

МЕТОДИКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ НЕПОТОПЛЯЕМОСТИ СУДНА В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

THE METHODOLOGY OF DECISION-MAKING TO ENSURE THE SHIP FLOODABILITY IN EMERGENCY SITUATIONS

Разработана методика поиска и реализации эффективных решений для операторов судовых эргатических систем уровня управления при обеспечении непотопляемости судна в чрезвычайных ситуациях. В предложенной интеллектуальной экспертной системе изложен алгоритм поиска и получения рекомендаций для корректирующих действий по возвращению морской транспортной системы в устойчивое состояние в аварийных ситуациях. Проведена имплементация инверсного метода сценарного анализа, принципов гарантированной безопасности в алгоритм повышения информативности операторов в экстремальных условиях рейса.

The methodology of searching and implementing effective solutions for management level operator's ergative system to ensure the ship floodability in emergencies is developed. In the proposed intellectual expert system is presented algorithm of searching and receiving recommendations of corrective actions for returning maritime transport system to sustainable state in emergency. The inverse scenario analysis and the principle of guaranteed safety were implemented into algorithm to improve operators' emergency situations awareness.

Ключевые слова: безопасность судоходства, непотопляемость судна, эргатические системы, инверсный метод сценарного анализа, алгоритм принятия решений, интеллектуальные экспертные системы.

Key words: safety of navigation, ship floodability, ergative system, inverse scenario analysis, algorithm of operators' solution, intelligent expert systems.



ВЕ трети от общего количества катастроф составляют случаи повреждения корпуса и потери плавучести судна. Процедура обеспечения непотопляемости судна содержит комплекс мероприятий: конструктивные — изначально реализованные при постройке судна, расчет затопления отсеков на крен, дифферент и остойчивость так, чтобы плавучесть утрачивалась ранее остойчивости; превентивные — направленные в процессе эксплуатации судна на предотвращение попадания воды внутрь корпуса, поддержание достаточных запасов плавучести и остойчивости, готовности экипажа, технических средств для сохранения или восстановления минимума этих запасов в случае частичного затопления корпуса; оперативные — борьба экипажа по обеспечению непотопляемости судна [1, с. 24–27; 2, с. 23–24].

Готовность экипажа определяет вероятность принятия ошибочных действий операторами, происходящих из-за: управленческой несогласованности; недостатка оперативных знаний и неготовности оператора к экстремальному управлению [3, с. 51–58]. В большинстве случаев ошибки операторов проявляются тогда, когда после межрейсового отдыха в начальный период нахождения на судне оператор проходит процесс адаптации. В этот период оператор восстанавливает и восполняет недостаток теоретических знаний и практических навыков управления, дефицит которых повышает вероятность появления ошибочных решений и действий для возвращения системы в работоспособное состояние в чрезвычайных ситуациях. Согласно с представленным, малоизученной остается проблема влияния готовности экипажа в начальный период рейса на процесс безопасности судоходства. Разработка новых методов восстановления знаний, умений и навыков

операторов уровня управления в начальный период выполнения ими своих должностных обязанностей позволит создать условия минимизации временного периода адаптации. В связи с этим обращает на себя внимание поиск решений как элементов системы безопасности судоходства путем информационной поддержки и восстановления операторами своих знаний, умений и навыков в процессе обеспечения безопасного управления судном командным составом в экстремальных условиях рейса.

Целью настоящего исследования является: повышение безопасной эксплуатации судна посредством минимизации адаптационного периода с использованием логических алгоритмов принятия решений в чрезвычайных ситуациях для экипажа. Объект исследования: процесс эксплуатации морского судна. Предмет исследования: алгоритмы получения и реализации эффективных решений для командного состава в борьбе за непотопляемость судна в аварийных ситуациях.

Исходя из того, что в адаптационный период деятельности оператора на судне присутствует устойчивый показатель возникновения аварийных ситуаций, становится очевидным провести поиск решений для создания рекомендаций операторам уровня управления с последующей имплементацией их в систему безопасности морского транспорта, что позволит повысить уровень готовности экипажа в обеспечении плавучести судна в обычных условиях или при возникновении аварийных ситуаций. В связи с этим задачами исследования являются: разработка методики нахождения эффективных решений операторами уровня управления в морской транспортной системе (МТС) по обеспечению непотопляемости судна в чрезвычайных ситуациях; разработка алгоритма принятия решений и действий по возврату системы в рабочее и устойчивое состояние для повышения информативности операторов в чрезвычайных ситуациях на основе сценарного прогнозирования и метод создания интеллектуальных экспертных систем.

Моделирование ситуаций, связанных с действиями лиц, принимающих решения (ЛПР) для использования при управлении судном, планируется рассмотреть на основе теории гибких систем. Согласно методологии сценарного анализа выявляются сцены гармонизированных условий процесса управления, то есть посредством анализа технической системы, действия операторов в процессе принятия решений направлены на поиск и выявление стратегических, тактических и оперативных направлений управления и прогноз существования возможных дефектов. Исходной теоретической моделью является «закон муравья на дереве» предусматривающий накопление информации и переход сознания человека из будущего в настоящее и прошлое [3]. Во многих случаях решения исследовательских задач целиком зависят от умения обнаружить необходимый и достаточный информационный ресурс, но в то же время его наличие не гарантирует, что данный информационный ресурс будет реализован самым эффективным способом. Также становится целесообразным дополнительно рассмотреть систему с точки зрения принципов гарантированной безопасности [4, с. 194–203]. В связи с этим было принято решение вначале исследовать пути повышения безопасности морской транспортной системы (МТС), используя методологию создания экспертных систем [5; 6; 7, с. 130–142]. Структура интеллектуальной динамической экспертно-диагностической системы (ИДЭДС) в МТС представлена на рис. 1.

