

А. Д. КАЛУЖСКИЙ
**НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ
ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Калужский А.Д. **Некоторые вопросы информационного обеспечения эргатических систем.**

Аннотация. В работе рассматривается вопрос обеспечения высокой эксплуатационной готовности эргатической системы. Отмечается, что безусловное выполнение оперативных задач по назначению определяется в том числе путем получения достоверной информации об эффективности работы, состоянии технических средств системы, а также об эффективности работы обслуживающего систему персонала. Предлагается подход, основанный на расчете эффективности принимаемых решений на всех стадиях жизненного цикла системы, отмечается необходимость проведения функционально-параметрического анализа, обсуждаются вопросы создания устройства информационной поддержки и реализации предлагаемых решений.

Ключевые слова: эффективность, оптимальные решения, персонал, функционально-параметрический анализ, информационная поддержка.

Kaluzhskiy A.D. **Some issues of information support of ergatic systems.**

Abstract. In this article we deal with the problem of providing with high operating availability of ergatic systems, also we notice that complete performance of operational tasks by purpose is defined by getting of reliable information both about operation effectiveness, technical condition of system's parts and effectiveness of personnel work. We suggest a method based on calculation of effectiveness of making decisions on all stages of system life cycle; notice the necessity of conduction of functional and parametric analysis; discuss various issues of development of information support hardware and implementation of suggested decisions.

Keywords: effectiveness, optimal decisions, personnel, functional and parametric analysis, information support.

1. Постановка задачи. Современные технические системы: морские, речные суда, порты, базы, аэропорты и летательные аппараты, объекты атомной энергетики и т. п. представляют собой сложные многофункциональные комплексы (СМК). Такие СМК, насыщенные большим числом технических средств (ТС) и управляемые обслуживающим их персоналом, относятся к классу эргатических систем [1]. Каждый СМК создается разработчиками с целью реализовать вполне определенные функции и предназначен для решения ряда задач, выполнение которых обеспечивается составом его ТС (обычно объединенных в подсистемы СМК), а также квалификацией и профессионализмом персонала. Соответственно уровень эксплуатационной готовности [2, 3] СМК, эффективность решения стоящих перед СМК задач (решение задач по назначению) определяются качеством и надежно-

стью работы подсистем СМК и уровнем оптимальности и своевременностью принятия решений управляющим СМК персоналом.

Введем следующие понятия:

1) *эксплуатационная готовность объекта* — состояние, при котором объект, в том числе эксплуатирующий его персонал, способен выполнять функции по назначению с параметрами, соответствующими указанным в документации;

2) *уровень эксплуатационной готовности объекта* — определяется эффективностью функционирования объекта;

3) *эффективность работы объекта* — количественная характеристика степени выполнения объектом поставленной цели (целевой функции) с учетом всех представляющих интерес для ее выполнения факторов на различных стадиях ее жизненного цикла (ЖЦ); степень соответствия совокупности параметров системы требуемому (планируемому) результату;

4) *параметр* — величина, характеризующая какое-либо свойство системы, машины, прибора;

5) *показатель* — величина, по которой можно судить о развитии, качестве чего-либо [17];

6) *функционально-параметрический анализ системы (ФПА)* — процедура определения соответствия стоящих перед системой задач, которые определяются функциональным назначением системы, и параметров ее составных частей (подсистем, узлов, элементов), необходимых для реализации этих задач, с учетом уровня важности каждой составной части в решении каждой задачи;

7) *живучесть [1]* — способность системы к сохранению своих основных функций хотя бы при пониженной эффективности системы, в том числе при воздействии факторов катастрофического характера;

8) *синергия, синергический эффект* (от греч. — вместе действующих) — возрастание эффективности деятельности в результате соединения, интеграции, слияния отдельных частей в единую систему за счет системного эффекта [27].

В то же время решение конкретных задач в современных быстро изменяющихся условиях требует высокоскоростной обработки большого объема информации, которая поступает из следующих источников:

— ТС СМК (в соответствии с заложенными возможностями при проектировании);

— извне (климатические, механические и др. нагрузки);

— от вышестоящих органов управления и т. п.

Соответственно, принятие ответственными лицами оптимальных решений в ограниченное время при большом числе разнодействующих факторов требует проведения расчета — *формализованной информационной поддержки принятия решений* (ФИППР) на всех стадиях ЖЦ изделия. Подчеркнем, что разработка вопросов ФИППР необходима не только на стадии эксплуатации, но и на стадиях проектирования и изготовления СМК [4–6], так как оптимальное проектирование изделия и его высококачественное изготовление во многом определяют высокую эффективность его эксплуатации. Актуальностью этой проблемы объясняется, по всей видимости, определенный всплеск активности в части разработки и внедрения одной из составляющих информационного обеспечения на стадии эксплуатации — интегрированной логистической поддержки (ИЛП). ИЛП-технология предусматривает создание в электронном виде документации на изделие, а также помогает решению задач его технического обслуживания и ремонта (ТОиР), формализуя эти задачи и уточняя сроки поставки необходимых запасных частей [7–10].

Если говорить об эффективности решения стоящих перед СМК задач по назначению, то, естественно, идеальным вариантом любого СМК, управляемого и обслуживаемого человеком, является система, в которой действуют безотказная техническая составляющая, т. е. безотказные подсистемы СМК, а также физически и психоэмоционально здоровый высокопрофессиональный персонал (коллектив). Эта система должна работать в течение всего определенного в документах срока службы, по окончании которого ее следует немедленно заменить на аналогичную.

