

УДК 629.5.067

## Надежность разрешения проблемных ситуаций при управлении состоянием безопасности судна

А.А. Сиротюк<sup>1</sup>, В.И. Меньшиков<sup>1</sup>, Н.Н. Морозов<sup>2</sup>, Н.М. Путинцев<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Судоводительский факультет МА МГТУ, кафедра судовождения

<sup>2</sup> Политехнический факультет МГТУ, кафедра физики

<sup>3</sup> Технологический факультет МГТУ, кафедра химии

**Аннотация.** В статье рассмотрена проблема гарантированного выбора результата при управлении состоянием мореплавания и дана вероятностная оценка надежности такого выбора.

**Abstract.** The paper considers the problem of choosing some guaranteed result in the management of navigation; the probabilistic assessment of the reliability of this choice has been given.

**Ключевые слова:** система, выбор, надежность, безопасность, мореплавание

**Key words:** system, choice, reliability, safety, navigation

### 1. Введение

Большая часть аварий в мировом судоходстве, так или иначе, связана с управлением состоянием безопасной эксплуатации судна, которое осуществляется судовой командой и береговым персоналом судоходной или рыболовной компании. Сегодня следует подходить к оценке деятельности судоводителя с учетом его персональной ответственности за происходящие события. Необходимо рассматривать роль человека в поддержании состояния безопасности судна с точки зрения социотехнических систем и технологий управления в этих системах.

При таком подходе к проблеме безопасности судна можно рассматривать его как сложную инженерно-техническую систему, объединяющую в себе простейшие технические средства (приборы) и информационные и экспертные системы. Вместе с социальной системой – судовым экипажем, организованным в систему расписаниями по несению вахты, инженерно-техническая система образует более сложную социотехническую систему управления безопасностью мореплавания.

Прогресс в области безопасной эксплуатации сложных технических и социотехнических систем достаточно заметен. Об этом свидетельствует появление исследований, в которых оценивается влияние технических систем на органы человека, формирование направления проектирования технических устройств с учетом психофизического состояния человека-оператора. Кроме того, в последние годы уделяется особое значение разработке элементов управленческого поведения человека-оператора, повышающих надежность функционирования организационно-технической структуры и ее живучесть в целом.

### 2. Механизм выбора гарантированного результата при организации управления состоянием судовой операции

Любую судовую ключевую операцию, как производственный процесс, в общем виде можно описать с помощью математической структуры, которая определяется согласованностью целенаправленного взаимодействия на связях этих элементов.

Для исследования особенностей, которые могут возникнуть в процессе поддержания состояния безопасной эксплуатации судна с использованием алгоритма формальной оценки безопасности (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 и культуры управления, осуществляется оценка состояния судна, причем так, что результат этой оценки можно определить с помощью индикаторной функции, записанной следующим образом:

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

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 управления, которая способна перевести судно из состояния субстандартности в состояние безопасности.

Если далее принять, что процесс (2) представляет собой последовательность фазовых переходов вида

$$X_1 \rightarrow X_2 \rightarrow \dots \rightarrow X_n,$$

то отдельные дискретные состояния процесса можно рассматривать как временную последовательность проблемных ситуаций. В рамках данного подхода будем полагать, что структурная модель отдельной ситуации, разрешение которой определяет безопасность выполнения судовой ключевой операции и безопасность судна в целом, может быть представлена так:

$$H = (A, V, G, H, Y, P), \quad (3)$$

где  $A$  – множество детерминированных и случайных факторов, определяющих безопасное состояние судовой операции;  $V$  – множество управлений, используемых лицом, принимающим решения (ЛПР);  $G$  – множество результатов, получаемых в процессе выполнения судовой операции;  $H$  – множество математических моделей адекватных множествам  $V$ ,  $A$ , и  $G$ ;  $Y$  – оператор соответствия "результат – показатель";  $P$  – структура предпочтений ЛПР, используемая им при решении задачи по управлению судовой операцией.

Пусть в модели судовой ключевой операции (3) заданы компоненты множества  $A$ , определены исходное множество управлений  $V$ , модель  $H$ , а также критерий эффективности  $Q$ . Структура предпочтения используется ЛПР для определения цели управления и предвидения последствий от реализации таких управлений. Привлечение производственной информации из мультимедийного пространства мостика судна позволяет ЛПР сопоставить возможные последствия управлений и выбрать то, которое способно обеспечить, с одной стороны, максимальную эффективность судовой операции, а с другой – ее безопасность.

Пусть в структуре (1) множество  $A$  обладает следующими свойствами:

$$A = A_1 \cup A_2, A_1 \cap A_2 = \emptyset \text{ и } A_1, A_2 \neq \emptyset, \quad (4)$$

где  $A_1$  – множество детерминированных факторов, определяющих безопасное состояние судовой операции;  $A_2$  – множество случайных и опасных факторов, влияющих на безопасное состояние судовой операции.