Принцип работы системы представлен в словесном алгоритме функционирования ИДЭДС для поиска рекомендаций и корректирующих действий по возвращению МТС в устойчивое рабочее состояние в чрезвычайных ситуациях.

Этап 1. Введение в ИДЭДС полного эталонного сценария функционирования МТС из базы данных (БД), включающего множество сценариев МТС с внешнего запоминающего устройства (ВЗУ), сформированного на основе методологии сценарного прогнозирования:

— шаг 1. Оператор через интерфейс производит выбор иерархического уровня оператора в структуре МТС, относительно которого происходит последующая загрузка информации для проведения экспертной поддержки;

— шаг 2. Формализация сгруппированных в метанборы данных на основе функциональных блоков образов, в виде актов, сцен, действий субъектов управления микро- и макроокружения в стратегии, тактику и оперативное искусство;

— шаг 3. Введение признаков правильной работы МТС на основе принципов функционирования, структурирования и управления системы.

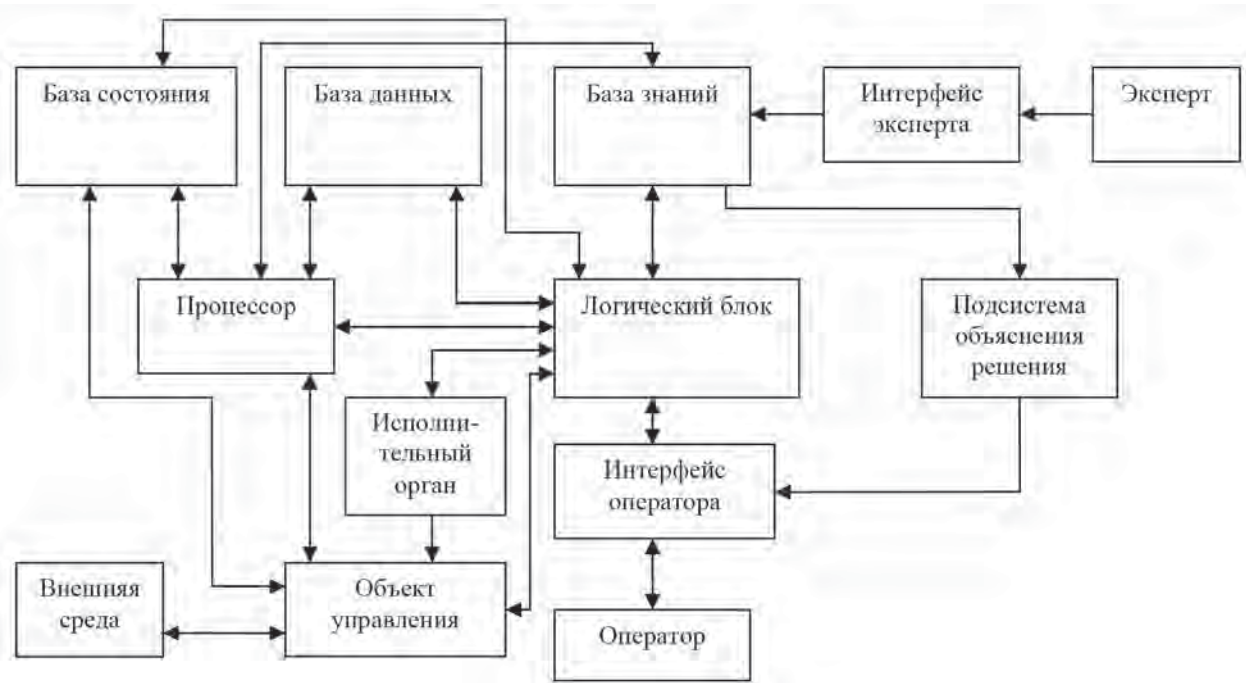


Рис. 1. Структурная схема интеллектуальной динамической экспертно-диагностической системы в МТС

Этап 2. Инициация логическим блоком (ЛБ) ввода в оперативную память (ОП) множества изменений, происходящих в реальных условиях с объектом управления (ОУ) посредством возмущений из внешней среды.

Этап 3. ЛБ проводит слежение и контроль выполнения задачи согласно эталонному сценарию:

— шаг 1. Сравнивает образы эталонного сценария с реальным сценарием за дискретные периоды времени;

— шаг 2. Опрашивает бортовую систему оперативного контроля;

— шаг 3. Анализирует выходные сигналы, дает заключение и выводит информацию на интерфейс.

Этап 4. В момент окончания выполнения сцены по сценарию ЛБ изымает из ОП информацию об успешно пройденном этапе сценария и записывает в БД ВЗУ, а затем стирает ее в ОП, освобождая место для загрузки следующей (новой) сцены по сценарию из БД ВЗУ для дальнейшего контроля и слежения.

