

## НАТУРНЫЕ ЛЕДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ГОЛОВНЫХ ГАЗОВОЗОВ И ТАНКЕРОВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА ПОСТРОЙКИ ЮЖНОКОРЕЙСКИХ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПАНИЙ

С началом интенсивного освоения шельфа арктических морей России потребовались новые перспективные суда высоких ледовых категорий, большего водоизмещения и мощности. Если раньше, как правило, максимальная длина судов не превышала 120–130 метров, ширина 16–20 метров, осадка — 7–8 метров, водоизмещение — до 12 тыс. т, то сейчас в эксплуатацию введены новые типы танкеров, газозовов, а также проектируются и строятся новые серии ледоколов, с измерениями, превышающими прежние стандарты как минимум вдвое.

Если раньше на базе методов расчета ледового сопротивления, созданных в ФГБУ «АНИИ» для судов, разными авторами были разработаны несколько методик расчета ледопроеходимости в разных ледовых условиях, то сегодня, по утверждению проектантов современных судов, методы расчетов сопротивления льда, которые широко применялись в конце прошлого века, совершенно не пригодны для расчетов ледопроеходимости крупнотоннажных судов длиной более 200 и шириной свыше 40 метров. В связи с этим необходимо уделить большое внимание проведению натуральных ледовых испытаний ледопроеходимости таких типов судов.

В феврале–марте 2017 года по заказу южнокорейской судостроительной компании Daewoo Shipbuilding and Marine Engineering Co., Ltd. (DSME) сотрудники отдела ледовых качеств судов АНИИ принимали участие в проведении натуральных ледовых испытаниях газозова «Кристоф де Маржери». Уникальный ледокольный газозов сжиженного природного газа (СПГ) «Кристоф де Маржери» (LNG «Christophe de Margerie», HULL 2418) ледового класса Arc7 — это первый из пятнадцати танкеров-газовозов для проекта «Ямал СПГ». Он способен работать при температурах до  $-52\text{ }^{\circ}\text{C}$ , самостоятельно двигаться во льдах толщиной более 2,1 м. Мощность

пропульсивной установки газозова составляет 45 МВт. Она включает винторулевые колонки типа «Азипод», которые обеспечивают высокую ледопроеходимую и маневренность и позволяют использовать принцип движения кормой вперед (функция Double Acting Tanker, DAT), что необходимо для преодоления торосов и тяжелых ледяных полей. При этом «Кристоф де Маржери» стал первым в мире судном арктического ледового класса, на котором установлены сразу три азипода. Основной целью этих испытаний была проверка спецификационных (проектных) характеристик судна и исследование его ледовых качеств.

Основные характеристики газозова «Кристоф де Маржери» представлены в таблице.

Таблица 1

Основные характеристики газозова «Кристоф де Маржери»

Символ класса PC	KM(*) Arc7 (at $d \leq 12,0\text{ m}$ ) AUT1-ICS OMBO EPP ANTI-ICE LI CCO ECO-S BWM(S) BWM(T) WINTERIZATION(-50) gas carrier type 2G (methane)
Валовая вместимость	128806 МК-1969
Чистая вместимость	38641 МК-1969
Дедвейт	96779 т
Водоизмещение	143866 т
Длина габаритная	299,00 м
Ширина габаритная	50,13 м
Высота борта	26,50 м
Осадка	13,00 м
Скорость	19,5
Мощность	45МВт
Пропульсивный комплекс	3 управляющих азипода

Газозов «Кристоф де Маржери» во время проведения ледовых испытаний. Фото А.В. Савицкой



Задачи специалистов АНИИ при испытаниях DSME LNG CARRIER «Кристоф де Маржери» были следующими:

1. Поиск и подготовка полигонов, по протяженности и толщине льда соответствующих требованиям программы испытаний.

Необходимо заметить, что в соответствии с требованиями проведения испытаний толщина льда по длине полигона не должна изменяться более чем на 5 %. Кроме того, протяженность пробега при прогрессивных испытаниях должна быть не менее пяти длин судна, то есть для газозова «Кристоф де Маржери» длина полигона должна составлять около 1,5 км.

2. Выполнение работ по измерению физико-механических свойств льда и снега на полигоне.

3. Разработка детальной процедуры выполнения всех требуемых измерений, содержащей научное или нормативное обоснование их производства, а также требования к их точности.

4. Разработка правил техники безопасности производства измерений на льду и на значительном расстоянии от испытываемого судна.

Необходимо отметить, что, учитывая конструктивный тип и размерения газовоза DSME, документы такого рода разрабатывались впервые.

В ходе реализации программы натурных ледовых испытаний группой ААНИИ выполнялся полный комплекс ледоисследовательских измерений, включающих толщину льда (прямые измерения путем бурения); толщину снега; температуру льда; соленость льда; прочность ровного льда при изгибе; толщину и внутреннее строение льда в торосах; скорость и направление течений.

Судовые наблюдения за толщиной льда и высотой снега на газовозе проводились с использованием цифрового телевизионного комплекса, установленного на борту «Кристоф де Маржери».

