

УДК 629.5.01

Г.В. Егоров, И.А. Ильницкий

**ОБОСНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНО-АВТОМОБИЛЬНО-ПАССАЖИРСКОГО ПАРОМА
АРКТИЧЕСКОГО КЛАССА ДЛЯ ПЕРЕПРАВЫ ВАНИНО-ХОЛМСК**

Выполнен анализ работы паромной линии «Ванино-Холмск», обозначена необходимость замены существующих паромов. Создан проект современного парома с арктическим классом для самостоятельной работы на линии «Ванино-Холмск» с характеристиками, значительно превышающими характеристики существующих паромов типа «Сахалин».

Ключевые слова: Сахалин, морской паром, арктический класс, безопасность, пассажироместимость, опасные грузы, автономность, социальная задача.

Виконаний аналіз роботи поромної лінії «Ванино-Холмск», позначена необхідність заміни існуючих поромів. Створений проект сучасного парома з арктичним класом для самостійної роботи на лінії «Ванино-Холмск» з характеристиками, що значно перевищують характеристики існуючих поромів типу «Сахалін».

Ключові слова: Сахалін, морський паром, арктичний клас, безпека, пасажиромісткість, небезпечні вантажі, автономність, соціальне завдання.

The analysis of «Vanino-Kholmok» ferry line operation is made, need of replacement of existing ferries is designated. The project of modern ferry with Arctic class for independent work on «Vanino-Kholmok» line with characteristics considerably exceeding characteristics of existing «Sakhalin» ferries is created.

Keywords: Sakhalin region, sea ferry, Arctic class, safety, passenger capacity, dangerous goods, autonomy, social task.

Постановка проблемы. Морским Инженерным Бюро был разработан новый концепт автомобильно-железнодорожного парома ледокольного типа неограниченного района плавания нового поколения с двухвальной четырехдвигательной силовой установкой и тремя подруливающими устройствами для линии «Ванино-Холмск» проекта CNF11CPD, учитывающий опыт работы существующих судов и условия линии.

Новый паром проекта CNF11CPD предназначен для перевозки железнодорожных вагонов (30 единиц) российского стандарта с шириной колеи 1520 мм, всех видов автомобилей, включая грузовые автосоставы (48 единиц), легковые автомобили (28 единиц дополнительно), различной

© Егоров Г.В., Ильницкий И.А., 2015

колесной техники и контейнеров на ролл-трейлерах, рефконтейнеров, а также опасных грузов классов 1.1-1.6; 1.4S; 2.1-2.3; 3 (в полном объеме); 4.1-4.3; 5.1; 6.1 (в полном объеме); 8 (в полном объеме); 9 и пассажиров (150 человек), с кормовой и бортовой схемой грузообработки.

Новый концепт является результатом комплекса исследований, проведенных в 2012-2013 годах Морским Инженерным Бюро, во взаимодействии с ведущими отечественными и иностранными научными институтами, включая Акер Арктик технолоджи (рекомендации по обводам, испытания в ледовой бассейне), ЦНИИ морского флота (экспертиза технических решений на всех стадиях, формирование обводов, экономические расчеты и моделирование эксплуатации), Крыловский государственный научный центр (испытания буксировочные, самоходные, мореходные, а также проверочные в ледовом бассейне), проектно-конструкторское бюро вагонного хозяйства ОАО «РЖД» (проверка возможности перевозки подвижного состава на пароме).

Целью статьи является обоснование принятых при проектировании нового парома для Сахалина принципиальных решений и главных параметров.

Изложение основного материала. Более 75 % всех грузовых перевозок и около 25 % пассажирских перевозок между островом Сахалин и материковой частью обеспечивает морская железнодорожная грузопассажирская паромная переправа «Ванино-Холмск».

Понятно, что в таких условиях от стабильности паромного сообщения зависит нормальное функционирование всех отраслей экономики Сахалина и снабжение его населения.

Первая очередь существующей переправы «Ванино-Холмск» была торжественно открыта 27 июня 1973 года, вторая очередь – в 1985 году.

Протяженность расположенной в Татарском проливе линии – 140 морских миль (см. рисунок 1). Поскольку ширина сахалинской железнодорожной колеи 1067 мм отличается от общероссийской, в порту Холмск осуществляется замена тележек.

Интересно отметить, что в действительности переправа, обеспечившая надежную связь между островом и материком, появилась еще в 50-е годы прошлого столетия. На нее были поставлены построенные в 1956 и 1958 году на Амурском судостроительном заводе паромы проекта 728П «Забайкалье» и «Приамурье» [8].

Сегодня на железнодорожной паромной линии «Ванино-Холмск» работают три парома проекта 1809 «Сахалин-8», «Сахалин-9» и «Сахалин-10» [9], которые строились на калининградском заводе «Янтарь» в период с 1972 года по 1992 год.

Всего было построено десять таких паромов. Семь из них после полной выработки ресурса были списаны. Понятно, что срок службы оставшихся судов не безграничен и необходимы новые паромы для замены.



Рис. 1. Паромная переправа «Ванино-Холмск»

По оценкам специалистов ДНИИМФ, основными проблемами существующих дизель-электроходов типа «Сахалин» являются недостаточная мореходность; избыточный расход топлива на чистой воде от дополнительного сопротивления носового винта; недостаточная маневренность при заходе в порт Холмск из-за фактически одновальной установки и в силу отсутствия подруливающих устройств; плохой обзор из рубки; «развалы» электросхемы; низкая экономическая эффективность.

Недостаточная ледопроездимость и снижение эксплуатационных показателей работы действующих паромов типа «Сахалин» в связи с физическим износом корпуса и судового оборудования привели к тому, что время перехода парома увеличилось с 8 часов до 14-18 часов.

В итоге, оставшиеся три судна типа «Сахалин» обеспечивают в среднем два рейса в сутки (в 1990 г. обеспечивалось более шести рейсов в сутки).

С конца 90-х годов, с открытием автомобильного сообщения из Ванино с городами Хабаровск и Комсомольск-на-Амуре Сахалинское пароходство приступило к перевозкам на линии не только железнодорожных вагонов, но и автотранспорта, в первую очередь автопоездов со скоропортящимися и другими потребительскими грузами, доля которых неуклонно растет.

По оценкам экспертов, к 2025 году потребность в перевозках грузов между Сахалином и материком составит около 9,2 млн. тонн груза за счет увеличения сбыта угля из Углегорского района, необходимости завоза строительных материалов для новых объектов электроэнергетики и перерабатывающей промышленности [22].

При этом оставшихся трех судов с учетом их ограничений по мореходности периодически не хватает для обработки заявленного объема груза уже сейчас. Например, в ноябре-декабре 2010 года ОАО «РЖД» было вынуждено объявить конвенцию – запрет погрузки грузов в адрес сахалинских потребителей, так как уже скопилось в ожидании погрузки на остров более 1100 вагонов. Причина – плохая погода, из-за которой паромы (тогда их было еще четыре) простояли 26 дней, а в остальные дни половину вместимости пришлось отдать автопоездам. И такие конвенции случаются в осенне-зимний период практически каждый год [3].

Динамика объемов перевозок грузов и пассажиров на паромной переправе «Ванино-Холмск» представлена в таблице 1. На паромов перевозятся железнодорожные вагоны, грузовые и легковые автомобили и пассажиры – см. таблицу 2.

Таблица 1
Динамика объемов перевозок грузов и пассажиров
на паромной переправе «Ванино-Холмск»

Год	Объем перевозок грузов на паромах, тыс.т	Объем перевозок пассажиров, чел.
2000	1 510,1	-
2008	1 599,4	66 176
2009	1 413,2	55 217
2010	1 577,0	54 568
2011	1 584,2	50 905
2012	1 349,7	ок. 45 500

Источник: «Морцентр – ТЭК»

Анализ, выполненный ЦНИИ морского флота, показал, что грузопоток и пассажиропоток распределяется неравномерно в прямом и обратном направлениях.

Таблица 2
Перевозки железнодорожных вагонов и автомобилей
на паромной переправе «Ванино-Холмск» по видам транспортных единиц

Виды транспортных единиц	2010	2011	2012
Вагоны груженные	15 707	15 326	23354
Вагоны порожние	13 512	13 563	
Автомобили грузовые	8 057	7 827	13508
Автомобили легковые	3 047	2 941	

Источник: «Морцентр – ТЭК»

Объемы перевозки грузов на направлении «Ванино-Холмск» в 5,5 раз превышают обратную загрузку.

Количество пассажиров, следующих на Сахалин, почти на 35 % больше, чем в обратном направлении.

Количество пассажиров, перевезенных за июнь-август и сентябрь, составляет порядка 50 % от годового объема перевозки пассажиров.

Среднее количество груза в прямом рейсе составляет около 1 100 т, в обратном – 190 т.

Количество транспортных средств за рейс в одну сторону составляет 17-19 вагонов (в основном в прямом рейсе – груженые, в обратном – порожние), 7-9 грузовых и 2-4 легковых автомобилей.

Количество пассажиров в рейсе «Ванино-Холмск» в среднем составляет 54 чел., в обратном рейсе – 42 чел. Максимальная загрузка судна пассажирами наблюдается в июле-августе. В июле 2012 г. обеспечивалась полная загрузка паромов пассажирами как в прямом так и обратном направлении.

На основе приведенных данных прослеживается тенденция увеличения перевозок грузов на автомобилях (на 23 %) и снижение количества железнодорожных вагонов (на 23 %). Доля автомобильного транспорта в перевозке грузов достигла 26 %.

В приведенном объеме перевозок доля опасных грузов составляет 12-15 %. К опасным грузам отнесено топливо, метанол, химические грузы.

Пассажировместимость паромов востребована полностью, так как из-за высокой стоимости авиабилетов именно паром стал единственным возможным способом пассажирских сообщений для большинства населения Сахалина.

