	6,00	7,00	6,00	6,00	
2.Водоизмещение, т	25	3 100	23 000	23 625	21 100	23 460	
3.Количество видов продукции, ус.ед.	15	4	2	2	3	3	
4.Экономичность ЭЭС, %	40	83,4%	90,6%	94,4%	100,0%	103,9%	
4.1.Мин. удельный расход топлива, г/(л.с.*ч)	15	131	145	142	139	135	
4.2.Мин. удельный расход масла, г/(л.с.*ч)	15	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
4.3. КПД, %	70	30	35	37	40	42	
5.Ресурсная экономичность, %	90	96,5%	105,2%	100,6%	100,0%	110,7%	
5.1.Автономность судна по снабжению, сут.	30	30	180	140	120	220	
5.2.Экипаж, чел.	30	32	150	118	89	107	
5.3.Грузовместимость, т	40	500	3800	3850	3581	2750	
6.Экологичность судна, %	60	58,4%	82,3%	89,4%	100,0%	113,4%	
6.1.Токсичность, г/кВтч	80	1,5	1,0	0,9	0,8	0,7	
6.2.Шумность, дБ	20	70	60	60	55	50	
7.Технологичность обслуживания, %	85	123,3%	85,5%	85,8%	100,0%	102,9%	
7.1.Сложность эксплуатации, ус.ед.	50	50	90	85	80	81	
7.2.Ремонтпригодность, ус.ед.	30	50	55	50	48	54	
7.3.Ресурсоемкость обслуживания, тыс.руб.	20	25	45	40	15	15,2	
8.Безопасность эксплуатации, %	80	103,5%	94,0%	100,0%	100,0%	106,0%	
8.1.Безрисковость эксплуатации судна, у.е.	40	80	75	80	80	85	
8.2.Локализуемость аварийных ситуаций, у.е.	60	90	80	85	85	90	
9.Экономичность владения, %	90	302,8%	105,2%	113,0%	100,0%	93,4%	
9.1.Закупочная стоимость, млн.руб.	60	300	700	650	850	900	
9.2.Расходные материалы на 1т.км, тыс.руб.	25	12	55	50	40	45	
9.3.Стоимость обслуживания, млн.руб.	15	1,0	3,5	3,4	3,3	3,4	
10.Эргономичность, дизайн, другие ГПК, ед	10	90	80	80	90	91	
575							
КСа		1,196	0,999	1,011	1,000	1,070	
Конкурентная способность вариантов ОМТ (КСг), ед.		1,070	0,993	1,007	1,000	1,068	
КСм		0,958	0,987	1,002	1,000	1,066	
РКС-Г		1	5	3	4	2	
Перспективность развития (ПР) относительно вар. 2, %			7,7%	0,0%	1,4%	0,7%	7,5%
Оптимизация: ИКЧ по критерию 1.1.Мощность:		0%	0%	0%	0%	0%	
		0	1	1	1	1	
ИКЧ по критерию 4.1.Мин.уд.расход топлива:		0%	0%	0%	0%	0%	
25.03.2017 Эксперт: Алексеев А.В.		R_4.1	1	1	1	1	

Рис. 1. Пример оценки качества, конкурентной способности и перспективности развития риск-ориентированных технологий класса «Ледоколы»

2. Проведение многовариантного численного эксперимента (моделирования качества) в интересах решения проектных оптимизационных системных задач в рамках исследовательского вариантного проектирования ИАСУ и ОМТИ в целом.

3. Создание КБДЗ по лучшим практикам построения и использования риск-ориентированных технологий обеспечения безопасности эксплуатации ОМТИ, в первую очередь, СИП ПУР в составе ИАСУ корабля, судна и переход к новому классу аналитических систем – систем мониторинга эволюционного развития технологических решений (СМЭР ТР) для каждого из классов технических средств, систем, ЭС в целом.