Понятно, что такой вариант нереален даже теоретически, однако он является тем маяком, к которому следует стремиться. Реализация такого стремления должна, по нашему мнению, идти в двух направлениях:

1) обеспечение высокой эффективности работ на всех указанных стадиях ЖЦ СМК;

2) получение оперативной информации о техническом состоянии ТС, подсистем СМК и СМК в целом, а также о физическом и психоэмоциональном состоянии членов коллектива с последующим сравнением полученных результатов с результатами предыдущих измерений. Наличие такой информации позволит не только принять верное решение по использованию данного СМК, но и вовремя отреагировать на возникающие или прогнозируемые отказы ТС, а также вовремя обратить внимание на возможные «отказы» членов коллектива.

Таким образом, высокую степень эксплуатационной готовности СМК к решению плановых и внеплановых задач можно обеспечить путем расчета оптимальных решений на всех стадиях ЖЦ СМК и определения динамики эффективности функционирования СМК (техники и коллектива) как периодически, в плановом режиме, так и по запросу, при внезапно возникающих задачах. Расчет эффективности СМК для таких задач требует расчета эффективности только тех подсистем, которые в той или иной степени участвуют в ее реализации (что определяется процедурой ФПА системы).

Рассматриваемая задача относится к классу многофакторных задач, решение которых требует системного подхода и использования соответствующих методов.

Обеспечить высокую степень эксплуатационной готовности СМК можно путем решения следующих задач:

- адаптации метода системного подхода к решению задачи информационного обеспечения СМК;
- расчета оптимальных решений на стадии проектирования СМК и его подсистем (расчета сравнительной эффективности вариантов проектирования);
- определения эффективности методов контроля качества изготовления СМК и его подсистем;
- расчет эффективности функционирования СМК на стадии эксплуатации;
- расчета эффективности работы коллектива, обслуживающего СМК, в том числе расчета эффективности выполнения членами коллектива своих должностных обязанностей с учетом уровня здоровья, интеллектуальных и личностных характеристик;
- реализации результатов разработки системы информационного обеспечения СМК.

2. Системный подход в решении задачи информационного обеспечения.

2.1. Общие положения. Современные СМК представляют собой сложные технические системы, состоящие из большого числа функционально-законченных подсистем. Этим определяется использование для решения поставленной задачи аппарата количественной оценки

эффективности больших систем, позволяющего формализовано учитывать множество одновременно действующих факторов¹.

Формализованные количественные методы оценки больших систем свое развитие получили в 1960–1970-е гг. в работах А. За-ездного, Л. Растригина, Е. Сервинского [12], Л. Гуткина (метод дискретного синтеза), Д. Клиланда и В. Кинга [13] и др. Тогда же Л. Заде [14] была разработана теория нечетких множеств, аппарат которой позволял хорошо описывать большие системы; позже аналогичные вопросы рассматривались в работах В. Спицнаделя [15].

При решении сложной задачи выбор одного из вариантов решения обычно принимается ответственным лицом (или группой лиц) на основе личного опыта, т. е. *интуитивного* учета действующих в настоящий момент различного рода факторов. В этом случае существует риск принять неоптимальное или даже неверное решение с возможными крайне неприятными последствиями и для объекта, в отношении которого это решение было принято, и для лица, принимающего решение. Таким образом, проблема количественной (т. е. подкрепленной расчетом) оценки имеет и финансово-технический, и психофизиологический аспекты.

2.2. Психофизиологический аспект. Современный руководитель высокого уровня, обязанный по роду своей деятельности постоянно принимать решения, работает практически всегда в стрессовых ситуациях, поскольку степень правильности принятого решения может, как указывалось, иметь весьма существенные последствия. Такие ситуации в последнее время возникают все чаще (что обусловлено все более интенсивным развитием техники) и, как правило, влекут за собой финансовые, технические, а подчас и политические риски. Это, в свою очередь, предъявляет к возможностям (способностям) руководителя, принимающего решения, весьма жесткие требования, которые состоят в следующем:

- безусловной необходимости принятия решения;

¹ Основными тезисы системного подхода к решению подобных задач в области кораблестроения предложил еще в 1908 г. акад. А.Н. Крылов в работе [11]:

- проекты следует сравнивать по формуле или числу;
- одни качества могут быть положительными, другие — отрицательными;
- необходимо установить, что подлежит сравнительной оценке;
- главное внимание — боевым качествам корабля, второе — водоизмещению, третье — запасу угля, четвертое — мореходности.

- сложности принятия правильного решения, определяемой большим многообразием требующих одновременного учета факторов, а также различной важностью каждого из них;
- высокой ответственностью за принятое решение, ошибочность которого может привести к весьма неприятным (а иногда и к катастрофическим) последствиям как для компании, в интересах которой принимается решение, так и соответственно для принимающего это решение менеджера.

При этом у лиц, склонных к анализу изменяющихся факторов, их многочисленность (и, как правило, противоречивость), т. е. сложность одновременного интуитивного их учета совместно с уровнем важности каждого, вызывает определенную неуверенность в правильности принятого решения, что увеличивает вероятность того, что оно будет неверным. В тоже время люди авторитарного типа, как правило, принимают решения быстро (считая их единственно верными!), не учитывая обычную массу обстоятельств, особенно тех, с которыми они раньше не сталкивались, и поэтому считая их не столь важными (с малым приоритетом), что также повышает вероятность принятия неверного решения с непредсказуемыми последствиями.

