

Спасательные средства для ледовых условий: состояние вопроса и возможные пути решения

К. Е. Сазонов¹, доктор технических наук

ФГУП «Крыловский государственный научный центр»

Рассмотрены различные технические средства, предназначенные для спасения экипажей судов и морских инженерных сооружений при возникновении аварийной ситуации в ледовых условиях. Проанализированы основные недостатки существующих и разрабатываемых ныне спасательных устройств. Сделан вывод о необходимости создания летающих спасательных средств, осуществляющих эвакуацию по воздуху.

Ключевые слова: спасательное техническое средство, ледовые условия, ледовая ходкость и управляемость.

Введение

Устойчивое повышение объема перевозок на акваториях с постоянным или временно существующим ледяным покровом, а также возрастающий интерес к освоению шельфовых месторождений в Арктике и прилегающих морях с особой остротой ставит проблему разработки и создания спасательных средств, обеспечивающих безопасность экипажей при возникновении аварийных и катастрофических ситуаций в любых ледовых условиях. В последние годы мировым инженерным сообществом, занимающимся разработкой технических средств для освоения полярных регионов, предпринимаются значительные усилия для создания такого спасательного устройства, однако существенных результатов до сих пор не получено. В данной работе рассматриваются некоторые из предложенных и эксплуатируемых в настоящее время спасательных устройств и формулируются требования, которым, по мнению автора, должно удовлетворять оптимальное спасательное средство, предназначенное для эксплуатации в любых ледовых условиях.

Некоторые проблемы обеспечения безопасности в ледовых условиях

Можно выделить два основных вида морских технологических операций, производимых на акваториях с ледяным покровом. Во-первых, это транзитные или снабженческие рейсы, осуществляемые транспортными судами одиночно или в составе караванов.

Такие рейсы могут выполняться как с ледокольной поддержкой, так и без нее. Во-вторых, это обеспечение функционирования морских инженерных сооружений, расположенных на шельфе замерзающих морей. Кроме того, можно указать на регулярное проведение исследовательских рейсов, которые осуществляются ледоколами или специализированными ледокольными научно-исследовательскими судами.

При проводке одиночных судов или караванов ледоколами функции выполнения спасательных операций обычно возлагаются на ледокол. Ледокол как наиболее приспособленное для движения во льдах судно практически в любой ситуации может подойти к аварийному или терпящему бедствие судну, оказать помощь или эвакуировать экипаж. На рис. 1 показана операция по спасению гибнущего теплохода «Витимлес» с помощью ледокола. По-видимому, спасение с помощью ледокола является наиболее эффективным способом в ледовых условиях. При движении судов в караване без сопровождения ледокола спасение может осуществлять судно, обладающее наилучшими ледовыми качествами.

При одиночном плавании судно имеет лишь традиционные средства для спасения экипажа. К сожалению, эти средства не обладают необходимой эффективностью в ледовых условиях, так как могут быть использованы только при наличии чистой ото льда воды. Еще хуже обстоят дела со спасением с ледостойких шельфовых сооружений. Помимо того, что имеющиеся средства спасения ориентированы на чистую воду, возникает дополнительная проблема

¹ e-mail: 54lab@krylov.sp.ru.

их спуска. Сложность этой задачи определяется большой высотой морских инженерных сооружений над уровнем моря, а также возможным наличием барьера торосистого льда перед сооружением. По этим же причинам суда обеспечения, постоянно находящиеся у морского инженерного сооружения, не всегда могут обеспечить выполнение спасательной операции.

В результате проведенного рассмотрения проблемы можно сделать вывод, что основную трудность для обеспечения эффективного спасения экипажа судна или морского инженерного сооружения представляют ледовые условия, отличающиеся большим разнообразием и не позволяющие проводить эвакуацию традиционными способами.

Ниже рассмотрены некоторые примеры спасательных устройств, которые применяются или разрабатываются для эксплуатации в ледовых условиях. Обзор различных концепций по обеспечению спасения экипажей судов и морских инженерных сооружений в ледовых условиях содержится также в [1].