Следует отметить, что выбранное в новом проекте количество пассажиров (150 человек) отражает пиковую потребность линии в сезон отпусков и назначено по предложению правительства Сахалинской области, которому принципиально важно обеспечить решение социальной задачи по отдыху населения региона.

Существующие суда в основном ориентированы на перевозку железнодорожных вагонов (имеется всего одна грузовая палуба). Для улучшения экономических показателей новые паромы в большей степени должны учитывать потребности в перевозках автомобильной техники (легковых автомобилей, автопоездов, ролл-трейлеров), иметь увеличенную вагоновместимость и пассажировместимость.

Помимо перевозок автомобилей и трейлеров у грузоотправителей имеется еще один потенциально новый для паромной линии вид груза: контейнеры и ролл-трейлеры с тяжелой техникой. Поэтому на новом пароме при сохранении функции перевозки железнодорожных вагонов (протяженность рельсовых путей 440 пог. м при 420 на существующем), в 2,6 раза выросла вместимость по автомобилям (1036 пог. м против 394 на существующем). В итоге на новом судне можно разместить 48 грузовых

автомобилей с полуприцепами, имеющими длину 12-13,5 м и дополнительно 28 легковых автомобилей.

Кроме того, следует предусмотреть перевозки рефконтейнеров, а также опасных грузов классов 1.1-1.6; 1.4S; 2.1-2.3; 3; 4.1-4.3; 5.1; 6.1; 8 и 9.

Наконец, помимо кормовой схемы грузообработки, однозначно привязанной к терминалам портов Ванино и Холмск, должна быть бортовая рампа для работы с накатной техникой прямо на причал, что позволяет применять новое судно, например, для коммерческих рейсов в Японию. В концепт должна быть заложена возможность работать по загрузке автопоездов и легковых автомобилей непосредственно на верхнюю палубу парома с береговых эстакад, которые предполагаются построить во время реконструкции терминалов линии.

Варианты загрузки нового концепта CNF11CPD представлены на рисунках 2-4.

Обоснование концепции. Предполагается, что новые паромы будут работать с использованием существующих старых паромных причалов, и, какое-то время, параллельно с действующими паромными типа «Сахалин», постепенно их вытесняя.

Следовательно, схема накатки и расположения вагонов (четыре колеи по ширине), ширина парома, система соединения с мостом остается неизменной.

При этом ограничение по условиям Холмского порта не позволяют существенно увеличить длину и осадку судна.

Существующие железнодорожные паромы имеют **первый ограниченный района плавания**.

Новые паромы имеют неограниченный район плавания и соответственно **не имеют ограничений по погоде**.

Паромы типа «Сахалин» имеют по ОДНОМУ винту ФИКСИРОВАННОГО шага в носу и в корме. Вполне нормальное решение для конца 60-х годов, когда паром проектировался (тогда это еще использовалось в практике судостроения из-за больших проблем с изготовлением мощных и надежных подруливающих устройств в СССР, сейчас же – это просто архаика).

В гидрометеорологическом отношении негативной особенностью Холмского морского торгового порта являются тягуны на внутренней акватории; стоячие волны, затрудняющие заход судов; течения вдоль берега, которые быстро разворачивают тихоходные суда на входе в порт. Вследствие этого обычной практикой в последнее время стал заход судов в порт, на повышенных скоростях хода, что повышает вероятность столкновений и навалов, создает дополнительное волнообразование и противоречит общим представлениям о безопасности плавания в портах. **Поэтому паромы нового типа должны иметь управляемость, обеспечивающую безопасный заход в порт Холмск.**

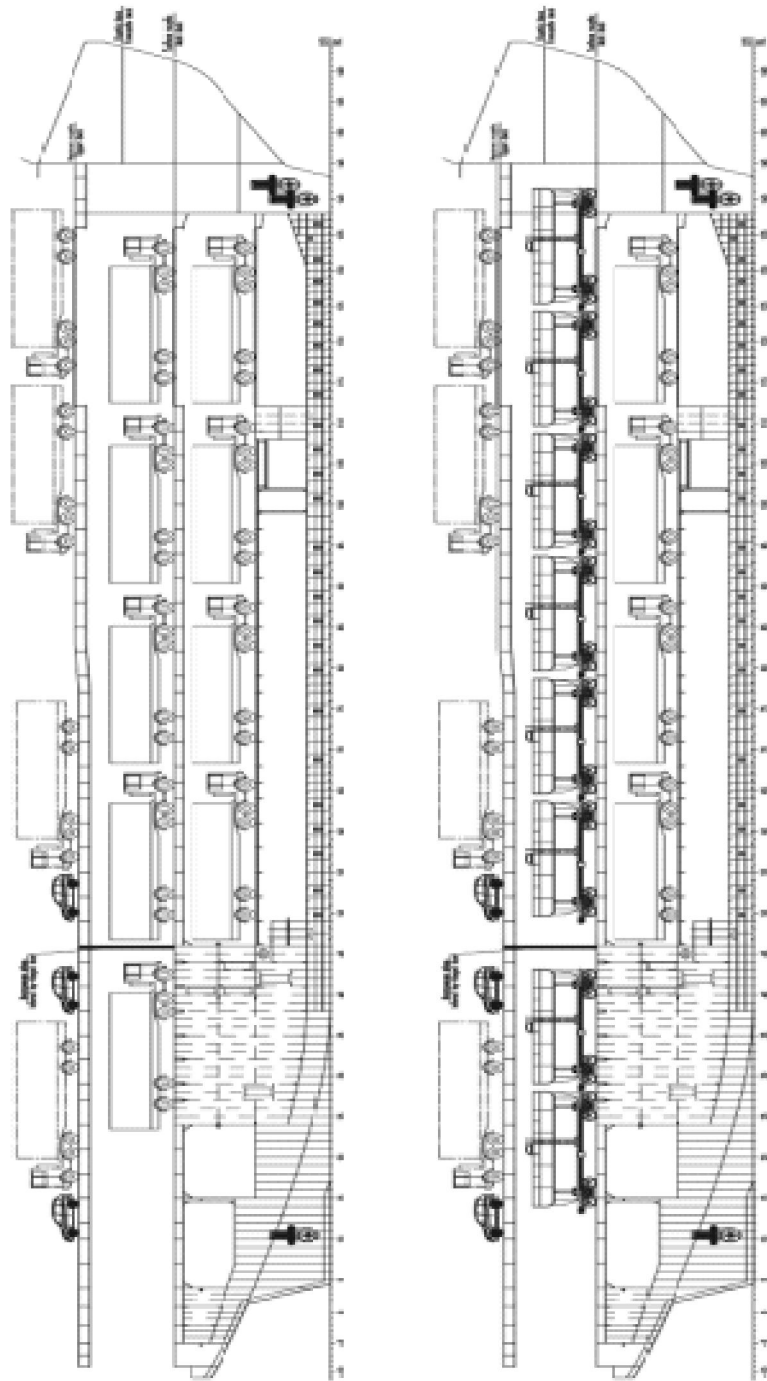


Рис. 2. Варіанти загрузки железнодорожного парова проекта CNF11CPD
автомобілами и ж/д вагонами (сечение по ДП)

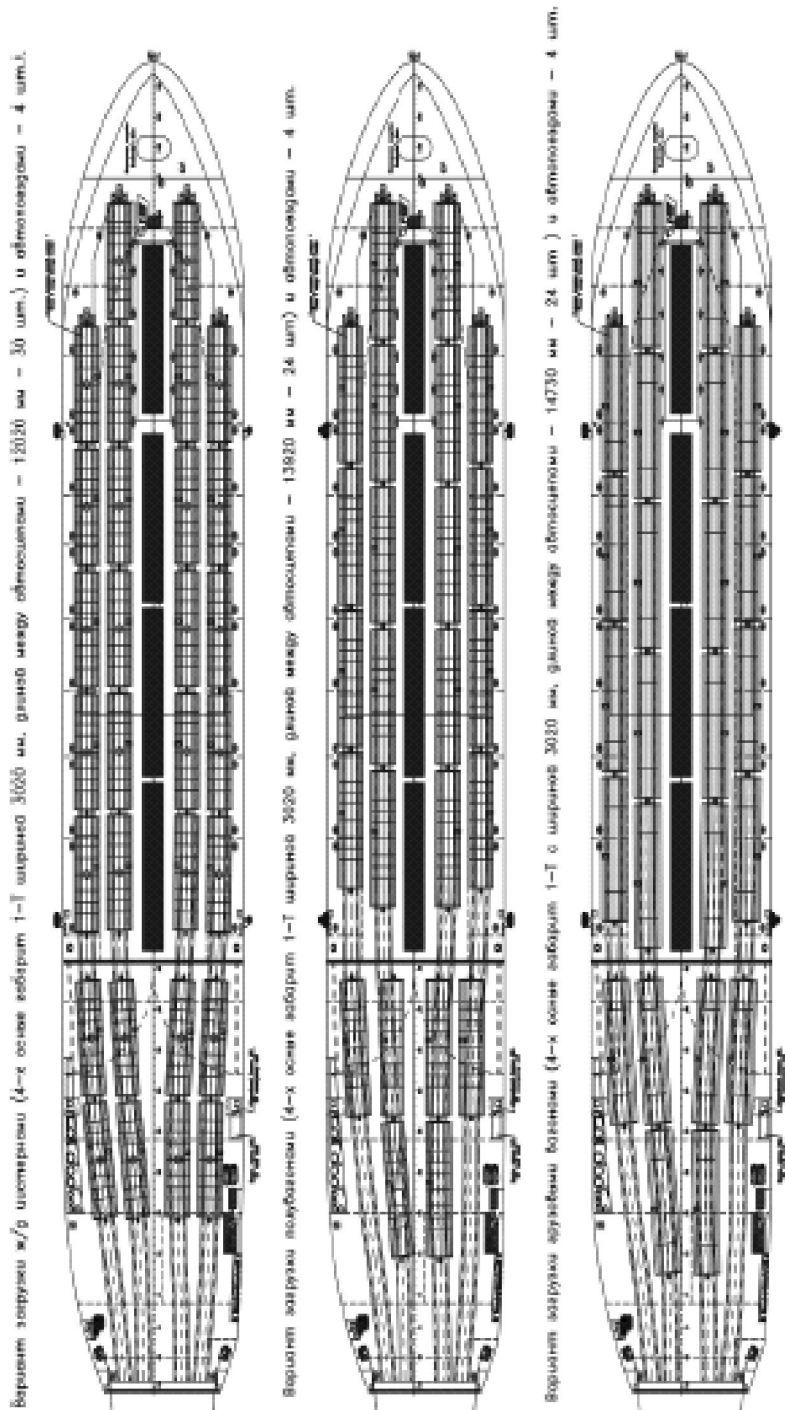


Рис. 3. Варианты загрузки железнодорожного паромы проекта CNF111CPD
ж/д вагонами (главная палуба)