Определенным выходом из создавшейся ситуации может быть создание психологически устойчивой мотивации принятия сложного решения — проведение математического расчета оптимального варианта решения проблемы, т. е. *системный формализованный анализ проблемы и расчет сравнительной эффективности вариантов принятия решения*. Такой подход позволяет первой группе лиц почувствовать уверенность в принятии решения (т. е. снижает уровень стресса), поскольку оно подкреплено расчетом, который базируется на подробном изучении всех действующих на решение факторов; вторую же группу лиц необходимость расчета заставит подробно оценить все действующие на решение факторы [16].

2.3. Финансово-технический аспект. Финансово-технический аспект проблемы состоит в том, что принятие волевых решений или решений на интуитивном уровне при необходимости учета множества одновременно и часто противоречиво действующих факторов может привести с большой вероятностью к следующему:

- неверным техническим решениям,
- неверной оценке ситуации.

Например, можно при регламентных работах легко не обратить внимание, что хотя параметры нескольких подсистем и в норме, но близки к критическим значениям (при этом велика вероятность выхода

подсистемы из строя). Расчет эффективности подсистемы в этом случае покажет на резкое уменьшение ее значения, что заставит обратить на нее внимание. Такие обстоятельства в большинстве случаев ведут к серьезным потерям материальных средств и времени и к возможному невыполнению поставленной задачи.

2.4. Сущность метода. Предлагаемый подход основан на методе *дискретного синтеза* с использованием элементов теории нечетких множеств. Данный метод предусматривает формирование целевой функции, адекватной поставленной задаче, и описание объекта рядом показателей (технических, конструктивных, экономических, технологических и эксплуатационных), характеризующих его всесторонне с точки зрения поставленной цели, в то время как теория Л. Заде позволяет трансформировать лингвистические переменные, высказывания с качественной оценкой в конкретные значения на заданном числовом интервале.

Суть метода состоит в следующем:

- определении задач, для решения которых предназначена рассматриваемая система¹;
- определении подсистем, участвующих в решении той или иной задачи, стоящей перед системой;
- расчете их показателей и далее приведении к функционалу, расчет которого и будет составлять эффективность системы в данный момент времени.

Таким образом, процедура расчета эффективности системы состоит из следующих этапов:

- определение перечня решаемых системой задач;
- определение перечня входящих в систему подсистем и выполняемых ими функций;
- определение принадлежности каждой подсистемы к решению одной или нескольких задач, стоящих перед системой (проведение ФПА);
- ранжирование решаемых системой задач;
- определение приоритета каждой из подсистем, участвующих в решении данной задачи;
- разработка системы показателей каждой подсистемы:
 - 1) выделение групп комплексных (интегральных) показателей;

¹ В широком смысле перечень решаемых системой задач является одним из основных критериев при определении принадлежности системы к той или иной функционально-однородной группе систем.

- 2) разработка методики расчета каждого показателя;
 - 3) расчет значений показателей и их коэффициентов успеха — приведение их к безразмерному виду (обычно в сравнении с нормами ГУ);
 - 4) определение ранга (весовых коэффициентов) показателей;
- расчет эффективности каждой подсистемы;
- расчет эффективности функционирования системы в данный, рассчитываемый момент времени.

Базовое выражение для расчета эффективности системы γ и ее составляющих можно представить в виде:

$$\gamma = \sum \beta_i \eta_i, \quad (1)$$

где β_i — весовой коэффициент i -го показателя системы; η_i — коэффициентов успеха i -го показателя системы; N — число рассматриваемых показателей, $i = [1; N]$.

Выражения для расчета коэффициентов успеха η_i каждого из i показателей записывается следующим образом:

$$\eta_i = 1 - \alpha_{i\text{мин}} / \alpha_i; \quad \eta_i = 1 - \alpha_i / \alpha_{i\text{макс}}, \quad (2)$$

где $\alpha_{i\text{мин}}$ и $\alpha_{i\text{макс}}$ — соответственно минимальное и максимальное (но всегда наиболее отличное от нормы) значение i -го показателя; α_i — текущее значение i -го показателя.

Основываясь на соотношении (1), запишем выражения для расчета эффективности работы СМК $\gamma_{\text{СМК}}$ и его составляющих.

1. Эффективность функционирования СМК определяется эффективностью работы его технической составляющей — технического комплекса (ТК) $\gamma_{\text{ТК}}$ и эффективностью работы обслуживающего его персонала — коллектива комплекса (КК) $\gamma_{\text{КК}}$ и их взаимным приоритетом:

$$\gamma_{\text{СМК}} = \beta_{\text{ТК}} \gamma_{\text{ТК}} + \beta_{\text{КК}} \gamma_{\text{КК}}, \quad (3)$$

где $\beta_{\text{ТК}}, \beta_{\text{КК}}$ — весовые коэффициенты соответствующих составляющих СМК.

2. Эффективность работы ТК $\gamma_{\text{ТК}}$ определяется эффективностью работы γ_n каждой n -й подсистемы ТК и их взаимным приоритетом (весовыми коэффициентами β_n):

$$\gamma_{\text{ТК}} = \sum \beta_n \gamma_n, \quad (4)$$

3. Эффективность работы каждой n -й подсистемы γ_n определяется по формуле (1) значениями характеризующих ее показателей и их весовыми коэффициентами.