Спасательное судно IBEEV

В северо-восточной части Каспийского моря ведется разработка морского нефтяного месторождения Кашаган (Казахстан). Это самое крупное в мире известное морское месторождение нефти. Важнейшей его отличительной чертой является небольшая, не более 4—5 м, глубина моря. Столь значительное мелководье определило способ обустройства месторождения: добыча нефти организована с искусственных островов, сооруженных в море.

Еще одной отличительной особенностью этого месторождения является большое содержание сероводорода H_2S в сопутствующем нефти газе. Этот газ представляет смертельную опасность для человека, поэтому на всех стадиях разработки месторождения принимаются повышенные меры обеспечения безопасности людей, выполняющих работу на намывных



Рис. 1. Гибель теплохода «Витимлес» в 1965 г. в Восточно-Сибирском море

островах. Одной из таких мер является обеспечение постоянной готовности к выходу в море специальных спасательных судов IBEEV (Ice Breaking Emergency Evacuation Vessel), которые предназначены для вывоза персонала с острова при возникновении аварийной ситуации. Эвакуация с помощью IBEEV должна выполняться круглогодично, что обусловило повышенные требования к ледовым качествам этих судов.

Спасательные суда IBEEV были спроектированы в Польше и построены на Гданьской судоремонтной верфи. Внешний вид судна представлен на рис. 2. Основные характеристики судна приведены в табл. 1.

Спасательное судно оборудовано замкнутой системой воздухообмена включая подачу воздуха к двигателям. Вход на судно осуществляется через специальную шлюзовую камеру.

В течение ряда лет специалистами Крыловского государственного научного центра совместно с представителями итальянской фирмы «Navalprogetti»

Таблица 1. Технические характеристики IBEEV

Полная длина судна, м	45,1
Длина между перпендикулярами, м	42,34
Ширина, м	8,0
Проектная осадка, м	2,0
Мощность	Дизель-электрическая установка 2×800 кВт / 1500 мин ⁻¹
Движительный комплекс	2×ВПК Шоттель тип SRP 550, 550 кВт / 1500 мин ⁻¹
Диаметр винта, м	1,4
Рулевое управление	SCHOTTEL Steering System type SST 900
Тяга на швартовном режиме, т	11,5
Классификационный класс	Det Norske Veritas ✕ 1 A1 Ice — 1B Dat (−30°C)



Рис. 2. Внешний вид IBEEV

и AGIP КСО (Казахстан) проводились комплексные исследования ледовых качеств IBEEV, в ходе которых были тщательно изучены его ледовая ходкость и управляемость, а также ледовая прочность корпуса [2]. Испытания проводились в гидродинамическом и ледовом бассейнах, а также в натуральных условиях. В результате были разработаны рекомендации по улучшению формы корпуса судна, а также подтверждены показатели его ледовой прочности.

Из всех известных автору специализированных спасательных устройств, предназначенных для работы в ледовых условиях, IBEEV является наиболее совершенным техническим средством. Это судно гарантированно обеспечивает спасение всех поднявшихся на его борт в любых ледовых условиях, которые могут возникать в окрестностях месторождения Кашаган. Столь высокие гарантии достигнуты благодаря тому, что судно обладает высокими показателями ледовой ходкости, управляемости и прочности. IBEEV может двигаться в предельных по толщине льдах, характерных для Северного Каспия, кроме того, ледовая прочность его корпуса позволяет в случае необходимости переходить к режиму движения набегами для преодоления участков с наслоенным льдом или небольших торосистых образований. Все это позволяет ему выполнять основную

функцию — эвакуировать персонал на безопасное расстояние от очага выброса сероводорода.

Спасательное средство ARKTOS

Это спасательное средство было разработано в Канаде и предназначено для выполнения разнообразных работ [3]. Оно использовалось на месторождении Кашаган и должно было выполнять ту же функцию, что и IBEEV. Спасательное средство ARKTOS представляет собой сцепку из двух плавающих тракторов (рис. 3). Передвижение тракторов как по твердой поверхности (земля, лед), так и по воде осуществляется за счет гусеничного движителя. Устройство позволяет взять на борт до 50 человек.