Этап 5. Логический блок обнаружил отклонение, фактическое или по скорости его нарастания в поведении объекта управления, не соответствующее эталонным значениям:

— шаг 1. ЛБ передает сигнал отклонения о поведении ОУ на интерфейс, с выводом предупредительной информации для оператора: обнаружена неисправность!;

— шаг 2. ЛБ запрашивает значения сигналов бортовой системы оперативного контроля ОУ для определения места, причины неисправности;

— шаг 3. ЛБ проводит диагностику системы следующим образом: если актом сценария является выход из порта — есть маневрирование, имеются решения, входящие в состав множества действий, и в составе множества действий имеются решения, в которых условия отклонения центра тяжести судна — упоминается как процесс обеспечения непотопляемости судна (а); в составе множества действий имеются решения, в которых условия отклонения при обнаружении источников пожара — упоминается как борьба с пожаром (б); в составе множества действий имеются решения, в которых условия по отклонению способности движения — упоминается как процесс обеспечения ходкости (в); то в сценариях, у которых в условиях имеется отклонение центра тяжести судна, следует активировать алгоритм принятия решений по обеспечению непотопляемости судна (а) ранее, а затем использовать сценарии (б), (в).

Этап 6. ЛБ формирует фрагмент информационного образа этапа диагностики, относящийся к событию, и обращается в базу знаний (БЗ):

— шаг 1. БЗ, получив информацию о характерных признаках образов события, проводит приоритетный поиск и выбор рекомендаций, используя механизм окна активизации знаний, и если такая реакция ОУ встречалась ранее, то предлагается перечень возможных неисправностей из предыдущего опыта, соответствующих данному типу отклонений;

— шаг 2. Применяя критерий максимума отношения вероятности, БЗ осуществляет поиск вероятностной составляющей правдоподобности предлагаемых рекомендаций для оператора, используя следующий подход: если аварийное событие, которое требует исправления, есть процесс обеспечения непотопляемости, судовая система имеет признаки отклонения центра тяжести судна (ЦТ), уменьшение метацентрической высоты, крен, дифферент и т. п., и признаки не относятся к результатам диагностики по задымлению, потери ходкости — тип аварии затопление, то признаки, которые могут привести к такому виду аварии с коэффициентом уверенности: 0,75 — водотечность корпуса судна; 0,6 — нарушение целостности донно-забортной арматуры; 0,5 — нарушение герметичности кингстона аварийного пожарного насоса (АПЖН); 0,4 — течь в трубопроводе балластной системы.

Этап 7. БЗ предоставляет оператору информацию о рекомендациях посредством вывода на интерфейс, которая проходит через «подпрограмму объяснения рекомендуемых решений» (ПОР), тем самым повышая ее достоверность.

Этап 8. ЛБ на основании полученной информации осуществляет корректирующие действия в автоматическом или ручном режиме для приведения МТС в устойчивое рабочее состояние:

— шаг 1. Автоматический режим — ЛБ осуществляет выбор алгоритма действий из БД согласно полученной рекомендации из БЗ и посредством исполнительного органа (ИО) воздействует на ОУ;

— шаг 2. Ручной режим — оператор использует рекомендации для решения аварийного события БЗ и ПОР, вводя команды алгоритма возврата системы в устойчивое состояние через интерфейс, затем ЛБ воздействует на ИО, проводит корректирующие действия на ОУ.

Этап 9. Оценка эффективности принятых решений по реализации сценария восстановления рабочего состояния МТС:

— шаг 1. Если поведение ОУ возвращается в первоначальное устойчивое состояние, то ИДЭДС переходит в следящий режим контроля и диагностики для дальнейшего процесса выполнения заданного сценария;

— шаг 2. Если ОУ после корректирующих действий получил новое рабочее устойчивое состояние (коэффициент пропорциональности в пределах допустимых критериев), то ИДЭДС изменяет стратегию действий и переходит к контролю за осуществлением реализации нового сценария «работоспособность ОУ в условиях аварийного режима»;

— шаг 3. Если ОУ входит в состояние неустойчивости, стремящееся к катастрофе, то ИДЭДС изменяет стратегию действий, проводит диагностику по новым критериям, получает рекоменда-

ции по решению задач, адаптированные к критическим (катастрофическим) условиям текущей ситуации.

