

УДК 656.61.052.454

SITUATIONAL PHILOSOPHY FOR SAFETY SHIP HANDLING**СИТУАЦИОННЫЙ ПОДХОД К БЕЗОПАСНОМУ
УПРАВЛЕНИЮ СУДНОМ**V.V. Golikov, *Ph.D., Senior Researcher, associate professor***В.В. Голиков, к.т.н., с.н.с., доцент***National University «Odessa Maritime Academy», Ukraine**Національний університет «Одесская морская академия», Украина***ABSTRACT**

The results of formulation of the problem of improving the ship's safety management system presented in the form of technical and operational requirements.

It highlighted the versatility of operation, circuit simplicity and hierarchy of management.

The overall management of the system at the level of physical and informed operators.

Solution design objectives and control system is supposed to graph-analytic, probabilistic, heuristic and scenario methods and models, using the situational approach.

Keywords: safety, water transportation, ship management, system management, situational approach, complexity handling tasks, types of situation, scientific research, ship handling.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами

Проблема связана с методологическим обеспечением исследований в области безопасности судоходства и направлена на совершенствование систем управления судном. Многообразие свойств, связей и отношений в этих системах порождает ряд вопросов концептуального характера особенно относительно роли судового оператора как «физического» и/или «осознанного» наблюдателя. Это привело к полемике на уровне Международной морской организации о степени участия и ответственности «человеческого фактора» и «человеческого элемента» в управлении судном в условиях адекватного и неадекватного судоходства вызванных погодой, навигационной обстановкой, рейсовым заданием, интенсивностью движения, морально-этическим и этническим климатом в экипаже текущей ситуацией на судне.

Анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и выделение нерешенных ранее частей общей проблемы

Анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной и выделение нерешенных ранее частей общей проблемы показал, что

отличительной особенностью судовождения является большая инерционность судна как объекта управления.

Простое движение (режим хода) судна описывается законами механики поступательного движения материальной точки расположенной в центре тяжести судна относительно неподвижных и подвижной пространственных координатных осей, определяющих его местоположение на земной поверхности. Простой однонаправленный процесс передвижения судна характеризуется скоростью и направлением движения точки, которые поддерживаются заданными по ПИД-законам автоматического регулирования [1].

Сложное движение судна (режим движения) вызвано влиянием сноса, дрейфа и необходимостью нахождения на линии заданного пути, которое требует использования теории автоматического управления, позволяющей качественно осуществлять многопараметрическое функциональное управление по алгоритмам задания и управления [2].

Более сложные виды движения судна, требующие логических построений и вызванные: путевыми ограничениями, воздействием природных и техногенных факторов, явлениями (шторм, гроза, лед, пожар, мелководье и др.), необходимостью маневрирования относительно других судов и препятствий сопровождаются первоначальным стохастизмом и рисками при принятии решений интеллектуальными системами. Выходным показателем объекта управления в условиях неопределенности становится ситуация определяемая степенью риска.

Под риском подразумевают деятельность (управление) с неопределенными исходом и возможными негативными последствиями (событиями).

Степень риска является мерой опасности, имеет измеряемую величину, и в системах управления безопасностью определяется посредством анализа риска [3]. Результаты анализа риска позволяют проводить идентификацию опасностей связанных с внешней агрессией и дают ответ на три основных вопроса: что угрожает безопасной деятельности? (идентификация опасности)? как часто возникают угрозы? (анализ последствий) [6].

Касаясь создавшейся ситуации в объекте управления, Ю.И. Нечаев [4] при характеристике его онтологии выделяет в объекте три типа ситуаций: штатную, экстремальную и нештатную, а А.Б. Качинский в сложных системах [5] – дополнительно чрезвычайную и аварийную.

Первые три из них решаются на физическом и логическом уровнях а две последние порождает проблему управления судном по выработке регулирующих воздействий.

Формулирование целей статьи (постановка задачи)

Целью настоящего исследования является разработка методологии создания механизмов, гарантирующих безопасное управление судном во всех ситуациях.

Основной гипотезой исследования стало предположение о необходимости гармонизации физической, логической эвристической компонент управления безопасностью в зависимости от создавшейся ситуации.

В предыдущем исследовании автора [7] предложена технология научных исследований по созданию систем, гарантирующих безопасность судоходства на внутренних водных путях и в территориальном море Украины при одиночном и групповом плавании судов используя имитационное моделирование.

Настоящее исследование предлагает создание многоуровневой системы безопасного управления судном. Главной задачей работы стало построение структурно-логической схемы такой системы.

Решение главной задачи исследования потребовало формирования технико-эксплуатационных требований к функционированию, структуре и управлению системой.

