



ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПЛАВСРЕДСТВ

Свешников В.В.

Академия военно-морских сил имени П.С. Нахимова, г. Севастополь

В статье излагаются общие сведения об эффективности функционирования (с точки зрения экономичности, надёжности, живучести, безопасности и экологичности) общекорабельных, энергетических и специальных систем корабля и судна в повседневных, аварийных и боевых условиях их эксплуатации.

Ключевые слова: плавсредства, механические системы, эффективность функционирования, экономичность, надёжность, живучесть, безопасность, экологичность, боевые, аварийные и повседневные условия эксплуатации, основные положения, факторы.

Введение. Механические корабельные и судовые системы (КСС) создаются для удовлетворения определённых потребностей кораблей и судов (КиС), их оборудования, экипажа и пассажиров. Они служат активным средством (АС) в целенаправленной деятельности по обеспечению целей и задач, поставленных перед КиС в целом и перед определённым оборудованием в частности.

В процессе создания и эксплуатации КиС постоянно возникают проблемы функционирования различной сложности, выражающиеся в несовершенности конструктивных схем и невозможности выполнения ими задач при эксплуатации в некоторых условиях эксплуатации, например [1-3]. Причиной возникновения проблем является расхождение между желаемым и действительным результатом функционирования КСС (ФС) при неизвестных путях преодоления этого расхождения (несоответствия) в условиях бурно развивающейся и совершенствующейся техники [4, 5].

Для решения проблем необходимо выделить и достаточно чётко сформулировать все определённые и неопределённые факторы, влияющие на функционирование каждой конкретной КСС, которые существенно снижают или устраняют различие между желаемым и действительным результатом, т.е. решает проблему.

Оценка эффективности КСС (ЭС) невозможна без использования определённых технических показателей (ТП). Из множества имеемых показателей необходимо выявить существенные, которые оказывают влияние на функционирование КиС и их КСС в различных режимах использования и условиях эксплуатации.

Актуальность исследований. Впервые сделана попытка разработать общий подход к эффективности общекорабельных (общесудовых), энергетических и специальных КСС функционирующих в боевых (экстремальных) (БУЭ), аварийных (АУЭ) и повседневных (ПУЭ) условиях эксплуатации, при выполнении поставленных перед КиС задач, составными частями которой являются экономичность, надёжность, живучесть, безопасность и экологичность КСС.

Цель и задачи исследования. Цель – определение облика и стратегии использования различных КСС, позволяющие создавать и эффективно выполнять поставленные перед КСС задачи в различных условиях эксплуатации при нахождении КиС как правило в море.

Задачи: определение основных положений и параметров, влияющих на ЭС; определение основных факторов, влияющих на эффективное ФС.

Основные положения ЭС. Под ЭС понимаем степень различия между реальным Y и желаемым $Y_{тр}$ результатами ФС.

К АС КСС относятся технические средства (трубопроводы, машины, аппараты, ёмкости, арматура, аппаратура контроля и управления), а также ресурсы (вещественные, энергетические и временные). Технические средства входят в состав КСС в качестве её подсистем (агрегатов) или элементов. Эти подсистемы, как правило, управляемы.



Система управління КСС (групи КСС) может содержать несколько распорядительных центров с органами управления автоматизированной системы управления энергетической установкой (постов управления) и имеет иерархическую структуру. В состав распорядительных центров включаются люди (операторы), принимающие решения и реализующие на основе этих решений управляющие воздействия на объекты управления (КиС и его оборудование, КСС и их элементы).

Таким образом, формируя КСС для достижения определённой цели, в её состав включают всё то, что непосредственно влияет на ход и исход операции (выполняемого режима функционирования) КСС, т.е. на достижение желаемого результата. В качестве АС в состав КСС входят элементы, находящиеся в непосредственном взаимодействии между собой и внешней средой. Управлять этими КСС могут распорядители (операторы системы), среди которых выделяют основного распорядителя – лицо принимающее решение (ЛПР), т.е. оператора в центральном посту управления или на главном командном посту (его функции могут выполнять автоматические или автоматизированные системы управления). Успешность ФС (её эффективность) рассматривается только с позиции ЛПР (к ЛПР относятся также исследователи, занимающиеся созданием и модернизацией КСС). Цель, стоящая перед ЛПР, является целью ФС.

