



Описание технологических задач от индустриального партнера конкурса

АРКТЕК ИНЖИНИРИНГ

ПАО «Совкомфлот»



1. Разработка алгоритма по выработке маршрута при плавании во льдах

Ожидаемый уровень готовности решения:

от TRL 3. Макетный образец и выше.

Краткое описание:

Анализ рисков плавания в зимних условиях Арктических морей, показывает, что данные операции связаны с высокими навигационными рисками и последующих потерь, вызванных ледовыми повреждениями. Мы считаем, что навигационные риски могут быть значительно снижены благодаря разработке и внедрению электронных навигационных услуг, оказываемых в Арктике и действующих и разрабатываемых инструментов планирования маршрута при плавании во льдах.

Скорость судов и характер движения зависят от сплоченности льда, его возраста и размеров. При одной и той же сплоченности мелкобитого льда, но с увеличением его толщины скорость движения значительно уменьшается. При этом на изменение скорости заметное влияние оказывает ветер.

Потеря скорости во льдах зависит от формы и размеров льдин. Изменение скорости движения судна в мелкобитом льду и обломках полей различной толщины показано в ледовом сертификате. Потери скорости при плавании вызывает значительные задержки в графиках отгрузки и увеличение расхода топлива.

Таким образом, при плавании во льдах на скорость судов основное влияние оказывает сопротивление льда движению судов. Одновременно при движении среди льдов малых горизонтальных размеров¹ на изменение скорости влияет ветер, вызывающий сжатие. Кроме того, во избежание повреждения корпуса судна штурманский состав вынужденно снижает скорость движения.

Безопасность плавания судов во льдах, обеспечиваемая прочностью корпуса и движительно-рулевого комплекса, регламентируется классификационными обществами путем присвоения судну соответствующей ледовой категории (ледового класса) в зависимости от условий эксплуатации и назначения судна. Вместе с тем, на практике, по тем или иным причинам, суда эпизодически эксплуатируются в более тяжелых ледовых условиях в сравнении с нормативными. В таких ледовых условиях судно должно работать при определенных ограничениях. Это означает, что оно может двигаться по ледовому каналу за ледоколом (или самостоятельно) с пониженными скоростями, что обеспечивает необходимый уровень безопасности плавания во льдах, толщина и другие характеристики которых превышают нормативные значения для данного судна.

Ограниченные, то есть сниженные до безопасного уровня, скорости проводки судов определяются расчетным путем в зависимости от конструкции и формы обводов корпуса,

водоизмещения, мощности энергетической установки и тяговых характеристик пропульсивного комплекса, возраста и состояния (износа) наружной обшивки. Результаты расчетов, представляющие собой графические зависимости допустимых (безопасных) скоростей движения судна от ледовых условий и параметров ледокольной проводки (ширина канала, толщина и сплоченность битого льда в канале), оформляются в виде регламентирующего документа, называемого Ледовым сертификатом (ранее – Ледовый паспорт).

Оптимизация маршрута в итоге осуществляется путем минимизации времени в пути, используемого судном. Общая идея для этого заключается в том, что мы вычислительным путем уменьшаем скорость судна в опасных зонах, чтобы обозначить эти районы как менее привлекательные с точки зрения оптимизации маршрута. Поскольку скорость изменяется в зависимости от местных ледовых условий, она представлена с помощью карты скоростей, которая представляет собой пространственное дискретное представление скорости судна.

Планирование безопасного и эффективного маршрута уменьшает риск повреждения и застраивания судов так же, как и посадки на мель, что может привести к задержкам и потерям в коммерции. Генерация различных данных в маски вероятности и отображения на карте скоростей позволяет рассчитать оптимальный маршрут в кратчайшее время. Путь наложения нескольких слоев препятствий и автоматического отображения опасных районов позволяет применять принцип E- навигации в будущем. Второе – возможность отображать в информационном поле информацию с других судов, что позволяет использовать ледовые каналы и безопасные маршруты. Это позволяет нивелировать расхождение между моделью и реальностью для целей независимого судовождения во льдах.

2. Методы и инструменты определения дистанции и скорости каравана при осуществлении ледокольной проводки в Арктическом регионе

Ожидаемый уровень готовности решения:

от TRL 2. Концепция и выше

Краткое описание:

Полярный кодекс определяет ледокол как любое судно, которое способно исполнять функции эскортирования других судов или активных действий во льдах.

