

ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КРУПНОТОННАЖНЫХ ГАЗОВОЗОВ ДЛЯ АРКТИКИ

д-р техн. наук Л.Г.ЦОЙ, д-р техн. наук А.В.АНДРЮШИН,
ст. науч. сотр. А.А.ШТРЕК

Центральный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт морского флота (ЗАО «ЦНИИМФ»), Санкт-Петербург, e-mail: llt@cniimf.ru

Для обеспечения круглогодичного вывоза добываемого на арктическом шельфе природного газа в рамках перспективных проектов необходимо создание специальных газозовов активного ледового плавания с высокими ледовыми классами, которые могут обеспечить эффективную и безопасную транспортировку сжиженного природного газа в тяжелых ледовых условиях арктических морей. В статье рассматриваются возможные сценарии эксплуатации газозовов в Арктике – как с использованием ледокольной проводки, так и их самостоятельное плавание во льдах. Проектирование перспективных арктических газозовов должно основываться на современных тенденциях строительства и эксплуатации ледокольно-транспортных судов высоких ледовых классов. Излагаются требования к ледовой ходкости и маневренности во льдах, исходя из предполагаемых сценария плавания и района эксплуатации. Приводится методика оценки влияния ледовых сжатий на ходкость крупнотоннажных газозовов во льдах. Даются рекомендации по выбору формы обводов корпуса, мощности и типа пропульсивной установки применительно к круглогодичной эксплуатации газозова. На основании анализа накопленного опыта эксплуатации крупнотоннажных арктических танкеров и результатов модельных и натурных испытаний сформулированы основные требования к проектированию пропульсивных комплексов перспективных арктических газозовов.

Ключевые слова: сжиженный природный газ, арктический газозов, маневренность во льдах, влияние ледовых сжатий, форма обводов корпуса, пропульсивный комплекс.

ВВЕДЕНИЕ

В ноябре 2012 г. впервые в истории была осуществлена перевозка сжиженного природного газа (СПГ) по Северному морскому пути (СМП). Транспортировка была выполнена газозовом «Ob River» под проводкой двух атомных ледоколов в период начала интенсивного ледообразования. Всего по трассе Севморпути пройдено примерно 2600 миль практически за 9 суток со средней скоростью около 12 узлов, из них в молодых льдах – около 1720 миль за 6 суток с той же средней скоростью 12 узлов. По результатам экспериментального рейса можно сделать вывод о практической осуществимости транзитных перевозок СПГ по Северному морскому пути в летне-осенний период навигации крупнотоннажными газозовами соответствующих ледовых классов под проводкой линейных ледоколов. При этом надо отметить, что сложившиеся в первой половине ноября ледовые условия в арктических морях были легче среднемноголетних и положительно сказались на скоростях проводки и времени прохождения газозова по трассам СМП [Штрек, 2013].

В то же время для обеспечения круглогодичного вывоза добываемого на арктическом шельфе природного газа необходимо создание газозовов активного ледового плавания с высоким ледовым классом, которые могут обеспечить надежную и безопасную транспортировку СПГ в зимних льдах арктических морей.

ВОЗМОЖНЫЕ СЦЕНАРИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Выбор концептуального подхода к проектированию судна определяется в зависимости от предполагаемого варианта его плавания во льдах: под проводкой ледокола или самостоятельно. Самостоятельное плавание, в свою очередь, может осуществляться как традиционным способом – носом вперед, так и по принципу «двойного действия» – кормой вперед (предложенная финской компанией Aker Arctic концепция DAS – Double Acting Ship).

В первом варианте судно будет иметь ледовый класс и мощность пропульсивной установки ниже, чем требуется для его самостоятельной эксплуатации, поскольку ему требуются меньшие энергозатраты. Однако при этом следует принимать во внимание, что ширина существующих ледоколов не превышает 28 м, что существенно меньше характерной для крупнотоннажных газозовов ширины 45–50 м. Следовательно, либо потребуются использование двух ледоколов, совместно прокладывающих канал требуемой ширины, либо судно будет двигаться в узком канале за одним ледоколом, доламывая кромки канала, для чего необходимо увеличение мощности ведомого судна. Ледокольная проводка судов осуществляется двумя основными способами: лидированием и на буксире вплотную. Для крупнотоннажных газозовов единственным вариантом проводки является первый способ, второй способ практически неосуществим как из-за высокого надводного борта, так и невозможности обеспечения управляемости состава вследствие чрезмерно большой, в сравнении с ледоколом, массы буксируемого судна.