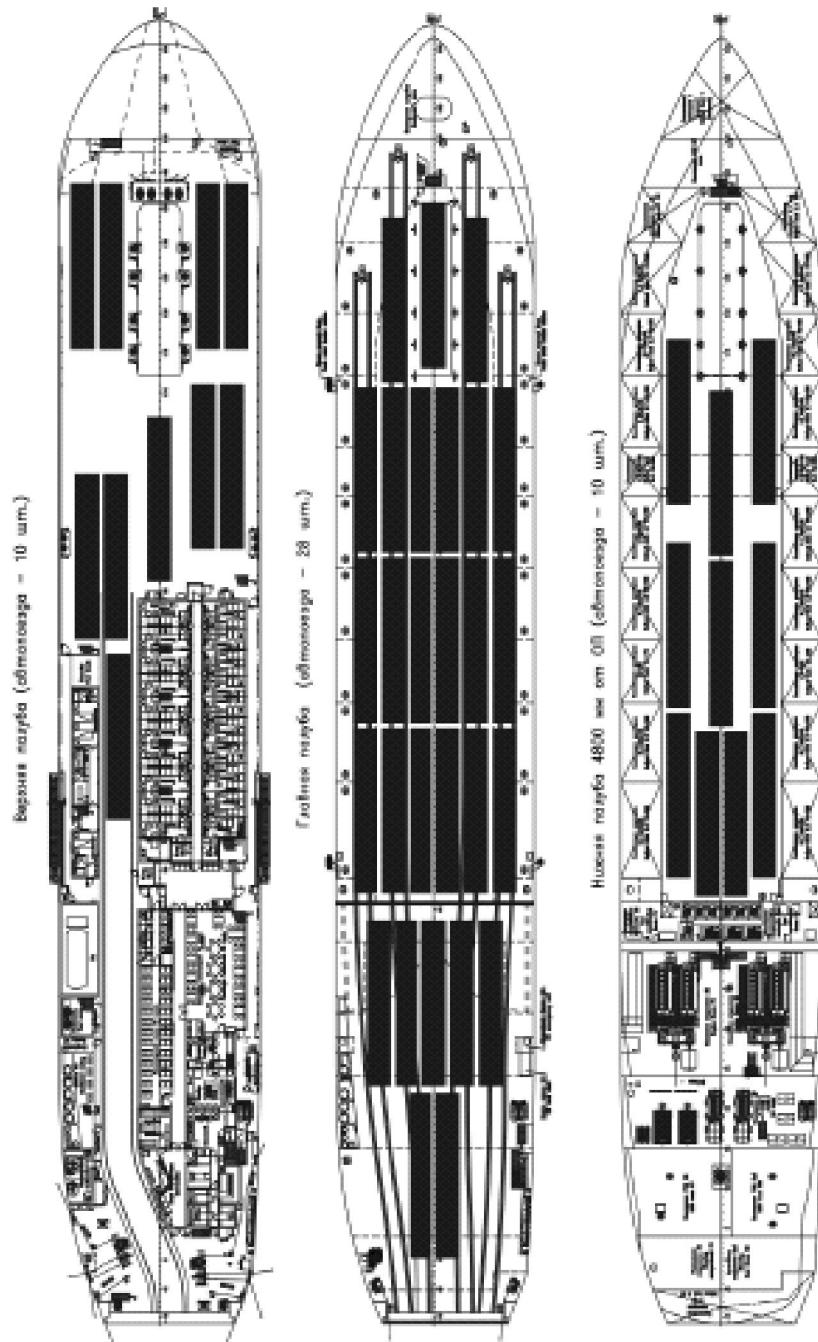


Рис. 4. Зарузка жезельнод орожного парома проєкта CNFII CPD автотовєздами
(распределение автотовєзов по срузовым палубам)

Отсюда тактика захода в порт Холмск – проскочить на хорошем заднем ходу в акваторию порта (у него ведь нет возможности «парировать» боковые усилия от ветра, от волнения, от течения – винты ведь в ДП, соответственно, на малом ходу рули бесполезны – его может просто снести в сторону).

Следует также отметить, что значительная часть установленного на парамах типа «Сахалин» оборудования снята с производства.

Тактика захода современного парома в порт Холмск в соответствии с его возможностями совершенно другая.

Новому парому для обеспечения его управляемости не требуется опасный заход в порт на высоких скоростях. Паром движется в порту кормой вперед на скоростях меньше 3 узлов, при которых не наблюдается снижение эффективности подруливающих устройств.

Площадь парусности нового парома (боковой профиль) в самом неблагоприятном варианте при неполной осадке 6,5 м и с автопоездами на верхней палубе составляет около 2250 м². При самом неблагоприятном направлении ветра (перпендикулярно диаметральной плоскости) только с работающими подруливающими устройствами (тяга 3х76 кН) паром может противостоять ветру со скоростью 18 узлов с нулевым (!!!) перемещением. С учетом сопротивления дрейфу и работы винто-рулевого комплекса (двухвальная установка) допустимая скорость такого ветра значительно возрастает.

Принятые решения позволяют обеспечить **самостоятельную швартовку и длительное движение задним ходом по стесненной акватории портов Ванино и Холмск**, проход ворот порта Холмск задним ходом на скорости, обеспечивающей устойчивое управление судном.

Для сведений, характеристики управляемости нового судна, нормируемые Правилами РС: параметр устойчивости на курсе $E_1 = 0,048$, параметр эффективности на мелководье $E_2 = 0,080$, параметр прямолинейности движения при штормовом ветре $E_3 = 0,079$. При этом характеристики устанавливаемых на судне рулей: нормативная эффективность одного руля $E_p = 0,062$. Суммарная эффективность рулей судна составляет $2 \times E_p = 0,124$. Таким образом, эффективность управляемости судна $0,124 / 0,080 = 1,55$, что более чем **в 1,5 раза больше нормативно требуемой**.

Особенностью линии является значительная составляющая ходового времени – примерно около 20 часов в сутки. Поэтому существенное влияние на экономичность работы судна в целом оказывают «скоростные» характеристики обводов корпуса и эффективность пропульсивного комплекса. Скорость нового парома CNF11CPD составляет 18 узлов при 85 % использованной мощности двигателей (существующие суда имеют скорость около 16 узлов). За счет хорошо известного (для европейских паромов) решения на проекте CNF11CPD на каждый винт работают по два главных двигателя, что **позволяет на экономическом ходу держать скорость в 12 узлов, на полном – 18 узлов**. Обводы корпуса были разра-

ботаны с помощью компьютерного моделирования [6] и проверены в опытовых бассейнах ЦНИИ Крылова и Акер Арктик [5, 7, 12].

Особенностью функционирования паромной переправы «Ванино – Холмск» является сезонная самостоятельная работа в сложных ледовых условиях – 3-4 месяца в году на коротком участке перехода (в районе п. Ванино) складывается тяжелая ледовая обстановка. Значительные простои парома в ожидании ледокольной проводки, либо ее высокая стоимость в случае индивидуальной проводки, приводят к необходимости самостоятельного движения парома в тяжелых ледовых условиях, что накладывает соответствующие требования по ледовому классу судна (ARC 5).

Как показывает анализ условий эксплуатации, во время зимне-весенней навигации перспективное судно должно двигаться со скоростью около 6-8 узлов в ровном льду толщиной 80 см и со скоростью около 3 узлов в ровном льду толщиной 1,0 м.

В итоге, в результате проведенных исследований получены характеристики ходовых качеств автомобильно-железнодорожного парома проекта CNF11CPD в ледовых условиях: по результатам испытаний в бассейне предельная ледопробиваемость на переднем ходу при скорости $V=3$ узла составит 1,16 метров, при скорости $V=6$ узлов составит 0,84 метра, на заднем ходу при скорости $V=1,5$ узла составит 0,68 м. Кроме того, конструктивно носовая и кормовая оконечности спроектированы по более высокой ледовой категории (Arc 7). В совокупности с ледопробиваемостью на уровне ледокола Icebreaker6 это позволяет обеспечить (в отличие от существующих судов) **самостоятельную работу нового парома в тяжелых ледовых условиях на коротком участке перехода (примерно до 30 миль в районе п. Ванино)**. В свою очередь это позволит избежать значительных простоев парома в ожидании общей ледокольной проводки, либо избыточных расходов в случае индивидуальной проводки.

В свое время паромная переправа строилась для обслуживания железнодорожных перевозок, но в последнее время все большую часть на паромных маршрутах стала занимать перевозка автомобильного транспорта. Появился новый вид груза – тяжелые трейлеры (фуры) и легковые автомобили. В связи со строительством автодороги Лидога-Ванино **доля перевозок автомобильного транспорта будет расти**. Помимо перевозок автомобилей и трейлеров у грузоотправителей имеется еще один потенциально новый для паромной линии вид груза: контейнеры и ролл-трейлеры с тяжелой техникой. Поэтому при сохранении функции перевозки железнодорожных вагонов (протяженность рельсовых путей 440 пог. м при 420 на существующем), в 2,6 раза выросла вместимость по автомобилям (1036 пог. м против 394 на существующем). В итоге на новом судне можно разместить 48 грузовых автомобилей с полуприцепами, имеющим длину 12-13,5 м и дополнительно 28 легковых автомобилей.