Плавание в полярных водах осуществляется в различных ледовых условиях, постоянно меняющейся динамики ледовых полей на обширных районах Арктического региона. Изменение динамики приводит к созданию тяжелых ледовых условий и как следствие застревания судов во льдах. Такое застраивание ведет к коммерческой потере фрахтователя и техническим повреждениям для судовладельцев. При этом расход топлива увеличивается значительно, что приводит к загрязнению окружающей среды за счет выброса газов в атмосферу. Данное исследование будет способствовать развитию методов эскортирования и сопровождения, распространения этих знаний среди участников плавания по СМП и организации необходимых действий со стороны оператора СМП при возникновении аварийных ситуаций.

Экипаж ледокола может консультировать экипаж сопровождаемых судов, но экипажи судов, участвующих в конвоировании, несут ответственность за организацию и поддержание безопасного расстояния между отдельными судами. Одновременно в колонне обычно поддерживается относительно высокая скорость для обеспечения эффективности транспортных потоков. При этих условиях дистанция между судами важна с точки зрения безопасности и эксплуатации. Если судно сокращает расстояние до впереди идущего судна, вероятность столкновения возрастает. Однако, если выдерживается большее расстояние, сопровождаемое судно может быть завязано льдом (каша в канале, не попадая под корпус собирается впереди судна и превращается в пробку) и в результате застревают во льду.

Соблюдая требования по безопасности на море экипажи судов стремятся оградить определенную область вокруг судна от других судов, область, обычно известную как зона безопасности вокруг судна. Очевидно, что данная зона будет отличаться от зоны, применяемой судоводителями при плавании на открытой воде или при самостоятельном плавании.

Для безопасных судовых зон (доменов) предлагаются различные модели, и на основе эмпирических исследований каждый судоводитель устанавливает размер безопасных судовых зон используя данные о маневренных характеристиках судна в районах открытого моря и в портовых условиях.

Необходимо проектирование и разработка новых методов ледокольной проводки на основе совместной работы ледокола (или любого судна, занимающегося такой операцией в соответствии с Полярным кодексом) и транспортного судна, для чего необходим комплексный подход в рамках проектирования ледоколов и судов усиленного ледового класса. Принимая во внимание значительное увеличение грузопотока и соответственно количества судов на трассе СМП, ледоколы целесообразно использовать только на сложных участках трассы таких как: проливы, подходы к портам, устья рек. Определение мощности двигательной установки самого

транспортного крупнотоннажного судна для продвижения в ледовых условиях также требует обоснования с учетом опыта практической эксплуатации.

Для круглогодичной навигации, требуются суда ледовых классов не ниже (Arc7), которые смогут эффективно и безопасно работать в караване с мощными ледоколами. В этом случае будет достигнуто определенное соответствие, как по ледовой ходкости, так и по прочности.

Наряду с техническими решениями необходимо совершенствовать логистическую схему движения с разработкой и утверждением рекомендованных путей движения. Повышение трафика на ограниченном пространстве позволит ослабить напряженность ледового поля и организовать ледокольное сопровождение большего количества судов. Это в свою очередь приведет к сокращению вредных выбросов в атмосферу.

3. Система мониторинга и прогноза физико-механических свойств морского льда по трассе СМП (для учета прочностных характеристик льда судоводителями)

Ожидаемый уровень готовности решения:
от TRL 3. Макетный образец и выше

Краткое описание:

Мониторинг прочностных характеристик льда является ключевой задачей для обеспечения безопасного и экономически эффективного судоходства по трассе СМП. В число основных характеристик морского льда, определяющих его прочность, входят: толщина, соленость, пористость, температура. Среди этих четырех характеристик по данным спутниковых измерений с высокой точностью определяется только температура морского льда. Спутниковый мониторинг толщины льда менее точен, так как он производится не на основе прямых измерений, а на основе косвенных соотношений по температуре поверхности льда или по высоте надводной части льда. В обоих случаях возможны значительные ошибки из-за отсутствия информации о солености и пористости морского льда. Спутниковый мониторинг солености и пористости морского льда не производится вовсе, эти характеристики оцениваются косвенным образом по данным о возрасте льда и также имеют невысокую точность.

Изменчивость солености морского льда в морях по трассе СМП очень велика из-за наличия обширных морских акваторий, подверженных влиянию значительного речного стока. Таким образом, развитие методов и средств регулярного спутникового мониторинга солености морского льда с достаточной точностью принципиально важно для расчета прочностных характеристик льда по трассе СМП. Также для мониторинга и оценки прочности льда необходимо учитывать исходные характеристики морских вод, из которых образовался лед; воздействие на морской лед атмосферы и океана; дрейф льда; трансформацию внутренней структуры льда.