Варианты, предусматривающие самостоятельное плавание, позволяют отказаться от ледокольного сопровождения. При этом само судно должно обладать высокими ледовыми качествами и соответствующим ледовым классом, обеспечивающим ему необходимую безопасность автономного плавания во льдах.

В качестве примера можно привести челночные танкеры типа «Василий Динков», построенные на ледовый класс Arc6 и оборудованные двумя полноповоротными винто-рулевыми колонками (ВРК) Azipod суммарной мощностью 20 МВт. Эти суда осуществляют челночные перевозки сырой нефти с терминала Варандей в юго-восточной части Баренцева моря до плавучего нефтехранилища Белокаменка в Кольском заливе, не пользуясь ледокольным сопровождением на маршруте движения. Ледокольное обеспечение («ice management») им требуется только при операциях швартовки и погрузки у точечного терминала.

Надо отметить, что все построенные в последние годы транспортные суда арктического плавания (челночные танкеры типов «Василий Динков» и «Михаил Ульянов», ледокольно-транспортные суда типа «Норильский Никель», ледокольный танкер «Енисей») оснащены полноповоротными ВРК, позволяющими существенно улучшить их маневренность во льдах.

ТРЕБОВАНИЯ К ЛЕДОПРОХОДИМОСТИ И МАНЕВРЕННОСТИ ВО ЛЬДАХ

На рис. 1 представлены зависимости продолжительности автономного плавания судов от их ледопроеходимости и района работы, полученные по результатам статисти-

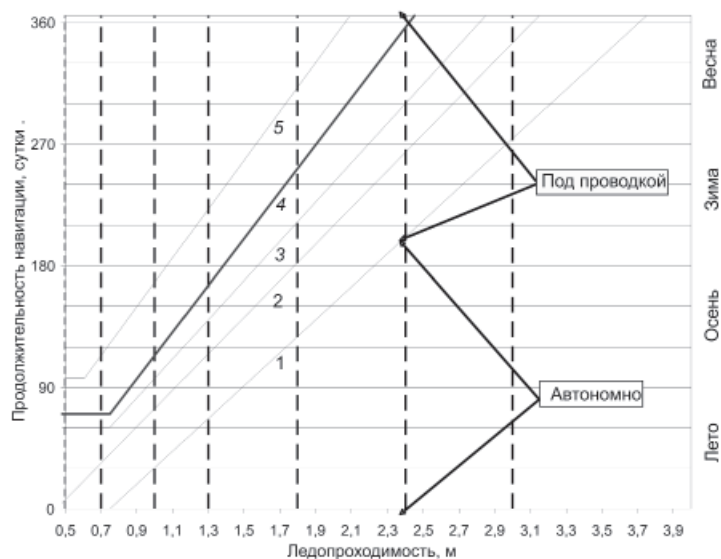


Рис. 1. Зависимость продолжительности автономного плавания ледокольно-транспортных судов в Арктике от ледопроеходимости: 1 – в восточном районе Российской Арктики и при транзитном плавании по Северному морскому пути, 2 – в западном районе Российской Арктики, 3 – в западной части Карского моря, 4 – в юго-западной части Карского моря, 5 – в юго-восточной части Баренцева моря.

ческой обработки данных по многолетней эксплуатации флота на трассах Северного морского пути. При недостаточной ледопроеходимости для круглогодичной самостоятельной работы в заданном районе, то есть в более тяжелых по сравнению с допустимыми по ледопроеходимости условиях, судну потребуется ледокольное обеспечение.

Как следует из рис. 1, ледопроеходимость газовоза для круглогодичного вывоза СПГ с п-ва Ямал, должна быть не менее 2,4 м, что позволит обеспечить его самостоятельное плавание в юго-западной части Карского моря практически в любых ледовых условиях. С наименьшими затратами мощности такая ледопроеходимость может быть обеспечена при условии движения судна в тяжелых льдах задним ходом с использованием возможностей пропульсивного комплекса, состоящего из ВРК.

