

ОЦЕНКА ЛЕДОВОЙ ХОДКОСТИ НЭС «АКАДЕМИК ТРЁШНИКОВ»

ст. науч. сотр. Н.А.КРУПИНА, канд. техн. наук В.А.ЛИХОМАНОВ,
науч. сотр. А.В.ЧЕРНОВ

ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, e-mail: olks@aari.ru, likh@aari.ru, chernov@aari.ru

В декабре 2012 г. в свой первый рейс вышло новое научно-экспедиционное судно (НЭС) Росгидромета «Академик Трёшников». В статье описана методика проведения натурных ледовых испытаний судна и приведены результаты исследования ледовой ходкости НЭС «Академик Трёшников» в Антарктике. Испытания показали, что предельная ледопроеходимость НЭС «Академик Трёшников» при движении передним ходом не ниже заявленной в спецификации судна.

Ключевые слова: ледовая ходкость, ледопроеходимость, достижимая скорость, судно ледового плавания, ледовые испытания судна.

Для судна активного ледового плавания ледовая ходкость является одним из основных параметров, характеризующих эффективность его эксплуатации. Требования к способности судна работать в ледовых условиях определяются заказчиком на этапе составления технического задания на проектирование данного судна.

Ледовая ходкость – это возможность судна преодолевать ледяной покров определенной толщины с определенной скоростью, которая зависит от мощности главной энергетической установки. Основными характеристиками ледовой ходкости являются ледопроеходимость и кривая достижимых скоростей. Под ледопроеходимостью понимают предельную толщину сплошного ровного льда, которую может преодолеть судно, двигаясь с минимальной устойчивой скоростью (приблизительно 1,5–3 узла) при работе главной энергетической установки (ГЭУ) на полную мощность. Кривая достижимых скоростей – это график зависимости скорости движения судна от толщины преодолеваемого им льда при постоянном значении мощности ГЭУ. Для одного судна может быть построено несколько кривых достижимых скоростей в соответствии с разными уровнями мощности энергетической установки, в то время как значение предельной ледопроеходимости – это единственное значение для данного судна. Поэтому, когда речь заходит о сравнении ледовой ходкости нескольких судов, как правило, сравнивают именно предельную ледопроеходимость. Для НЭС «Академик Федоров» предельная ледопроеходимость при скорости 2 узла составляет 1 м. В техническом задании на проектирование НЭС «Академик Трёшников» требование к ледовой ходкости было сформулировано следующим образом: «ледопроеходимость НЭС при движении передним ходом со скоростью 2 узла в сплошном ровном льду при наличии 20 см снежного покрова и прочности льда на изгиб 500 кПа при осадке 8,5 м и мощностью на валах 90 % от максимальной (12,4 МВт) должна составлять 1,1 м».



Рис. 1. НЭС «Академик Трёшников» во время экспериментального рейса.

При проектировании и постройке нового судна ледового плавания обеспечение требуемой ледопроеходимости выполняется в несколько этапов. На начальной стадии проектирования ледовая ходкость оценивается по теоретическим зависимостям. Далее теоретические результаты проверяются с помощью модельных испытаний в ледовом бассейне, и, в случае необходимости, вносятся коррективы в проект судна. Для подтверждения соответствия готового судна требованиям технического задания проводятся натурные ледовые испытания.

В процессе проектирования и строительства НЭС «Академик Трёшников» специалисты ФГБУ «ААНИИ» принимали активное участие, начиная с разработки технико-экономического обоснования строительства нового НЭС и заканчивая проведением натуральных ледовых испытаний.

В настоящей статье речь пойдет об исследовании ледовой ходкости НЭС «Академик Трёшников» во время натуральных ледовых испытаний в его первом антарктическом рейсе.

Внешний вид НЭС «Академик Трёшников» показан на рис. 1.

В табл. 1 приведены основные технические характеристики НЭС «Академик Трёшников».

Традиционная методика проведения натуральных испытаний ледовой ходкости судов, сложившаяся еще в прошлом веке, согласно [Рывлин, Хейсин, 1980] заключается в следующем.

