

УДК 656.611.2

Информационное обеспечение механизма предвидения в структурах управления состоянием безопасности судна

Б.Л. Тропин¹, А.С. Кузьминых¹, В.И. Меньшиков¹, Н.М. Путинцев²

¹ Судоводительский факультет МА МГТУ, кафедра судовождения

² Технологический факультет МГТУ, кафедра химии

Аннотация. Рассматривается структура управления состоянием безопасности, для которой формулируется подход к определению необходимого и достаточного информационного ресурса, обеспечивающего механизм предвидения, являющегося неотъемлемой частью программного обеспечения экспертной системы.

Abstract. The ship safety management structure has been considered in the paper. The approach to determining necessary and sufficient informational resources providing a precognition mechanism has been formulated. The precognition mechanism is an integral part of the expert system software.

1. Введение

Неуклонный рост потерь от навигационных аварий заставил Международную Морскую Организацию (ИМО) обратить особое внимание морских государств и судовладельцев на необходимость повышения безопасности при эксплуатации судов, сформулировав ряд основных принципов технического и организационного развития безопасного морского судоходства. Так, первый принцип предусматривает конструктивные мероприятия по улучшению управляемости судна и подготовку в проектных организациях подробной информации капитану о манёвренных качествах судна. Второй принцип подчёркивает необходимость разработки и внедрения автоматизированных систем управления движением судов, оборудование судов экспертными системами и составление технологий управления. Третий принцип определяет направления, связанные с использованием специализированных технических средств подготовки судовых специалистов, учитывающих весь спектр действия внешней среды на судно и прогнозирующих как траекторию состояния судна, так и его положение на предсказанной траектории. Для зон повышенной навигационной опасности (четвёртый принцип) ИМО обязало предусматривать дополнительные мероприятия, связанные с разработкой наставлений и рекомендаций по безопасному плаванию в этих зонах, регламентирующих действия судоводителя и откорректированных с учётом практического опыта наиболее квалифицированных судоводителей.

Принятые ИМО технические и организационные принципы снижения аварийности не могут быть целиком и полностью реализованы в существующей культуре соответствия. Возможность их реализации стала реальной лишь после введения в действие девятой главы Международной Конвенции "СОЛАС-74" и Кодекса (МКУБ) к ней, которые стали основой для формирования культуры управления безопасным состоянием судов компаний.

В культуре управления выполнении принципов ИМО по техническому и организационному развитию безопасного морского судоходства целесообразно начинать с формирования представлений о модели организационно-технической системы управления состоянием судна при несении вахты. Такая модель обязана включать в себя адекватно заданное математическое описание судна, а также среды, в которых осуществляется управление состоянием судна. Кроме того, в модель должен быть введён "человеческий элемент" (судоводители и экипаж судна), обеспечивающий поддержание безопасного состояния судна при выполнении на нём ключевых операций, особенно класса критичных по отношению к рискам или связанных с маневрированием судна в стеснённых водах (Юдин, 2007).

2. Особенности прогностической деятельности в организационно-технических структурах безопасной эксплуатации судна

Представим общую организационно-техническую структуру несения вахты при плавании в стеснённых водах или выполнении критичных по отношению к рискам судовых ключевых операций как объединение структур наблюдения и управления. Объединяющим началом этих структур является множество Δ , получаемое в результате пересечения информационной $T_{(1)}$ и управляющей $T_{(2)}$ технологий и включающее "человеческий элемент" P и объект управления Σ , взаимодействующий с окружающей его средой S . С формальной точки зрения синтез организационно-технической структуры η из структур наблюдения η_0 и управления η_1 , в которых реализуется общая технология T , можно записать так