4. Эффективность работы обслуживающего СМК персонала $\gamma_{\text{КК}}$ определяется эффективностью работы администрации (руководства, командования) комплекса $\gamma_{\text{АДМ}}$ и эффективностью работы коллектива каждого из n его подразделений $\gamma_{\text{ПР}n}$ и их взаимным приоритетом (весовыми коэффициентами):

$$\gamma_{\text{КК}} = \beta_{\text{АДМ}} \gamma_{\text{АДМ}} + \beta_{\text{КОЛ}} \sum \beta_{\text{ПР}n} \gamma_{\text{ПР}n}, \quad (5)$$

где $\beta_{\text{АДМ}}$, $\beta_{\text{КОЛ}}$ и $\beta_{\text{ПР}n}$ — весовые коэффициенты соответствующих составляющих эффективности работы КК.

Отметим, что значения γ , β и η лежат в интервалах $[0; 1]$, а сумма весовых коэффициентов β_i при расчете любого интегрального показателя должна быть равна 1, т. е.

$$\sum \beta_i = 1. \quad (6)$$

Более подробно аппарат оценки рассмотрен в частных методиках, например, в [2, 3, 6].

Сделаем некоторые замечания относительно формулы оценки эффективности (1). В случаях, когда к моменту расчета появилось весьма небольшое улучшение некоторых показателей системы на фоне постоянства других показателей, требуется нелинейная оценка эффективности, позволяющая выявить и не потерять эти изменения. В качестве такой оценки целесообразно использовать позиномы — нелинейную оценку, предложенную Р. Даффиным и др. [18], и применяемую для оценки эффективности технических систем [19, 20]:

$$\gamma = \prod \eta_m^{\xi_m}. \quad (7)$$

где ξ_m — коэффициент, определяемый весовым коэффициентом m -го показателя системы.

3. ФИППР на стадии проектирования СМК и его подсистем. Известно, что качество проектирования во многом определяет надежную эксплуатацию СМК, степень его готовности к решению задач, снижает уровень эксплуатационных затрат. Так, при относительно малых затратах на разработку¹ можно резко уменьшить затраты на ремонт и увеличить периоды между регламентными работами. Соответ-

¹ Например, для судов — это 13% суммы затрат на весь ЖЦ [7].

ственно разработка должна заслуживать самого пристального внимания как со стороны заказчика разработки той или иной подсистемы для СМК, так и со стороны генерального заказчика.

Проектирование СМК характеризуется тем, что в состав системы входит ряд различных функционально-независимых подсистем, каждая из которых проектируется и изготавливается различными организациями. Соответственно перед проектантом встает проблема выбора: заказ индивидуально разработанной подсистемы либо приобретение серийно-выпускаемой. Эта проблема решается в соответствии с требованиями к выбираемой подсистеме, а также имеющимися финансовыми и временными ресурсами. Отметим, что методология проектирования подсистем СМК в части рассмотрения и расчета их эффективности для всех альтернативных вариантов построения подсистемы должна быть одинакова.

Приведем основные положения методологии, учитывающей необходимость сохранения единой информационной среды между всеми участниками процесса:

- при разработке новой индивидуальной подсистемы следует считать сравнительную эффективность вариантов ее построения с учетом технических, конструктивно-экономических, производственных и эксплуатационных показателей будущей подсистемы; чтобы учесть производственные показатели, предприятие-изготовитель должно согласовать с проектантом соответствующие параметры: трудоемкость, стоимость, виды работ и т. п.; для каждой функционально-однородной группы изделий можно разработать методику расчета эффективности с использованием рассмотренного выше подхода [21];
- при покупке серийно-выпускаемой подсистемы следует проанализировать качества ее параметров совместно с «качеством» фирмы-производителя, т. е. рассчитать сравнительную эффективность вариантов поставки данной подсистемы из всех возможных (имеющихся на рынке); методику расчета можно разработать в соответствии с [22, 23].
- главному конструктору СМК следует разработать руководящие указания на изделие (СМК и его подсистемы) в соответствии с нормативными документами [24], в которых необходимо отразить вопросы методик расчета эффективности, унификации, диагностики элементов подсистем и дистанционной передачи информации о ее результатах, информационных и

управленческих протоколов для трансляции сообщений по локальной сети, конструктивных решений, баз данных и т. п.

- каждая разрабатываемая подсистема должна обеспечивать в эксплуатации максимально-безотказную работу, для чего на стадии проектирования необходимо предусмотреть следующее:
 - 1) запас (шкалу изменения для производства и эксплуатации) значений основных параметров элементов;
 - 2) использование элементов, обеспечивающих при механических и климатических нагрузках, указанных в ТЗ, значения основных характеристик на 15–20% выше (ниже) допустимых (при серьезных увеличениях массо-габаритных и др. характеристик вопрос согласуется с заказчиком);
 - 3) установку элементов живучести для обеспечения (при крайней необходимости) работоспособности в случае выхода из строя наименее надежных и, как правило, наиболее сложных узлов (там, где это технически допустимо и целесообразно);
 - 4) использование элементов, обеспечивающих штатные, указанные в ТУ на них, режимы работы не более 50–60% предельно-допустимых (при серьезных увеличениях массо-габаритных и др. характеристик элементов вопрос согласуется с Заказчиком);
 - 5) систему контроля и диагностики ТС подсистемы, позволяющую:
 - а) учет фактически выработанного ресурса каждого ТС (что позволяет минимизировать число отказов за счет оперативного, по факту выработки ресурса, его обслуживания);
 - б) проведение агрегатной замены неисправных узлов (что требует высокодостоверной системы диагностики с точностью до агрегата, узла) для минимизации времени ремонта.