1. Специалисты-гидрологи выбирают для испытаний специальный полигон ровного сплошного льда (с возможным разбросом по толщине не более 10 %); обычно ледовый полигон имеет длину 1,5–2 мили.

2. Испытания в сплошном льду проводятся при прямолинейном движении судна на различных режимах движения. Задается режим работы пропульсивного комплекса при мощности $N_1 = const$, и замеряется скорость установившегося движения V_1 , затем задается $N_2 = const$ и фиксируется скорость V_2 , и так далее. Начальный участок движения судна по выбранному полигону (до момента, пока судно не зайдет в ледяное поле на расстояние не менее 1,5 длин корпуса) исключается из последующего анализа ледовой ходкости. После режимных пробегов (длина участка установившегося

Таблица 1

Технические характеристики НЭС «Академик Трёшников»	
Проект	Балтсудопроект
Постройка	ОАО «Адмиралтейские верфи»
Классификационное общество	Российский Морской регистр судоходства
Скорость на чистой воде, узлы	16,5
Вместимость, количество человек	
экипаж	60
научный состав	80
Длина наибольшая, м	133,6
Длина между перпендикулярами, м	123,2
Ширина, м	22,6
Высота борта, м	13,5
Осадка расчетная, м	8,5
Водоизмещение при осадке 8,5 м, т	16538,7
Дедвейт при осадке 8,5 м, т	6634,6
Главная энергетическая установка:	
тип	Дизель-электрическая, 2×9L38, 1×6L38
количество и мощность главных двигателей, кВт	2×6300, 1×4200
Пропульсивный комплекс:	
тип	ВФШ
количество гребных винтов	2
диаметр гребных винтов, мм	4000
количество и мощность гребных электродвигателей, кВт	2×7000

движения должна быть не менее длины корпуса, а лучше 2–3 длины корпуса) судно останавливается, и выполняются контрольные замеры толщины льда с дискретностью 30–50 м. В случае особо ответственных испытаний проводятся исследования физико-механических свойств льда на площади полигона. В зависимости от длины полигона и характеристик судна можно получить 2–4 режимных участка (с учетом участков разгона и торможения).

3. В процессе испытаний на судне измеряются необходимые параметры пропульсивного комплекса, и в результате получают зависимость мощности от скорости движения судна в сплошном льду толщиной h .

4. Для получения необходимых натуральных данных в другой толщине льда производится поиск нового ледового полигона и испытания повторяются по изложенной выше схеме.

Натурные ледовые испытания НЭС «Академик Трёшников» в экспериментальном антарктическом рейсе выполнялись в море Беллинсгаузена и море Уэдделла и состояли из нескольких этапов:

08–10.02.2013 г. – выход со станции Беллинсгаузен и прибытие в район острова Аделейд в море Беллинсгаузена;

10–12.02.2013 г. – испытания судна на припае в районе острова Аделейд;

14–17.02.2013 г. – испытания судна в заливе Симонова;

25–26.02.2013 г. – выполнение экспериментов по исследованию ходкости судна на дрейфующем льду в море Уэдделла;

27.02.2013 г. – окончание программы натуральных ледовых испытаний и приход на станцию Беллинсгаузен.

Основной целью натуральных испытаний НЭС «Академик Трёшников» было определение достижимых скоростей судна при движении носом и кормой вперед. В данной статье обсуждается только первый режим.

Как уже говорилось выше, под достижимой скоростью понимается максимальная скорость, которую судно может развить при движении в данных ледовых условиях при заданной мощности на валу. В первую очередь для проектантов представляет интерес движение на максимальной длительной мощности гребного электродвигателя (ГЭД), и именно для данного режима выставляются спецификационные требования к судну. Для НЭС «Академик Трёшников» таким режимом является 90 % мощности ГЭУ.