Процесс ФС, описывается набором определённых параметров. Совокупность конкретных значений этих параметров в фиксированный момент времени называется состоянием КСС. ФС есть процесс смены состояний. В каждый момент времени КСС может находиться только в одном состоянии. Состояние КСС и внешней среды в определённый момент времени называется ситуацией или обстановкой функционирования. Оценка обстановки перед началом операции КСС и в процессе её проведения, прогноз в изменениях обстановки являются важными этапами принятия решений. Ситуация (обстановка), сложившаяся к исходу операции КСС, обычно определяет фактический (реальный) результат ФС. Совокупность факторов, существенно влияющих на изменение обстановки (обуславливающих её), называется условиями обстановки.

Наряду с качеством АС и способами их использования в КСС условия обстановки функционирования являются основными составляющими (слагаемыми) её эффективности. Высокая ЭС обусловлена рациональным способом использования высококачественных АС в благоприятно (ПУЭ) или не благоприятно (АЭУ и БУЭ) сложившихся условиях обстановки.

ФС представляет собой обмен, в результате которого КСС за приобретённую для себя пользу (полезный или целевой эффект) расплачивается некоторым количеством ресурсов C , т.е. терпит определённые издержки, выражаемые, например, стоимостью и количеством этих ресурсов или затраченным временем T на проведение ФС. Применительно к этому эффективность функционирования характеризуется выгодностью для КСС такого обмена. Результат ФС, таким образом, характеризуется не только полезным эффектом q (получением некоторой экономии, достижением или сохранением желаемого состояния и т.д.), но и связанными с этим действием затратами ресурсов, времени и другими потерями, понесёнными при ФС. Очевидно, чем ближе результат обмена к предельно выгодному, тем эффективнее КСС. Предельно выгодный обмен характеризует потенциальную ЭС.

Результат Y ФС ставят в зависимость от основных результирующих факторов – полезного эффекта q (высокого КПД АС и КСС в целом, надёжности и живучести АС, безопасности АС и экипажа и пассажиров, отсутствие загрязнения окружающей среды), затраченных ресурсов C (энергии, рабочих тел и веществ, операторов) и времени T (обеспечение необходимой манёвренности и скорости). В свою, очередь, результирующие факторы зависят от выбранной стратегии (режима использования КСС). Следовательно, результат ФС также будет зависеть от стратегии u :



$$Y(u) = Y(q(u), C(u), T(u)) \quad (1)$$

В общем случае функция $Y(u)$ является вектором, компоненты которого характеризуют результаты частных параметров, направленных на достижение частных целей, на которые расчленяется общая цель ФС (экономичность, надёжность, живучесть, безопасность и экологичность).

ЭС есть обобщённое определяющее функциональное свойство КСС, раскрывающееся через категорию цели (желаемый результат) и объективно выражается степенью достижения цели с учётом затрат ресурсов и времени на реализацию ФС. Любую КСС рассматривают как составную часть более широкого функционирования, проводимой надсистемой (КиС и его составными частями), в которую входит КСС. Надсистема достигает определённую глобальную цель, организуя свою деятельность в соответствии с некоторой политикой (задачей), выбранной из множества допустимых возможностей (альтернатив, вариантов действий надсистемы). Эффективность исследуемой КСС предопределяется её полезностью в проводимой надсистемой политике, направленной на достижение глобальной цели. ЭС не выводится полностью из своих свойств, т.к. необходимо учитывать и свойства надсистемы [6].

Потенциальная ЭС, характеризуемая предельно выгодным обменом [7], определяется как эффективность её функционирования при идеальном способе использования АС, т.е. выборе лучшей стратегии. Следовательно, потенциальная ЭС зависит лишь от качества её АС (элементов). Поэтому, когда говорят об эффективности элемента, который используется как АС в некоторой КСС, то имеют в виду потенциальную эффективность функционирования этого элемента.

В прикладных исследованиях эффективности элементов КСС (ЭЛС) обычно приходится решать проблемы: оценки ЭС с использованием её элемента (проблема оценки); выбора рационального способа (стратегии) использования элементов в КСС (проблема выбора).

Оценка ЭС заключается в выработке оценочного суждения относительно пригодности заданного способа действий или приспособленности ЭЛС к решению определённых задач на основе измерения (оценивания) уровня эффективности ФС, например [2, 3].