Необходимая продолжительность плавания под ледокольной проводкой также может быть определена по графику на рис. 1. Например, газовозу для Ямала с ледопроеходимостью 1,3 м ледокольное сопровождение понадобится в течение 6 месяцев в году.

Маневренные характеристики транспортного судна во льдах напрямую влияют на безопасность и эффективность его эксплуатации в условиях зимней навигации и должны учитываться при проектировании. Основным показателем маневренности судна во льдах является радиус его циркуляции. При движении в канале за ледоколом газовоз должен хорошо вписываться в прокладываемый канал. Кроме того, важной характеристикой является способность судна выходить из канала.

Наличие протяженной цилиндрической вставки будет существенно усложнять маневрирование арктического газовоза во льдах. Применение же на рассматриваемом газовозе полноповоротных винто-рулевых колонок позволит существенно улучшить его маневренные характеристики во льдах. Здесь также важно отметить, что газовоз

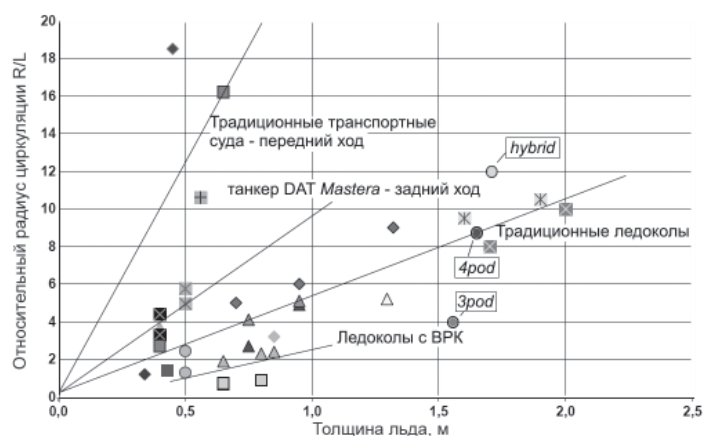


Рис. 2. Сравнение относительных радиусов циркуляции ледоколов и судов ледового плавания в зависимости от толщины льда по данным [Wilkman et al., 2004] и результаты испытаний в ледовых бассейнах моделей крупнотоннажного арктического газовоза.

должен обладать хорошими ледовыми качествами при движении как носом, так и кормой вперед, что позволит ему осуществлять разворот во льдах способом «звездочка» в условиях ограниченной акватории.

Накопленный к настоящему времени опыт эксплуатации в ледовых условиях судов, оборудованных ВПК, позволяет рекомендовать применение таких пропульсивных комплексов для повышения маневренных качеств перспективных крупнотоннажных газовозов, предназначенных для круглогодичной эксплуатации в арктических морях. В качестве примера на рис. 2 приведены данные фирмы Aker Arctic по радиусам циркуляции во льдах различных ледокольно-транспортных судов и ледоколов [Wilkman et al., 2004]. На этом же графике показаны относительные радиусы циркуляции на заднем ходу по результатам модельных испытаний в ледовых бассейнах Aker Arctic в Хельсинки и HSWA в Гамбурге газовоза класса Arc7 шириной около 50 м с различными вариантами пропульсивного комплекса суммарной мощностью на валах 40–45 МВт: гибридным – с двумя бортовыми ВПК и центральной линией вала (модель *hybrid*), из трех ВПК (модель *3pod*) и из четырех ВПК (модель *4pod*).

Как показали результаты модельных испытаний, для рассматриваемого судна оптимальным вариантом, обеспечивающим наилучшие показатели маневренности во льдах, оказался пропульсивный комплекс, состоящий из 3 ВПК. Худшие показатели маневренности варианта с 4 ВПК объясняются применением на данной модели неудачной понтонообразной формы обводов кормовой оконечности. Из рис. 2 также видно, что уровень маневренности модели *3pod* на заднем ходу находится на уровне маневренности во льдах ледоколов, оборудованных двумя ВПК. Модельные испытания показали также, что на ограниченной акватории, например в порту, при толщине набитого льда до 6 м возможно выполнение разворота «звездочкой» с использованием интенсивного размыва льда по бортам.