Для практической реализации поставленных целей разработан алгоритм, в котором точное выполнение команд должно помочь оператору эргатических систем получать на выходе однозначные решения и давать возможность пошагового достижения прогнозируемого результата. Следует отметить, что алгоритм действий операторов судовых эргатических систем в чрезвычайных ситуациях не работает с математическими моделями, а оперирует с образами происходящих событий. Блок-схема алгоритма принятия решений операторами приведена на рис. 2, где $F_{\text{ИМО(зак-норм)}}$ — банк данных ИМО в области законодательно-нормативной базы для морского флота при аварийных событиях; $F_{\text{(БЕЗ)}}$ — банк данных комплексной системы нормативного обеспечения безопасности и сохранности перевозки грузов морем $K_{\text{(отказа)}}$; $F_{\text{(экспл)}}$ — банк данных проектных, технико-эксплуатационных требований и нормативов в разделе мореходных качеств судна. $F_{\text{(экспертн)}}$ — банк данных оперативных экспертных оценок при выборе безопасных и оптимальных режимов плавания судна; $F_{\text{ИМО(ПНДВ)}}$ — банк данных ИМО о соответствии уровня знаний и умений в области подготовки и дипломирования морских специалистов требованиям Конвенции ПДНВ; $F_{\text{(страт)}}$ — банк данных нормативных документов ИМО, инфраструктуры транспорта Украины о стратегии принятия решений по обеспечению живучести судна; $F_{\text{ПНДВ}}$ — банк данных соответствия уровня знаний и умений в области подготовки и дипломирования морских специалистов требованиям ПДНВ; F_{TEAS} — банк данных тренажерной подготовки согласно критериям автоматизированной системы оценки о выполнении упражнений (TEAS); $F_{\text{опер}}$ — банк данных стратегии оперативного искусства по реализации принятых решений для обеспечения непотопляемости судна; $F_{\text{ПГБ}}$ — банк данных соответствия принципам гарантированной безопасности в процессе реализации принятых решений (ПГБ); $F_{\text{рес(внешн)}}$ — банк данных внешнего ресурса в виде информационной помощи лиц, находящихся далеко от места происшествия; Y — классификация источника аварии; $K_{\text{(отказа)}}$ — классификация отказа в системе; P — причина аварийного события; $T_{\text{ум.зн}}$ — уровень умений и знаний операторов; A — классификация серьезности аварии; $V_{\text{(стр)}}$ — стратегия принятия решений по обеспечению живучести судна Нэш, Паретто; $G\{M, N\}$ — двухмерный массив данных наличия достаточности необходимых условий; $X_{\text{раб(н)}}$ — устойчивое работоспособное состояние системы до аварийного происшествия; $X_{\text{раб(к)}}$ — суммарный интегральный показатель эффективного и оптимального принятия, реализации решений и действий для возвращения системы в работоспособное состояние.

В результате реализации алгоритма в исследовании сценария обеспечения непотопляемости судна в чрезвычайной ситуации получено решение о спасении экипажа, которое полностью удовлетворяет требованиям эталонного сценария в области принятия предложенных управленческих решений для спасения людей и не удовлетворяется по отношению к судну. В то же время, применив алгоритм в стратегии сохранения и повышения плавучести судна, происходит оптимальное и эффективное достижение поставленных целей по спасению людей и обеспечению положительной плавучести судна.

Следующим шагом в исследовании определена целесообразность применения методики повышения информативности операторов уровня управления для обеспечения непотопляемости судна в процессе предрейсовой подготовки. В общем случае решение этой задачи получено на основе методологии сценарного исследования. В связи с этим разработан сценарий поведения системы по обеспечению непотопляемости судна на базе теории гибких систем с применением понятия сценарной методологии и математических моделей оргграфов [4; 8; 9, с. 4–18].