4. ФИППР на стадии изготовления СМК и его подсистем. Качество изготовления, так же как и качество проектирования СМК, во многом определяет его надежную эксплуатацию. Отметим, что к моменту изготовления СМК в целом, так и его подсистем предприятию-изготовителю следует решить основные технологические вопросы, поскольку их согласование с основным проектантом и проектантами подсистем СМК проводилось в период проектирования: соответственно в документации, передаваемой изготовителю, следует предусматри-

вать работы, по которым у последнего должен быть производственный опыт.

В то же время необходимо проанализировать вопросы контроля качества изготовления элементов изготавливаемых подсистем, рассчитать эффективность альтернативных возможностей контроля (например, степень целесообразности использования дополнительных методов контроля: тепловизионного, рентгеновского, специальных методов контроля печатных плат и пр.) и т. п.

При поставке покупных подсистем (см. предыдущий раздел) следует осуществить их входной контроль, при котором на основе измеренных параметров рассчитывается эффективность подсистемы и проводится ее сравнение со значением, рассчитанным при сдаче изделия на заводе-изготовителе (методику и ПО к ней следует поставлять вместе с изделием).

Перед передачей изготовленного СМК на испытания или в период предварительных (заводских) испытаний следует рассчитать эффективность СМК, его подсистем и проанализировать результаты расчета.

5. ФИППР на стадии эксплуатации СМК. Высокий уровень эксплуатационной готовности СМК можно обеспечить прежде всего возможностью в любой требуемый момент времени получить достоверную информацию об эффективности работы каждой подсистемы СМК и комплекса в целом и об эффективности действий коллектива (с учетом психоэмоционального и физического состояния здоровья каждого члена коллектива) и возможностью сравнивать полученную информацию с результатами предыдущих расчетов. Это позволит составить прогноз поведения СМК при выполнении поставленной задачи.

Использование современных информационных технологий позволяет решить эту задачу путем расчета эффективности функционирования СМК на основе оценки (измерения) состояния ТК (ТС СМК) и КК; комплекс этих работ следует осуществлять оперативно в период проведения расчета, обеспечивая высокую достоверность получаемой информации.

Расчет эффективности работы СМК в период эксплуатации проводится, как правило, в двух случаях:

1) при периодических *плановых расчетах эффективности* (ПРЭ) функционирования;

2) при *внеплановых расчетах эффективности* (ВРЭ) в случае решения оперативной задачи или при возникновении отказов.

Результатом проведения ПРЭ или ВРЭ, основанных на оценках работы ТС, действующих в подсистемах СМК, и обслуживающего их

персонала, является информация, позволяющей руководству СМК принять достаточно достоверное решение по дальнейшему использованию данного объекта и, при необходимости, по его восстановлению, усилению внимания к персоналу и т. п.

Проведение ПРЭ СМК следует осуществлять регулярно в целях раннего выявления возможных неисправностей или определения тенденции к отказу того или иного ТС, а также сбоев в работе КК. ПРЭ способствуют предотвращению аварийных ситуаций в СМК (для ТК ПРЭ могут проводиться по результатам проведения регламентных работ, для КК — по результатам плановых осмотров, диспансеризации). ПРЭ осуществляются путем расчета динамики изменения эффективности функционирования всех подсистем СМК. Проведение подобных расчетов необходимо при плановых проверках, регламентных работах, ремонте и т. п. Вопросы расчета эффективности СМК в части ТК в период эксплуатации (показатели, критерии, соотношения и т. п.) достаточно подробно рассмотрены в [2, 3].

Что касается ВРЭ, то такие расчеты, как отмечалось выше, следует проводить либо при возникновении конкретных задач, поставленных перед СМК, либо после серьезных отказов ТС СМК. В этом случае расчету подлежит эффективность только тех подсистем, которые в той или иной степени участвуют в реализации поставленной задачи, что определяется процедурой ФПА системы [25]. Эта процедура предусматривает определение соответствия поставленной задаче перечня подсистем СМК и степени участия каждой из них в решении задачи, что учитывается значениями весовых коэффициентов при расчете эффективности подсистемы; соотношения для расчета аналогичны ПРЭ — с учетом указанной коррекции.

Приведем некоторые соображения по разработке вопросов эффективности работы КК, расчет которой проводится в соответствии с рассмотренным ранее подходом. Эффективность работы КК определяется как работой каждого члена КК, так и работой КК в целом.

Эффективность функционирования каждого работника, каждого члена КК (в том числе руководителей) зависит от уровня его здоровья, определяемого состоянием, качеством работы подсистем его организма (сердечно-сосудистой, желудочно-кишечной, дыхательной и т. п.), эффективности деятельности его интеллектуальной подсистемы (комплекса разумной деятельности), а также от его личностных характеристик (психотипа, характера, исполнительности и т. п.). Степень влияния каждой характеристики на выполнение работником своих должностных обязанностей зависит от должности, специальности и т. п.

(например, очевидно, что такие черты характера, как контактность, доброжелательность, существенно важнее для человека, занимающего руководящую должность, чем для одиночного исполнителя конкретной работы). Эти соображения приведены в работе [26], где также даны соответствующие соотношения для расчета эффективности.