$$\eta = \eta_0 \cup \eta_1,$$

если

$$T = T_{(1)} \cap T_{(2)} = \Delta(P, \Sigma, S),$$

где

$$P = (K, M_U, M_X, \Xi), \quad \Sigma = (E, J, X).$$

Если более подробно рассмотреть непустое множество Δ , связывающее технологии наблюдения и управления, то очевидно, что множество включает достаточно разнородные элементы. Так, элемент, отвечающий структуре Σ – объект управления, является пассивным и включает в себя множество технических средств E , множество безопасных эксплуатационных правил J и множество процессов X , идущих на судне. В то же время "человеческий элемент" P со структурой (K, M_U, M_X, Ξ) , где K – пространство знаний, M_U, M_X – механизмы функционирования и предвидения, соответственно, а Ξ – нервно-физическая сфера, в которой происходит управление состоянием безопасности как в стеснённых водах, так и в критичных судовых операциях, является активным. Структуру окружающей среды S в данном случае можно рассматривать как вероятностное пространство (Гихман, Скороходов, 1971).

Особенность взаимодействий в структуре P между механизмом предвидения и пространством знаний заключается в получении этим пространством от механизма предвидения как бы "заявок" на некоторую мощность множества информационных доминант, которые в последующем и должны попасть в механизм выбора (Меньшиков и др., 2006). В пространстве знаний формирование множества информационных доминант и множества допустимых альтернатив осуществляется с учётом имеющейся мощности данных и некоторой стратегии обслуживания механизма выбора. Делая "заявку" в пространство знаний "человеческого элемента", механизм его предвидения, будучи активным элементом, учитывает не только потребность в информации от конкретной функции выбора (Меньшиков и др., 2006), но и вероятность неполного обслуживания механизма выбора, которая, естественно, не всегда равна нулю. Результатом неполного обслуживания является недостоверность функционирования механизма предвидения в процессе формирования множества информационных доминант в пространстве знаний, которая снижает надёжность прогностической деятельности этого механизма.

Недостоверность функционирования механизма предвидения в процессе формирования множества информационных доминант в пространстве знаний обусловлена, в первую очередь, избыточностью входного информационного потока, которую следует отнести к одному из основных факторов, оказывающих влияние на прогностическую деятельность механизма предвидения и затрудняющих решение задач управления безопасным состоянием судна. Подобные затруднения являются основными источниками рисков в структуре η , которые также можно задать структурой в виде тройки множеств $\zeta = (L, H, Q)$, где $L \times H$ – множество пространственно-временных координат судна при плавании в стеснённых водах, а Q – мера рисков, позволяющая решать задачи, связанные с их идентификацией и классификацией. Структура ζ может служить основой при минимизации влияния рисков как в процессе планирования судовых ключевых операций, так и в процессе поддержания состояния безопасности при использовании технологий управления. Поэтому, применительно к особенностям эксплуатации судна в критичных по отношению к рискам судовых ключевых операциях и плаванию судна в стеснённых водах, основываясь на представлениях о введённой структуре рисков ζ , можно составить конкретную модель организационно-технической системы с учётом информационной ограниченности технологий предвидения.

3. Особенности структуры организационно-технической системы безопасного несения ходовой вахты

Будем считать, что, при выполнении на судне некоторого класса ключевых операций критичных по отношению к рискам или связанных с маневрированием судна в стеснённых водах, организационно-техническую систему несения вахты можно представить следующей структурой:

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

где Y – элементное множество организационно-технической системы, включающее "человеческий элемент", технические средства и среду; J – система организационных действий, правил и отношений, обеспечивающая безопасную эксплуатацию судна; X – множество процессов, происходящих в структуре η ; R – цель управления; U – множество возможных способов воздействия (управлений) на объект управления; G – множество управленческого ресурса, в том числе и множество информационного ресурса G_0 , необходимого для достижения поставленной цели R .