Динамика технологического развития согласно рис. 2 иллюстрирует процесс конкурентного развития, преимущества и лидерства некоторого ТР «1.1.2.ПлПр» в сравнении с ранее лидировавшим и утратившим конкурентную способность ТР «1.1.3.ФЗП» в составе некоторой эргатической системы ОМТИ «1.1.БП». Понятно, что при полномасштабном мониторинге КС каждого из элементов ОМТИ подобная системная информация позволит объективно контролировать и управлять инновационным развитием не только отдельных элементов, но и всего ОМТИ в целом с неизбежной нейтрализацией негативного влияния субъективных свойств ЛПР и ЛОР.

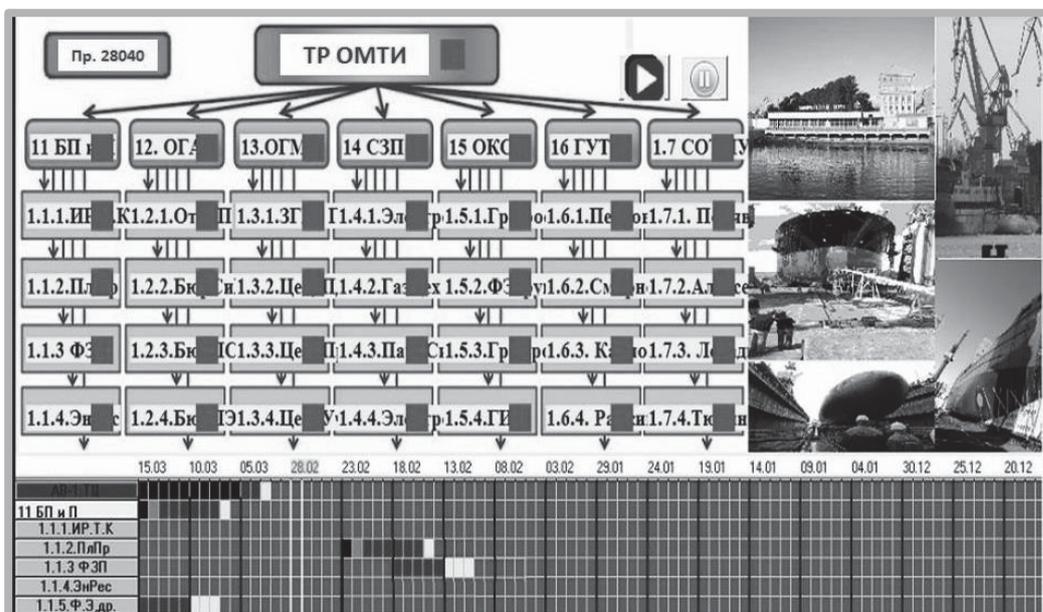


Рис. 2. Мониторинг развития технологических решений ЭС ОМТИ (вариант)

4. Разработку моделей и алгоритмов полимодельной оценки качества, эффективности функционирования, КС и ПР перспективных СИП ПУР в составе ИАСУ судна с её объективной экспертной верификацией и оценкой валидности по типу [7].

5. Разработку и аттестацию программного комплекса полимодельной оценки качества, эффективности функционирования, КС и ПР ОМТИ с адаптацией их к ряду типовых задач и к соответствующим моделям критериальных предпочтений.

К главным конкурентным преимуществам представляемого технологического решения мониторинга КС альтернативных технологических решений относятся:

- минимизация избыточности представления данных операторам с использованием 2-х битового цветового кодирования возможных состояний ОМТИ по каждому из ЧПК, ГПК и АПК;

- максимизация охвата функций операторов контурами автоматической обработки данных и поддержки принятия решений;
- прогнозирование развития обстановки с упреждением до (10...15) циклов принятия решений (на рис. 2 соответствует левой области данных от текущего цикла мониторинга, выделенного белыми границами столбика данных с желтой маркировкой);
- представление проектов управленческих решений в текстовой форме с возможностью звуковой трансляции на посты управления; масштабируемость разработанных технологических решений с возможностью инвариантной адаптации к условиям ОМТИ.