Сложившийся подход к решению данной задачи состоит в нахождении достижимых скоростей движения судна в сплошном ровном льду как функции от толщины льда. Эту зависимость обычно принимают линейной [Рывлин, Хейсин, 1980]. В качестве одной точки задается скорость судна на чистой воде (толщина льда h равна нулю), а в качестве второй – значение предельной толщины льда h_{lim} , т.е. такой наибольшей толщины льда, при которой судно сохраняет минимальную устойчивую скорость движения, равную 1 м/с (2 узла).

Рассматриваемые натурные испытания НЭС «Академик Трёшников» выполнялись в припайных льдах Антарктики, характеризующихся наличием существенного снежного покрова. Существует несколько подходов учета влияния снега на показатели ледовой ходкости судов. На настоящий момент большинство специалистов согласно с тем, что степень влияния снега на ледовое сопротивление зависит от его плотности. Согласно методике ААНИИ при плотности снега свыше 350 кг/м³ толщина снежного покрова принимается как добавочная толщина льда. На полигонах, на которых проходили испытания ходкости НЭС, наблюдался хорошо уплотненный ветром снежный покров толщиной до 100 см. Согласно выполненным измерениям, плотность этого покрова превышала 350 кг/м³. Для возможности совместного анализа всех полученных данных было принято решение считать толщину снежного покрова эквивалентной толщине льда.

Испытания при движении НЭС «Академик Трёшников» носом вперед в сплошных ровных льдах проводились в припае у острова Аделейд, в припае в заливе Симонова и в поле дрейфующего льда в море Уэддела.

В качестве примера на рис. 2 показан план полигона эксперимента в заливе Симонова. В отличие от описанной выше методики проведения ледовых испытаний, в данном случае промеры толщины выполнялись не после пробега судна по полигону, а перед пробегом. Для этого испытательная партия высаживалась на лед и выполняла бурение ледяного покрова на всю его толщину с помощью механического бура, соответственно, толщина льда определялась с точностью до 5 см. Дополнительно в одной или двух точках отбирались керны для определения физико-механических свойств льда.

На ледопрободимость судна основное влияние оказывает прочность льда при изгибе. Наиболее надежным способом оценить изгибающую прочность ледяного покрова является проведение испытаний консолей, выпиленных на всю толщину льда.



Рис. 2. План экспериментального полигона в заливе Симонова.

Такие испытания по техническим причинам могут проводиться при толщине льда не более 1 м и требуют больших временных затрат: на подготовку одной консоли в толстом льду уходит около 5 ч, а для набора статистики на каждом полигоне надо было бы испытывать не менее трех консолей. В то же время существуют общепризнанные аналитические зависимости, связывающие предел прочности льда при изгибе с температурой, соленостью и плотностью льда. В связи с вышесказанным полевые исследования физико-механических свойств на полигонах сводились к измерению профилей температуры, солености и плотности льда и снега, по которым в дальнейшем была рассчитана прочность льда при изгибе. Полученные значения хорошо согласуются с архивными данными по Тихоокеанскому сектору Антарктики. На рис. 3 показаны профили температуры, солености и плотности льда, полученные на одном из испытательных полигонов.