Изложение материала исследования с обоснованием полученных научных результатов представлено в следующей последовательности: содержательное описание и функциональное назначение; структура и математическое описание элементов системы; алгоритмы и сценарии управления с представлением его результатов.

Требования к содержательному описанию системы предусматривают наличие базы знаний в режиме реального времени необходимой для построения и анализа ее систематической модели, в которой объекты базы знаний систематизированы по функциональному признаку их свойств и являются частью иерархии классов решаемых задач, элементы – функцию узлов системы, связи определяют структуру системы, а отношения – многоуровневое управление. Судно как объект управления обладает мореходностью: плавучестью, непотопляемостью, прочностью, остойчивостью, ходкостью и управляемостью. Ходкость судна обеспечивается движущими силами, а управляемость – силами управления.

На мореходность судна воздействуют внешние силы природного и техногенного характера. Основным условием безопасного управления судном является равенство сил мореходности F_m и внешних сил $F_{вн}$, т.е. $F_m = F_{вн}$.

Ввиду того, что силы $F_m \approx \text{const}$ и носят лимитирующий характер, а $F_{вн}$ изменяются в широких пределах, значительно превышая F_m по модулю, направлению и времени действия, то для условий $F_{вн} \leq F_{m(max)}$ используется физикалистский подход:

$$F_{вн} = F'_m + F_э, \quad (1)$$

где F'_m - силы мореходности судна, стоящего на спокойной воде; $F_э$ – движущие силы: ходкости F_x и управляемости F_y , т.е. ($F_э = F_x + F_y$).

При $F_{вн} > F_{m(max)}$ требуется дополнительные адаптационные силы, повышающие $F_{m(max)}$ или снижающие $F_{вн}$, т.е. ситуационные адаптационные силы определяемые физикалистскими (детерминированными) методами, но

используемые логическую компоненту в зависимости от сложившейся ситуации:

$$(F'_m + F'_s + F'_a)(1 - P) = F_{\text{вн}}, \quad (2)$$

где F'_a – адаптационные силы средств активного управления, буксиров, швартовых средств, ледоколов и др. Ситуация, определяемая из выражения (2):

$$P = 1 - F_{\text{вн}} / (F'_m + F'_s + F'_a). \quad (3)$$

Произвольное использование выражения (3) для оценки ситуации без допущений и ограничений невозможно. Допустим, что $P \in [0; 1 \text{ отн.ед.}]$, а система управления судном функционирует в зависимости от ситуации. Тогда $P=0$ в штатной ситуации, а $P=1$ характерно для в аварийной ситуации, когда негативное событие уже наступило.

Процедура оценки промежуточных ситуаций использует вероятностный качественно-количественный метод известный в теории оценки рисков (рис. 1).

