

ОЦЕНКА ПОТРЕБНОСТИ В ТРАНСПОРТНЫХ СУДАХ ЛЕДОВОГО ПЛАВАНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГРУЗОПОТОКА В АКВАТОРИИ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ ДО 2030 г.

Часть II

Александр Буянов,
к.э.н., заместитель генерального директора
по научной работе АО «ЦНИИМФ»

Аннотация. В статье выполнен прогноз грузопотоков на трассах СМП до 2030 г. Описан методический подход к разработке логистических схем транспортировки грузов. Определены основные типы транспортных судов ледового класса.

Ключевые слова. Северный морской путь, грузопоток, интенсивность судоходства, арктическое судно, потребность, прогноз.

Annotation. A forecast of cargo traffic on the Northern Sea Route (NSR) up to 2030 was carried out. A methodological approach to the development of logistics schemes for the cargo transportation along the NSR is described. The main types of ice-class vessels have been determined.

Key words. Northern Sea Route, cargo traffic, intensity of shipping, arctic vessel, forecast.

Круглогодичная навигация по Северному морскому пути (СМП) признана стратегическим проектом для государства и должна начаться к 2030 г. Распоряжением Правительства РФ от 6 октября 2021 г. № 2816-р утвержден перечень инициатив социально-экономического развития Российской Федерации до 2030 г., в состав которого входит инициатива «Круглогодичный Севморпуть», ответственным за ее реализацию является ГК «Росатом» [1].

Под Северным морским путем в российском законодательстве понимаются трассы, проходящие по Карскому, Лаптевых, Восточно-Сибирскому и Чукотскому морям, от проливов, соединяющих Баренцево море с Карским, до Берингова пролива. Протя-

женность от пролива Карские Ворота до порта Провиденция – около 5600 км.

Сейчас судоходство на СМП осуществляется с июля по декабрь. В 2020–2021 гг. компания ПАО «Совкомфлот» осуществила несколько сверхпоздних и сверхранних рейсов в январе и мае с использованием танкера-газовоза ледового класса «Кристоф де Маржери» под проводкой атомных ледоколов ФГУП «Атомфлот» [2].

Выполненный анализ и прогноз грузопотоков по трассам СМП до 2030 г. (см. журнал «ЛОГИСТИКА» № 9/2021) показал, что к 2024 г. объем перевозок грузов без учета транзита может достигнуть 80 млн т. К 2030 г. эта цифра должна увеличиться до 140 млн т, из которых около 37 млн т

должны будут круглогодично перевозиться в восточном направлении в страны Азиатско-Тихоокеанского региона.

Целью этого исследования является оценка потребности в транспортном флоте ледового класса и возможной интенсивности судоходства на трассах СМП.

Разработка математической модели эксплуатации транспортного флота на трассах СМП

В рамках проекта по заказу ГК «Росатом» [3] специалистами АО «ЦНИИМФ» была разработана аналитическая математическая модель судоходства на СМП, учи-



Танкер-газовоз ледового класса «Кристоф де Маржери» под проводкой атомного ледокола «50 лет Победы»
 Источник изображения: https://vodniytransport.ru/upload/news/rtf/478_2-9.jpg

тывающая основные действующие и прогнозные грузопотоки, а также особенности эксплуатации судов на СМП: ледовые условия, ледокольное обеспечение.

Для всех логистических схем доставки грузов выполнено математическое моделирование работы судов на расчетных направлениях с оценкой следующих эксплуатационных показателей их работы:

- продолжительность кругового рейса;
- количество круговых рейсов за год;
- эксплуатационный период работы судна за год;
- провозная способность судна.

Показатели представлены в форме математических моделей – совокупности уравнений, описывающих функциональные зависимости между исследуемыми величинами.

На основе полученных моделей разработаны компьютерные программы, предназначенные для обработки статистической информации и оценки точности и значимости построенных моделей.

Рассмотрим наиболее значимые факторы, влияющие на вышеуказанные показатели работы судна.

В связи со значительными различиями условий эксплуатации расчетных судов в Арктической зоне в зимнее и летнее время, эксплуатационные показатели работы судов принято рассчитывать отдельно для зимнего и летнего периодов, а также в целом за эксплуатационный период.

Периоды навигации для расчетных судов были приняты в соответствии с периодами навигации, определенными в Правилах плавания по СМП [4], а именно:

- летне-осенний период (далее летний период) – с 1 июля по 30 ноября;
- зимне-весенний период (далее зимний период) – с 1 декабря по 30 июня.

Зимний период, в свою очередь, разбит на 2 периода: зимние месяцы с более тяжелыми навигационными условиями для эксплуатации судов (февраль – май) и зимние месяцы

с более легкими навигационными условиями для эксплуатации судов (декабрь, январь, июнь).

В математической модели путь судна от порта погрузки до порта выгрузки для учета влияния навигационных условий на скорость движения судна разбивается на ряд участков в зависимости от навигационных условий плавания: участки с волнением, чистая вода, участки маршрута со схожими ледовыми условиями.

Эксплуатационный период по расчетным судам определяется исходя из календарного периода и времени вывода судов на ремонт и докование.

Ремонт и осмотр судов в доке выполняется в соответствии с регламентом, установленным «Правилами классификационных освидетельствований судов в эксплуатации» [5] Российского морского регистра судоходства:

- очередные освидетельствования для возобновления Классификационного свидетельства проводятся с 5-летним интервалом;

- в течение 5-летнего периода действия Классификационного свидетельства проводится промежуточное освидетельствование в период между вторым и третьим ежегодными освидетельствованиями;
- суда усиленного ледового класса подлежат осмотру в доке при каждом ежегодном освидетельствовании.