Для обеспечения суточного рейса судна и соблюдения постоянного расписания требуется ограниченное время стоянки судна в порту, т.е. **полная грузовая и пассажирская обработка судна должна осуществляться в течение 2 часов.** Для этого на судне применяется кормовая схема накатной грузообработки посредством берегового ж/д моста, а также есть возможность загрузки верхней палубы автосоставами через береговую стационарную эстакаду. Кроме того, для использования парама в нештатном рейсе установлена бортовая рампа-закрытие для погрузки/выгрузки различной колесной техники.

В итоге, были получены основные характеристики автомобильно-железнодорожного парама проекта CNF11CPD, которые представлены в таблице 3.

Таблица 3

Основные характеристики автомобильно-железнодорожного парама проекта CNF11CPD

Параметр	Величина
1	2
Главные размерения	
Длина максимальная, м	131,00
Длина по КВЛ, м	124,02
Ширина габаритная (с учетом привальных брусьев), м	22,60
Ширина, м	22,20
Высота борта до главной палубы, м	10,10
Высота борта до верхней палубы, м	16,15
Осадка по КВЛ (проектная), м	7,00
Дедвейт (около), т	6420
Число грузовых палуб	3
Протяженность рельсовых путей (главная палуба), м	440
Грузовместимость судна по железнодорожным составам	
Ж/д цистерны габарита Т-1 с длиной между автосцепами 12020 мм (4-х осные), шт.	30
Полувагоны габарита Т-1 с длиной между автосцепами 13920 мм (4-х осные), шт.	24
Грузовые вагоны габарита Т-1 с длиной между автосцепами 14730 мм (4-х осные), шт.	24
Протяженность полос для автотехники, м	1036

Продолжение табл. 3

1	2
Грузовместимость судна по автомобильной технике	
Грузовой автомобиль с полуприцепом, имеющим длину 12-13,5 м (автопоезд) без перевозки ж/д вагонов на главной палубе, шт.	48
Грузовой автомобиль с полуприцепом, имеющим длину 12-13,5 м (автопоезд) при перевозке вагонов на главной палубе, шт.	15
Легковой автомобиль (дополнительно), шт.	28
Грузовой лифт, число х грузоподъемность, т	1 х 55
Бортовая аппарель (ПрБ) L х В, м	14,7 х 4,4
Пассажировместимость судна, чел.	150
Пассажирских мест в улучшенных одноместных каютах с санузлом	5
Пассажирских мест в двухместных каютах с санузлом	42
Пассажирских мест в трехместных каютах с санузлом	9
Пассажирских мест в четырехместных каютах с санузлом	44
Пассажирских мест в креслах салона	50
Ресторан, мест	76
Помещения для отдыха пассажиров	Салоны отдыха в составе пассажирских вестибюлей, Интернет кафе
Дополнительные помещения для обслуживания пассажиров	Багажная кладовая, Блок душевых и WC, WC для людей с ограниченными возможностями
Спортивно-оздоровительный комплекс	Тренажерный зал, сауна с бассейном
Пассажирский лифт	1 х 4 чел
Численность экипажа и обслуживающего персонала, чел.	35
Класс Российского Морского Регистра Судоходства	КМ ★ Arc5 AUT1-ICS OMBO ANTI-ICE ECO Ro-ro passenger ship
Мощность ГД, кВт	4 х 4640
Винто-рулевой комплекс	2 х ВРШ +2 полуподвесных полубалансирных руля

Продолжение табл. 3

1	2
Носовое подруливающее устройство, кВт	2 x 500
Кормовое подруливающее устройство, кВт	1 x 500
Вспомогательная энергетическая установка /АДГ, кВт	3 x 760 / 1 x 100
Скорость полного хода, узл.	18,0
Скорость эконома хода, узл.	12,0
Ледопробитость при осадке 7,0 м	не менее 3,0 узлов в ровном сплошном льду толщиной 1,0 м и 6-8 узлов во льду толщиной до 80 см
Спасательные моторные шлюпки	2 x 100 чел. + 2 дежурные
Эвакуационные системы с надувными спасательными плотами	4 x 100 чел.
Спасательные сбрасываемые плоты	2 x 35 чел.

Общее расположение железнодорожного парома CNF11CPD проекта представлено на рисунках 5-7.

Как показал опыт, снижение эксплуатационных показателей работы действующих паромов типа «Сахалин» в связи с физическим износом корпуса и судового оборудования привели к увеличению времени перехода паромом с 8 часов до 14-18 часов. В свою очередь, это повлекло отказ от сидячих пассажирских авиакресел по Санитарным правилам и самостоятельное переоборудование кают со спальными местами. При этом пассажироместимость существующих паромов, как уже отмечалось ранее, востребована полностью, так как из-за высокой стоимости авиабилетов именно паром стал единственно возможным способом пассажирских сообщений для большинства населения Сахалина. Перевозка пассажиров происходит с сезонным колебанием их количества. Дополнительно возникает потребность перевозки сезонных рабочих, воинского личного состава, перевозки пассажиров с личными автомобилями. **На новом концепте (в грузопассажирском варианте) размещается 150 пассажиров**, из них 5 в в улучшенных одноместных каютах, 42 – в двухместных каютах с санузлом, 9 – в трехместных каютах, 44 – в четырехместных каютах и 50 – в креслах салона.

Ресторан на 76 посадочных мест обеспечивает двухсменное обслуживание всех пассажиров.

Помещения для отдыха пассажиров: Салоны отдыха в составе пассажирских вестибюлей, интернет кафе, салон для курения.