В то же время в работе КК, как в единой структуре, весьма серьезную роль играет слаженность работы, высокий уровень доверия между сотрудниками, а также между сотрудниками и руководством. Такая слаженность увеличивает эффективность решения задач коллективом СМК за счет появляющегося системного эффекта, синергической составляющей эффективности работы КК.

Таким образом, эффективность работы подразделений коллектива СМК определяется слаженностью его работы и эффективностью выполнения каждым членом коллектива своих должностных обязанностей.

6. Вопросы реализации результатов разработки ФИППР СМК. Реализация результатов разработки ФИППР в СМК, внедрение ее в практику состоит в следующем:

- в возможности и, на наш взгляд, целесообразности разработки и введения в состав СМК устройства информационной поддержки комплекса (УИПК), предназначенного для расчетов эффективности функционирования СМК в период эксплуатации;
- в обеспечении руководства СМК и вышестоящей организации своевременной информацией об эксплуатационной готовности СМК, о возможных предостказных ситуациях, что позволяет своевременно принять меры для их предупреждения.

В информации, получаемой *руководством СМК и его подразделений*, указаны следующие данные:

- эффективность функционирования каждой подсистемы СМК и СМК в целом — по сравнению с моментом ввода его в эксплуатацию и с моментом последнего расчета; анализ причин ухудшения;
- степень близости полученной эффективности к критической (указанной в документах), ниже которой подсистема неработоспособна; срок, за который можно улучшить ситуацию;
- эффективность работы каждого функционально-законченного элемента каждой подсистемы СМК по сравнению с моментом ввода его в эксплуатацию и с моментом последнего расчета;
- степень близости полученной эффективности к критической (указанной в документах), ниже которой функционально-

законченный элемент неработоспособен; срок, за который можно улучшить ситуацию, и необходимые для этого ресурсы (техническое обслуживание, ремонт, силы команды, силы промышленности и т. п.).

- план ремонта в случае снижения эффективности работы функционально-законченного элемента до критической отметки: перечень мер по повышению эффективности работы элементов «больных» подсистем с указанием сроков и расчетной эффективности их работы и работы подсистем после ремонта.
- эффективность работы коллектива каждого подразделения СМК; в случае снижения эффективности — анализ причин снижения и предполагаемые меры.
- интегральная эффективность функционирования СМК — с учетом обеих составляющих эффективности: как технической, так и эффективности работы коллектива.

В информации, предназначенной для *руководства вышестоящей организации* указываются следующие данные:

- эффективность функционирования каждой подсистемы СМК и СМК в целом по сравнению с моментом ввода его в эксплуатацию и с моментом последнего расчета; анализ причин ухудшения, если она снизилась;
- степень близости полученной эффективности к критической (указанной в документах), ниже которой подсистема неработоспособна; срок, за который можно улучшить ситуацию;
- отчет о проведении ремонтов и регламентов работ по каждой подсистеме СМК;
- эффективность работы коллектива каждого подразделения СМК; в случае снижения эффективности — анализ причин снижения и предполагаемые меры;
- интегральная эффективность функционирования СМК с учетом обеих составляющих эффективности: как технической, так и эффективности работы коллектива.

Опишем *устройство информационной поддержки СМК*:

- УИПК размещается в составе СМК и состоит из пульта ввода информации, вычислителя и устройства сопряжения с локальной сетью СМК.
- УИПК предназначен для следующих целей:
 - 1) проведения расчетов эффективности работы СМК в плановом и внеплановом режимах на основе результатов регламентных работ;

- 2) получения по локальной сети оперативной информации о состоянии ТС и коллектива СМК;
 - 3) оперативной передачи информации о результатах расчетов в адрес заинтересованных лиц по локальной сети;
 - 4) отображения информации по планам технического обслуживания, ремонта и материально-технического снабжения, а также документации в электронном виде;
- УИПК должен обеспечивать выполнение следующих задач:
- 1) автоматический прием (ввод) информации о состоянии ТС СМК через свои интерфейсы в реальном времени;
 - 2) ручной ввод информации о состоянии ТС СМК (для ТС, не имеющих дистанционного выхода).

Заключение. Рассмотренные вопросы создания системы информационного обеспечения требуют скоординированных усилий и генерального заказчика (для судов — в лице флота, для систем атомной энергетики — в лице Атомэнерго и т. п.), и промышленных предприятий, причем, как это следует из изложенного, не только генерального подрядчика, но и всех разработчиков-соисполнителей подсистем СМК. Что касается промышленных организаций, то их роль и место, по нашему мнению, достаточно ясны; что же касается заказчика, являющегося определяющим звеном в создании такой системы, то основные действия по разработке и внедрению системы информационного обеспечения СМК можно сформулировать в виде следующих организационно-технических мер:

- разработка и внедрение в организации, проектирующие и изготавливающие СМК и подсистемы для их комплектования, методик расчета сравнительной эффективности вариантов проектирования объектов с учетом их предполагаемых технических, экономических, производственных и эксплуатационных характеристик;
- снятие с рассмотрения проектов, не имеющих расчета эффективности альтернативных вариантов;
- разработка и внедрение в практику методик плановых и внеплановых расчетов эффективности функционирования каждой подсистемы МРО и МРО в целом.
- введение в технические задания для всех проектируемых и модернизируемых СМК требований к системе контроля и диагностики ТС подсистем, позволяющей:
 - 1) учитывать фактически выработанный ресурс каждого ТС;