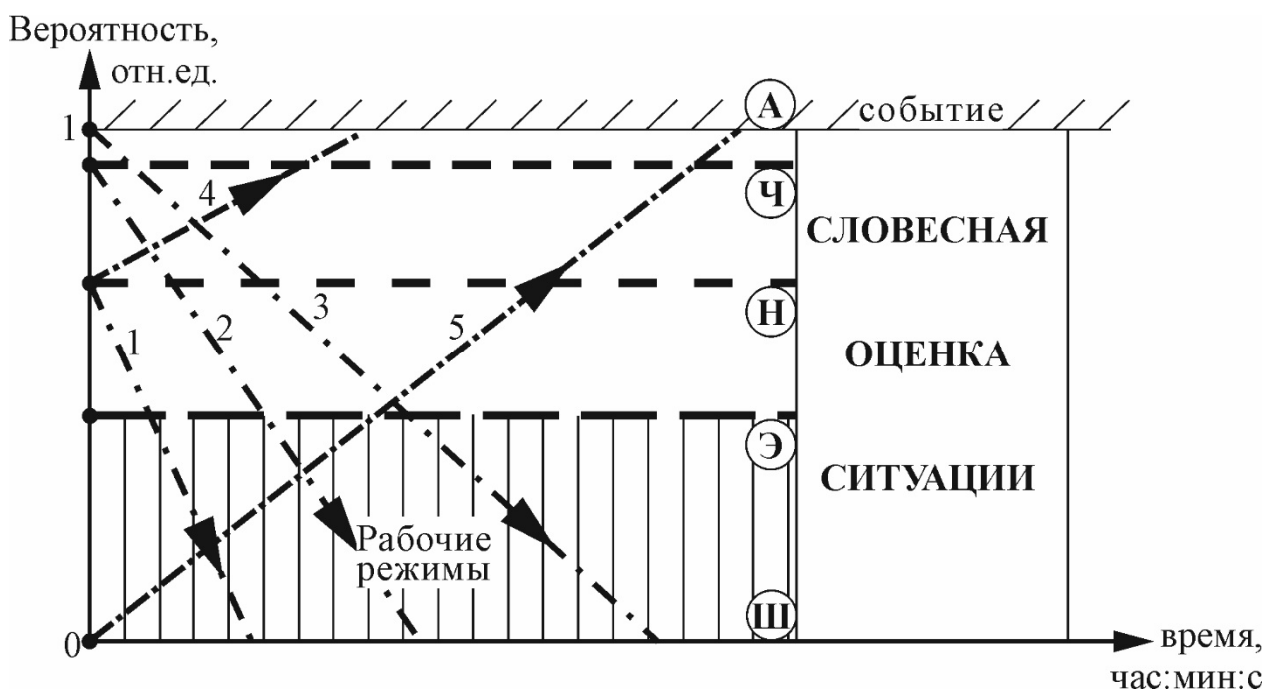


Рис. 1. К количественной оценке ситуации и тенденциям поведения системы
Обозначения: Ш, Э, Ч, А – ситуации – штатная, экстремальная, нештатная, чрезвычайная, аварийная; 1, 2, 3, 4, 5 – возможные ситуационные переходы при управлении судном.

Количественная оценка ситуации осуществляется по природе и степени «агрессивности» (негативности) обнаруженного явления, которая в дальнейшем идентифицируется их всех присущих системе опасностей. Дальнейшая формализация ситуации осуществляется для ее сопровождения с целью снижения остроты агрессивности (кривые 1, 2, 3, рис. 1). В противном случае рассматриваемая ситуация может развиваться в сторону обострения конфликта (кривые 4, 5) в результате чего наступает негативное событие.

В основу функционирования системы безопасного управления судном положены механизмы регулирования, управления и адаптации (физической и осознанной) к ситуациям, которые определяют режимы работы системы при условиях обеспечения адекватности поведения, целенаправленности, целостности, простоты структуры, энергетической – сбалансированности и оптимальности.

Рассмотрим варианты безопасного функционирования системы управления в следующих ситуациях: штатной, экстремальной, нештатной, чрезвычайной и аварийной (табл. 1).

Таблица 1. Принципы и законы функционирования системы управления судном

№	Режим работы (ситуация)	Управление	
		Принципы	Законы
1.	Штатный (ая)	P	ПИД
2.	Экстремальный (ая)	P + У	ПИД, алгоритмические детерминированные
3.	Нештатный (ая)	P + У + ИИ	ПИД, алгоритмические детерминированные и логические
4.	Чрезвычайный (ая)	P + У + ИИ+ ОИ	ПИД, алгоритмы управления, принятие решений, сценарий поведений
5.	Аварийный (ая)	P + У + ИИ+ ОИ	ПИД, алгоритмы, сценарии, события

Обозначения: P – регулирование; У – управление; ИИ – искусственный интеллект; ОИ – осознанный интеллект.

Из таблицы 1 следует, что базовым методом определения статических и динамических характеристик элементов, связей и отношений в системе остается графо-аналитический, который детерминирует также алгоритмы управления, генерации альтернатив для выбора при принятии решений и картин в сценарном подходе.

Работа системы в одном из режимов определяется вероятностными методами, которые оценивают создавшуюся ситуацию.

В штатном режиме система функционирует по принципам и законам регулирования, обеспечивая качество переходных процессов при поддержании скорости хода и направления движения судна. Техническим примером регулирования является авторулевой.

В экстремальном режиме функционирование системы реализуются алгоритмы задач многопараметрической оптимизации, методика решения которых предусматривает наличие математической модели или моделей процессов, и алгоритмы поиска экстремума.

Что касается задач управления движениям судна, то моделирование переходных процессов при простом и сложном движениях предлагается в векторной форме, используя вектор скорости свободного, связанного и

скользящего видов. Это позволяет прогнозировать процессы характеризующиеся как элементами вектора так и вектором в целом, зная его точки приложения и траектории скольжения при решении экстремальных задач сложного движения.

В нештатном режиме (плавание в особых условиях) используются алгоритмы стратегии поведения в соответствии с правилами, рекомендациями и наставлениями с разработкой альтернатив для принятия решений. Окончательное решение по выбору алгоритма поведения осуществляется по критериям минимакса для принятия решений средствами искусственного интеллекта.

Для работы системы в чрезвычайном режиме необходимо наличие библиотеки сценариев событий (аварий), для которых методами научно-технической экспертизы разрабатываются альтернативы антисобытий с возможностью максимального привлечения располагаемых сил и средств, включая и внешние, выбор сценария поведения и управления осознанным оператором с последующей его реализацией для перевода объекта управления в штатный режим.

