

УДК 629.5.017 : 656.61

Показатели эффективности применения методов формальной оценки безопасности в структурах эксплуатации судов

И.С. Кузьминых¹, А.С. Кузьминых¹, М.А. Пасечников¹,
В.И. Меньшиков¹, Н.Н. Морозов²

¹ Судоводительский факультет МА МГТУ, кафедра судовождения

² Естественно-технический факультет МГТУ, кафедра механики сплошных сред и морского нефтегазового дела

Аннотация. Рассмотрен процесс контроля состояния эксплуатации судов в культуре соответствия и предложены показатели, позволяющие определить эффективность использования технологий управления, составленных в рамках концепции формальной оценки безопасности.

Abstract. The process of operational status control of ship operation in compliance culture has been considered. The authors have proposed some indexes permitting to define efficiency of management technologies composed within the conception of safety formal evaluation.

1. Введение

Принятие Международной Морской Организацией (ИМО) девятой главы Международной Конвенции "Солас-74" и Кодекса к ней (МКУБ) было логичным и своевременным шагом международного сообщества, которое сознательно направляло усилия правительств морских государств на создание эффективных структур управления безопасной эксплуатацией судов и предотвращения загрязнения (СУБ). Однако, как показывают статистические данные, эксплуатация организационно-технических структур управления эксплуатацией судов, хотя и дала некоторый положительный результат, но все же не смогла существенно снизить аварийность на морском и рыболовном флоте. Поэтому комитеты морской безопасности и защиты морской окружающей среды при ИМО соответственно в мае и сентябре 1997 года приняли концепцию формальной оценки безопасности (ФОб) и предложили к использованию временное руководство по применению этой концепции (Логиновский, 2006). Главной особенностью концепции ФОб является переход от управления состоянием судна по целенаправленным планам к технологиям управления этим состоянием.

2. Эффективность технологий ФОб по показателю субстандартности

Для исследования особенностей, которые могут возникнуть в процессе поддержания состояния безопасной эксплуатации судна с использованием алгоритма ФОб, зададимся структурой в виде:

$$\eta = (Y, I, X, R, U, G), \quad (1)$$

где Y – элементное множество организационно-технической системы, включающее как береговые подразделения компании, так и суда, объединенные информационными и управляющими связями; I – система действий, правил и отношений, обеспечивающая стандартное состояние судам в структуре; X – множество процессов, идущих в структуре; R – множество целей управления; U – множество целенаправленных планов управления; G – множество управленческих ресурсов, оптимальных по стоимости, но выбранных с согласованными ограничениями на затраты.

Пусть с помощью мероприятий, реализуемых в рамках требований культуры соответствия с, осуществляется оценка состояния судна, причем так, что результат этой оценки можно определить с помощью индикаторной функции, записанной следующим образом

$$F(s) = \begin{cases} 1, & \text{если } s \subset c \text{ при безопасном состоянии судна } \eta_0 \text{ и структуры в целом } \eta; \\ 0, & \text{если } s \not\subset c \text{ при субстандартном состоянии судна } \eta_0 \text{ и структуры в целом } \eta, \end{cases}$$

где s – величина, характеризующая текущее состояние мореходности судна, а c – величина, характеризующая стандартное (эталонное) состояние мореходности судна.

Если величина s , характеризующая текущее состояние мореходности судна при контрольных наблюдениях, определена так, что судно признано субстандартным, то на этом судне в рамках концепции ФОб должен быть организован процесс восстановления

$$Y \xrightarrow{z} X, \quad (2)$$

где $Z \subseteq R \times U \times G \subset I$ – технология управлением, которая способна перевести судно из состояния субстандартности в состояние безопасности.

Конкретизируем в (2) процесс X , считая, что в структуре управления эксплуатацией (1) для конкретного судна $\eta_0 \subset \eta$ при выявленных признаках $s \not\subset c$, этот процесс может быть описан изменениями вектора параметров состояния судна, удовлетворяющими феноменологическому уравнению вида

$$\partial \mathbf{x}(r,t) / \partial t = \mathbf{f}_\lambda(\mathbf{x}(r,t)), \quad (3)$$

где $\mathbf{x}(r,t)$ – вектор, компонентами которого являются параметры состояния судна, меняющиеся во времени t и пространстве r , а $\lambda = c / s$ – величина несоответствий, принятая за параметр вектор-функции $\mathbf{f}_\lambda(\mathbf{x}(r,t))$, описывающей изменение состояния судна.

При неизменности требований культуры соответствия реально предположение о том, что система (3) имеет, по крайней мере, одно не зависящее от времени решение, которое можно принять за опорное решение

$$\mathbf{f}_\lambda(\mathbf{x}^*) = 0,$$

отвечающее отношению $s \subset c$. Тогда описание процесса поддержания безопасного состояния судна в рамках культуры соответствия можно представить так:

$$\mathbf{x}(r,t) = \mathbf{x}^* + \boldsymbol{\varepsilon}(r,t), \quad (4)$$

где $\boldsymbol{\varepsilon}(r,t)$ – ограниченные правилами (региональными соглашениями) отклонения состояния судна от безопасного состояния, выявленные в процессе контроля.