ОЦЕНКА ХОДКОСТИ В УСЛОВИЯХ СЖАТИЙ

Для расчетной оценки величины дополнительного ледового сопротивления при воздействии ледового сжатия на ходкость крупнотоннажных газовозов во льдах ис-

пользовалась следующая формула, основанная на подходах, изложенных А.Ассуром [Assur, 1975] и предложениях Г.Линдквиста.

$$R_{\text{лед.сж.}} = 2 \cdot f_d \cdot \sigma_{\text{сж}} \cdot h \cdot L_{\text{эцв}}, \text{ кН}, \quad (1)$$

где f_d – коэффициент динамического трения корпуса о лед; $\sigma_{\text{сж}}$ – нормальные напряжения в ледяном покрове при действии ледовых сжатий, кПа; h – толщина льда, м; $L_{\text{эцв}}$ – длина эквивалентной цилиндрической вставки судна (протяженность воздействия ледового сжатия на корпус судна), м.

Протяженность эквивалентной цилиндрической вставки $L_{\text{эцв}}$, подверженной влиянию ледового сжатия, рекомендуется определять как длину, на которой угол наклона ватерлинии к диаметральной плоскости (угол α) не превышает 5–6°. Таким образом, длина эквивалентной (расчетной) цилиндрической вставки оказывается больше длины собственно цилиндрической вставки $L_{\text{цв}}$ и позволяет более корректно учитывать влияние ледовых сжатий на корпус судна.

Эффективным способом снижения степени воздействия ледового сжатия на ледовую ходкость крупнотоннажных судов является движение судна задним ходом с использованием возможностей пропульсивного комплекса, состоящего из ВРК. Как было отмечено по опыту эксплуатации в Арктике ледокольно-транспортных судов типа «Норильский Никель», при движении этих судов задним ходом в условиях ледовых сжатий имеют место меньшие потери скорости за счет работы ВРК, омывающей борта судна и снижающей таким образом воздействие ледового сжатия на судно. Кроме того, еще со времени сдаточных ледовых испытаний первых ледоколов, оборудованных ВРК («Фенника» и «Нордика»), известен эффект расширения канала при развороте колонок в стороны. Однако при этом снижается скорость прокладки канала во льду из-за потери тяги в продольном направлении.

Использование в формуле (1) условной величины эквивалентной цилиндрической вставки судна (протяженности воздействия ледового сжатия на корпус судна) $L_{\text{эцв}}$, укороченной для режима заднего хода, позволяет учесть эффект снижения воздействия ледовых сжатий при работе ВРК на обмыв. Для этого случая предложено следующее выражение:

$$L_{\text{эцв}} = L_{\text{цв}} - v_s(B_k - B_s)/(2 \cdot v_p(s)), \text{ м}, \quad (2)$$

где B_k – ширина канала за судном на заднем ходу при отсутствии сжатия, B_s – ширина судна, $v_p(s)$ – скорость закрытия ледового канала в зависимости от степени сжатия льда s , v_s – скорость судна.

Скорость закрытия ледового канала может быть оценена по эмпирической формуле, приведенной в монографии [Сазонов, 2010]:

$$v_p(s) = 0,005 \cdot s + 0,03762 \cdot s^2, \text{ м/с}. \quad (3)$$

На рис. 3 приведена схема определения длины $L_{\text{эцв}}$ для режимов переднего (а) и заднего (б) хода.

Наличие эффекта снижения степени воздействия ледового сжатия при движении судна задним ходом было подтверждено по результатам испытаний в Гамбургском опытовом ледовом бассейне HSVA при моделировании ледовых сжатий. Испытывались две модели крупнотоннажного газовоза с тремя ВРК (обозначенные далее *3pod-1* и *3pod-2*), отличавшиеся формой обводов корпуса. Коэффициент динамического трения корпуса о лед для модели *3pod-1* составлял $f_d = 0,09$, для модели *3pod-2* $f_d = 0,1$. Сравнение экспериментальных данных с расчетными по