Аварийный режим управления судном предусматривает действия осознанного оператора-координатора на месте аварии по коллективному управлению наличными силами и средствами на месте события по предписанному сценарию антисобытия, обеспечивая в процессе его реализации синергизм в действиях каждой из судовых команд по применению сил и средств направленных на ликвидацию негативных результатов аварии и сохранению мореходности и работоспособности задействованных в ней плавсредств. Результаты коллективных действий при реализации сценария антисобытия направлены не столько на возвращение аварийного судна в мореходное состояние сколько на минимизацию угрозы для жизни людей, вреда нанесенного окружающей среде и ущерба торговому мореплаванию.

Структура многоуровневой системы управления судном представлена на рисунке 2. Структура системы разделена на два основных уровня: автоматический (неосознанный) с контурами регулирования, управления и принятия решений и автоматизированного (осознанного) с контурами одиночного и группового управления.

Входной информацией для управляющей системы являются параметры, показатели, явления (неопределенности), угрозы и конфликты, которые формируются анализатором ситуаций, задающим режим работы системы.

Выходным регулирующим воздействием является положение судна в пространствах состояния и времени характеризующееся скоростью хода, направлением движения и точкой нахождения, т.е. связанным вектором скорости. Все переходные процессы в системе проходят по принципам и законам регулирования. Задание регуляторам скорости и курса судна осуществляется вручную или алгоритмически, в зависимости от ситуации. Природа алгоритмов и их вид и внутреннее наполнение определяется на стадии описания постановки задач управления в зависимости от информационной связи с другими задачами, ограничений и допущений методов решения задач,

включая математические методы и модели, методы принятия решений и сценарный подход.

Выводы и перспектива дальнейшей работы по данному направлению

Особенностью постановки задачи безопасности управления судном является то обстоятельство, что наряду со строгим математическим аппаратом применяются логические и эвристически компоненты, основанные на интуиции осознанного наблюдателя-оператора, его опыте в решении задач подобного типа.



Рис. 2. Структура системы управления судном.

Обозначения вида: ситуаций: Ш – штатная, Э – экстремальная, Н – нештатная, Ч – чрезвычайная, А – аварийная.

Учитывая инерционность объекта управления, предоставляется возможность, используя ту или иную навигационную и оперативную обстановки, активного управления ситуациями по переводу их из неопределенного агрессивного и конфликтного состояний в штатное или экстремальное.

Стратегия развития систем управления направлена на универсальность функционирования в широком диапазоне режимов безопасной работы: штатном, экстремальном, нештатном, чрезвычайном и аварийном.

К требованиям по функционированию перспективной системы управления судном следует внести универсальность, коммуникабельность, замкнутость, реалистичность, эволюционность и наблюдаемость.

К требованиям по структуре системы следует отнести иерархичность исполнения в следующей последовательности: регулирование (гидропульсивный комплекс) и управление (авторулевой, искусственный интеллект, осознанный интеллект).

Требования к управлению системой предусматривают целенаправленность, быстродействие, энергетическую и ресурсную сбалансированность элементов, оптимальность и синергизм в управлении, компетентность в принятии решений, реализуемость алгоритмов и сценариев, а также способность оператора/ов адекватно действовать в неадекватных (нештатных и выше) условиях плавания.

Постановка задачи безопасного управления судном позволила расширить ее универсальность, расширить спектр решаемых задач управления с участием физического и осознанного наблюдателей, использующих детерминированные, вероятности и синергетические методы исследования при формировании алгоритмов и сценариев как средств и способов в механизмах управления.

Результаты настоящего исследования предполагается использовать при дальнейшем усовершенствовании систем безопасного управления транспортными средствами.

ЛИТЕРАТУРА

4. Иванов В.А. Математические основы теории автоматического регулирования [Текст]/ В.А. Иванов, В.К. Чемоданов, В.С. Медведев. – М.: Изд-во «Высшая школа», 1971. – 808 с.
5. Мальцев А.С. Методологические основы маневрирования судов при сближении [Текст]/ А.С. Мальцев, В.В. Голиков, И.В. Сафин, В.В. мамонтов. – О.: ОНМА, 2013. – 231 с.
6. BS 8800:1996 Guide to Occupational Health and Safety Management System
7. Нечаев Ю.Н. Теория катастроф: современный подход при принятии решений [Текст]/ Ю.Н. Нечаев. – СПб: Арт – Экспресс, 2011. – 392 с.
8. Качинский А.Б. Засады системного аналізу безпеки складних систем [Текст]/А.Б. Качинский. – К.: ДП «НВЦ» Євроатлантикінформ, 2006. – 336 с.
9. Антонов А.В. Системний аналіз [текст]/ А.В. Антонов. – М.: «Вісшая школа», 2004. – 454 с.
10. Голиков В.В. Гарантированное безопасное управление эргатической системой на водном транспорте [текст] / В.В. Голиков – Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА, Вып. 25. – Одесса: «ИздатИнформ», 2015 – С. 30-39.