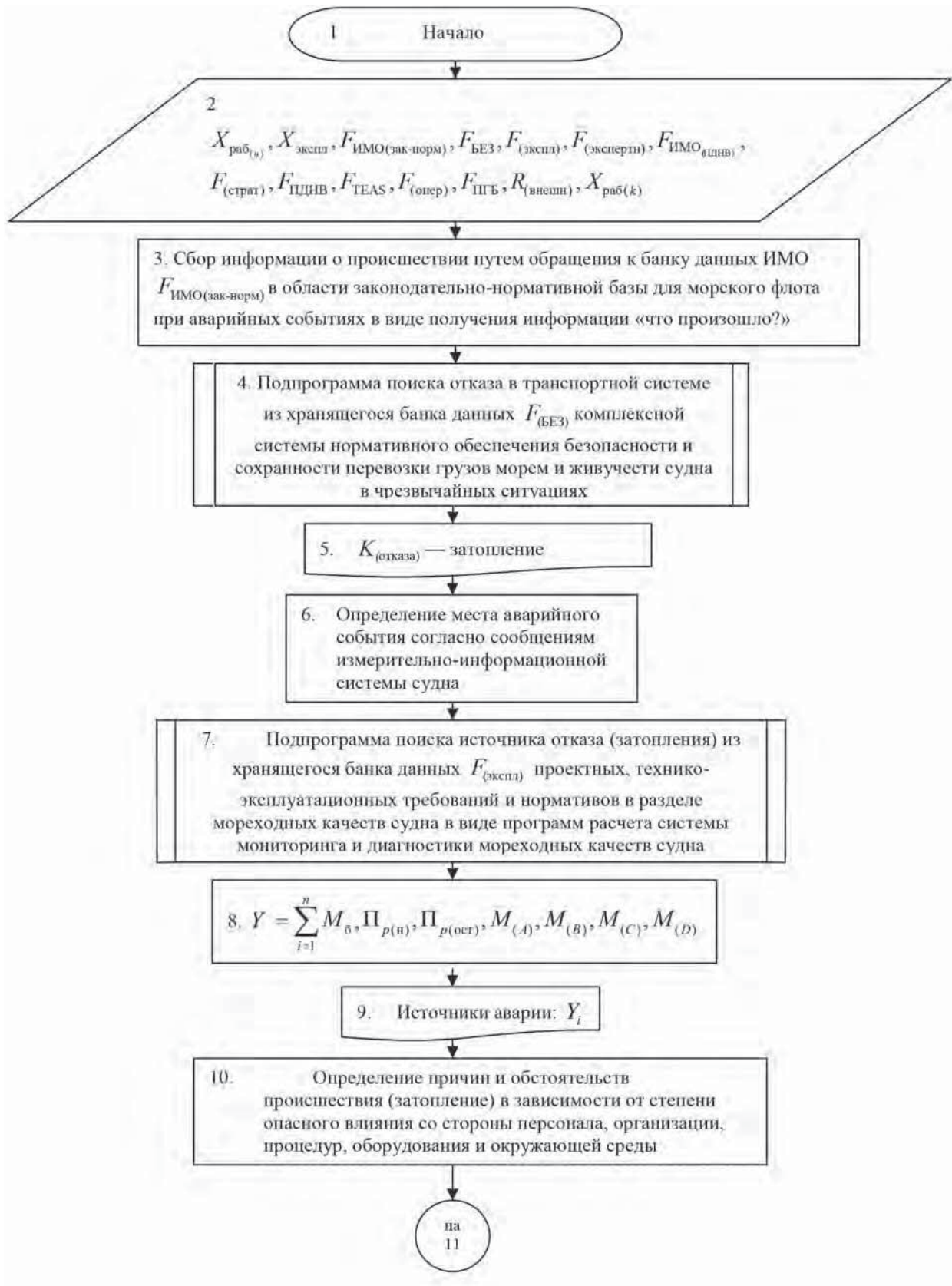
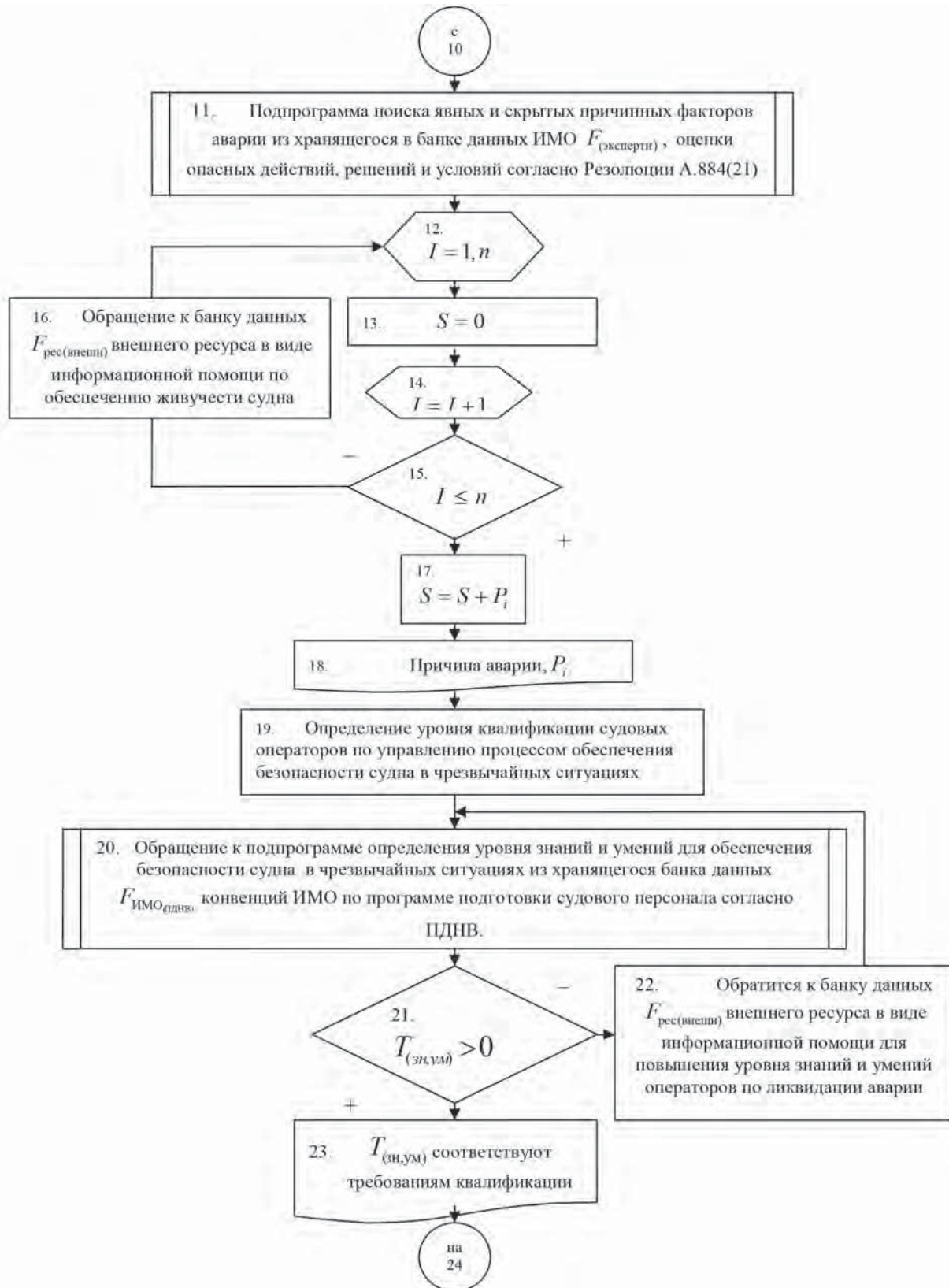