ЭС оценивается с целью решения следующих задач: принятия решения относительно допустимости практического использования оцениваемого способа действий в той или иной ситуации; выявления вкладов (эффектов) различных факторов в общую эффективность ФС, влияния взаимодействий факторов на эффективность; установления путей повышения эффективности функционирования (выявления резервов эффективности); выявления функциональных возможностей элементов, используемых в КСС; сопоставления (сравнения) нескольких альтернативных вариантов действий или ЭЛС, их ранжирование по уровням эффективности (установление отношения предпочтения на множестве возможных вариантов). Последняя задача часто выступает как подпроблема оценки эффективности (задача сравнительной оценки вариантов (способов действий и КСС)).

При выборе рационального способа использования АС в КСС или путей развития ЭЛС выделены задачи: выбора целесообразного способа управления ЭЛС с заданными функциональными характеристиками; определения рационального режима эксплуатации ЭЛС; выработки оптимального плана ФС; оптимального распределения ресурсов между подсистемами или элементами в КСС; выбора рационального варианта проектируемого ЭЛС; формирования программы развития больших ЭЛС; выработки технико-экономических требований к создаваемым ЭЛС; выдвижения гипотез рационального поведения подсистем, находящихся во взаимодействии с данной КСС.

Практическая направленность исследований ЭС заключается в выработке решений на создание наилучшей структуры и рациональное использование ЭЛС при достижении



цели в разных условиях обстановки (эксплуатации) или на целесообразный вариант проектируемого ЭЛС (создание).

В КСС проблема эффективности тесно связана с проблемами таких общих ТП, как экономичность, надёжность и живучесть, безопасность и экологичность ЭЛС. Возрастание сложности ЭЛС приводит к снижению их ТП, а, следовательно, к уменьшению их эффективности. ЭЛС не соответствующий перечисленным выше ТП не может быть эффективным средством достижения поставленной цели. Анализ ЭС позволяет определить требования к параметрам ТП ЭЛС, используемых в качестве АС.

Недостаточный уровень ТП проектируемой или существующей КСС может явиться проблемой, для решения которой выдвигаются альтернативные действия, например, отказ от создания КСС или замена её новой, усовершенствованной; повышение ТП существующей КСС до требуемого уровня; повышение устойчивости к БУЭ и АУЭ существующей КСС и т.д. для достижения выбранной цели. ЭС оценивается вероятностью безотказной работы её в течение заданного времени (автономности в ПУЭ или выполнения определённой задачи КиС в АУЭ или БУЭ). В ПУЭ интегральный показатель, состоящий из показателей экономичности, надёжности, безопасности и экологичности выступает в качестве показателя ЭС по повышению эффективности существующей или проектируемой КСС или её элемента. В АУЭ и БУЭ интегральный показатель, состоящий из показателей экономичности, надёжности, живучести и безопасности (в некоторых случаях в АУЭ – и экологичности) также выступает в качестве показателя ЭС по повышению эффективности существующей или проектируемой КСС или её элемента (БУЭ для многих судов исключены).

Факторы, определяющие ЭС. ЭС и их элементов определяется множеством различных по своей природе факторов. Под фактором понимают движущую силу какого-либо процесса (явления) или условие, которое влияет на тот или иной процесс (явление).

При исследовании ЭС выделено три группы факторов: качество КСС, условия ФС, способы использования (применения) КСС.

Для достижения определённой единственной цели создают КСС. Рассматривают функционирование КиС или его отдельной части, в котором анализируемая КСС является АС достижения поставленной цели. Определяют потенциальную эффективность ФС при идеальном способе использования КСС. Эту потенциальную эффективность и принимают за характеристику качества КСС. Очевидно, показатель ЭС является показателем её качества. Таким образом, положительными (полезными) свойствами КСС являются свойства, способствующие достижению заданной цели.

Каждой КСС присущи свои специфические способы применения, которые характеризуются совокупностью соответствующих факторов. К ним относятся: распределение частных задач и выделенных ресурсов между ЭЛС, видов работ (действий), способы управления, способы связи и взаимодействия между ЭЛС, режимы и регулярность использования и т.д.

К факторам, формирующим условия ФС, относятся: природные факторы (природно-климатические условия, географическое местоположение, обитаемость, поражающие факторы аварий, применения оружия и т.д.), факторы, являющиеся следствием активных действий конкурентов (противников) или партнёров (возможность, характер, способы целенаправленного противодействия или содействия), а также факторы, характеризующие наличие и виды различного рода ограничений (структурных, экономических, технических, экологических и др.).

