



Г.Г. Малинецкий, В.С. Смолин

**Подводные суда для транзитного
коридора ЮВА–Европа в Северном
Ледовитом океане**

Рекомендуемая форма библиографической ссылки

Малинецкий Г.Г., Смолин В.С. Подводные суда для транзитного коридора ЮВА–Европа в Северном Ледовитом океане // Проектирование будущего. Проблемы цифровой реальности: труды 1-й Международной конференции (8-9 февраля 2018 г., Москва). — М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2018. — С. 108-112. — URL: <http://keldysh.ru/future/2018/16.pdf>
doi:[10.20948/future-2018-16](https://doi.org/10.20948/future-2018-16)

Подводные суда для транзитного коридора ЮВА–Европа в Северном Ледовитом океане

Г.Г. Малинецкий, В.С. Смолин

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН

Аннотация. Освоение транзитного транспортного коридора через Северный Ледовитый океан сравнимо по значимости с открытием и эксплуатацией каналов между океанами – Суэцкого и Панамского. Экономически эффективная круглогодичная навигация на северном транспортном коридоре возможна при подводной схеме доставки грузов. Рассматривается построение подводных судов из армированного бетона и железобетона и лихтерная схема перевозок, которые позволяют решить технические и экономические проблемы организации круглогодичных перевозок в Северном Ледовитом океане.

Ключевые слова: Северный Ледовитый океан, транзитный коридор, подводные транспортные суда, армобетон, железобетон.

Развитие Арктического региона входит в число приоритетных экономических задач РФ, что регулярно подчёркивается в выступлениях первых лиц государства (например, [1]). Освоение Северного морского пути (СМП) и других маршрутов в акватории Северного Ледовитого океана является одной из важнейших составляющих этой задачи.

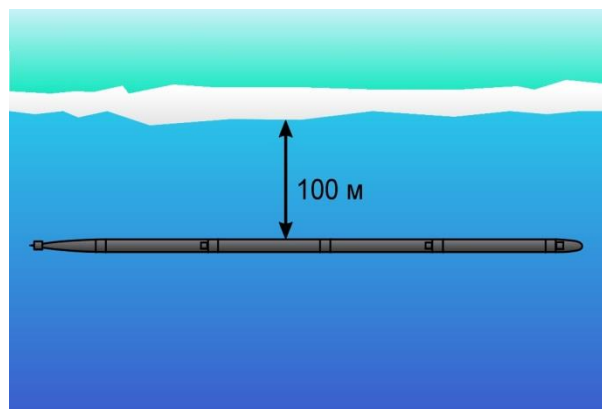


Рис. 1. Движение транспортных судов подо льдом

В настоящее время свободное плавание судов возможно только на маршруте СМП в течение летней навигации – с июня по октябрь. Ледовая обстановка в межнавигационный период требует ледокольной проводки.

4. Транспортные проекты нового поколения

Северный транзитный коридор в это время проигрывает более длинным южным морским путям как по срокам, так и по стоимости доставки.

Круглогодичная навигация на Северном Ледовитом океане возможна при подводной схеме доставки грузов (рис. 1). Идея неоднократно возникала с 1950-х гг., но реализовать её пока не удалось. Основные причины – имеется ряд технических проблем, решение которых традиционными путями требует слишком высоких, экономически неэффективных затрат.

Для достижения рентабельности подводных перевозок рассматривается ряд новых идей: 1) корпуса подводных судов из армированного бетона и железобетона; 2) использование лихтерной схемы подводных перевозок; 3) загрузка лихтеров в подводные транспортные суда без их всплытия; 4) открытие гигантских люков для загрузки лихтеров в состоянии нулевой плавучести.

В условиях наличия ледового покрова подводные суда могут быть эффективнее надводных: отсутствие льда и стабильная температура (в районе 0 °С) на глубинах 50-100 м позволяют осуществлять перевозки вне зависимости от климатических условий на поверхности. В то время как ледокольная проводка сильно зависит от сезона и текущих погодных условий, требует использования транспортных судов высоких ледовых классов (Arc6–Arc8) и большую часть года проигрывает южным маршрутам как по стоимости, так и по времени перевозок.

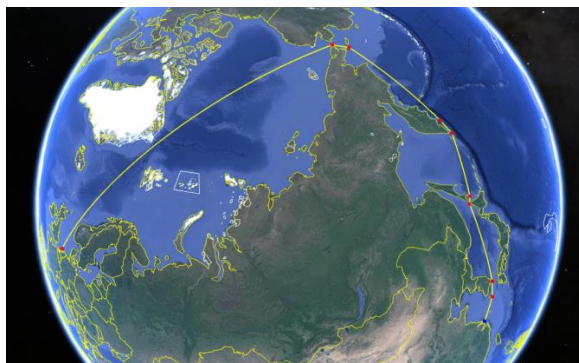


Рис. 2. Маршрут Роттердам–Шанхай

Длина маршрута Роттердам–Шанхай через Северный Ледовитый океан составляет около 13,1 тыс. км, из них покрыто льдом, в зависимости от сезона, от 3,5 до 7,5 тыс. км (рис. 2). Это на 7-8 тыс. км короче маршрутов через Суэцкий и Панамский каналы и на 14 тыс. км короче маршрута вокруг Африки (которым вынуждены следовать крупные контейнеровозы, не проходящие по размерам через каналы). Но в случае ледокольной проводки скорость движения по ледовым участкам замедляется в 3-6 раз, что не позволяет достичь выигрыша во времени перевозок более коротким северным маршрутом.