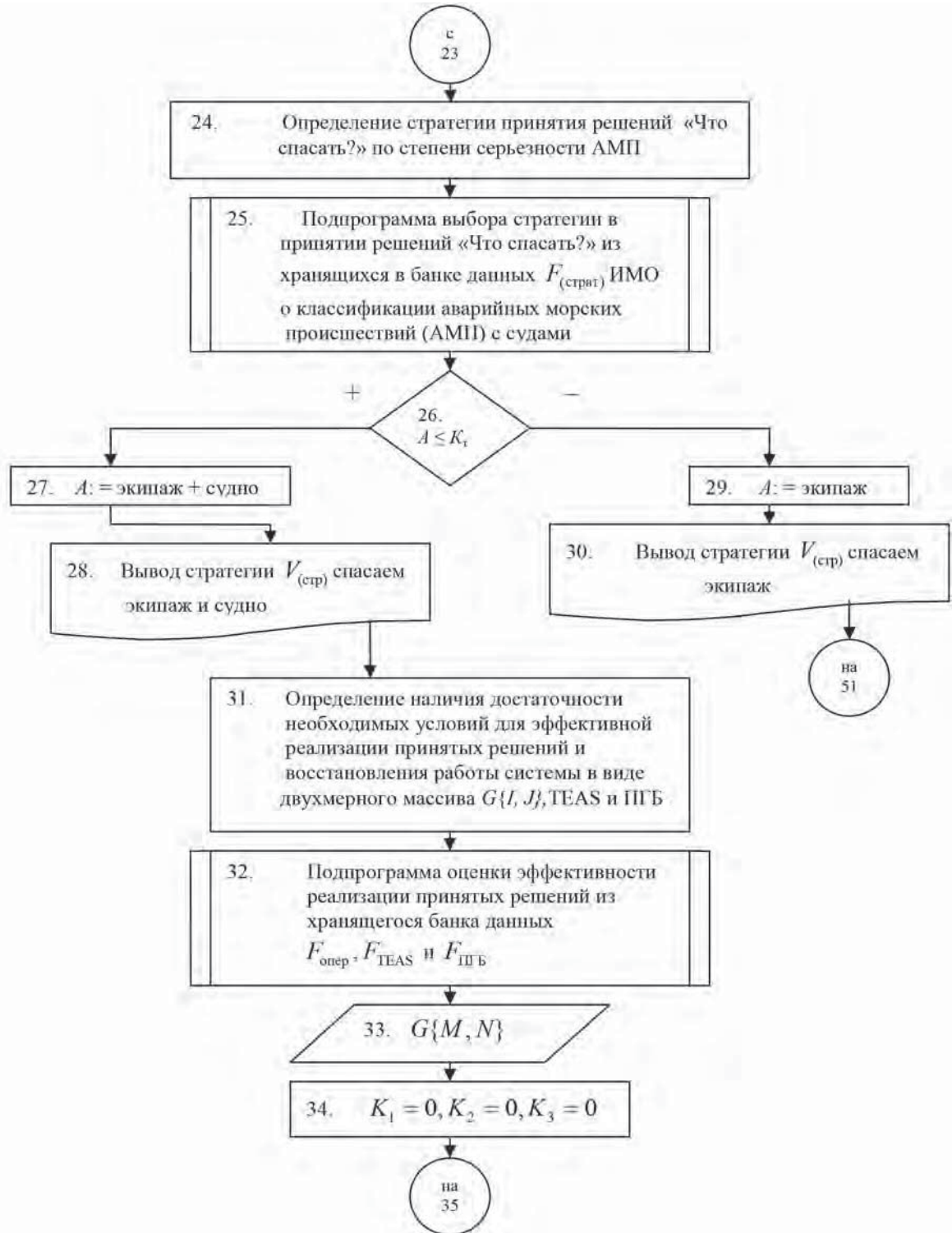