Пробная эксплуатация ARKTOS в реальных ледовых условиях Северного Каспия показала, что, несмотря на хорошую способность к передвижению в различной ледовой обстановке, это спасательное средство обладает существенным недостатком, который в итоге и повлиял на принятие решения об отказе от его использования. Выяснилось, что ARKTOS обладает очень плохой остойчивостью и склонно к опрокидыванию. Наиболее часто потеря остойчивости происходила при его выходе из воды на лед или землю. Таким образом, ARKTOS не смогло



Рис. 3. Спасательное средство ARKTOS

обеспечить гарантированное спасение персонала при любых условиях. Оно было заменено на IBEEV.

Завершая рассмотрение IBEEV и ARKTOS, необходимо отметить, что при создании этих спасательных средств не возникало существенных проблем со спуском на воду или лед. IBEEV базируются у специальных причалов насыпных островов и постоянно находятся в море. Спуск ARKTOS осуществлялся по специальному слипу, причем этот слип оборудован в той части острова, где наблюдались наименьшие нагромождения льда. Тем не менее при эксплуатации ARKTOS нельзя было полностью исключить возможность возникновения препятствий для их спуска из-за навалов или торошения льда у острова. Это обстоятельство, по-видимому, явилось еще одной причиной отказа от использования ARKTOS.

Ледовые спасательные шлюпки

Большинство разрабатываемых в настоящее время средств спасения экипажа в ледовых условиях представляют собой различные модификации традиционной спасательной шлюпки. При разработке указанных спасательных средств основное внимание обычно уделяется решению следующих задач:

- разработка технологии спуска спасательного устройства на воду или на поверхность льда;

- обеспечение возможности передвижения спасательного средства в ледовых условиях в течение небольшого промежутка времени для отхода на безопасное расстояние от аварийного объекта;
- обеспечение гарантированной работоспособности всех узлов спасательного средства в условиях действия низких температур, возможного обледенения и т. п.

Необходимость разработки специальной технологии спуска обусловлена большой высотой надводного борта судов, а также тем, что технологические палубы морских инженерных сооружений поднимаются над поверхностью воды на высоту 20 м и более. В таких условиях безаварийный спуск спасательного средства является довольно сложной технической задачей. Для условий чистой воды эта задача частично решена благодаря созданию сбрасываемых шлюпок (рис. 4), имеющих более прочный корпус специальной формы, который обеспечивает снижение гидродинамических нагрузок при ударе шлюпки о воду. После отдачи крепления шлюпка соскальзывает с платформы и падает в воду, в которую она погружается под углом к вертикали, при этом отходит от судна и всплывает в стороне от него. Очевидно, что такая технология не подходит для сбрасывания шлюпки на лед.

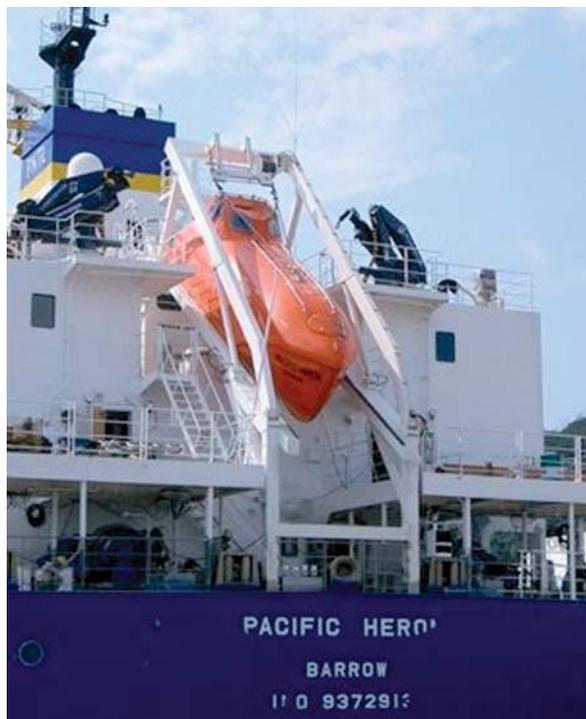


Рис. 4. Сбрасываемая спасательная шлюпка [4]

При разработке сбрасываемых шлюпок, предназначенных для эксплуатации в ледовых условиях, предпринимаются специальные меры для обеспечения их спуска.