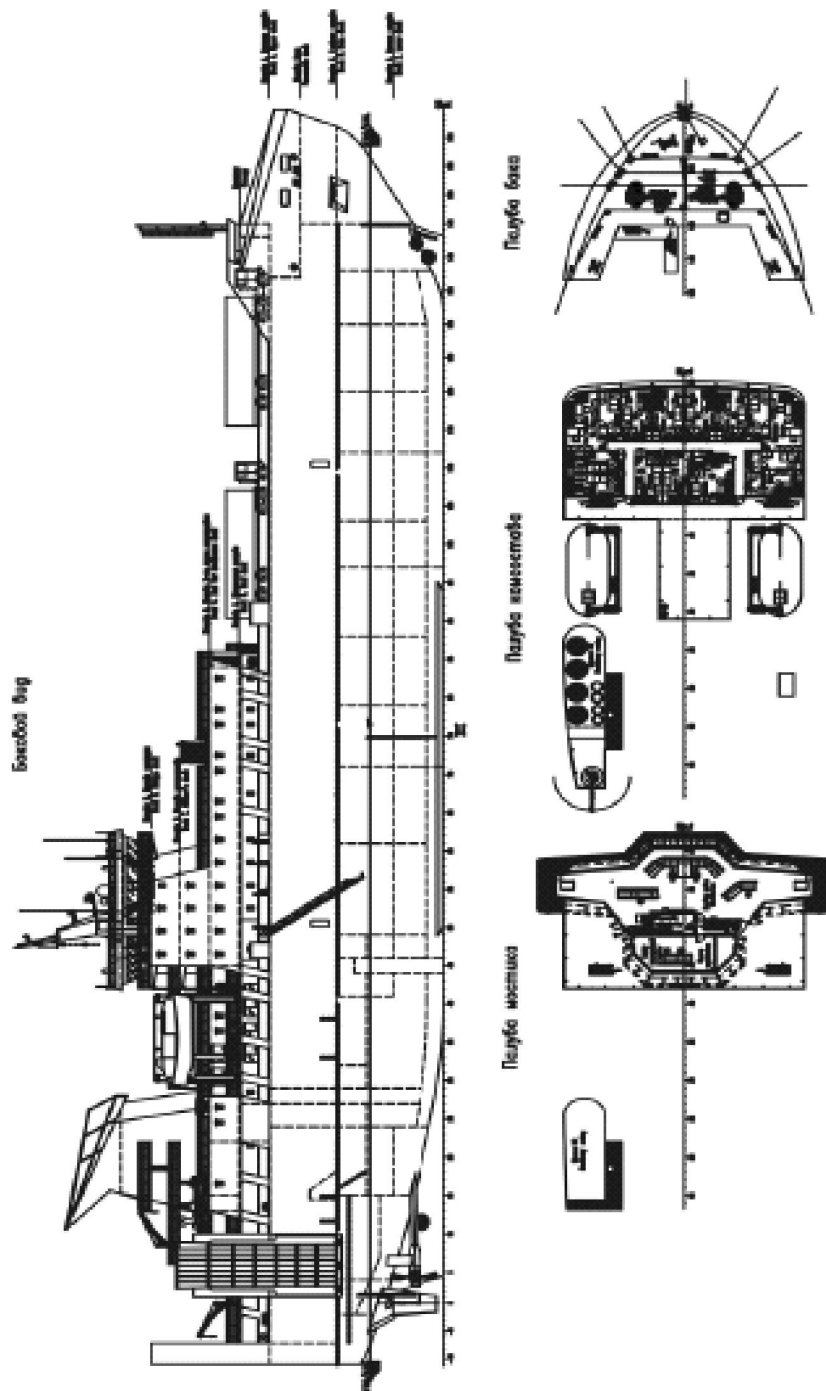


Рис. 5. Общее расположение железнодорожного паром проекта CNFII/CPD

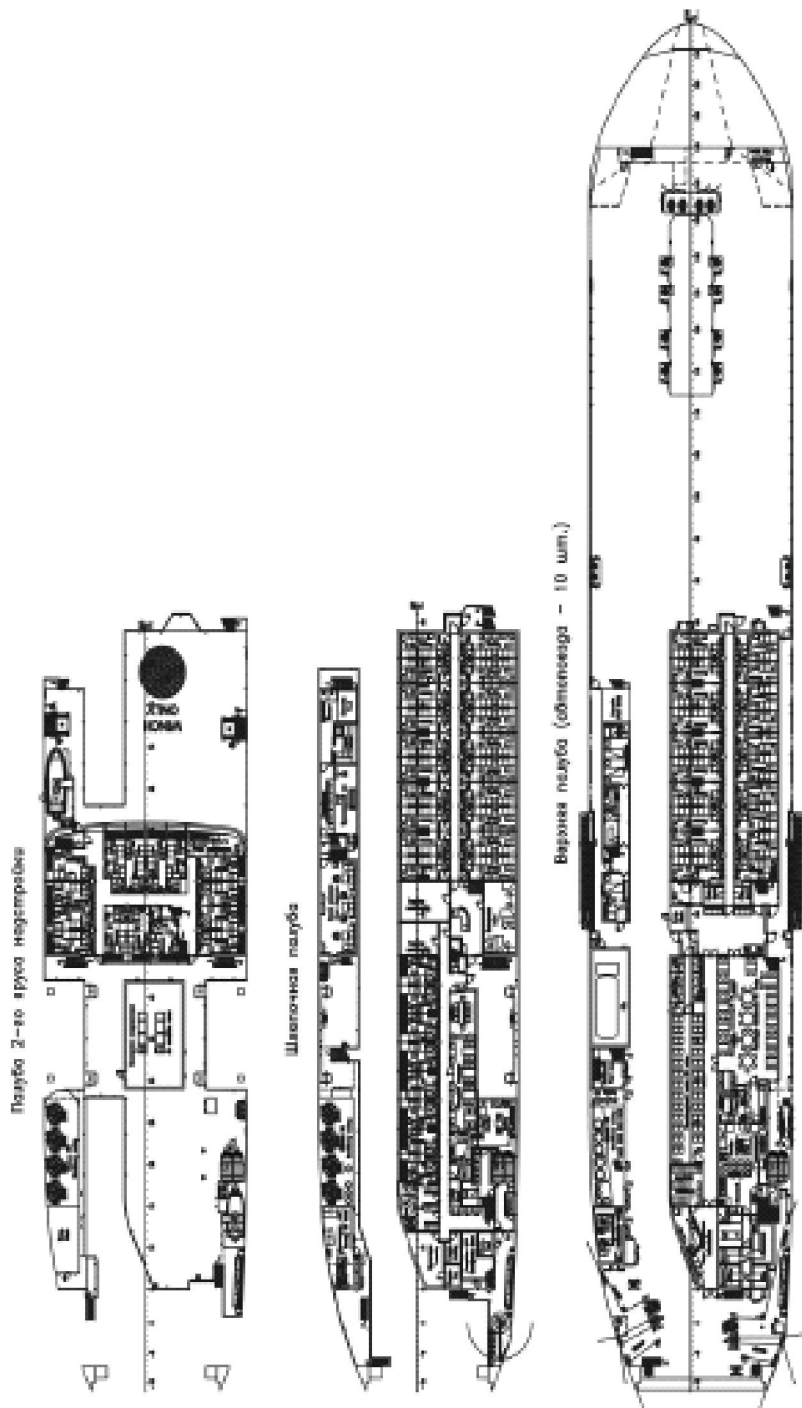


Рис. 6. Общее расположение железнодорожного парома проекта CNF11CPD

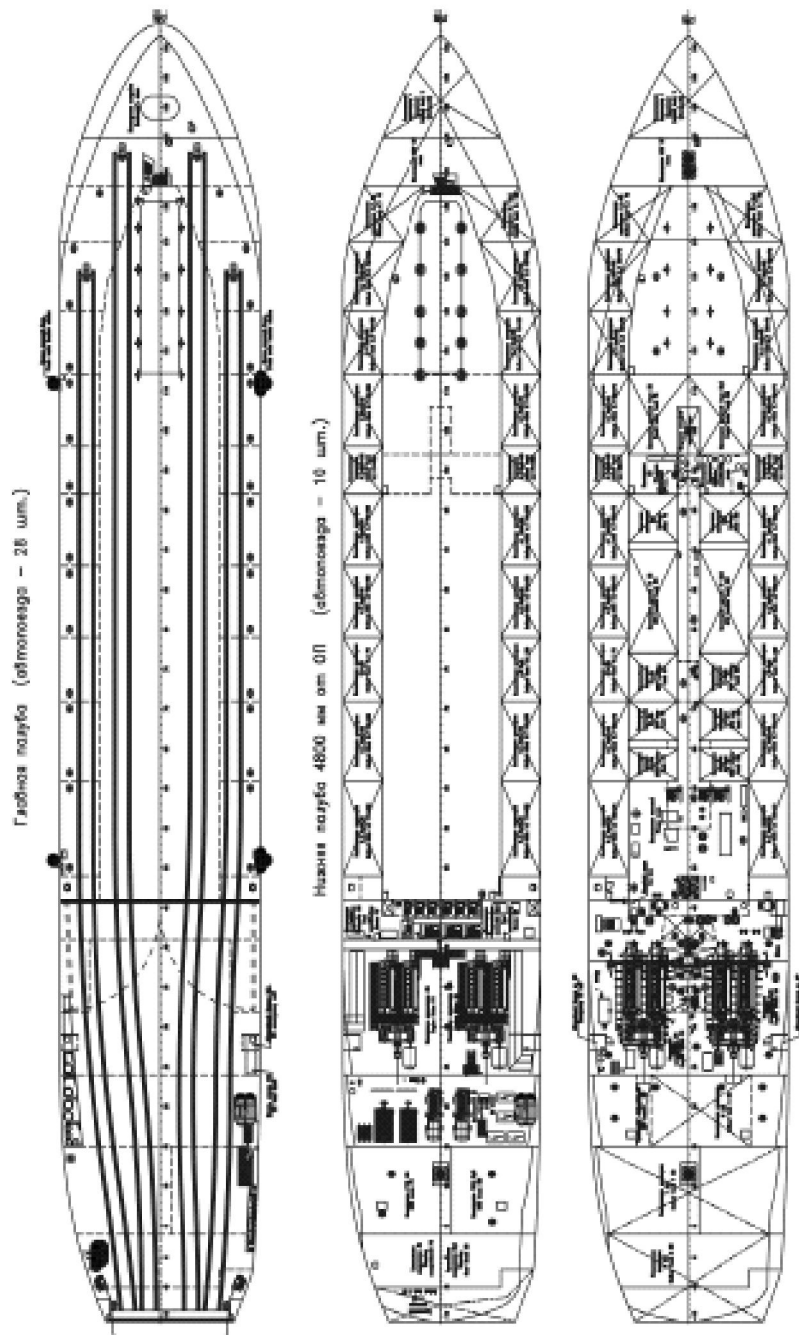


Рис. 7. Общее расположение железнодорожного паромы проекта СМН11СРД

Дополнительные помещения для обслуживания пассажиров: багажная кладовая, блок душевых и WC (для пассажиров, размещаемых в креслах салона), общественный WC для людей с ограниченными возможностями.

Медицинский блок включает в себя кабинет врача, совмещенный с амбулаторией, стационар на два места, изолятор на одно место.

Весь экипаж размещается в одноместных каютах с естественным освещением с индивидуальными санузлами. Для капитана, старшего помощника капитана и старшего механика предусмотрены 3 блок-каюты, состоящие из кабинета-салона, спальни и санузла. Спортивно-оздоровительный комплекс для экипажа включает в себя тренажерный зал, сауну с бассейном.

Поскольку разница уровней между МО и шлюпочной палубой (жилыми и общественными помещениями) по высоте превышает 10 м, для перемещения экипажа предусмотрен лифт грузоподъемностью до 3-х чел.

Для обеспечения кругового рейса судна за одни сутки и соблюдения постоянного расписания время стоянки судна в порту ограничено – полная грузовая и пассажирская обработка судна должна осуществляться в течение 2 часов. Для этого на судне применяется кормовая схема накатной грузообработки посредством берегового ж/д моста, а также есть возможность загрузки верхней палубы автосоставами через береговую стационарную эстакаду. Кроме того, для использования паррома в нештатном рейсе установлена бортовая рампа-закрытие для погрузки/выгрузки различной колесной техники. Для погрузки/выгрузки автотехники с главной палубы на нижнюю палубу и на верхнюю палубу предусмотрен грузовой двухярусный лифт грузоподъемностью 55 т длиной 17,40 м.

Спасательные средства паррома включают в себя 2 закрытые моторные спасательные шлюпки вместимостью по 100 человек каждая в которых могут разместиться все находящиеся на борту судна люди, дежурную шлюпку вместимостью 6 человек и скоростную дежурную шлюпку вместимостью 15 человек. На судне предусматриваются 2 современные морские эвакуационные системы с закрытыми спасательными плотами и эвакуационным рукавом для спуска в плоты (по 1 с каждого борта). Пропускная эвакуационная способность до 582 человек за 30 минут. Предусмотрено также средство подъема людей из воды, обслуживаемое СПУ дежурной шлюпки.

Место для подъема людей при срочной эвакуации вертолетом предусмотрено на открытой площадке палубы второго яруса надстройки.

Деление судна на отсеки удовлетворяет современным требованиям к непотопляемости пассажирских судов. Для обеспечения деления на два водонепроницаемых отсека грузового пространства на главной палубе предусмотрено двухстворчатое водонепроницаемое закрытие.

Сравнение характеристик существующих паромов типа «Сахалин» (проект 1809) с новым паромом проекта CNF11CPD приведены в таблице 4.