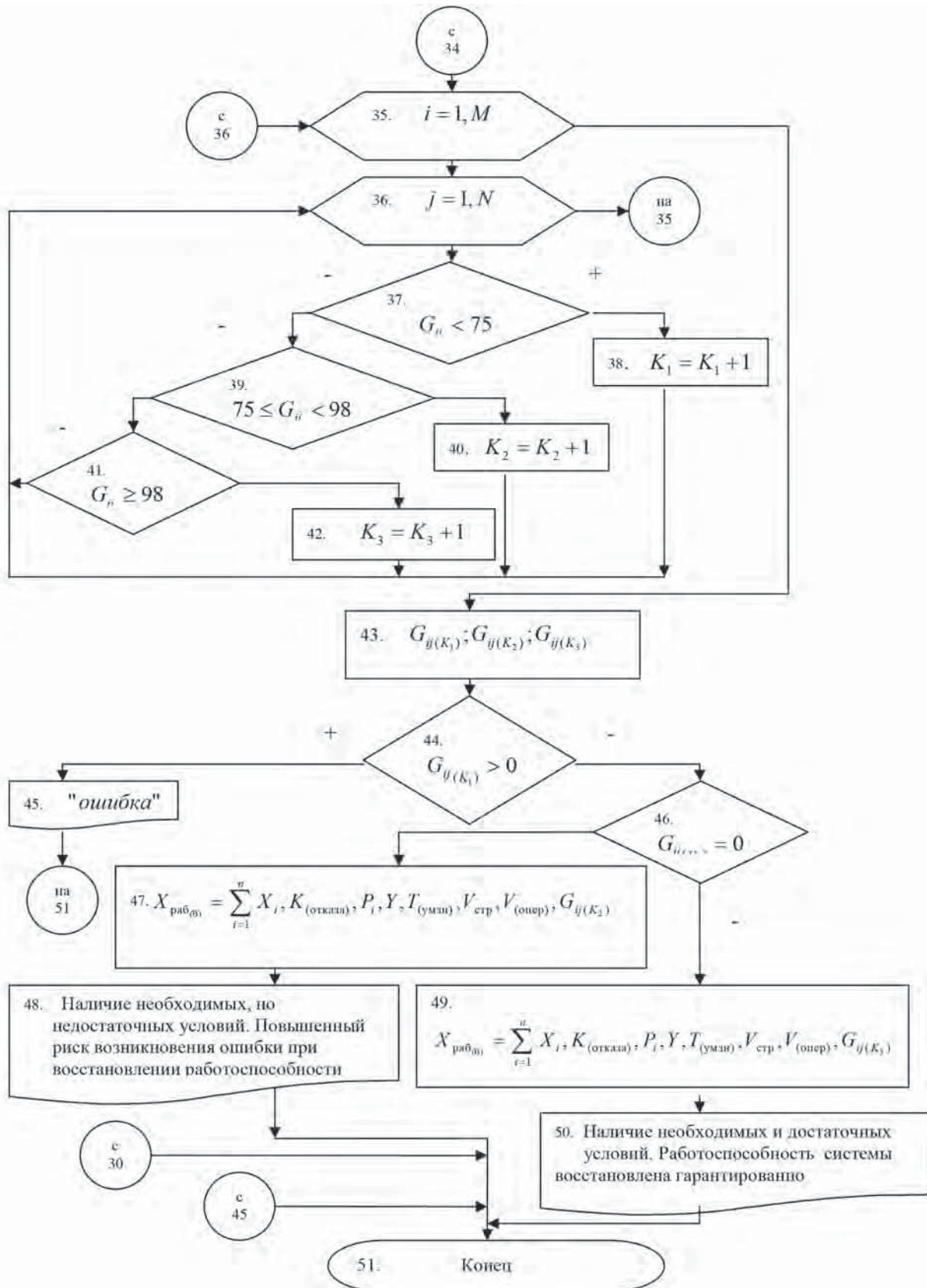
Рис. 2. Обобщенная блок-схема алгоритма принятия решений операторов судовых эргатических систем в чрезвычайных ситуациях