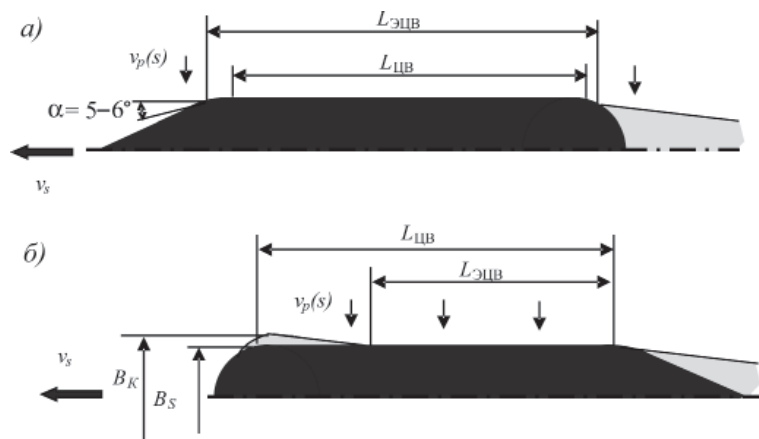


Рис. 3. Схема определения протяженности воздействия ледового сжатия (длины эквивалентной цилиндрической вставки) на корпус судна на режимах переднего (а) и заднего (б) хода.

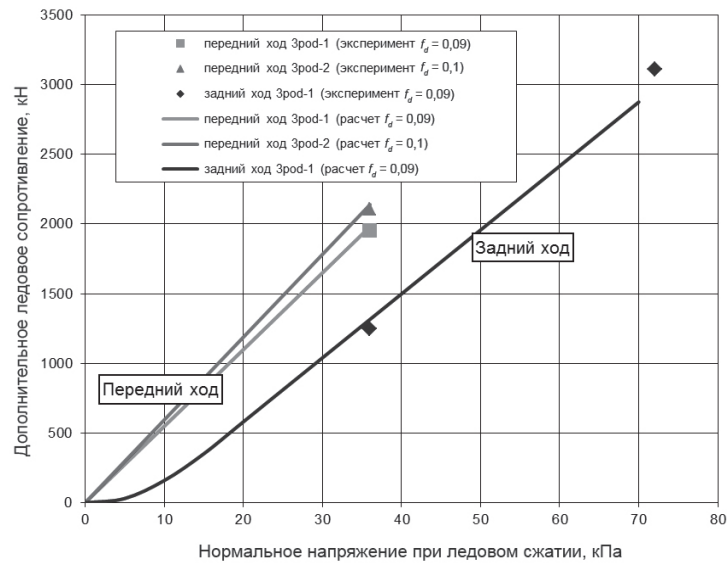


Рис. 4. Значения дополнительного ледового сопротивления от сжатия во льду толщиной 1,5 м при скорости 2 узла по результатам модельных испытаний в HSVА и расчетные значения по эмпирическим формулам (1–3).

формуле (1) для переднего хода и формулам (1) и (2) для режима заднего хода приведено на рис. 4.

Выполненные на основании изложенных расчетных формул и результатов модельных испытаний оценки ходкости крупнотоннажного газовоза, оборудованного тремя ВРК по 15 МВт, показывают возможность сохранения минимальной устойчивой скорости движения задним ходом во льду толщиной до 1,5 м торосистостью 1–2 балла при наличии ледовых сжатий силой 1–2 балла.

ВЫБОР ФОРМЫ ОБВОДОВ НОСОВОЙ ОКОНЕЧНОСТИ

В процессе отработки формы обводов корпуса и анализа результатов модельных испытаний различных вариантов газовоза для Ямала большое внимание уделялось выбору формы обводов носовой оконечности с точки зрения обеспечения оптимального баланса между ходкостью судна на чистой воде и во льдах.

Для газовоза с бульбообразной носовой оконечностью значительно увеличиваются эксплуатационные риски при работе во льдах. Газовоз с экстремальной ледокольной носовой оконечностью при плавании на чистой воде будет в значительной степени подвержен слеммингу на волнении. Оптимальным вариантом носовых обводов представляется применение умеренной ледокольной формы обводов, характеризующейся меньшими углами заострения ватерлиний и развала борта в носовой оконечности судна по сравнению с экстремальным ледокольным носом.