Таблица 4

*Сравнение характеристик существующих паромов типа «Сахалин»
(проект 1809) с новым паромом проекта CNF11CPD*

Наименование характеристики	«Сахалин» проект 1809	проект CNF11CPD
Длина габаритная, м	127,30	131,00
Ширина габаритная, м	20,32	22,60
Ширина расчетная, м	19,80	22,20
Высота борта до ГП, м	8,80	10,10
Высота борта до ВП, м	14,70	16,15
Осадка, м	6,00-6,60	6,00-7,00
Мощность ГД, кВт	6x1910	4x4640
Скорость максимальная, узл.	16,0	18,0
Район плавания по мореходности	Ограниченный R1	Неограниченный
Ледопроходимость	Не регламентирована	Со скоростью не менее 3,0 узлов в ровном сплошном льду толщиной 1,0 м и 6-8 узлов во льду толщиной до 80 см
Протяженность рельсовых путей, м	420	440
Протяженность полос для автотехники, м	394	1036
Количество пассажиров (каютных), чел.	82	100
Количество пассажиров (салонных), чел.	38	50

Создание обводов корпуса нового парома. Ходовое время на линии «Ванино-Холмск» у парома составляет приблизительно 80-90 % кругового рейса. Поэтому остро стоит вопрос нахождения оптимального варианта обводов корпуса.

Зимняя навигация в Татарском проливе часто характеризуется «ледяными штормами», когда наблюдается штормовое волнение при наличии на поверхности моря битого льда. Во время таких штормов на палубу судов нередко попадают ледяные глыбы, которые производят значительные повреждения. При сильном морозе наветренная сторона судна покрывается толстым слоем льда. При ледяных штормах в районах сплочения и сжатия льда происходит быстрое торошение.

Как показывают наблюдения, которые ведутся с 1971 года, достаточно частые циклоны с северо-западным, северным и восточным ветрах приводят к тому, что подходы на 20-30 миль к порту Ванино забиты льдом и суда ждут улучшения погоды или ледокола.

При ветре силой выше 15 м/с лед набивается вдоль береговой черты, смерзается и превращается в сплошной припай с наслоениями и торосами. Вдоль припая под действием северо-восточного ветра весьма интенсивно дрейфуют ледовые поля, возникает «ледовая река».

Как правило, интенсивное ледообразование начинается в середине декабря-начале января, к середине февраля лед имеет наибольшую толщину, к середине марта море очищается ото льда. Наиболее позднее окончание ледовой проводки было отмечено 18 апреля 1984 года [1].

При появлении «ледовой реки» в порт Ванино разрешается заход судов с ледовой категорией ARC 5 и выше.

Но, как показывает происшествие с танкером «Игрим» с ледовой категорией УЛ (ARC 5) и мощностью главного двигателя 7,8 МВт, когда он был прижат «ледовой рекой» к припою на дистанции 3 кабельтова от береговой черты, в тяжелых случаях требуется категория УЛА (ARC 7) [1].

В зиму 2011-2012 года простои 143 судов в ожидании погоды составили 299 суток, в 2013 году ледовые ограничения по классу объявлялись на 52 дня, в 2014 году – на 26 дней [4, 10].

Поэтому корпус должен иметь обводы достаточно скоростного судна и одновременно обеспечивать сезонную самостоятельную работу в тяжелых льдах (3-4 месяца в год, на небольшом протяжении перехода). Т.е. форма корпуса должна обеспечивать как высокие ледокольные, так и высокие ходовые качества судна, что, как известно, всегда трудно достижимо.

Этим требованиям отвечают два альтернативных решения по форме корпуса:

- оптимизированная ледокольная;
- СДД (Судно двойного действия).

Поэтому на начальном этапе проектирования были выполнены эскизные проекты **четырёх** вариантов парома:

- вариант 1 автомобильно-железнодорожного парома CNF11C с перевозкой 12 пассажиров, с двухвальной дизельной энергетической установкой с оптимизированной ледокольной формой обводов;

- вариант 2 автомобильно-железнодорожного парома CNF11CD в концепции судна «двойного действия» с перевозкой 12 пассажиров, с перевозкой опасных грузов, с дизель-электрической энергетической установкой и 2 винто-рулевыми колонками (азиподами) с формой обводов суда двойного действия;

- вариант 3 автомобильно-железнодорожного-пассажирского парома CNF11CP в концепции судна «двойного действия» с перевозкой 12 пассажиров, с дизель-электрической энергетической установкой и

2 винто-рулевыми колонками (азиподами) с формой обводов судна двойного действия;

- вариант 4 автомобильно-железнодорожного-пассажирского парома CNF11CPD с перевозкой опасных грузов, с двухвальной дизельной энергетической установкой с оптимизированной ледокольной формой обводов.

Боковые виды представлены на рисунке 8.



Рис. 8. Эскизные варианты нового концепта

Оптимизированная ледокольная форма. Этот вариант обводов имеет носовую оконечность с форштевнем ледового типа и транцевую кормовую оконечность со скегом-стабилизатором в ДП.

Теоретический чертеж первого варианта с форштевнем ледового типа представлен на рис. 9.

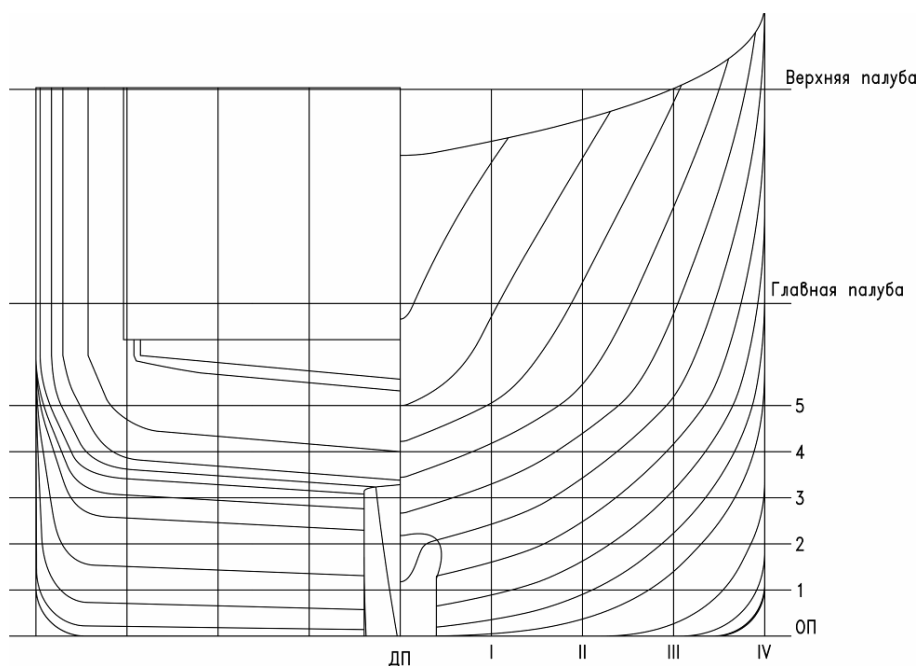


Рис. 9. Теоретический чертеж варианта с форштевнем ледового типа

Форма корпуса судна двойного действия. Форма корпуса СДД, предложенная компанией Акер Арктик, соединяет ледокольные обводы и обводы скоростного судна. Носовая часть выполняется как у скоростного судна с бульбом, кормовая часть выполняется как у ледокольного судна. Движение в тяжелых льдах осуществляется кормой вперед.

Теоретический чертеж варианта СДД представлен на рисунке 10.

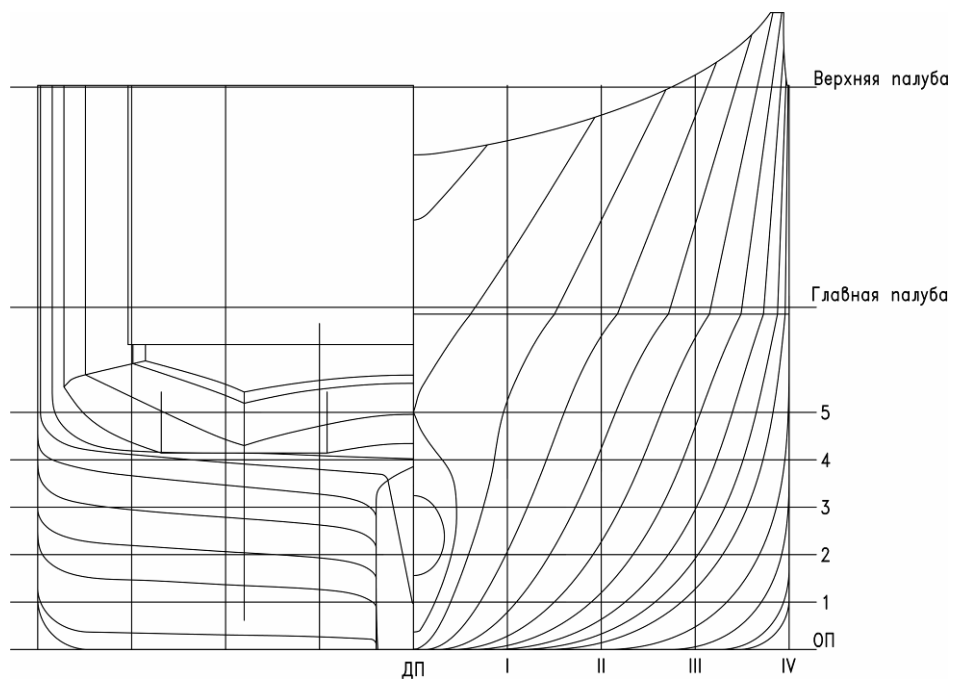


Рис. 10. Теоретический чертеж варианта СДД

В качестве движителей были предусмотрены две винторулевые колонки (ВРК) типа Azipod.

Результаты численного моделирования. С целью предварительного определения ходовых качеств в заданном диапазоне скоростей на первом этапе было произведено численное моделирование (см. рисунки 11, 12) буксировочных испытаний аналитической 3D модели корпусов с помощью вычислительной гидродинамики [6].