Технологическое решение этой задачи предполагает создание регулярных (еженедельных) карт распределения солености морского льда в акваториях по трассе СМП с точностью до 1-5 промилле, верифицированных по данным натурных измерений. В дальнейшем по полученным данным рассчитываются карты прочности морского льда в акваториях по трассе СМП.

4. Методы и инструменты определения механизма дрейфа льда в Арктике с помощью буйев, установленных на лед

Ожидаемый уровень готовности решения:

от TRL 8. Полнофункциональный образец (мелкосерийное производство) и выше.

Краткое описание:

Одним из важнейших факторов при анализе ледовой обстановки в северных морских акваториях является информация о направлении и скорости дрейфа льда.

Идеальным вариантом для интенсивного мониторинга дрейфа морского льда является комбинация данных дистанционного зондирования Земли и результатов функционирования автономных радиомаяков. Однако в настоящее время наиболее доступными представляются инструментальные методы решения этой задачи.

В 2021 году в морях восточной части Северного ледовитого океана силами ПАО «Совкомфлот» для определения скорости и направления генерального дрейфа ледяного покрова на ледяные поля были выставлены 5 радиомаяков, передававших собственные координаты в режиме, близком к реальному времени. Среднесуточное количество принятых от одного радиомаяка сообщений составило от 88 до 470, а среднее количество позиций одного радиомаяка в сутки — от 52 до 189. Продолжительность функционирования радиомаяков составляла до 105 суток. По данным телеметрии среднее расстояние дрейфа ледяного покрова в наблюдаемый период составляло 10–15 морских миль в сутки с характерными увеличениями скорости дрейфа, зафиксированными всеми радиомаяками.

Необходимо разработать и реализовать Программу долговременного интенсивного мониторинга фактического дрейфа морского льда с помощью специализированных автономных радиомаяков. Программа должна включать следующие мероприятия:

- анализ изменчивости ледовых условий в Карском море, определение текущей обстановки и прогноз развития ледовых условий на основе спутниковых изображений;
- определение оптимальных районов размещения радиомаяков и разработка схемы их расстановки;
- обоснование минимально необходимого количества радиомаяков;
- расстановка радиомаяков в исследуемой акватории;
- организация постоянного мониторинга ледовой обстановки на базе данных, поступающих с радиомаяков.

Применяемое в рамках решения технологической задачи оборудование должно обеспечивать параметры не ниже достигнутых в рамках пилотного проекта 2021 года. Кроме того, радиомаяки должны соответствовать следующим характеристикам:

- возможность установки с БПЛА на ледяные образования любого типа;
- возможность фиксации на ледяном образовании со сложной поверхностью (айсберг, стамуха);
- масса: не более 1000 г;
- средняя точность определения собственного местоположения: не хуже 50 м;

- интенсивность получения удаленным пользователем координат ледяного образования: не менее 70 позиций в сутки;
- продолжительность автономного функционирования: не менее 10 месяцев
- положительная плавучесть;
- полная герметичность;
- температура хранения: $-40 - +40^{\circ}\text{C}$;
- температура эксплуатации: $-40 - +20^{\circ}\text{C}$.

Применяемое оборудование должно соответствовать требованиям к пожаро- и взрывобезопасности, принятым на судах, перевозящих нефть, нефтепродукты и сжиженный газ.

5. Организация лоцманской проводки в портах РФ с помощью коптера.

Ожидаемый уровень готовности решения:
от TRL 3. Макетный образец и выше.

Краткое описание:

Лоцманская проводка может быть разделена на морскую лоцманскую проводку, к которой относится проводка судов по каналам и на фарватерах, и на портовую, к которой может быть отнесено маневрирование в гаванях.

Использование лоцманов для помощи судам в плавании по фарватерам и в портах, является многовековой традицией в мореплавании. Безопасно провести судно в порт из открытого моря – непростая задача, требующая досконального знания местных условий плавания.

К задачам лоцманских услуг относится снижение риска морских аварий с судами во время движения их на наиболее опасных и ответственных участках акватории портов. Лоцман, поднявшийся на борт судна, оказывает помощь и советует капитану по навигации судна. В первую очередь это относится к осуществлению навигационных маневров судна при входе в порт и при выходе из порта (т. е. до момента швартовки у обозначенного причала и отхода соответственно). Большое значение имеет также лоцманская проводка при проходе судном фарватера морских каналов, судоходных рек и озер, а также иных, трудных в навигационном отношении, участков.