Если допустить, что выполняются условия (4), то оператор соответствия  $Y$  при управлении состоянием судовой операции будет порождать два варианта получения результата. Получение первого результата можно представить как отображение вида:

$$H_1: V \times A_1 \rightarrow Y_1(G) \rightarrow \max_{v \in V}, \quad (5)$$

а получение второго результата – как отображение, записанное так:

$$H_2: V \times A_2 \rightarrow Y_2(G) \rightarrow \min_{v \in V}. \quad (6)$$

Очевидно, что первый результат  $Y_1(G)$  зависит от эффективности управления логической программой судовой ключевой операции, а второй результат  $Y_2(G)$  определяет эффективность управления опасными производственными факторами (рисками), которые сопутствуют процессу управления состоянием судовой операции.

Для процесса управления эффективностью судовой операции при минимальных производственных рисках величину общего результата можно представить следующим образом:

$$H: V \times A \rightarrow Y(G) \rightarrow \max_{v \in V} \min. \quad (7)$$

Тогда гарантированный результат (7) можно получить лишь при такой организации управления состоянием судовой операции, для которой последовательность фазовых переходов от результата (5) к результату (6) и наоборот будет определяться надежностью к разрешению системы предпочтений ЛПП, представленной в структуре (3).

### 3. Оценка надежности функционирования структуры предпочтения ЛПП при организации управления состоянием судовой операции

Оценить надежность разрешения результатов (5) и (6) структурой предпочтения ЛПП можно, если существенно упростить процесс выбора. Заменим реальный процесс выбора результатов некоторым условным процессом с двумя фиксированными состояниями  $A_1$  и  $A_2$ , где  $\{A_1(A_2)\}$  – двухточечное множество состояний успешного и неуспешного выбора ЛПП результата (5) или (6) с учетом гарантированного результата (7). Сложность в получении оценки надежности разрешения структурой предпочтений ЛПП результатов с выбором гарантированного результата может быть снижена, если процесс перехода состояний на множестве  $\{A_1(A_2)\}$  принять за альтернирующий процесс, в котором необходимо определить лишь длительность  $\gamma$  для одного периода восстановления.

Пусть выбор результатов (5) или (6) осуществляется ЛПП в стационарном режиме, для которого с вероятностью  $q_i$  определяется принадлежность результата выбора к состояниям  $A_i$ ,  $i = 1, 2$ . Нетрудно заметить, что значения принятых характеристик для реального и условного процесса одинаковы. Тогда, определив основные характеристики времени пребывания условного процесса в состояниях  $A_i$ ,  $i = 1, 2$  через случайные временные величины  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$ , можно оценить вероятность (надежность) выбора структурой предпочтений ЛПП гарантированного результата.

Далее будем руководствоваться результатами работы (Рамков и др., 2010). Для рассматриваемого альтернирующего процесса выбора время  $\gamma_2$  равно сумме времени проведения одной реструктуризации и времени существования в системе несения вахты эксплуатационной не системности. В то же время, особенностью состояния  $A_1$  условного процесса является то, что все эксплуатационные не системности возникают при текущей работе вахты, но будут относиться к состоянию  $A_2$ . Поэтому учитывая тождество Вальда можно принять, что

$$M[\gamma] = M[\gamma_1 + \gamma_2],$$

и для стационарного альтернирующего процесса всегда будет существовать следующее равенство

$$q = M[\gamma_1] / M[\gamma].$$

Поэтому показатель надежности разрешения структурой предпочтения ЛПП, или, другими словами, вероятность нахождения ЛПП (вахтенного специалиста) в работоспособном состоянии для разрешения проблемных ситуаций, возникающих при управлении состоянием безопасной эксплуатации судна в произвольно выбранный момент времени, можно записать так:

$$P = q_1.$$

Полученное соотношение показывает, что гарантированный результат при управлении состоянием мореплавания можно получить лишь при такой организации управления состоянием судовой операции, для которой существует "хорошо" определенный вероятностный показатель надежности, характерный для специалистов уровня управления и введенный в Кодексе Международной Конвенции ПДНВ – 78/95.

### 4. Заключение

Рассмотренный вариант выбора гарантированного результата показывает, что разрешение проблемных ситуаций при правильной реализации отношения "безопасность – эффективность" в первую очередь зависит от квалификации судового персонала и определяется степенью его подготовленности к проведению любой судовой операции.

Априорно заданная оценка надежности выбора результатов при разрешении проблемных ситуаций позволяет учитывать влияние "человеческого элемента" на безопасность экипажа, судна, груза и окружающей среды при планировании эффективных производственных операций.

### Литература

Рамков И.А., Меньшиков В.И., Пеньковская К.В. Надежность механизма самоконтроля при восприятии и обработке навигационной информации в структуре безопасного мореплавания. *Научная жизнь*, № 3, с.26-32, 2010.