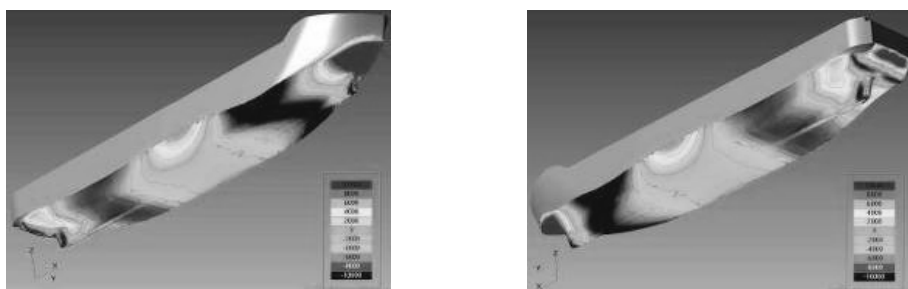


Рис. 11. Распределение давления воды за вычетом гидростатики (шкала в Па)

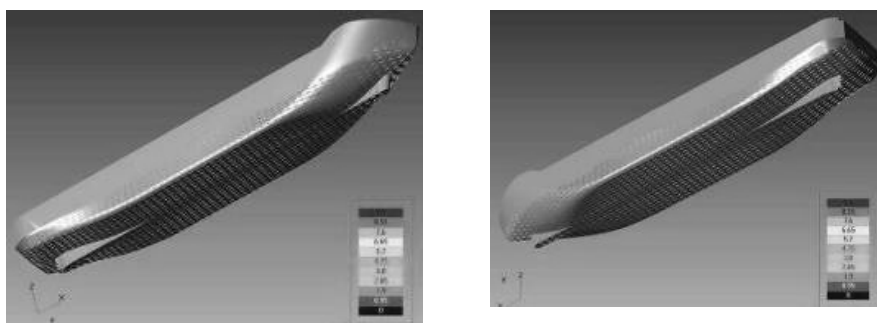


Рис. 12. Векторы скорости у поверхности корпуса (шкала в м/с)

Испытания в ледовом бассейне ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Для проверки ледовых качеств форм корпусов были произведены модельные испытания в ледовом бассейне ФГУП «Крыловский государственный научный центр» [7].

Для определения ледового сопротивления корпуса на переднем ходу была использована методика буксировки модели.

Для испытаний по определению ледового сопротивления при движении модели задним ходом, на модели были установлены винты. При выполнении буксировки на задний ход в ледяных полях гребные винты приводились во вращение. Скорость вращения гребных винтов составляла 12,8 оборотов в секунду. На натурном судне наличие работающих гребных винтов приводит к образованию струи и размыву ледяной рубашки на корпусе судна. Работающие на модели гребные винты обеспечивали моделирование этого эффекта.

Соотношение между моделируемыми параметрами и полноразмерного судна приведены в таблице 5.

Таблица 5

Соотношение между моделируемыми параметрами и параметрами полноразмерного судна

Наименование характеристики	Модель	Судно
Толщина льда, м	0,038	0,8
	0,057	1,2
Предел прочности льда на изгиб, кПа	23,5	500
Скорость буксировки:	0,3	2,69
Модель, м/с	0,2	1,79
Судно, узлы	0,1	0,9

По результатам обработки данных проведенного эксперимента, предельная ледопроечность на передний ход при скорости хода $V = 3$ узла составляет 1,16 м, при скорости хода $V = 6$ узлов – 0,84 м.

Кривая ледопроечности судна при движении носом вперед представлена на рисунке 13.

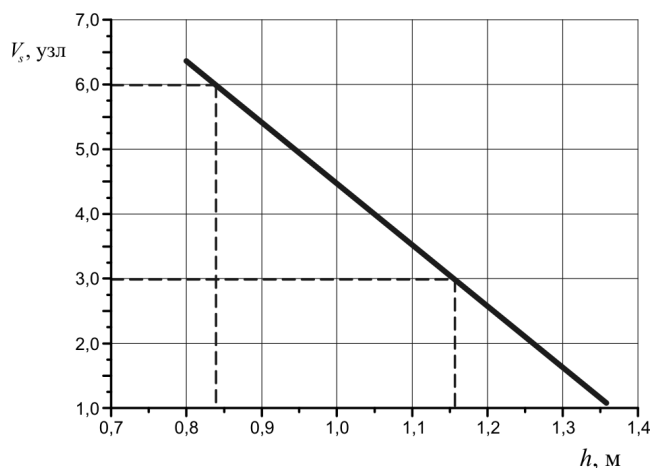


Рис. 13. Ледопроечность парома
(вариант с ледокольным форштевнем) при движении носом вперед

По результатам обработки данных проведенного эксперимента, предельная ледопроечность на задний ход при скорости хода $V = 1,5$ узла, составляет 0,68 м.

Кривая ледопроечности судна при движении кормой вперед представлена на рисунке 14.

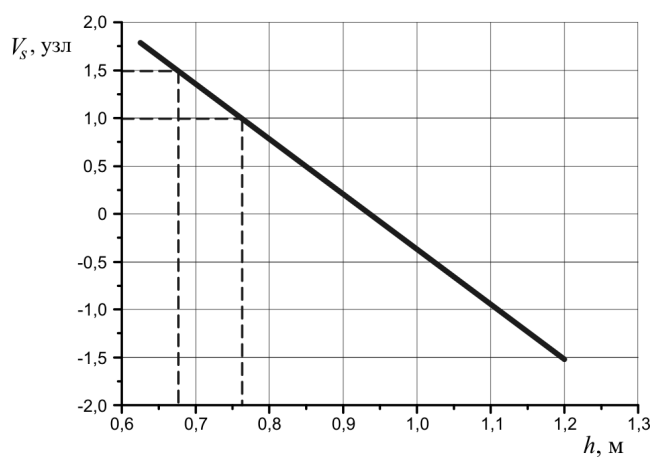


Рис. 14. Ледопроечность парома
(вариант с ледокольным форштевнем) при движении кормой вперед

Испытания в ледовом бассейне Aker Arctic Technology Inc (AARC), Финляндия. Модель варианта СДД испытывалась в ледовом бассейне AARC [12].

Модель была изготовлена AARC в масштабе 1:22.46 и оборудована двумя азимутальными винто-рулевыми колонками тянущего типа с наборными винтами.

Поверхность модели была подготовлена по специальным стандартам методам AARC для достижения корректного моделирования трения между льдом и моделью, соответствующему свежеекрашенному корпусу судна и морскому льду.

Ледопроходимость модели испытывалась для двух толщин льда как при движении носом вперед (см. рис. 16), так и при движении кормой вперед (рис. 15 – основной вариант движения во льду).

Испытания модели осуществлялись в самоходном режиме с целью определения ожидаемой достижимой скорости в тестируемых ледовых условиях.

Испытания проводились в ровном сплошном льду, в канале в битом льду (см. рис. 17) и в торосах. Серия испытаний проводилась в сплошном ледяном поле с толщиной льда соответствующей реальному льду толщиной 0,8 и 1,0 м.