Лоцманское обслуживание – это прежде всего безопасность мореплавания, а также защита окружающей среды и инфраструктуры от возможных негативных последствий со стороны судоходства. Работа лоцманских служб характеризуется количеством и качеством проведенных лоцманских операций.

Предоставляют лоцманские услуги специально обученные лоцманы, обладающие хорошими знаниями местных особенностей, имеющими многолетний опыт плавания в данном районе в различных условиях (погода, движение судов, приливы и т. п.).

Для судовладельца лоцманское обслуживание – это расходы, связанные с эксплуатацией судна. Как правило, все капитаны, которых нанимает судовладелец (фрахтователь), могут беспрепятственно проводить суда в любой порт мира. Однако он вынужден заказывать лоцмана, так как существует общее правило об обязательной лоцманской проводке.

Квадрокоптер – это уникальное транспортное средство, с помощью которого можно осуществить лоцманскую проводку дистанционно, и в сложных погодных условиях.

Для доставки лоцманов в портах России использует лоцманские катера. Содержание катеров и экипажей, обеспечение и эксплуатационные расходы по ним ложатся на доходы от деятельности лоцманских служб и приводят к убыткам. Это происходит из-за высокой себестоимости содержания лоцманских катеров.

Несмотря на убыточность лоцманских услуг, нельзя отказаться от этой деятельности в связи с требованиями законодательства Российской Федерации (глава VI Кодекса Торгового Мореплавания Российской Федерации), Использование квадрокоптеров для организации дистанционной лоцманской проводки значительно снизит расходную часть лоцманской деятельности. Одновременно снижается время доставки лоцманов на суда на любых маршрутах, что практически сводит к минимуму затраты транспортного флота в ожидании лоцманов.

Анализ рисков при организации пересадки лоцмана с борта и на борт судна, показывает, что данная операция является опасной и высоко затратной. Мы считаем, что операционные риски могут быть значительно снижены благодаря разработке и внедрению системы организации дистанционной лоцманской проводки с помощью коптера.

Лоцманская проводка судов занимает значительное время в портах расположенных в устьях рек и где пункты приема и сдачи лоцмана находятся на значительном удалении от порта. К таким портам относятся Мурманск, Архангельск. Неблагоприятные погодные условия такие как крутая зыбь или волна значительно ограничивают возможность передачи лоцмана на борт судна на открытом пространстве.

Во всех портах контроль за движением судна осуществляет СУДС система управления движением судов, где береговой оператор осуществляет контроль сидя за монитором радиолокатора и ЭКДИС –электронная картографическая система. Оператор коптера (лоцман) сидя на береговой станции СУДС управляет коптером следует по безопасному маршруту, а капитан держит коптер в створе ДП судна.

Необходимо:

- 1) Разработать различные методы определения позиции коптера в пространстве на примере порта Мурманск;
- 2) Определить тип и параметры коптера (существующие гидрометеорологические ограничения в порту Мурманск) для осуществления данной проводки от точки приема лоцмана и до места подхода буксиров на швартовые операции;
- 3) Рассчитать экономику проекта;
- 4) Определить необходимые законодательные изменения для осуществления дистанционной лоцманской проводки.

6. Определение предельной нагрузки льда на корпус судна

Ожидаемый уровень готовности решения:
от TRL 3. Макетный образец и выше.

Краткое описание:

Современные морские суда становятся больше и мощнее тем самым внося уровень неопределенности в существующие правила и стандарты ввиду отсутствия достаточного опыта эксплуатации таких больших судов. Например, существующие критерии, правила и операционная практика основана на опыте относительно небольших судов с низкой ледопроеходимостью и ограничениями при маневрировании во льдах.

Проектировщики судов часто используют методы прямого расчета ледовых нагрузок, а затем проводят структурный анализ методом конечных элементов для оценки конструктивной целостности судна, однако применяемая ледовая нагрузка не проверена и нуждается в подтверждении.

Цель данной системы предоставить судоводителю, в режиме реального времени, информацию по нагрузкам льда на корпус судна и также сравнить как действующая нагрузка соотносится к проектируемой в соответствии с правилами Регистра.