- 2) проводить с высокой достоверностью диагностику с точностью до функционального узла (агрегатная замена);
 - 3) формировать и передавать по локальной сети информацию о состоянии ТС, входящих в СМК;
- обеспечение разработки и внедрения УИПК, позволяющего проводить оперативные расчеты эффективности, прием информации о состоянии ТС СМК и трансляцию результатов расчета заинтересованным лицам через интерфейсы;
 - обеспечение разработки и поставки средств инструментального снятия информации о состоянии здоровья членов экипажа (фрагменты такого оборудования имеются на предприятиях морской, авиационной и железнодорожной отраслей промышленности).
 - контроль достаточности документации на каждое функционально-законченное изделие (каждый функционально-законченный элемент изделия) и достаточности параметров в документации для обеспечения возможности расчета его эффективности;
 - обеспечение обучения методам расчета эффективности изделий ведущих исполнителей работ по разработке, изготовлению и эксплуатации СМК и их подсистем.

В заключение отметим, что система информационного обеспечения позволяет создать СМК (корабли, гидро- и атомные электростанции и т. п.) с высокой эффективностью функционирования, с высокой готовностью к выполнению и плановых, и возникающих вне плана оперативных задач, что определяется следующим:

- высококачественным проектированием — выбором оптимального направления проектирования СМК с учетом предполагаемых технических, экономических, производственных и эксплуатационных характеристик;
- высококачественным изготовлением — всесторонним контролем качества изготовления самого СМК и входящих в него подсистем;
- обслуживающим СМК персоналом, сочетающим высокий уровень здоровья членов коллектива с высоким профессионализмом и необходимыми личностными характеристиками;
- эффективной эксплуатацией СМК, которая обеспечивается своевременным (на базе проводимых расчетов эффективности) принятием мер при появлении тенденции к возможным отказам его подсистем или неудовлетворительному состоянию

членов коллектива, возможностью получения оперативной информации об использованном ресурсе подсистем и их техническом состоянии, неукоснительным соблюдением сроков регламентных работ и плановых ремонтов его подсистем.

Литература

1. Словарь по кибернетике / ред. В.М. Глушков. Киев: Украинская советская энциклопедия, 1979. 624 с.
2. *Калужский А.Д.* Предупреждение внезапных отказов эргатической системы // Проблемы анализа риска. 2009. Вып. 3, т. 6. С. 44–57.
3. *Калужский А.Д.* Обеспечение высокой эксплуатационной готовности систем длительной эксплуатации // Качество. Инновации. Образование. 2009. №7. С. 35–45.
4. Р 50.1.031—2001. Рекомендации по стандартизации. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Терминологический словарь. Ч. 1. Стадии жизненного цикла продукции. М.: Изд. Госстандарта России. 2001.
5. *Третьяков О.В.* Информационная технология оценки эффективности проектных решений // Материалы Общерос. конф. «Моринтех-2001». СПб., 2001.
6. *Калужский А.Д., Третьяков О.В.* Метод оценки изменения эффективности судна в период его эксплуатации // Материалы 7-й Общерос. конф. «Моринтех-2008». СПб., 2008. С. 364–371.
7. *Судов Е.В., Левин А.И., Петров А.В., Чубарова Е.В.* Технологии интегрированной логистической поддержки изделий машиностроения. М.: ИД «ИнформБюро», 2006. 232 с.
8. DEF STAN 00-60 Integrated Logistic Support. Стандарт. Великобритания. МО.
9. Product Data Model, NATO, нормативный документ. Vol. 410. 2002.
10. ИПИ (CALS) технологии. Основные сведения. ЦНИИ РТК // Электронный ресурс [http://www.rtc.ru/ipi/about/about.shtml].
11. *Крылов А.Н.* Об оценках представленных на конкурс проектов. Собрание трудов. Т. 1, ч. 1. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1951. 248 с.
12. *Сервинский Е.Г.* Оптимизация систем передачи дискретной информации. М., Связь, 1974. 336 с.
13. *Клиланд Д.И., Кинг В.Ф.* Системный анализ и целевое управление. М.: Сов. Радио, 1974. 280 с.
14. *Заде Лотфи А.* Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений // Математика сегодня: сборник статей / пер. с англ. М., 1974. С. 5–48.
15. *Стицнадель В.Н.* Теория и практика принятия оптимальных решений. СПб.: ИД «Бизнес-пресса», 2002. 400 с.
16. *Калужский А.Д.* Стресс при принятии управленческих решений: метод минимизации // ПерсоналМикс. 2006. № 7–8. С. 36–37.
17. Современный толковый словарь русского языка. СПб.: Норинт, 2005. 960 с.
18. *Даффин Р., Питерсен Э., Зенер К. и др.* Геометрическое программирование. М.: Мир, 1972. 311 с.
19. *Воздвиженский Ю.М.* Позиномы — целевая функция при расчете эффективности систем связи // Труды учебных институтов связи. 1974. № 69. С. 18–23.
20. *Калужский А.Д.* Применение позиноминальной оценки для определения эффективности аппаратуры с высокими показателями электромагнитной совместимости // Радиотехника. 1981. № 6, т. 36. С. 76–77.