Тем самым, применительно к решаемым в ВМФ задачам в части АСППР, включая интеллектуальные СИП оценки КС **возможна и целесообразна** их интеграция в состав существующих автоматизированных рабочих мест главных конструкторов и других разработчиков подводных лодок и надводных кораблей практически всех рангов, а также соединений и объединений ВМФ при решении задач анализа, синтеза и оптимизации сложных системных, технических и организационных решений.

Заключение

В современных условиях интенсивного развития информационных технологий и актуализации задач совершенствования средств и систем ведения вооруженной борьбы на море, модернизации и перевооружения корабельного состава ВМФ одним из приоритетных направлений технологического развития следует считать интеллектуализацию систем управления различных уровней.

Эффективное и конкурентно способное построение и использование АСППР оценки КС проектных и управленческих решений позволяет наряду с повышением оперативности, достоверности, устойчивости, скрытности и непрерывности управления за счет реализации возможностей информационно-аналитической и интеллектуальной поддержки принятия решений ЛОР, ЛПР и ЛИР минимизировать негативное влияние субъективных человеческих факторов операторов.

В условиях существенного возрастания функциональности и сложности современных ОМТИ реализация представленных возможностей квалиметрической оценки, мониторинга конкурентной способности и динамики развития проектных и управленческих системных решений является одним из новых источников риск-ориентированного развития и имеет особое значение и перспективность.

Литература

1. **Захаров И. Г., Емельянов В. В., Щеголихин В. П., Чумаков В. В.** Научные проблемы кораблестроения и их решение.–СПб., 2005. <http://flot.com/science/sk1.htm>.
2. **Алексеев А. В., Соловьев С. Н., Москаленко В. А., Сус Г. Н., Ушакова Н. П., Каганский М. А.** Мониторинг процессов и информационная поддержка обеспечения безопасности объектов морской техники/Материалы Четвертой международной научно-практической конференции «ИКМ МТМТС-2017».
3. **Алексеев А. В., Антипов В. В., Бобрович В. Ю., Смольников А. В.** Концепция и технология ранговой партнерской сертификации объектов морской техники и инфраструктуры / Материалы конференции «Информационные технологии в управлении» (ИТУ-2014) – СПб.: ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2014, с. 29–34.

4. **Смольников А. В., Сус Г. Н., Ушакова Н. П., Алексеев А. В.** К вопросу выбора агрегированного векторного критерия оценки качества систем борьбы за живучесть объектов морской техники – Первая научно-практическая конференция «Современные технологии автоматизации борьбы за живучесть» – ИАП БЖКС, НПО «Аврора», 6.12.2012, с. 12–13.
5. **Алексеев А. В., Смольников А. В., Ушакова Н. П., Сус Г. Н.** Программный комплекс Макетного действующего образца Системы информационной поддержки судоводителей при обеспечении безопасности эксплуатации в части грузовых операций, локализации аварийных ситуаций, аварий и борьбы за живучесть морских объектов повышенного риска (ПК МДО СИП ЛА-ГО о3) – Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ. Реестр программ Федеральной службы по интеллектуальной собственности № 2014614620, 29.04.2014 (заявка № 2014611813, 05.03.2014).
6. **Алексеев А. В.** Оперативная оценка конкурентной способности в условиях национального и мирового рынка объектов морской техники/Актуальные проблемы морской энергетики: Материалы пятой Всероссийской межотраслевой научно-технической конференции, 18–19 февраля 2016 г. – СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2016. – 363 с. С. 20–23.
7. **Алексеев А. В.** Вербальная модель процессов стратегического развития объектов морской техники и инфраструктуры/Корабельная энергетика: из прошлого в будущее: материалы Всероссийского межотраслевого научно-технического форума. – СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2017, с. 324–329.