В качестве примера рассмотрим разработку аварийного спасательного средства, выполненную в Крыловском государственном научном центре [5]. Спасательное устройство (рис. 5) должно иметь прочный обтекаемый корпус, обладающий огнестойкими свойствами. Отличительной особенностью устройства является использование специального ударного демпфера, который должен гасить энергию

удара шлюпки о лед. Основные технические характеристики устройства представлены в табл. 2.

Таблица 2. Технические характеристики сбрасываемой шлюпки

Полная длина корпуса, м	6—8
Ширина, м	3—5
Высота корпуса, м	3—3,5
Масса со снабжением и людьми, кг	5000—7000
Вместимость, человек	20—25

Для использования спасательного устройства предлагается установить на ледостойкой платформе спусковое гравитационное устройство, конфигурация которого позволяет гарантировать допустимые нагрузки на экипаж при спуске и ударе о лед (рис. 6). Дополнительно устройство оборудуется специальными амортизируемыми креслами с фиксаторами человека.

При разработке рассматриваемого спасательного устройства особое внимание уделялось способу его движения в ледовых условиях. Авторы разработки указывают, что на выбор способа движения существенное влияние оказывают ударные нагрузки, возникающие при спуске устройства. По их мнению, наличие таких нагрузок и требование обеспечения пожарной безопасности исключает возможность применения бензиновых, дизельных и газовых энергоносителей. В качестве альтернативы предлагается использовать энергию сжатого воздуха, для чего на шлюпке установлены баллоны высокого давления (см. рис. 5). В [5] выполнены расчеты движения спасательного устройства, вызванного реактивной силой истекающего из сопел воздуха. Для случая движения спасательного устройства по ровному бесснежному льду получены вполне удовлетворительные

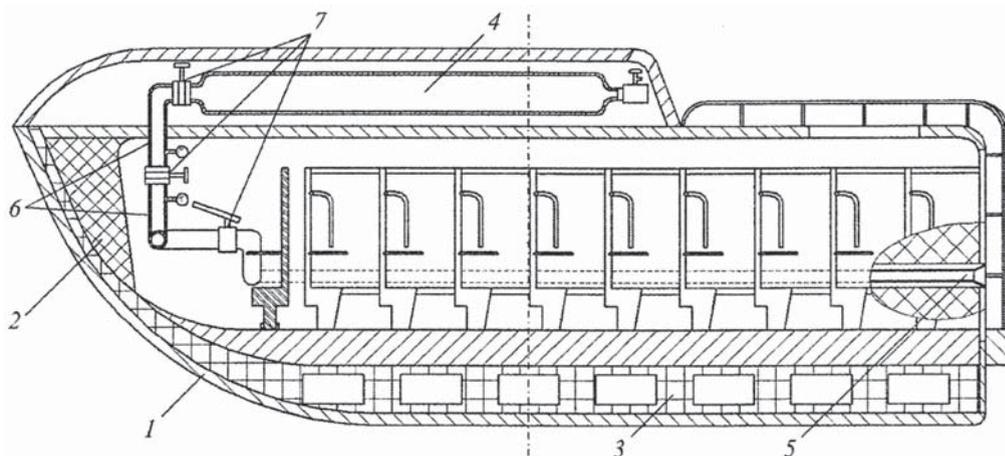


Рис. 5. Спасательная шлюпка для ледовых условий [5]: 1 – прочный корпус; 2 – наполнитель прочного корпуса; 3 – ударный демпфер; 4 – баллон высокого давления со сжатым воздухом; 5 – сопло; 6 – трубопровод; 7 – арматура управления