На рис. 5 проиллюстрированы преимущества применения умеренного ледокольного носа по сравнению с другими вариантами. Ледовая ходкость при движении задним ходом для всех вариантов показана применительно к варианту с тремя ВРК типа Aziprod мощностью по 15 МВт с формой обводов кормы по предложению ЦНИИМФ. При толщинах льда до около 1 м (см. заштрихованную область) выигрыш в скорости обеспечивается при движении передним ходом, а при больших толщинах льда более эффективным является использование заднего хода. Как показали результаты испы-

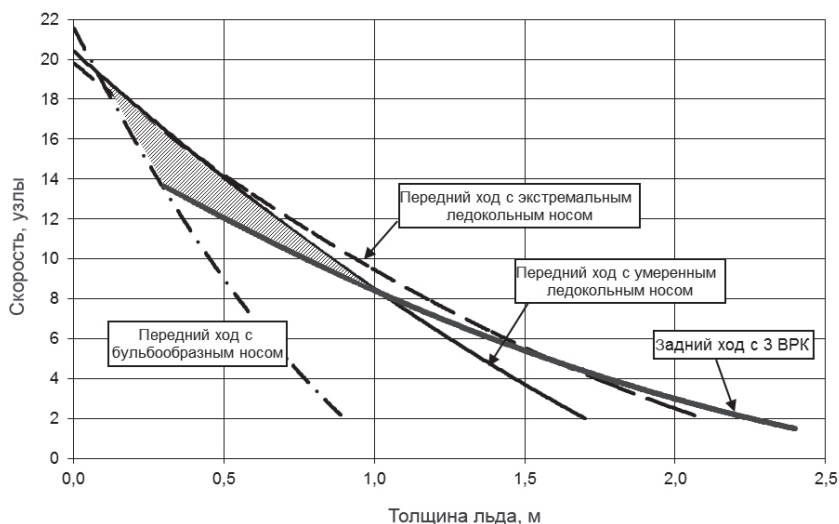


Рис. 5. График ледовой ходкости газовоза вместимостью около 170 тыс. м³ с пропульсивным комплексом из трех ВРК и тремя вариантами носовой оконечности.

таний на чистой воде в опытовых бассейнах VTT в Финляндии и HSVA в Хельсинки, умеренная ледокольная носовая оконечность обеспечивает приемлемые мореходные качества рассматриваемого крупнотоннажного арктического газовоза.

ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРОПУЛЬСИВНОГО КОМПЛЕКСА

Применение на перспективных арктических крупнотоннажных судах винторулевых колонок в составе пропульсивного комплекса позволяет им эффективно использовать задний ход в тяжелых ледовых условиях, расширяя возможности самостоятельного плавания в арктических морях, а также обеспечить повышенную маневренность во льдах, сравнимую с маневренностью ледоколов, имеющих традиционные пропульсивные комплексы. Режим движения задним ходом, обеспечивающий обмыв корпуса и управляемость судна за счет работы ВРК, позволяет снизить степень воздействия сжатий на ледовое сопротивление, обеспечивая тем самым уменьшение вероятности застревания крупнотоннажного судна во льдах и приемлемые эксплуатационные скорости даже в тяжелых ледовых условиях. Очевидно, что при этом должны быть обеспечены необходимые прочностные характеристики как винторулевого комплекса, так и кормовой оконечности крупнотоннажных судов, предназначенных для работы во льдах задним ходом.

Реализация концепции самостоятельного плавания газовоза для Ямала полностью определяется возможностью создания и поставки ВРК Azipod мощностью 15 МВт категории Arc7, предназначенной для работы во льдах толщиной до 2 м, включая неограниченный задний ход в тяжелых льдах Карского моря и в пресноводных льдах Обской губы. Поэтому ЦНИИМФ в сотрудничестве с компанией АВВ (производитель ВРК Azipod) выполнил проработку основных проектных решений для обеспечения требований к эксплуатационной надежности и работоспособности такой ВРК. Аналогов подобной ВРК в части проектирования и эксплуатации нет. Существующие требования РС являются рамочными. ЦНИИМФ с учетом результатов натурных испытаний танкера «Тимофей Гуженко» проработал основные требования к обеспечению надежности основных элементов ВРК типа Azipod и работоспособности ГЭД. Разработаны требования к усилениям основных элементов в потоке силовых линий (гребной винт, вал, главный упорный подшипник). Для формирования требований к ВРК принимались решения, которые к настоящему времени полностью или частично проверены предшествующим опытом проектирования и эксплуатации, что снижает риски для такого инновационного пропульсивного комплекса. Например, диаметры гребных винтов приняты $D = 5,8-6,0$ м, что соответствует опыту проектирования и эксплуатации ледокола «Арктика». Для обеспечения работоспособности ВРК в тяжелых ледовых условиях коэффициент запаса ГЭД по моменту должен составлять не менее 1,7–1,8, что также апробировано и подтверждено натурным опытом эксплуатации ледоколов и судов активного ледового плавания в тяжелых ледовых условиях. Предлагаемые решения согласованы с компанией АВВ, которая подтвердила возможность поставки требуемой ВРК Azipod [Andryushin et al., 2013].