Продолжение рис. 2



Продолжение рис. 2



Окончание рис. 2

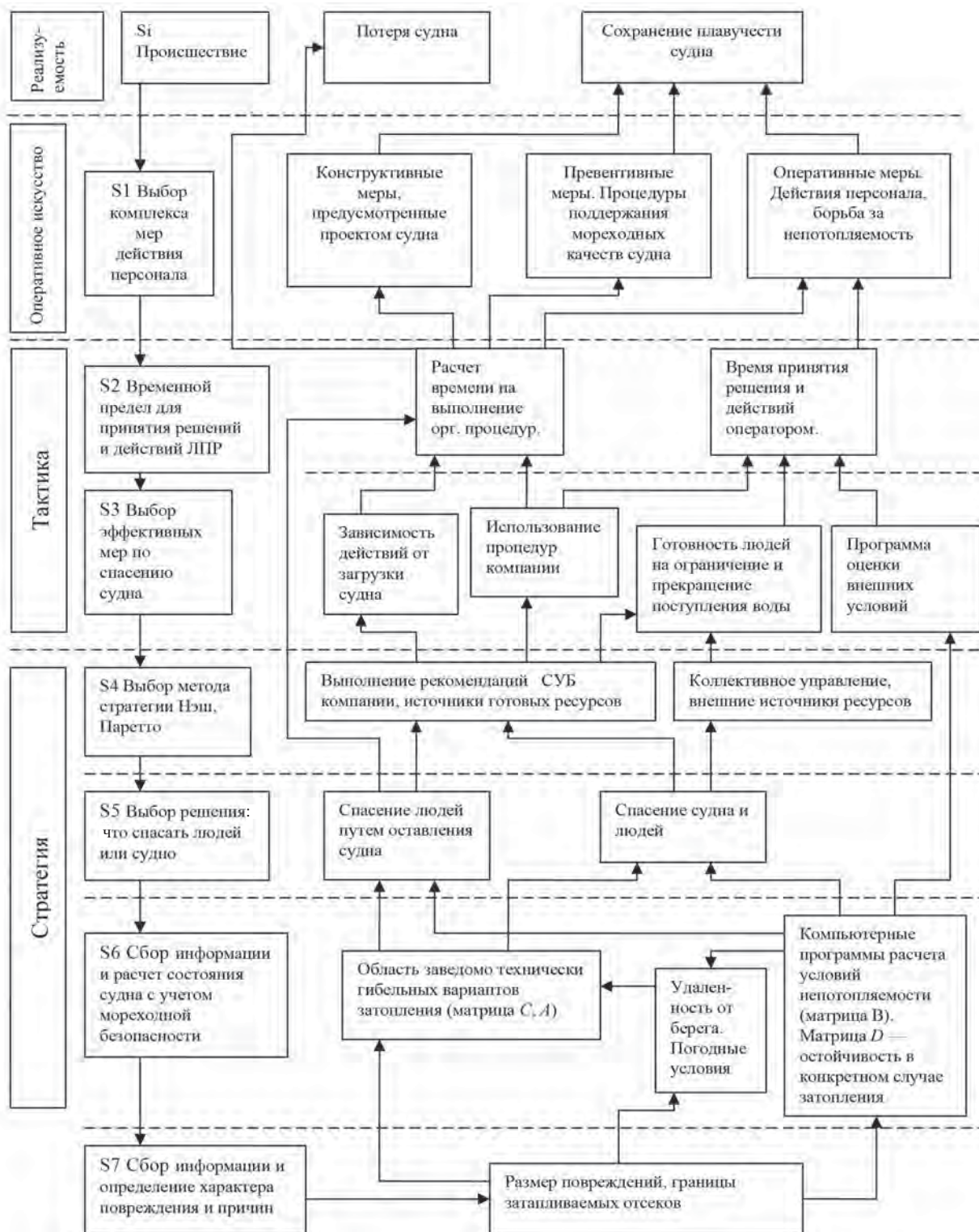


Рис. 3. Сценарный синтез действий операторов судовых эргатических систем в обеспечении непотопляемости судна

В заключение сценарный синтез действий операторов эргатических систем (рис. 3) структурировал порядок целедостижения и отразил эффективность предложенной методики принятия решений.

Разработанные логические алгоритмы позволяют операторам судовых эргатических систем уровня управления получать поддержку принятия решения. При этом выполнение предложенного алгоритма позволяет достичь оптимального результата за конечное число шагов и получить решения задач, различающихся только исходными данными из области применения в МТС. Для реализации алгоритмов предлагается применение технологий удаленного доступа (Cloud Technology). Они позволяют использовать базы знаний и данных обо всех возможных сценариях развития аварийных ситуаций, и обращение к ним расширит возможности быстрого действия получения необходимой информации. Это позволит контролировать выполнение рекомендованных действий в сценариях. Источником пополнения знаний станет глобальная информационная сеть на базе системы поддержки принятия решений для пользователей. Созданная методика позволит оператору судна использовать более достоверные данные для нахождения адекватных решений на этапе адаптационного периода, сводя к минимуму его продолжительность. Имеющиеся достоинства системы принятия решений позволяют рекомендовать ее использование при подготовке операторов судовых эргатических систем в предрейсовый период, что позволит повысить уровень квалификации командного состава при обеспечении безопасной эксплуатации судна.

Список литературы

1. *Бондарь В. М.* Системный подход к обеспечению непотопляемости судна / В. М. Бондарь // Судходство. — 1998. — № 10.
2. *Голиков В. А.* Безопасность мореплавания — извечная проблема моряков / В. А. Голиков // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці. Перша міжн. наук.-техн. конф., присвячена 90-річчю НУК ім. адм. Макарова, 15–17 сентября 2010 г. Секция 6: «Безпека мореплавства».
3. *Голиков В. В.* Системный подход к проблеме безопасного управления судном / В. В. Голиков // Судовождение: сб. науч. тр. / ОНМА. — Одесса: ИздатИнформ, 2009. — Вып. 17.
4. *Голиков В. В.* Сценарное исследование деятельности операторов морской транспортной системы на принципах гарантированной безопасности в чрезвычайных ситуациях / В. В. Голиков, К. Л. Обертюр, И. В. Сафин // Судовые энергетические установки: науч. техн. сб. — Одесса: ОНМА, 2012. — № 30.
5. *Люгер Д.* Искусственный интеллект / Д. Люгер. — М.: Мир, 2003. — 690 с.
6. *Нечаев Ю. И.* Теория катастроф: современный подход при принятии решений / Ю. И. Нечаев. — СПб.: Арт-Экспресс, 2011.
7. *Нечаев Ю. И.* Принятие решений при управлении судном в экстремальных ситуациях на основе современной теории катастроф / Ю. И. Нечаев, В. Г. Сизов // Судовождение: сб. науч. тр. / ОНМА. — Одесса: ИздатИнформ, 2010. — Вып. 20.
8. *Качинский А. Б.* Засади системного аналізу безпеки складних систем / А. Б. Качинский // Формування і реалізація державної політики управління процесами європейської та євроатлантичної інтеграції України. — Киев: ДП «НВЦ “Євроатлантикінформ”», 2006. — 336 с.
9. *Кононов Д. А.* Сценарии поведения сложных систем в чрезвычайных ситуациях / Д. А. Кононов, В. В. Кульба, Г. Г. Малинецкий. — 2001. — № 5.