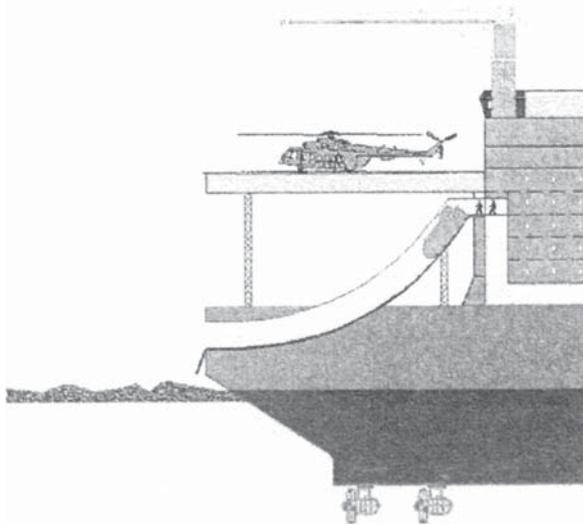


Рис. 6. Спускное устройство [5]

результаты по величине пройденного устройством пути. В зависимости от количества используемых баллонов и способа регулирования процесса истечения воздуха пройденный устройством путь варьируется от 1,1 до 2,8 км.

Авторы [5] делают оптимистический вывод о потенциальных возможностях и эффективности предложенного ими средства. К сожалению, с этим выводом нельзя согласиться. Дело в том, что все расчеты дальности движения спасательного устройства выполнены для идеальных ледовых условий (ровный бесснежный ледяной покров), которые крайне редко реализуются. Сила сопротивления среды принимается постоянной, примерно равной 7 кН. По приведенным в статье данным можно оценить среднюю скорость движения спасательного средства, она варьируется от 20 до 33 м/с. Оценка гидродинамического сопротивления спасательного средства, двигающегося по чистой воде, дает величину сопротивления среды в 100 раз больше. В этом случае дистанция, пройденная шлюпкой, существенно сократится. Еще большее сопротивление спасательное устройство будет испытывать при движении в битых льдах [6]. Таким образом, можно констатировать, что предложенное спасательное средство не гарантирует эвакуацию персонала на безопасное расстояние в любых ледовых условиях.

Канадскими специалистами уже несколько лет разрабатывается спасательная шлюпка TEMPSC, предназначенная для эксплуатации в том числе и в ледовых условиях [7; 8]. Шлюпка изготовлена из стеклопластика. Основные ее технические характеристики представлены в табл. 3, а внешний вид показан на рис. 7.

Шлюпка оснащена одним четырехлопастным винтом в насадке диаметром 0,457 м, входной диаметр насадки — 0,556 м, выходной диаметр — 0,467 м.

Таблица 3. Технические характеристики канадской шлюпки

Полная длина корпуса, м	5,28
Ширина, м	2,2
Высота корпуса, м	2,7
Водоизмещение, кг	~3660
Вместимость, человек	20
Мощность двигателя, кВт	~41

Со шлюпкой был выполнен большой объем натуральных испытаний как на чистой воде, так и в ледовых условиях. В результате было установлено, что в битых льдах сплоченностью более 7 баллов шлюпка передвигаться практически не может.

Необходимо обратить внимание еще на одну особенность движения шлюпок в ледовых условиях. Речь идет об устойчивости прямолинейного движения. Хорошо известно, что в битых льдах движение становится неустойчивым [9]. Движущийся объект испытывает хаотические удары со стороны льдин, что приводит к искривлению траектории его движения. Этот вывод был подтвержден канадскими специалистами, которые проводили натурные испытания спасательной шлюпки TEMPSC во льдах. В [8] приведены довольно хаотические траектории движения шлюпки в битых льдах. Такая же неустойчивость будет наблюдаться и при движении шлюпки по неровному или заснеженному сплошному ледяному покрову.

Интересное решение проблемы движения спасательного устройства во льдах предложено специалистами Нижегородского государственного технического университета им. Р. Е. Алексеева [10]. Принципиальная схема этого устройства показана на рис. 8. Для его передвижения как по чистой воде, так и в ледовых условиях используется роторно-винтовой движитель, который имеет ряд преимуществ при движении шлюпки в ледовых условиях. Однако утверждение авторов работы, что шлюпка, оснащенная таким типом движителя, сможет легко преодолевать торосистые образования, вызывает большие сомнения. Скорее всего торосы будут непреодолимым препятствием для данной конструкции. Кроме того, при разработке предложенной концепции спасательного устройства необходимо уделить большое внимание обеспечению ее устойчивости на режимах выхода с чистой воды на лед и на аналогичных режимах.