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СЦЕНАРИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ТИПОРАЗМЕРА АРКТИЧЕСКОГО ГАЗОВОЗА

Проведенные ЦНИИМФом исследования, базирующиеся на результатах модельных испытаний в опытовых ледовых бассейнах, анализе натурных испытаний современных ледокольно-транспортных судов и сравнительных технико-экономи-

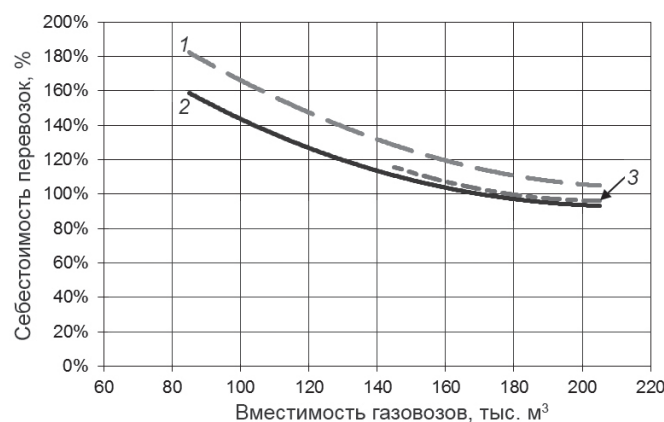


Рис. 6. Относительная себестоимость доставки СПГ на маршруте Ямал–Западная Европа в зависимости от вместимости газозова и сценария его эксплуатации во льдах.

Варианты газозова: 1 – с традиционным пропульсивным комплексом и ледокольным носом; 2 – с ВРК и ледокольным носом; 3 – с ВРК и бульбообразным носом. Сценарии эксплуатации в Карском море: 1 – с использованием ледокольной проводки; 2, 3 – самостоятельное плавание.

ческих расчетах, позволяют сделать вывод о том, что наиболее выгодными являются варианты транспортировки СПГ в арктическом регионе крупнотоннажными ледокольно-транспортными газозовами, обладающими широкими возможностями самостоятельной эксплуатации во льдах. Так, по результатам сравнительных технико-экономических расчетов, рациональным вариантом транспортной схемы доставки СПГ с п-ва Ямал (п. Сабетта) в Западную Европу является прямая транспортировка газа крупнотоннажными газозовами с проведением дноуглубительных работ в Обской губе [Цой и др., 2012].

При выполнении сопоставительных расчетов вместимость газозовов варьировалась от 80 до 205 тыс. м³. Как следует из результирующего графика на рис. 6, минимизация себестоимости доставки СПГ достигается при условии самостоятельного круглогодичного плавания газозова в юго-западной части Карского моря, что определяет требуемую ледопроемкость газозова не менее 2,3–2,4 м. Ледокольное обеспечение предусматривается только для обеспечения безопасной эксплуатации газозова в припае Обской губы. Расчеты также показали, что использование применительно к арктическому газозову концепции DAS с бульбообразной носовой оконечностью не дает преимуществ в части снижения себестоимости перевозок.