В апреле 2017 года по заказу южнокорейской судостроительной компании Samsung Heavy Industries Co., Ltd. сотрудниками отдела ледовых качеств судов ААНИИ в ледовых условиях акваторий Карского моря и Обской губы были проведены натурные ледовые испытания танкера «Штурман Альбанов». Танкер «Штурман Альбанов» («Shturman Albanov») является головным в серии из шести арктических челночных танкеров «Steel Cutting». Без сопровождения ледокола танкер может преодолевать лед до 1,8 м толщиной кормой и до 1,4 м носом. Оборудован винторулевыми колонками, способными вращаться на 360 градусов вокруг своей оси, что дает судну дополнительную маневренность при движении носом и кормой. Все танкеры серии предназначены для работы в высоких широтах при температуре до  $-45^{\circ}\text{C}$  в условиях круглогодичной навигации. Танкеры предназначены для реализации комплекса задач по транспортировке углеводородов с Новопортовского месторождения.

Основной целью испытаний судна были проверка спецификационных (проектных) качеств судов данного типа и исследование его ледовых качеств.

Во время проведения ледовых испытаний танкера «Штурман Альбанов» необходимо было выполнить поиск полигонов, провести необходимые ледовые измерения и по результатам испытаний выдать заключение о соответствии танкера спецификационным требованиям в области ледовой ходкости.

Основные характеристики танкера SHI 42K «Штурман Альбанов» представлены в таблице.

Таблица 2

**Основные характеристики танкера SHI 42K «Штурман Альбанов»**

Символ класса PC	KM(*) ARC7, Oil Tanker (ESP), LI, CSR, OMBO, CCO, BWM, BLS-SPM, AUT1-ICS, ECO-S
Скорость	15,2 узла
Валовая вместимость	44354 т
Чистая вместимость	13306 т
Водоизмещение	63185,7 т
Дедвейт	41454,5 т
Длина наибольшая	249,0 м
Ширина	34,0 м
Высота борта	15,0 м
Осадка в полном грузу	9,50 м
Пропульсивный комплекс	2 управляющих азипода
Максимальная мощность	11000 кВт × 2

Перед началом ледовых натурных испытаний специалистами ААНИИ была разработана процедура их проведения, а также методика пересчета результатов применительно к танкеру.

При выполнении тестов в ровном льду непосредственно перед проведением каждого испытания с помощью судовой метеостанции определялись температура воздуха, скорость и направление ветра, а также выполнялся тестовый промер толщин льда и снега по разным курсам, измерялись скорость и направление течений. В соответствии с этими параметрами выбиралось наиболее подходящее направление движения танкера для выполнения теста.

Во время проведения каждого испытания фиксировались скорость и курс судна, мощность, момент и угол поворота азиподов. Параметры работы азиподов были предоставлены специалистам ААНИИ представителями АВВ (фирмы-изготовителя азиподов).

После проведения каждого теста в ровном льду выполнялись промеры толщин льда и снега вдоль канала через каждые 100 м, а также определялась плотность снега.

Основным параметром, необходимым для дальнейшего пересчета результатов испытаний, является прочность льда на изгиб. Прочность льда на изгиб определялась двумя способами. Первый способ — это расчеты по данным измерения температуры, солености и плотности образцов льда, полученных из кернов. Второй способ — испытания дисков льда при центральном изгибе.

По результатам испытаний, проведенных в ровном льду, с уверенностью можно констатировать, что судно полностью соответствует спецификационным требованиям.

В феврале–марте 2018 года по заказу южнокорейской судостроительной компании DSME сотрудники отдела ледовых качеств судов ААНИИ принимали участие в натурных испытаниях газовоза «Владимир Русанов» (LNG «Vladimir Rusanov» HULL 2424). Газовоз «Владимир Русанов» также является СПГ-танкером ледового класса Arc7, предназначенным для обеспечения вывоза сжиженного газа с Ямала. Основные характеристики газовоза «Владимир Русанов» полностью соответствуют характеристикам «Кристоф де Маржери».

Цели и задачи специалистов ААНИИ во время ледовых натурных испытаний были такими же, как во время испытаний газовоза «Кристоф де Маржери» в 2017 году. Испытания судна прошли успешно, заявленная ледопробиваемость была подтверждена.

Танкер «Штурман Альбанов» во время проведения ледовых испытаний. Фото П.В. Максимовой



Упомянутые современные суда южнокорейских судостроителей по своим проектно-конструктивным характеристикам существенно отличаются от судов, традиционно использовавшихся для вывоза нефтепродуктов, добываемых на шельфе арктических морей России, и прежде

всего — своими размерениями. Грузовладелец, арендатор этих судов, предъявляет к ним особые требования в части соблюдения точности графика вывоза добываемых нефтепродуктов, для чего необходимо знать их основные ледовые качества: предельную ледопродоимость, скорости движения в различных ледовых условиях, маневренные характеристики.

Значение проведенных испытаний весьма велико.

Во-первых, подтверждены проектно-спецификационные характеристики этих перспективных судов, а судовладельцы и операторы морских транспортных



Газовоз «Владимир Русанов» во время проведения ледовых испытаний.

Фото И.А. Свистунова

перевозок с участием этих судов получили фактические данные об их ледопродоимости и рекомендации по режимам их работы в различных ледовых условиях.

Во-вторых, полученные данные будут использованы для корректировки составляющих сопротивления льда движению су-

дов увеличенных размерений и корректировки численных методов расчета ледопродоимости перспективных судов.

Кроме того, получен уникальный опыт проведения натуральных ледовых испытаний современных судов такого класса, откорректированы методики их проведения и обработки результатов испытаний.

*В.А. Лихоманов, Н.А. Крупина, П.В. Максимова,  
А.В. Савицкая (АНИИ)*