Возможные пути решения

Из приведенного анализа можно сделать вывод, что большинство разрабатываемых ныне или существующих спасательных средств не могут обеспечить гарантированное спасение экипажей судов



Рис. 7. Канадская спасательная шлюпка TEMPSC

и морских инженерных сооружений при возникновении аварийной ситуации. Главный недостаток всех рассмотренных спасательных средств (кроме IBEEV) — невозможность обеспечить гарантированный отход от аварийного объекта в любых ледовых условиях. Очевидно, что создать спасательное средство, которое могло бы свободно передвигаться и управляться в любых ледовых условиях, невозможно. Небольшие размеры спасательных средств не позволяют разместить на них энергетические установки необходимой мощности для преодоления сопротивления льда при движении. То же относится к размещению и энергоснабжению эффективных органов управления движением спасательного средства.

Еще один вывод, который можно сделать из рассмотрения проектов спасательных средств, заключается в том, что все они подразумевают традиционную «плоскую» схему спасения, под которой понимается попытка реализации движения спасательного средства по границе раздела воды/льда и воздуха. Такая схема хорошо себя зарекомендовала при организации спасения судов и морских сооружений, терпящих бедствие, на чистой воде благодаря известной зависимости сопротивления воды от квадрата скорости движения в ней любого объекта. Поэтому при малых скоростях движения

можно обеспечить отход спасательного средства от аварийного объекта даже при небольших тяговых усилиях, например, на веслах.

Сопротивление ледовой среды имеет совершенно иную структуру. Хорошо известно, что его всегда можно разделить на две составляющие: прямое и скоростное сопротивление [6]. Прямое сопротивление зависит от толщины, размеров и свойств ледяного покрова и не зависит от скорости движения объекта. Поэтому для того чтобы начать движение любого технического устройства в ледовых условиях, необходимо приложить довольно значительное усилие. Если движение удалось начать, сопротивление ледовой среды будет возрастать примерно как линейная функция скорости. Это и является физическим объяснением неудач попыток создать эффективное спасательное средство.

По мнению автора, для решения поставленной проблемы необходимо отказаться от «плоской» схемы спасения. Решение необходимо искать в трехмерном пространстве. Другими словами, эвакуацию персонала следует осуществлять воздушным путем. Спасательное средство должно иметь возможность отлететь от аварийного объекта на небольшое расстояние — не более 1,5—2 км. Переход к такому способу эвакуации сразу снимет проблему преодоления ледового сопротивления.