Среди факторов, которые учитываются при исследовании эффективности, большая доля факторов не контролируется ЛПР, например, объективные законы природы (физические, химические и др.), которые необходимо учитывать в любом случае, а при их познании – использовать для достижения поставленных целей и учитывать их возможное негативное влияние. Неконтролируемыми являются и др. факторы: например, погодные условия, возникновение аварийных ситуаций, действия конкурентов (противников),



катаклизмы, аварийные происшествия и последствия применения оружия, которые относят к условиям ФС (использования). Все эти факторы являются неуправляемыми.

К управляемым факторам относят такие, на которые ЛПР может влиять по своему усмотрению, т.е. которыми он может оперировать в процессе ФС. К ним относят, например, факторы, характеризующие способы применения и направление использования КСС и их элементов.

По отношению к КСС факторы бывают внешними и внутренними. Внешние факторы отражают влияние внешней среды (окружающая КСС в отсеках, противопожарных зонах или забортном пространстве, расположение распорядительных центров и др.), способствуя успешному ФС (полезные факторы), или противодействуя успеху ФС (эксплуатационное, аварийное или боевое повреждение, ошибочные действия оператора и др.) (вредные факторы). Внутренние факторы отражают взаимовлияние движущих сил внутри КСС на ход и исход её функционирования (изменение структуры и ТП КСС, характеристик АС и др.).

Факторы бывают в виде переменных (числовых и нечисловых). С точки зрения информированности ЛПР об этих переменных факторы делятся на определённые Λ_F и неопределённые Λ_Ω . К определённым относятся переменные, значения которых известны ЛПР с требуемой точностью. Это различного рода заданные и контролируемые параметры (давление, расход, температура, уровень и др.), известные (регулярные) функции определённых аргументов (производительность, мощность, КПД и др.) и т.п. К определённым факторам также относятся контролируемые входные воздействия (изменение климатических условий, микроклимата, параметров окружающей среды и др.), в том числе и управляемые переменные (задание, поддержание и изменение режимов функционирования КСС).

К неопределённым относятся переменные, о значениях которых в реальном процессе ЛПР осведомлён не полностью. Природа неопределённости этих переменных (факторов) различна. Неопределённые переменные делятся на две группы: случайные переменные Λ_F и неопределённые переменные нестохастической природы Λ_J .

Неопределённые факторы нестохастической природы Λ_J условно разделяются на две группы: с известными функциями принадлежности (диапазонами изменения переменных), с неизвестными функциями принадлежности. Наибольшей степенью неопределённости обладают факторы с неизвестными функциями принадлежности. Обычно к ним применяют процедуру экспертного оценивания диапазонов изменений их значений.

Неопределённость нестохастического характера возникает обычно в силу следующих обстоятельств: наличия целенаправленного противодействия со стороны конкурирующей (соперничающей) системы (использование оборудования КиС для выполнения своих специфических задач, действия операторов постов управления), способы действий которой неизвестны ЛПР – поведенческая неопределённость Λ_J^B ; недостаточной изученности некоторых явлений, сопровождающих процесс ФС (воздействие поражающих факторов оружия, вредных веществ, качки, ухудшение условий обитаемости и др.) – природная неопределённость Λ_J^N ; нечёткого представления цели ФС (ошибочные или халатные действия оператора или лица его замещающего), приводящего к неоднозначной трактовке соответствия реального результата ФС желаемому – целевая неопределённость Λ_J^A .

Оценка ЭС с учётом неопределённых факторов нестохастической природы весьма сложна. Но использование теории нечётких множеств, теории игр и теории решений позволяет найти некоторые пути решения задач ЭС при наличии существенной неопределённости нестохастического характера.

В отдельную группу (по степени общности) выделяют результирующие факторы, т.е. факторы, непосредственно формирующие результат ФС. К результирующим факторам



относятся полезный эффект q , достигнутый в процессе ФС, затраченные ресурсы C и сроки T проведения конкретного процесса использования КСС. Результат ФС представляется в виде вектора, компонентами которого являются результирующие факторы, т.е.

$$Y = \|q, C, T\|, \quad (2)$$

или описывают функцией от результирующих факторов. Достаточно общим, например, является представление результата ФС в виде степенной функции от результирующих факторов:

$$Y = \alpha_0 \cdot q^{\alpha_1} \cdot C^{\alpha_2} \cdot T^{\alpha_3}, \quad (3)$$

где $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – параметры функции результата.