Временная эволюция состояния контролируемого судна (переход из субстандартного состояния в безопасное) с учетом выражений (1) и (3) может быть задана решением линеаризованного уравнения

$$\partial \mathbf{x} / \partial t = A \mathbf{x}, \quad (5)$$

причем элементы матрицы A (коэффициенты этого уравнения) не зависят от времени, так как операция по линеаризации может быть выполнена в окрестности не зависящего от времени состояния судна \mathbf{x}^* . Уравнение (5) допускает решение

$$x_i(r,t) = x_i^k(r) \exp(-\omega_k t), \quad (6)$$

где значения $Re\{\omega_k\}$ характеризуют время, в течение которого на судне устраняется величина несоответствия $\lambda_k = c / s$, полученная им при проведении проверки, а $k \in K$ – порядковый номер проверки судна, в которой идентифицировано состояние субстандартности.

Если далее учитывать выражение (6), то величина интервала времени, в течение которого происходит переход состояния судна из субстандартного в безопасное состояние после проведения k -ой проверки, можно найти так:

$$\tau_k = |1 / Re\{\omega_k\}|.$$

Тогда, суммируя интервалы времени всех k переходов судна из состояния субстандартности в безопасное состояние и относя его к общему времени эксплуатации судна T , можно получить величину:

$$k = (\sum_k \tau_k) / T,$$

которую можно назвать показателем субстандартности судна и использовать в структурах эксплуатации для оценки эффективности применения алгоритма, предлагаемого ИМО в концепции ФОБ.

3. Эффективность технологий ФОБ по показателю эксплуатационной готовности

Для определения свойства устойчивости состояний $X(r,t)$ из области их определения X , заданного отношением (2), выделим множество состояний безопасной эксплуатации $X_0 \subset X$. Состояния $X(r,t) \subset X_0$ вследствие особенностей измерений, проводимых в культуре соответствия, являются не различимыми на уровне отношения слабого порядка (*Нечеткие...*, 1986).

Пусть далее существует индикаторная функция вида:

$$f(X(r,t)) = \begin{cases} 1, & \text{если } X(r,t) \subset X_0, \\ 0, & \text{если } X(r,t) \subset X - X_0, \end{cases} \quad (7)$$

где X_0, X – m -измеримые множества, т.е. множества, элементы которых распределены по m -му закону распределения (*Колмогоров, Фомин, 1968*).

Очевидно, что в силу введенной индикаторной функции выражение

$$[\int_0^t f(X(r,t))dt] / n$$

будет определять частное от деления числа состояний $X(r,t) \subset X_0$ на общее число n состояний $X(r,t) \subset X$. Тогда в пределе равенство

$$f^*(x) = \lim_{n \rightarrow \infty} [\int_0^t f(X(r,t))dt / n]$$

будет определять среднюю частоту (вероятность) пребывания $X(r,t) \subset X_0$.

Далее рассмотрим самый простой случай. Пусть функция $f^*(x)$ равна постоянной величине для любого множества X_0 . Тогда, исходя из соотношения:

$$\int_X f^*(X(r, t))dm = \int_X f(X(r, t)) dm$$

получим следующее равенство

$$1/n \sum_{k=1}^n f(X(r, t)) = m(X_0) / m(X) = \text{const.} \quad (8)$$

Если учитывать (8), то нахождение вероятности безопасного состояния судна $X(r,t) \subset X_0$ в любой момент времени можно осуществить, опираясь на полную вероятность сложного события вида (7). Для сложного события (7) вероятности простых событий $X(r,t) \subset X_0$ и $X(r,t) \subset X - X_0$ определяются из системы дифференциальных уравнений вида

$$\begin{aligned} dP_0(t)/dt &= -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t); \\ dP_1(t)/dt &= \lambda P_0(t) - \mu P_1(t), \end{aligned} \quad (9)$$

где $P_0(t)$ – вероятность безопасного состояния судна; $P_1(t)$ – вероятность субстандартного состояния судна; $\lambda = 1/T$ и $\mu = 1/T_0$ – частота появления, соответственно, субстандартного и стандартного состояния судна при проведении проверок в культуре соответствия.

Если учесть, что вероятность безопасного состояния судна лежит в пределах

$$0 < P_0(t=0) < 1,$$

то решение системы (9) запишется так:

$$P_0(t) = [T / (T + T_0)] - [T / (T + T_0)] \exp\{-[(t / T) + (t / T_0)]\}.$$

При значениях $P_0(t) \rightarrow 0$ и при $t \rightarrow \infty$ из предыдущего выражения можно найти

$$P_0(t) = T / (T + T_0) = k^*, \quad (10)$$

где значение k^* можно назвать показателем эксплуатационной готовности судна.

Из выражений (8) и (10) следует, что показатель эксплуатационной готовности судна является стационарным значением функции $P_0(t)$ и определяется вероятностью безопасного состояния судна в любой момент времени.

4. Заключение

Проведенное исследование показывает, что вероятность безопасного состояния судна, поддерживаемого технологиями управления и оцениваемого в рамках культуры соответствия, может быть определена значением показателя эксплуатационной готовности.

Предложенная методика оценки эффективности технологий управления состоянием эксплуатации судов в СУБ компаний из арсенала ФОб может быть рекомендована к использованию на транспортных и рыбопромысловых судах.

Литература

- Колмогоров А.Н., Фомин С.В.** Элементы теории функций и функционального анализа. М., Наука, 496 с., 1968.
- Логиновский В.А.** Ресурсы и безопасность на море. *Эксплуатация водного транспорта*, вып. 46, с.17-19, 2006.
- Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения. Под ред. Р.Р. Ягера. М., Радио и связь, 408 с., 1986.