Одной из главных проблем осуществления подводных перевозок является положительная плавучесть большинства перевозимых грузов. В частности, средняя масса загрузки стандартного контейнера (TEU) ниже 20 т при объёме в 37 м³. Чтобы утянуть такой TEU под воду, ему необходим балласт в 20 т стали или 30 т железобетона. Перевозки малых партий грузов коммерчески невыгодны, а для перевозок 10 000 контейнеров собственная масса подводного транспортного судна должна быть не меньше 200 или 300 тыс. т (для стали и железобетона соответственно). Необходимость использования большого количества конструкционных материалов (для обеспечения нулевой плавучести судна под водой) позволяет строить корпуса подводных судов высокой прочности, обеспечивающей плавание на глубинах 2500-3000 м (для стали) или 750-1000 м (для железобетона).

Поскольку при коммерческих перевозках нет необходимости уходить на большие глубины (50-100 м вполне достаточно для избегания столкновений с ледяной коркой Северного Ледовитого океана), то запас прочности железобетонного корпуса вполне удовлетворяет условиям плавания. При этом стоимость изготовления железобетонного корпуса в 10 и более раз дешевле изготовления стального корпуса (как по стоимости материала, так и по технологичности изготовления).

Железобетон – материал, давно и широко используемый в судостроении [2, 3]. В последнее время в дополнение к железобетону широкое применение нашёл армобетон. Он используется, например, в таких подводных транспортных проектах, как Северный поток-1, 2, Турецкий поток и других подводных газопроводах.

Естественно, стоимость корпуса судна не составляет весь объём затрат на реализацию проекта. Стоимости двигателя, винтов, навигационного и прочего оборудования не зависят от материала изготовления корпуса судна. Тем не менее, снижение затрат на строительство корпуса судна в 10 и более раз даёт значительную экономию средств при реализации проекта.



Рис. 3. Схема движения по маршруту

4. Транспортные проекты нового поколения

Подводные транспортные суда имеют превосходство перед надводными только в условиях тяжелых льдов, которые надводным судам необходимо преодолевать. Другая проблема подводных судов состоит в том, что инфраструктура грузовых портов обеспечивает погрузку-разгрузку надводных судов и не приспособлена к обслуживанию значительно более громоздких подводных судов. Для решения этих проблем необходимо использовать лихтерную схему перевозок (рис. 3).

Использование лихтеров снимает необходимость конкурировать с надводными судами на участках маршрута, свободных ото льда, и исключает заход подводных судов в непригодные для этого грузовые порты. Но для использования лихтерной схемы необходимо организовать погрузку-разгрузку лихтеров на подводные суда вблизи границы льдов. Сложность этой операции определяется требованием большой грузоподъемности лихтеров (1-2 тыс. TEU для обеспечения коммерческой эффективности перевозок), что неизбежно приводит к их большим линейным размерам (20-30 м в высоту и ширину и более 100 м в длину).

Для загрузки таких лихтеров на борт подводного судна необходимо открывать гигантские люки размерами порядка 100×30 м. Поскольку вес одного м² люка, выдерживающего давления в 75-100 атм. не может быть меньше 3 т, то вес таких люков будет больше 10 000 т, что превосходит вес центрального пролёта крымского моста в Керчи. Возможность открытия таких люков имеется только в подводном положении, когда за счёт регулировки заполнения балластных цистерн в люках можно обеспечить им нулевую плавучесть. Это сделает люки невесомыми в воде и позволит осуществлять их перемещения с относительно небольшими усилиями.

	Сталь (млн.р)	Бе- тон	Ра- бота	Обору- дование	Силовая установка	Непрямые расходы	Цена	Шт.	Сумма (млрд.р)
Вагон	160	80	200	220	-	140	800	50	40
Лихтер	40	20	50	100	-	40	250	120	30
Локомотив ДВС	50	20	250	270	800	210	1600	7	11,2
Локомотив ЯЭУ	170	80	300	310	4000	140	5000	5	25
Всего, флот								182	106,2
Подводные станции	80	80	300	300	800	240	1800	6	10,8
Навигации, средства									18
Итого (млрд.р)	14,48	7,42	21,05	28,24	30,40	15,41		188	135

Рис. 4. Затраты на реализацию проекта по захвату 10% перевозок по маршруту ЮВА–Северная Европа

Предварительный экономический анализ проводился для случая захвата 10% рынка контейнерных перевозок на маршруте ЮВА–Северная Европа.

Вложения в 150-200 млрд (при расчётных 135 млрд) необходимы на строительство флота из 50 подводных транспортных судов (из которых планируется формировать составы по 10 судов), 120 лихтеров, 12 «локомотивов» для составов, 6 станций загрузки лихтеров и средств навигации вдоль маршрута (рис. 4). Эксплуатационные расходы составят 10-30 млрд в год, тогда как стоимость услуг по перевозке 1 млн TEU (10% рынка перевозок по маршруту) равна 60 млрд.

Срок окупаемости может составить 5-10 лет и в дальнейшем проект будет приносить прибыль на уровне 30-50 млрд в год.

Если опыт реализации проекта окажется успешным, то захват большей доли рынка перевозок (в том числе на других маршрутах) потребует в 1,5-2 раза меньших удельных вложений, что позволит в 2-3 раза сократить срок окупаемости и на 30-80% увеличит рентабельность развития проекта (до 30-50 млрд в год на каждые 100 млрд вложений).

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект 18-011-00567.

Литература

1. Путин В.В. Перед нами стоят масштабные задачи по освоению Арктики. <https://mir24.tv/news/16281465/putin-pered-nami-stoyat-masshtabnye-zadachi-po-osvoeniyu-arktiki>, 08.12.2017.
2. Бондурянский З.П., Дьячков М.А., Меяамед Э.Е. Морские железобетонные суда (проектирование корпуса). – Л.: Судостроение, 1966. – 198 с.
3. Правила постройки корпусов морских судов и плавучих сооружений с применением железобетона. Российский морской регистр судоходства, 2000. – 84 с.