Кроме того, примем, что в структуре (1) тройка множеств $T_0 = \{R, X_0, G\} \subset T_{(1)}$ образует технологию предвидения состояния судна при выполнении на нём критичных по отношению к рискам

или связанных с маневрированием судна в стеснённых водах судовых операций, где $X_0 \subset X$ – подмножество возможных процессов, характеризующих состояние судна при реализации поставленной цели R и выбранном управлении $u(t)$ из множества U . Эта технология реализуется в результате взаимодействия принятого на этапе планирования механизма функционирования объекта управления $M_U = \{R, U\}$ в структуре η и её механизма предвидения $M_X = \{R, X_0\}$, обеспечивая выбор текущих управлений $u \in U$.

С формальной точки зрения разработку механизма предвидения M_X из структуры (1) в целом можно рассматривать как задачу синтеза прогнозирующего фильтра Φ . Причём такого фильтра, с выхода которого прогнозируемое состояние судна в критичной судовой ключевой операции или при плавании в стеснённых водах поступает так, что выполняется условие

$$\Phi = [x_n | M_X = \{R, X_0\} \subseteq \{R, U\} = M_U], \quad \text{где } x_n \in X_0. \quad (2)$$

Модель механизма предвидения M_X , предназначенная для прогнозирования состояния судна в каком-либо отдельном классе судовых ключевых операций, обычно алгоритмизируется. Полученный прогнозирующий фильтр вводится в состав программного обеспечения экспертных систем и дает рекомендации по обеспечению безопасности при эксплуатации судна. При этом основной задачей механизма предвидения является оценка будущего состояния судна при выбранном управлении $u \in U$ и стремление этого состояния к заданной цели управления R . Результаты оценок состояний и их стремлений должны быть переданы судоводителю в виде сигналов, включённых в общее мультимедийное пространство ходового мостика.

4. Информационное обеспечение механизма предвидения в программном продукте экспертных систем безопасной эксплуатации судна

Опишем реализацию технологии предвидения состояния судна $T_0 = \{R, X_0, G\} \subset T_{(1)}$ в критичных судовых ключевых операциях или при плавании в стеснённых водах в структуре (1), задав её с помощью рекурсивной последовательности, формирующей множество X_0 :

$$x_{n+1} = \Psi_g x_n, \quad (3)$$

где

– $x_{n+1}, x_n \in X_0$, Ψ_g – оператор механизма предвидения последствий управления судном;
 – g – информационный ресурс, позволяющий минимизировать влияние рисков при прогнозировании состояний судна, имеющий, в данном случае, свойство параметра оператора Ψ , причём $g \in G_0$.

Пусть гарантированное информационное обеспечение механизма предвидения M_X в структуре η на этапе планирования осуществляется подбором конечного (затрачиваемого) подмножества ресурса g_{\max} , которое при m -измеримости является вложением $g_{\max} \subset G_0$. Кроме того, пусть существуют подмножества $Z \subset G_0$, выделенные из подмножества G_0 с помощью фиксированного разбиения подмножества G_0 по маршруту плавания судна в стеснённых водах $M = \{M_1, M_2, \dots, M_n, M_{n+1}\}$, где $M_n \subset L \times H$ отрезки пути, характеризуемые расходом ресурса g , при условии $g \subset Z_n$.

$$G_0 = \bigcup_{n=1}^{|M|} Z_n. \quad (4)$$

При описании критичных судовых операций или плавания в стеснённых водах с гарантией информационного обеспечения механизма предвидения разбиение (4) можно задать в виде функции распределения информационного ресурса G_0 по отдельным участкам предсказываемой траектории судна M_n :

$$g_n = F(G_0, M_n). \quad (5)$$

При рекуррентной последовательности действий модели механизма предвидения (3) отношение $G_0 = G$ способно дать гарантию, в части информационного обеспечения технологии предсказания T_0 по всей траектории движения судна.