21. *Калужский А.Д.* Определение оптимальной структурной схемы электронной аппаратуры // Техника средств связи. Серия. ТРС. 1980. Вып. 6. С. 137–139.
22. *Калужский А.Д.* Аналитический подход к выбору аппаратуры при комплектовании объектов // Сб. науч. трудов 2-й междунар. конф. «Системный анализ и информационные технологии САИТ-2007». Россия, г. Обнинск, 10–14 сентября 2007 г. Т. 2. 2008. 288 с.
23. *Калужский А.Д.* Инструмент выбора поставщика электронных комплектующих изделий // Снабжение производства электроники. 2007. № 1. С. 7–9.
24. ОСТ4.091.090-78. Порядок проведения НИР и ОКР. Руководящие указания по конструированию. Построение и создание. М.: Изд. Госстандарта России, 1977.
25. *Калужский А.Д.* О роли функционально-параметрического анализа в оценке эффективности работы системы // Труды СПИИРАН. 2011. Вып. 1 (16).
26. *Калужский А.Д.* Аналитический инструмент подбора сотрудника компании // Управление развитием персонала. 2010. № 3. С. 226–236.
27. *Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б.* Современный экономический словарь. М.: Инфра-М, 2005. 480 с.

Калужский Александр Давидович — к.т.н. Область научных интересов: информационные технологии, разработка системных методов в разных областях деятельности. Число научных публикаций — 101. sakak@mail.ru, www.insis10.ru; +7(911)212-72-38.

Kaluzhskiy Alexander Davidovich — PhD. Research interests: information technology, system development methods in various fields. The number of publications — 101. sakak@mail.ru, www.insis10.ru; +7(911)212-72-38.

Рекомендовано СПИИРАН, зам. директора, д.т.н., проф. Б.В. Соколов.
Статья поступила в редакцию 14.03.2011.

РЕФЕРАТ

Калужский А.Д. **Некоторые вопросы информационного обеспечения эргатических систем.**

Современные технические системы — морские и речные суда, порты, базы, аэропорты и летательные аппараты, объекты атомной энергетики и т. п. представляют собой сложные многофункциональные комплексы (СМК). Такие СМК, насыщенные большим числом технических средств (ТС) и управляемые обслуживающим их персоналом, относятся к классу эргатических систем. Каждый СМК создается разработчиками с целью реализовать вполне определенные функции и предназначен для решения ряда задач, выполнение которых обеспечивается составом его ТС (обычно объединенных в подсистемы СМК) и профессионализмом персонала. Соответственно уровень эксплуатационной готовности СМК, эффективность решения стоящих перед СМК задач (решение задач по назначению) определяется качеством, надежностью работы подсистем СМК, а также уровнем оптимальности и своевременностью принятия решений управляющим СМК персоналом.

В работе показано, что необходимость высокой достоверности решений в условиях обработки больших массивов информации за ограниченное время неизбежно требует проведения формализации, проведения расчета — *формализованной информационной поддержки принятия решений* (ФИППР) на всех стадиях жизненного цикла (ЖЦ) изделия. Реализация ФИППР должна быть основана на получении оперативной информации о техническом состоянии ТС, подсистем СМК и СМК в целом, а также о физическом и психоэмоциональном состоянии членов коллектива с последующим сравнением полученных результатов с результатами предыдущих измерений. Наличие такой информации позволит не только принять верное решение по использованию данного СМК, но и вовремя отреагировать на возникающие или прогнозируемые отказы ТС, а также вовремя обратить внимание на возможные отказы членов коллектива.

В работе также отмечено, что внедрение ФИППР в практику позволит провести разработку и ввести в состав СМК устройство информационной поддержки СМК, обеспечивающее расчеты эффективности функционирования СМК в период эксплуатации, а также передающее руководству СМК и вышестоящей организации своевременную информацию об эксплуатационной готовности СМК, о возможных предотказных ситуациях, что позволяет своевременно принять меры для их предупреждения.

Таким образом, в работе предлагается подход, основанный на расчете эффективности принимаемых решений на всех стадиях ЖЦ системы, и возможность его реализации в различных проектируемых, строящихся, эксплуатирующихся и модернизируемых системах.

SUMMARY

Kaluzhskiy A. Some issues of information support of ergatic systems.

Modern facilities: sea and river ships, ports, storehouses, airports and, aircrafts, units of atomic energy and so on are the compound multifunctional complexes (CMC). Such complexes filled with a lot of devices and managed by its personnel, belong to ergatic systems. Every CMC is developed to realize specified functions and is destined to solve various tasks which realization is provided by parts of its devices (usually united in sub-systems of CMC) and qualification and professionalism of its personnel. Accordingly, a level of operational readiness, effectiveness of problem-solving setting to CMC are defined both a quality and reliability of CMC sub-systems operations and the level of optimal and timely decision making by the personnel managing CMC.

We show here that the necessity of high reliability of decisions making in conditions of huge volume of information and limited time, demands of formalization and calculation — *Formalized Information support of Decision Making (FISDM)* at all stages of article life cycle. Implementation and realization of FISDM should be based on getting constant and prompt information about technical conditions of the system, CMC subsystems and CMC in general, and also about state (health, emotional state, etc) of staff members with future possibility to compare obtained results with results of previous measuring; availability of such information will allow to make right decision in using CMC and to react in proper time to occurring or forecasting breakdowns of technical system and also pay attention to possible “refusal” of staff members.

In this article we also notice that FISDM implementation will allow to develop and add as a part of CMC an information support device which provides calculations of CMC effectiveness operation during its work and also ensures the management of CMC with timely information about CMC operational readiness, about possible accidents that allow to prevent them in proper time.

So, in the article we offer a method based on calculation of effectiveness of decision making on every steps of system life cycle and a possibility of its realization in various projectible, under building, under operation and modernizing systems.