Эта система предоставляет средства для измерения и регистрации давления и нагрузок на корпус льдом, а также для расчета вызванной реакции/деформации конструкции корпуса в местах с высокой нагрузкой на корпус. Напряжения, возникающие в результате ледовых нагрузок, будут сравниваться с допустимыми напряжениями в программном обеспечении, и результаты отобразятся на дисплее навигационного мостика, графически отображающем процент загруженности критических участков. Эта система предоставляет оператору, инструмент, позволяющий показать, какая скорость является безопасной в данных ледовых условиях, показывая запас прочности конструкции.

Эта система измерений и мониторинга предназначена для измерения входных данных от установленных волоконно-оптических тензо-датчиков вдоль ледового пояса в двух местах в носовой и кормовой частях. В дополнение к тензо-датчикам измерительная система расположена на мосту и включает в себя оптический блок сопряжения для одновременного считывания показаний всех тензо-датчиков. Измерительная система непрерывно производит выборку с высокой скоростью (250 Гц) и снимает данные с тензо-датчиков только при превышении заданных значений срабатывания, то есть при столкновении со льдом.

Программное обеспечение.

Целью программного обеспечения для отображения является отображение информации, полученной в результате отдельных столкновений на мостике, в режиме, близком к реальному времени, чтобы оператор был осведомлен о серьезности отдельных столкновений и мог вносить коррективы в работу судна, главным образом в скорость судна или скорость поворота.

Это программное обеспечение предоставляет информацию о давлении и нагрузках на корпус льдом, а также о напряжениях, возникающих в результате ледовых нагрузок. Они сравниваются с соответствующими допустимыми значениями, и результаты показывают процентное соотношение к допустимому в виде цвета. Программное обеспечение предоставляет

оператору инструмент, позволяющий показать, какая скорость является безопасной в текущих ледовых условиях, показывая запас прочности конструкции.

Панель монитора отображает распределение давления по установленным датчикам с помощью цвета для быстрого восприятия оператором. Цвет устанавливает процент допустимых нагрузок.

Система предупреждения оповещает об нагрузках, превышающих пороговые значения.

Ожидаемая нагрузка рассчитывается исходя из осреднения последних ста значениях нагрузок.

На борту устанавливается фото или видео камера, которая фиксирует ледовые условия на пленку при превышении пороговых значений по нагрузке.

7. Определение физики налипания льда на корпус судна и на неподвижный объект.

Ожидаемый уровень готовности решения:
от TRL 2. Концепция и выше.

Краткое описание:

Облипание – это образование в месте контакта корпуса судна со льдом снежно-ледяной подушки, которая вызывает замедление судна вплоть до полной его остановки. Крепление подушки к корпусу судна достаточно прочное.

Гидрофизическая гипотеза облипания основана на том, что при движении каши льда вдоль борта и в результате трения льда о корпус за счет тепла происходит таяние и образование микроленки воды между корпусом и льдом. Вследствие статистической сдвиговой прочности воды в ультратонком слое ее свойства отличаются от свойств воды в объеме, в результате чего резко увеличивается вязкость воды. Приобретая сдвиговую прочность, подобную прочности твердых тел.

На процесс образования ледяной подушки у борта судна также существенно влияет режеляция, температуры (при которой она происходит) и времени. С увеличением сжатия смерзание повышается. Понижение температуры воды также способствует смерзанию.

Налипание льда на корпус во время движения судна наблюдается в основном в морском льду. При плавании в Обской губе капитаны с таким явлением не сталкивались, очевидно, из-за более плотного пресноводного льда. Судоводитель должен следить за появлением ледяной подушки и принимать необходимые меры к ее устранению.

Для борьбы с этим явлением на строящихся судах могут устанавливаться противобледилительные установки, обеспечивающие подачу сжатого воздуха вдоль борта судна, что исключает облипание корпуса и снижает коэффициент трения при его взаимодействии со льдом.

Таким образом, в процессе облипания и образования ледяной подушки в рамках гидрофизической гипотезы можно выделить три этапа:

- 1) Прилипание снежно-ледяной массы к корпусу.
- 2) Смерзание кусков льда и снежно-ледяной массы.
- 3) Режеляция в единый монолит, образующий тело “борода”.

Облипанию судна во льду способствуют:

- отрицательные температуры;
- использование ледовых каналов, забитых кашей льда;
- состояние поверхности корпуса;
- наибольшая скорость судна.

Налипание также происходит на неподвижных объектах (выносных платформах Приразломная, Варандей).

Необходимо определить условия и физику процесса образования “бороды”.

Теория облипания это практичный инструмент для принятия объективных и безопасных решений капитаном при управлении судном.