Основными факторами, предопределившими преимущество автономного плавания крупнотоннажных газозовов, являются:

- изначально высокая строительная стоимость судов-газозовов и достаточно большой уровень мощности, что приводит к тому, что необходимое ледовое усиление корпуса и повышение мощности для обеспечения потребной ледопроемкости дают относительно небольшое увеличение стоимости, которое в процентном соотношении значительно меньше по сравнению с судами других типов;

- использование в качестве топлива испаряющегося СПГ, перевозимого судном, что позволяет минимизировать данную статью эксплуатационных затрат, являющуюся определяющей при автономной работе судна во льдах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты выполненных исследований по обоснованию основных параметров перспективных крупнотоннажных газовозов для Арктики показали, что перевозка СПГ крупнотоннажными газовозами активного ледового плавания является наиболее эффективным вариантом, при котором обеспечивается более низкая себестоимость круглогодичной доставки СПГ в Западную Европу по сравнению со среднетоннажными газовозами с привлечением ледокольного сопровождения в течение зимней навигации на всем ледовом участке плавания. Для обеспечения самостоятельного плавания в любых ледовых условиях юго-западной части Карского моря ледопроездимость газовоза должна быть не менее 2,3–2,4 м. Для обеспечения требуемой ледопроездимости, в том числе в условиях ледовых сжатий, и улучшения эксплуатационной маневренности во льдах предложена концепция газовоза вместимостью 170 тыс. м³ с умеренными носовыми ледокольными обводами и пропульсивным комплексом из трех ВРК Azipod мощностью по 15 МВт. Данная концепция предполагает движение в ледовых условиях как передним, так и задним ходом, а умеренные носовые обводы обеспечат приемлемые мореходные качества на чистой воде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Сазонов К.Е. Теоретические основы плавания судов во льдах. СПб.: ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова, 2010. 274 с.
- Цой Л.Г., Андрюшин А.В., Штрек А.А., Шерстнёва И.В. Исследование оптимальных характеристик перспективного арктического газовоза для вывоза СПГ из п. Сабетта // Техническая эксплуатация морского флота: Сб. научн. трудов ЦНИИМФ. СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 2012. С. 3–15.
- Штрек А.А. Результаты транзитного рейса газовоза OB RIVER с грузом СПГ под проводкой атомных ледоколов по Северному морскому пути в ноябре 2012 г. // Материалы международной научно-практической конференции «80 лет с начала планомерного изучения и развития Севморпути» (тезисы докладов). М.: СОПС, 2013. С. 72–75.
- Andryushin A., Hänninen S., Heidemann T. «Azipod» azimuth thruster for large capacity arctic transport ship with high ice category Arc7 – ensuring of operability and operating strength under severe ice conditions // 22nd International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions (POAC-2013). Espoo, Finland, June 9–13. 2013. P. 223–227.
- Assur A. Problems in Ice Engineering // 3-rd International Symposium on Ice Problems. Hanover, NH, USA, August 1975. P. 361–373.
- Wilkman G., Juurmaa K., Mattsson T., Laapio J., Fagerström B. Full-Scale Experience of Double Acting Tankers (DAT) MASTERA and TEMPERA // 17th International Symposium on Ice (IAHR-2004). Saint Petersburg, Russia, 21–25 June 2004. Vol. 1. P. 488–497.

L.G.TSOY, A.V.ANDRYUSHIN, A.A.SHTREK

SUBSTANTIATION OF PRINCIPAL PARAMETERS OF PROSPECTIVE LARGE CAPACITY LNG CARRIERS FOR THE ARCTIC

To ensure the year round transportation of natural gas produced on the arctic shelf it is necessary to design special high ice class LNG carriers for active ice navigation which can provide for the efficient and safe transportation of LNG under heavy arctic sea ice conditions. The article deals with probable scenarios of the operation of LNG carriers in the Arctic using both the icebreaker support and

independent navigation in ice. The design of prospective arctic LNG carriers should be based on the up-to-date trends of the design and operation of icebreaking cargo ships of high ice classes. Consideration is given to the requirements of the ice propulsion and maneuverability in ice proceeding from the intended navigation scenario and area of operation. The methodology is given of the assessment of the impact of ice compression on the propulsion of large capacity LNG carriers in ice. Recommendations are provided on the choice of hull lines, power and type of the propulsion unit as applied to the year round operation of LNG carrier. On the basis of the analysis of the gained experience of operation of large capacity arctic tankers and the results of model tests and full scale trials, principal requirements to the design of propulsion systems of prospective arctic LNG carriers are given.

Keywords: LNG, arctic LNG carrier, maneuverability in ice, impact of ice compression, hull form, propulsion systems.