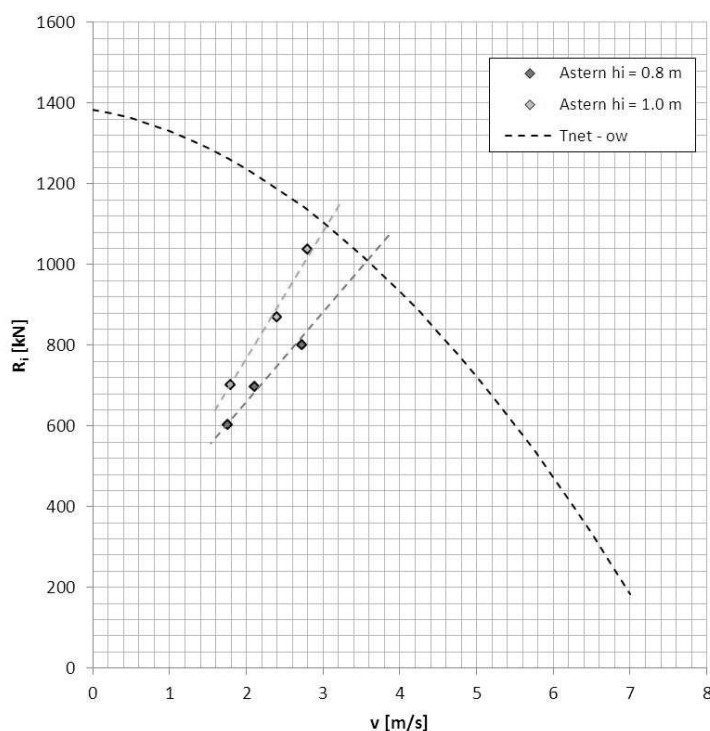


Рис. 15. Ледопроходимость в сплошном льду при движении кормой вперед

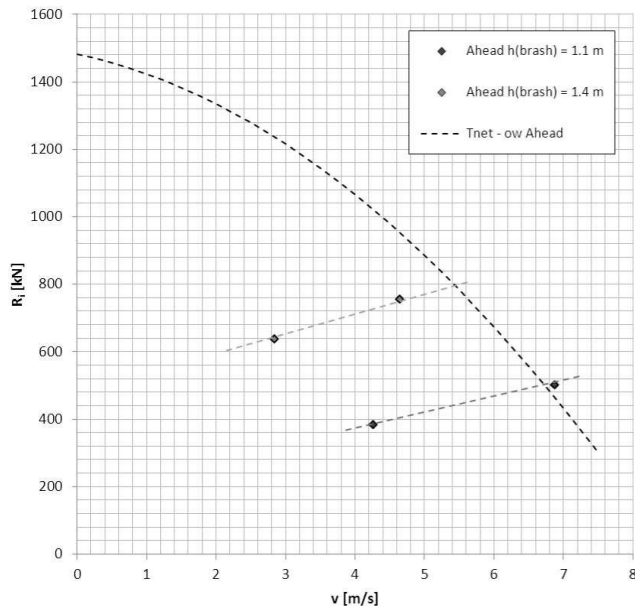


Рис. 16. Ледопробитність в каналі в битом льоду при русі носом вперед

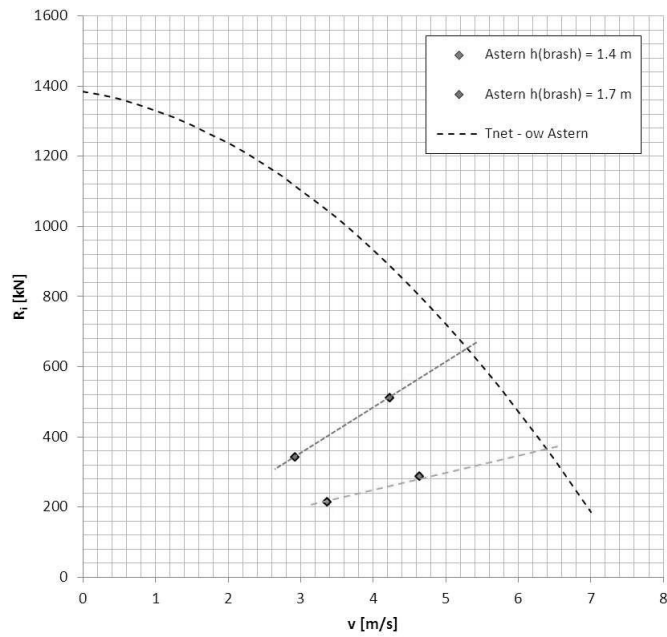


Рис. 17. Ледопробитність в каналі в битом льоду при русі кормой вперед

Модельные испытания мореходных качеств. Для проверки мореходных качеств форм корпусов были произведены самоходные модельные испытания в бассейне ФГУП «Крыловский государственный научный центр» [4].

Результаты расчётов ходовых и тяговых характеристик выполненных на основании проведенных модельных испытаний, представлены на рисунке 18.

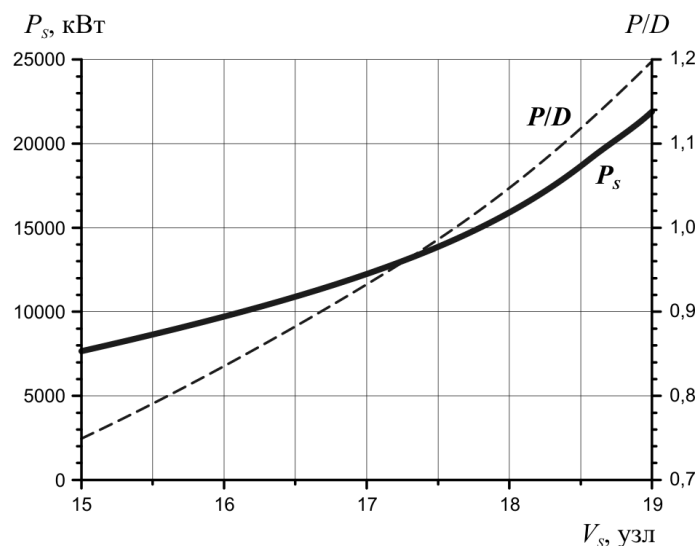


Рис. 18. Зависимости потребляемой мощности P_s и потребного шагового отношения P/D от скорости хода V_s . Передний ход

Экспериментальных исследований мореходности парома производились для условия встречного нерегулярного волнения силой 5 баллов ($H_{3\%} = 3,5$).

Амплитуды качки с обеспеченностью 3 %, не превосходят следующих значений: килевая качка – $1,3^\circ$, вертикальная качка – 0,4 м. Заливание парома наблюдалось только при скорости 19 узлов. Средняя частота заливания носовой оконечности парома не превышает 20 раз в час.

В целом, испытания подтвердили достаточную мореходность принятых обводов судна.

Выбор типа и мощности СЭУ. Особенностью линии является значительная составляющая ходового времени – примерно около 20 часов в сутки. Поэтому существенное влияние на экономичность работы судна в целом оказывают «скоростные» характеристики обводов корпуса и эффективность пропульсивного комплекса.

По требованиям Заказчика новый паром должен иметь эксплуатационную скорость 18 узлов на свободной от льда воде и иметь высокие показатели ледопроеходимости (скорость 3 узла во льду толщиной 1,0 м и

6-8 узлов во льду толщиной 0,8 м) (см. рисунок 19). Определяющими мощностью энергетической установки в данном случае оказались требования обеспечения скорости хода на чистой воде и во льду толщиной 0,8 м.

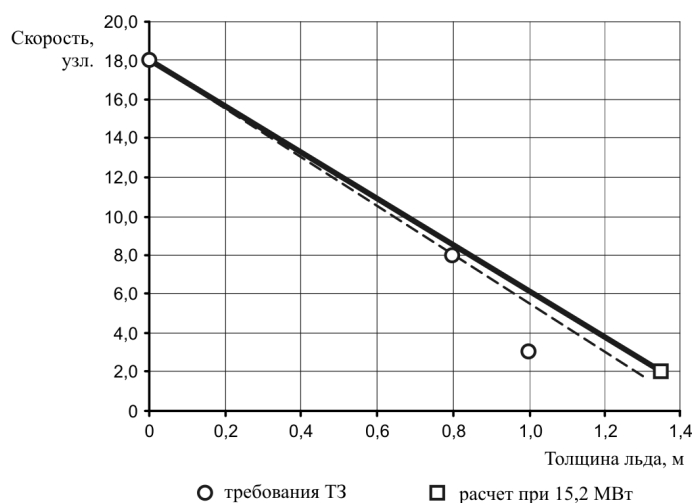


Рис. 19. Соотношение скорости и ледопроеходимости при мощности 15,2 МВт

Применение винторулевых колонок (ВРК) типа Azipod для варианта СДД определило выбор дизель-электрической энергетической установки.

Для варианта парома с форштевнем ледового типа в качестве пропульсивного комплекса выбрана двухвальная дизель-редукторная энергетическая установка с винтами регулируемого шага. СЭУ состоит из 4 главных двигателей. На каждый винт работают по два главных двигателя, что позволяет обеспечивать работу дизелей в оптимальном режиме: на экономическом ходу держать скорость в 12 узлов (работают по 1 дизелю в каждой паре), на полном – 18 узлов работают все 4 дизеля.

Дальнейший анализ показал, что строительная стоимость судна с оптимизированной ледокольной формой обводов и дизель-редукторной энергетической установке меньше, чем судна с двойным действием, при полном выполнении всех требований технического задания. Поэтому для дальнейшего проектирования был выбран вариант парома с форштевнем ледового типа.

Заключение. Таким образом, Морским Инженерным Бюро был создан проект CNF11CPD автомобильно-железнодорожного парома нового поколения для линии «Ванино-Холмск», который обеспечивает по сравнению с существующими судами типа «Сахалин»:

- повышенные грузовые свойства (вместимость по грузовикам в 2,6 раза больше);

- не имеет ограничений по погоде (неограниченный район плавания);
- может работать в тяжелых ледовых условиях (во льду толщиной 80 см скорость около 6-8 узлов и во льду толщиной 1,0 м скорость около 4,5 узлов);
- в состоянии выполнять самостоятельные (несколько раз в сутки) швартовки без буксирного обеспечения, длительное движение задним ходом по стесненной акватории порта Холмск;
- выдерживает суточный цикл кругового рейса (скорость в эксплуатации 18 узлов);
- 2-х часовую стоянку при выполнении погрузочно-разгрузочных работ.

Новый концепт (в варианте CNF11CPD) перевозит до 150 пассажиров, может перевозить опасные грузы.

Установленное на судно оборудование позволяет работать на переходе как на полных, так и на долевых режимах нагрузки, проводить требуемое техническое обслуживание главных двигателей без вывода пара из эксплуатации.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Алексеев В. Ледовые преграды на пути к Ванино // *Морские порты*. – 2009. – № 7 (78). – С. 66-69.
2. Емельянов Г. Шаг на Сахалин, шаг в Японию // *Эксперт*. – 2012. – № 49 (831). – С. 113-115.
3. Ермакова Е. Нет паромов? Будет мост! // *Морские порты*. – 2010. – № 10 (91). – С. 54-57.
4. Ибрашов П. Зимняя навигация // *Морские порты*. – 2014. – № 2 (123). – С. 40-43.
5. Исследование мореходных качеств автомобильно-железнодорожного парама / ФГУП Крыловский Государственный Научный Центр. Научно-технический отчет. – Вып. 47198. – СПб., 2013.
6. Исследование ходовых качеств морского парама / *Digital Marine Technology*. – Техн. отчет DMT-13-003. – Одесса, 2013.
7. Модельные испытания автомобильно-железнодорожных паромов на чистой воде и в ледовых условиях / ФГУП Крыловский Государственный Научный Центр. Научно-технический отчет. – Вып. 47189. – СПб., 2013.

8. Мытник Н.А., Бурменский А.Д. Кораблестроение Комсомольска-на-Амуре – освоению Сахалина // Мореходство и морские науки-2008: избранные доклады Первой Сахалинской региональной морской научно-технической конференции (12 февраля 2008 г.) / Под ред. В.Н. Храмушина. – Южно-Сахалинск: СахГУ, 2008.
9. Рачков А.С., Бубнов К.П., Евстифеев В.А. Морской паром Сахалин // Судостроение. – 1972. – № 6 (415). – С. 3-7.
10. Татаринов Н. Суровая зима в порту Ванино // Морские порты. – 2012. – № 2 (103). – С. 34-36.
11. Шевченко Г.В., Ковалев П.Д., Ковалев Д.П. Резонанс волн на паромной переправе // Мир транспорта. – 2012. – № 1 (39). – С. 58-65.
12. Model Test in Ice of a double-acting Ferry / AARC Report A-487, 2013.

Стаття надійшла до редакції 16.03.2015

Рецензенти:

кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри «Теорія і проектування корабля ім. проф. Ю.Л. Воробйова» **О.В. Демідюк**

доктор технічних наук, професор, головний науковий співпрацівник Морського інженерного бюро, науковий консультант **В.В. Козляков**