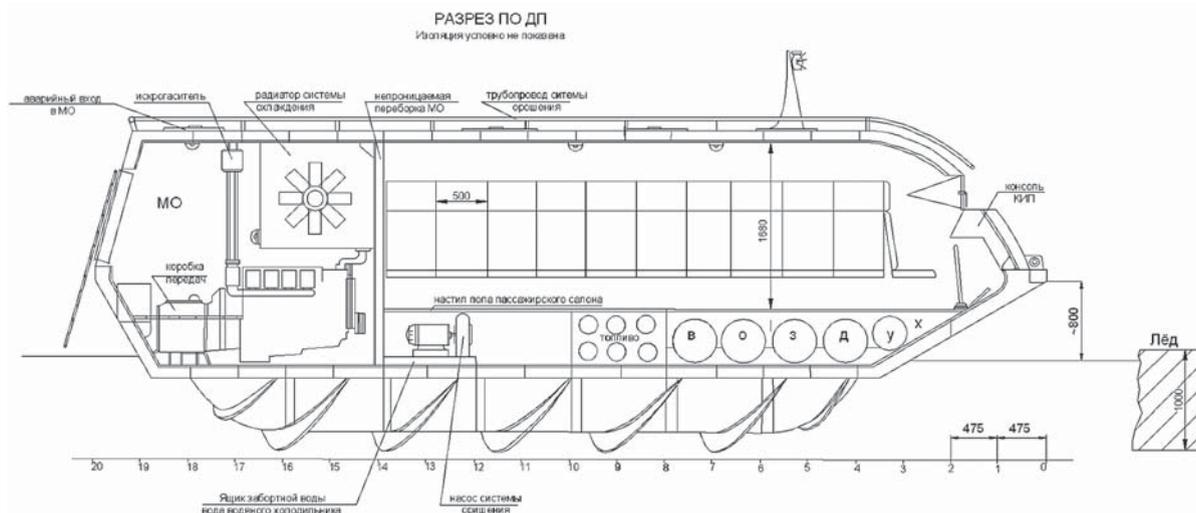


Рис. 8. Принципиальное устройство универсального спасательного средства с роторно-винтовым двигателем

По-видимому, при создании такого средства одной из главных задач будет обеспечение его посадки на ледяной покров с учетом возможной торосистости, на чистую воду или в битые льды. Но такая задача уже практически стоит перед разработчиками спасательных средств, когда они должны обеспечить безопасный спуск спасательного модуля с высоты 20 м и более. В какой-то мере задача о посадке спасательного средства выглядит даже более простой, так как нет необходимости осуществлять его посадку в непосредственной близости от аварийного объекта, где могут находиться барьеры восторошенного льда. Если придать спасательному средству возможность во время полета минимально управлять движением, то возникает возможность поиска подходящей для посадки площадки.

Автор отдает себе отчет в том, что создание такого спасательного средства — очень сложная техническая задача. Не являясь специалистом в этой области, он не пытается наметить даже приблизительное ее решение. Основная цель заключается в предложении специалистам подумать о возможности создания такого спасательного средства.

Литература

1. Тимофеев О. Я., Таровик В. И., Вальдман Н. И. и др. Концепция экстренного спасения персонала с морских нефтегазовых объектов на шельфе // Труды 11-й Международной конференции и выставки по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа стран СНГ (RAO / CIS Offshore 2013). — СПб., 2013. — С. 461—463.
2. Cok L., Sazonov K. E., Beljashov V. A. et al. Ice going capability of small unconventional vessel in the Kashagan field // Proceedings of the 21st International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions July 10—14, 2011, Montréal, Canada, POAC11-052.

Arctic Conditions July 10—14, 2011, Montréal, Canada, 2011, POAC11-052.

3. Самоподъемные плавучие буровые установки: история, современность, перспективы: Аналитический обзор. — СПб.: ФГУП «Крыловский государственный научный центр», 2013. — 208 с.

4. Классификация спасательных средств // <http://sea.library.ru>.

5. Таровик В. И., Вальдман Н. И., Павловский В. А. и др. Аварийное спасательное средство для экстренной эвакуации персонала с морских платформ в ледовых условиях // Труды Крыловского государственного научного центра. — 2013. — Вып. 74 (358). — С. 107—116.

6. Сазонов К. Е. Теоретические основы плавания судов во льдах. — СПб.: ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, 2010. — 274 с.

7. Simões Ré A., Veitch B., Kuczora A. et al. Field trials of a lifeboat in ice and open water conditions // Proceedings of the 21st International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions July 10—14, 2011, Montréal, Canada, POAC11-160.

8. Simões Ré A., Veitch B. Evacuation in ice: ice loads on a lifeboat during field trials // Proceedings of the ASME 2013 32nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, OMAE2013, June 9—14, 2013, Nantes, France, OMAE2013-10689.

9. Сазонов К. Е. Ледовая управляемость судов. — СПб., ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, 2006. — 252 с.

10. Шапкин В. А., Кошурина А. А., Крашенинников М. С. Концепция и методика создания универсального коллективного спасательного средства с роторно-винтовым двигателем // Труды 11-й Международной конференции и выставки по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа стран СНГ (RAO / CIS Offshore 2013). — СПб., 2013. — С. 445—450.