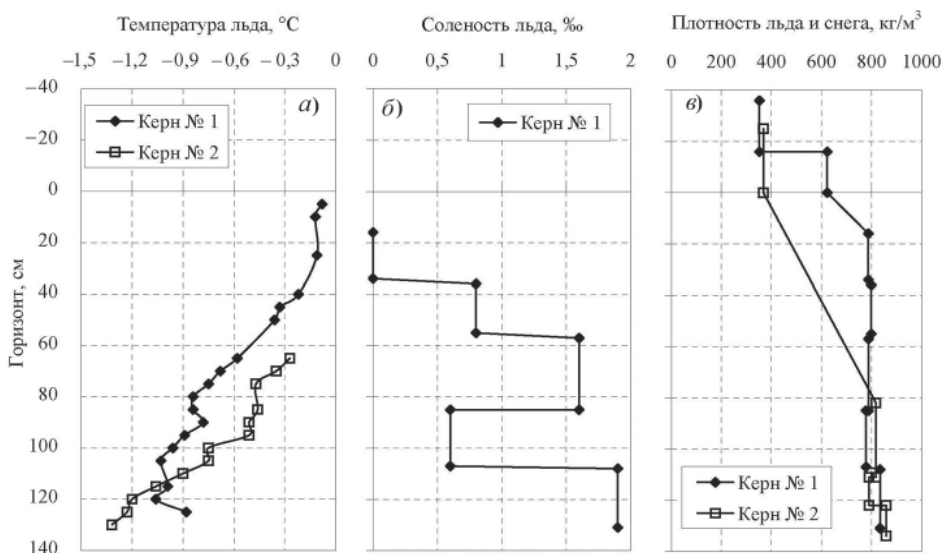


Рис. 3. Профили температуры (а), солености (б) и плотности (в) льда.

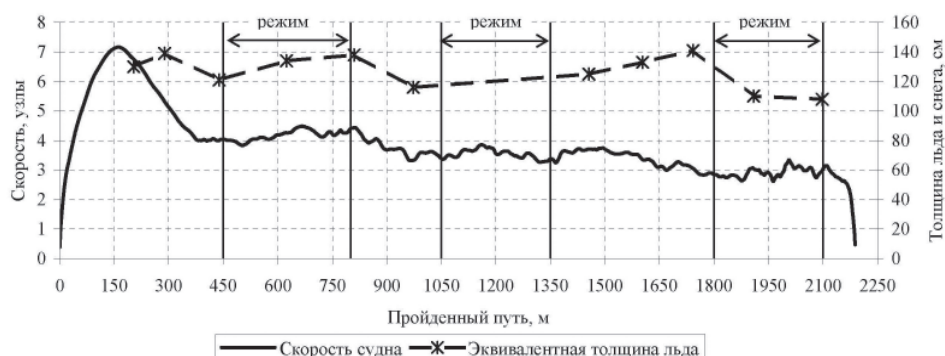


Рис. 4. Сопоставление скорости НЭС и толщины льда в одном из экспериментов.

На рис. 4 показан график изменения скорости судна и толщины льда при движении по полигону во время эксперимента в заливе Симонова. Согласно методике проведения ледовых испытаний на одном полигоне выполняются пробеги судна при разных уровнях мощности главной энергетической установки. В данном эксперименте мощность ГЭУ НЭС составляла 89 % на режиме 1, 77 % на режиме 2 и 63 % на режиме 3. Как видно из рис. 4, на каждом режиме протяженность установившегося движения НЭС составляла не менее 300 м (более двух корпусов судна). Средние значения параметров, характеризующих ледовую ходкость НЭС в этом эксперименте, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Средние значения параметров, характеризующих ледовую ходкость НЭС при движении носом вперед в ровном сплошном льду, по результатам эксперимента в заливе Симонова

№ режима	Скорость, узлы	Мощность ГЭД, МВт	Толщина льда, см	Толщина снега, см	Эквивалентная толщина льда, см
1	4,16	12,5	88	75	131
2	3,54	10,8	73	85	121
3	2,90	8,75	65	70	109

Аналогичные показанным в табл. 2 результаты были получены для экспериментов в приае острова Аделейд и море Уэдделла. В первую очередь рассматривались эксперименты, в которых уровень мощности ГЭУ был близок к максимальному. Экспериментальные точки показаны на рис. 5. С учетом того, что испытания проводились на разных полигонах и лед имел разную прочность, отличную от указанной в спецификации прочности льда при изгибе 500 кПа, было необходимо выполнить корректировку данных натурных измерений. В ААНИИ накоплен обширный банк данных натурных и лабораторных испытаний ледопроеходимости ледоколов и судов ледового плавания в сплошном льду различной прочности на изгиб. На основании анализа указанных данных следует констатировать, что увеличение прочности льда на изгиб с 150 кПа до 500 кПа (как в эксперименте в заливе Симонова) на одинаковой скорости движения судна приведет к уменьшению толщины преодолеваемого льда на 23 %, а увеличение с 270 до 500 кПа, как в эксперименте в море Уэдделла, к



Рис. 5. График достижимых скоростей НЭС «Академик Трешников» при движении носом вперед в сплошном ровном льду.