Однако отношение ресурсов $G_0 = G$ следует отнести к разряду скорее маловероятных событий, хотя всё же и возможных. Поэтому выбор информационного ресурса G_0 при минимальных рисках предсказания и его последующий расход, в процессе реализации технологии T_0 в большей степени отвечает лишь отношению вида $G_0 \subset G$. Тогда возникает необходимость в определении показателя полноты выбора (необходимости и достаточности) G_0 из G , с гарантией информационного обеспечения технологии предвидения на всей пространственно-временной протяжённости траектории судна $M = \cup M_n$. Для определения показателя полноты выбора затрачиваемого информационного ресурса G_0 из общего множества выделенного ресурса G введем индикаторную функцию вида:

$$f_G(g) = \begin{cases} 1, & \text{если } g \in G_0 \\ 0, & \text{если } g \in G - G_0, \end{cases}$$

где G_0, G – m -измеримые множества.

Тогда очевидно, что выражение

$$\omega(g) = [\sum_{k=1}^n f_G(g_k)] / n$$

будет равно отношению между числом находений $g \in G_0$ и общим числом n фиксированных состояний g . В силу этого предел

$$\omega^*(g) = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n f_G(g) / n$$

можно считать средней частотой пребывания $g \in G_0$.

Далее рассмотрим самый простейший случай, когда функция $\omega^*(g)$ равна постоянной величине для любого множества G_0 . Тогда исходя из соотношения вида:

$$\int_G \omega^*(g) dm = \int_G f_G(g) dm \quad (6)$$

можно получить равенство

$$[\sum_{k=1}^n f_G(g_k)] / n = m(G_0) / m(G) = \text{fixe}, \quad (7)$$

где обозначение "fixe" следует читать, как "хорошо" определённое значение по *Боголюбову* (1969).

Введенный показатель информационной обеспеченности механизма предвидения экспертной системы способен численно оценить возможность надёжной работы технологии предвидения. Кроме того, показатель (7) дает право ввести формальное определение понятия информационного риска при предсказаниях последствий от принятия решений на управление состоянием судна в критичных судовых операциях или при плавании в стеснённых водах. Так, если принять, что риск определяется недостающей частью информационного ресурса Θ из множества G , которая не была отнесена функцией распределения (5) к разряду необходимого ресурса и не включена в необходимый (затрачиваемый) ресурс G_0 , тогда меру риска технологии предвидения T_0 в структуре η можно определить так:

$$Q(\Theta) = m(G - G_0) > 0. \quad (8)$$

При определении меры риска с помощью выражения (8) необходимо иметь в виду, что множество G_0 может включать в себя не только информационные ресурсы, не учтённые функцией распределения, но и те, которые принципиально не могут быть введены в G_0 в силу своей абсолютной случайности и явной непредсказуемости.

5. Заключение

Выбор информационного ресурса, ответственного за предвидение состояния судна при выполнении критичных судовых операций или плавании в стеснённых водах, и самая совершенная функция распределения этого ресурса $F(g)$ не способны обеспечить информационную полноту технологии предвидения без всех наблюдаемых и потенциальных рисков. При этом риски, в том числе и риски предвидения, существуют как объективная реальность. В то же время показатель полноты информационного обеспечения технологии предвидения (7) позволяет судить о необходимости мощности множества управленческого ресурса G_0 и учитывать эту мощность как при совершенствовании функции распределения (5), так и при комплексировании экспертных систем, ответственных за безопасную эксплуатацию судна.

Литература

- Боголюбов Н.Н.** Избранные труды в трех томах. Киев, Наукова думка, т.1, 644 с., 1969.
Гихман И.И., Скороходов А.В. Теория случайных процессов. М., Наука, т.1, 663 с., 1971.
Меньшиков В.И., Пасечников М.А., Меньшикова К.В., Гладышевский М.А. Организованность социо-технической системы, обеспечивающей поддержание заданного уровня состояния безопасной эксплуатации судна. Вестник МГТУ, т.9, № 2, с.268-280, 2006.
Юдин Ю.И. Синтез моделей механизма предвидения для экспертных систем, обеспечивающих безопасную эксплуатацию судна. Мурманск, Изд-во МГТУ, 198 с., 2007.