При этом результат будет нулевым, если хотя бы один из результирующих факторов положить равным нулю. Для описания результата в практике часто используют различные частные случаи приведённой функции. Так, если положить $\alpha_0 = \alpha_1 = 1$ и $\alpha_2 = \alpha_3 = 1$, то $y = q$. Если $\alpha_0 = \alpha_2 = 1$ и $\alpha_1 = \alpha_3 = 0$, то $y = C$. При $\alpha_0 = \alpha_3 = 1$ и $\alpha_1 = \alpha_2 = 0$ $y = T$. В этих частных случаях результат ФС описывается лишь результирующим фактором (при этом на остальные результирующие факторы накладывают обычно ограничения в виде неравенств).

Если положить $\alpha_0 = \alpha_1 = 1$, $\alpha_2 = -1$, $\alpha_3 = 0$, то $y = q/C$. Это выражение иногда используют при анализе систем по методу «эффект – стоимость».

Выводы. Исследование ЭС различных КиС необходимо для создания и модернизации КСС, позволяющие им выполнять различные задачи по выполнению целей, поставленные перед КиС и их отдельного оборудования. Это также позволит грамотно использовать общекорабельные (общесудовые), энергетические и специальные КСС в различных ПУЭ, АУЭ и БУЭ.

Огромное разнообразие факторов, влияющих на ЭС, составляет порой очень трудную задачу исследования КСС, особенно в АУЭ и БУЭ. Для создания конкретных КСС необходимо создавать их наилучшие структуры с оптимальным составом АС и проводить соответствующие исследования необходимых режимов ФС, особенно при неопределённых факторах нестохастического характера.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ работы различных схемных решений корабельных систем в различных режимах функционирования. О классификации судовых систем : отчёт о НИР (заключ.) / НЦ ВМС при СВМИ. ; рук. и исполн. Свешников В. В. – Севастополь, 1998. – 104 с.
2. Свешников В. В. Оценка эффективности и условной стоимости простых линейных механических корабельных и судовых систем / В. В. Свешников // 3б. наук. праць АВМС ім. П. С. Нахімова. – Севастополь : ВМС ЗС України, 2013. – Вип. 1 (13). – С. 175-183.
3. Свешников В. В. Оценка эффективности основных функциональных групп механических корабельных и судовых систем / В. В. Свешников // 3б. наук. праць СВМІ ім. П. С. Нахімова. – Севастополь : ВМС ЗС України, 2009. – Вип. 1 (16). – С.112-121.
4. Надёжность и эффективность в технике : Справочник. В 10 т. / Ред. совет : В. С. Авдеевский (пред.) и др. – М. : Машиностроение, 1988. – (В пер.). Т. 3. Эффективность технических систем / Под общ. ред. В. Ф. Уткина, Ю. В. Крючкова. – 328 с.
5. Методология теории эффективности общекорабельных систем и их математических моделей : отчёт о НИР (промежуточ.) / НЦ ВМС при СВМИ ; рук. и исполн. Свешников В. В. – Севастополь, 1996. – 99 с.



6. Дружинин В. В. Системотехника / В. В. Дружинин, Д. С. Конторов. – М. : Радио и связь, 1985.
7. Флейшман Б. С. Основы системологии / Б. С. Флейшман. – М. : Радио и связь, 1982.

Свешніков В.В. ПРО ЕФЕКТИВНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ПЛАВЗАСОБІВ

*У статті викладені загальні відомості про ефективність функціонування (з погляду економічності, надійності, живучості, безпеки і екологічності) та загальнокорабельних, енергетичних і спеціальних систем корабля і судна в повсякденних, аварійних та бойових умовах їх експлуатації.
Ключові слова: плавзасоби, механічні системи, ефективність функціонування, економічність, надійність, живучість, безпечність, екологічність, бойові, аварійні і повсякденні умови експлуатації, основні положення, фактори.*

Sveshnikov V.V. ABOUT THE EFFECTIVENESS OF THE FUNCTIONING OF MECHANICAL SYSTEMS BOATS

*The article contains General information about the effectiveness of the functioning (in terms of economic, reliability, survivability, safety and environmental protection) general ship, power and special systems of the ship and the ship in routine, emergency and martial conditions of their exploitation.
Keywords: craft, mechanical systems, the efficiency of the functioning of, efficiency, reliability, maintainability, safety, ecology, fighting, emergency and routine operating conditions, the main provisions, factors.*

Статтю прийнято
до редакції 28.10.2013