уменьшению толщины преодолеваемого льда на 9 % [Ионов, 1988]. Тогда в результате получим, что скорости движения НЭС 4,16 узла будет соответствовать скорректированная толщина сплошного льда 1,2 м, а скорости 6,2 узла – толщина 0,8 м.

В результате был получен график достижимых скоростей судна на мощности 12,4 МВт при движении в сплошном льду носом вперед с прочностью 500 кПа. С помощью данной кривой могут быть оценены спецификационные показатели НЭС. При построении этого графика были использованы данные ходовых натуральных испытаний, в соответствии с которыми скорость НЭС на чистой воде при той же скорости вращения винтов, что и в ходе ледовых испытаний, составляет 14,9 узла. Результирующий график показан прямой линией на рис. 5.

По результатам ходовых ледовых натуральных испытаний НЭС «Академик Трешников» можно сделать вывод, что ледопроходимость НЭС при движении передним ходом со скоростью 2 узла в сплошном ровном льду и прочности льда на изгиб 500 кПа при осадке 8,5 м и мощностью на валах 90 % от максимальной (12,4 МВт) составляет 1,2 м. Соответственно, предельная ледопроходимость НЭС «Академик Трешников» при движении передним ходом не ниже заявленной в спецификации судна.

Авторы статьи выражают благодарность за помощь и поддержку при проведении натуральных ледовых испытаний капитану НЭС «Академик Трешников» Лукьянову Сергею Владимировичу, капитану-наставнику Стецуну Игорю Юрьевичу, начальнику рейса Воеводину Андрею Васильевичу, ледовым наблюдателям – Дорофееву Александру Викторовичу и Смирнову Александру Анатольевичу, а также всему экипажу НЭС «Академик Трешников» и специалистам сезона 58-й РАЭ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ионов Б.П. Ледовое сопротивление и его составляющие. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 80 с.
- Ионов Б.П., Грамузов Е.М. Ледовая ходкость судов. СПб.: Судостроение, 2001. 512 с.
- Каишелян В.И., Фаддеев О.В. Исследование прочностных характеристик льда для обеспечения рационального проектирования судов ледового плавания // Судостроение за рубежом. 1982. № 2 (182). С. 27–39.
- Каишелян В.И., Позняк И.И., Рывлин А.Я. Сопротивление льда движению судна. Л.: Судостроение, 1968. 238 с.
- Каишелян В.И., Ильчук А.Н., Свистунов Б.Н. Эмпирические формулы для оценки ледопроеходимости ледоколов и судов ледового плавания в сплошных льдах // Теория, прочность и проектирование судов, плавающих во льдах. Нижний Новгород, 1995.
- Припай восточной Антарктиды // Труды САЭ. 1977. Т. 63. 132 с.
- Рывлин А.Я., Хейсин Д.Е. Испытания судов во льдах. Л.: Судостроение, 1980. 208 с.
- Сазонов К.Е. Теоретические основы плавания судов во льдах. СПб.: ЦНИИ им. А.Н.Крылова, 2010. 274 с.

N.A.KRUPINA, V.A.LIKHOMANOV, A.V.CHERNOV

ESTIMATION OF ICE CAPABILITY OF RESEARCH VESSEL «AKADEMIK TRYOSHNIKOV»

In December 2012 a new research vessel (RV) RosHydroMet “Akademik Tryoshnikov” started her first voyage. The article describes a method for full-scale ice trials of the vessel and the results of the study of ice performance of “Akademik Tryoshnikov” in Antarctica. Tests have shown that the ice capability of “Akademik Tryoshnikov” when moving forward course, not lower than stated in the specifications of the vessel.

Keywords: ice capability, ice performance, attainable speed, ice going ship, full-scale ice trial of a vessel.