Таким образом, эксплуатационный период для расчетных судов составит:

- 340 сут. – для судов с ледовым классом Arc7;
- 240 сут. – для судов с ледовым классом Arc4–Arc5;

Распределение объемов перевозимых грузов между судами по годам, принятое при разработке математической модели, было выполнено в соответствии со статическими данными о работе судов, графиком поставок судов и прогнозом грузопотоков по СМП.

Эксплуатация судов по трассам СМП в зимний период невозможна без ледокольного обслуживания. Организация ледокольного обслуживания на маршрутах движения судов зависит от сезона эксплуатации. В модели учтено, что на начальном этапе ледообразования транспортные суда эксплуатируются автономно, а по мере появления льда и развития ледовой ситуации к обслуживанию судов привлекаются ледоколы. Необходимость ледокольного сопровождения и продолжительность ледокольной кампании зависят от ледовых качеств транспортного судна: чем выше ледопробиваемость, тем короче период, когда судну нужна помощь ледокола.

Математическая модель помимо скоростей хода во льдах позволяет определить затраты мощности судна и ледокола с учетом характеристик ледовой ходкости каждого из них. Расчет скоростей движения во льдах по изложенной схеме имеет некоторую условность, поскольку математическая формализация динамических процессов сопровождается принятием ограничений и допущений. Часть из них, касающаяся эксплуатационных аспектов ледокола и судна при взаимодействии с внешней средой, представлена ниже:

- динамика изменения скоростей движения в течение навигационного периода прослеживается посредством последовательных дискретных реализаций, шаг которых принят равным одному месяцу;

- расчетным состоянием внешней среды является ледовая обстановка, складывающаяся на середину текущего временного отрезка;
- маршруты плавания судов разбиты на участки, характеризующиеся квазиоднородными ледовыми условиями;
- учет сложности ледового плавания осуществляется подготовкой массивов данных по ледовым условиям;
- караван состоит из одного ледокола и одного-двух судов;
- техническое состояние судна и ледокола позволяет им проявлять свои наилучшие эксплуатационные качества.

Оценка потребности в транспортном флоте и интенсивности арктического судоходства

Расчет потребности в судах (N) выполняется на определенный календарный период (год) исходя из провозной способности единицы флота каждого типа ($F_{i,j}$) и прогнозного объема перевозок на каждом расчетном направлении ($Q_{i,j}$).

$$N = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^k \frac{Q_{i,j}}{F_{i,j}} \quad (1)$$

Как уже было отмечено ранее, провозная способность флота во многом зависит от ледовой обстановки в районе его эксплуатации. На трассах СМП ледовая обстановка по периодам навигации имеет значительное различие.

В связи с тем, что в зимне-весенний период навигации на СМП скорости движения судов и ходовое время ниже, чем в летне-осенний период, суда смогут выполнить меньшее число круговых рейсов и имеют более низкую провозоспособность. При этом для соблюдения ритмичности перевозок и сохранения заданных объемов перевозки грузов в зимне-весенний период требуется большее число судов, чем в летне-осенний. Учитывая вышесказанное, требуемое число судов (F_{max}) принималось исходя из провозной способности судов по отправке в наиболее тяжелые зимние месяцы.

$$F_{max} = \max_{t \in [t_s; t_w]} (F_t), \quad (2)$$

где t_s – летне-осенний период, t_w – зимне-весенний период.

Избыток судов в летний период может использоваться для перевозки грузов на других направлениях, если таковые имеются. В случае отсутствия дополнительного потока грузоперевозок, для исключения простоев судов в летний период возможна эксплуатация их с меньшей скоростью хода, что позволит наладить ритмичность отправления судов и обеспечить значительную экономию расходов на топливо.

Расчет требуемого числа транспортных судов для вывоза сжиженного природного газа с арктических месторождений выполнен с учетом логистических схем доставки груза с перевалочными комплексами в Мурманске и Петропавловске-Камчатском.

Расчет интенсивности судоходства (I_p) для заданного района (региона) плавания выполняется с целью определения наиболее напряженных участков маршрутов СМП для обеспечения своевременного ледокольного обеспечения.

$$I_p = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^k \frac{Q_{i,j}}{D_i \times T_{i,j}}, \quad (3)$$

где $Q_{i,j}$ – объем перевозок грузов расчетным типом судна (i) на заданном направлении перевозок (j); D_i – загрузка расчетного типа судна; $T_{i,j}$ – эксплуатационный период работы расчетного типа судна на заданном направлении перевозок.

В качестве расчетных районов для оценки интенсивности судоходства приняты следующие морские географические объекты:

- западная часть Карского моря;
- Обская губа;
- Енисейский залив;
- пролив Вилькицкого;
- Восточно-Сибирское море.

Учитывая ограниченность ледокольного обеспечения и необходимость обеспечения круглогодичной навигации, в том числе в восточном направлении СМП, показатель интенсивности судоходства на трассах СМП может стать одним из главных индикаторов в оценке потребности ледокольного флота.

Результаты математического моделирования потребности в судах и интенсивности судоходства на период 2024–2030 гг. приведены на рис. 1 и 2.

Анализ потребности в судах для обеспечения заданного грузопотока



Рисунок 1. Расчетное число транспортных судов и интенсивность судоходства на различных участках СМП на 2024 г.
Источник: АО «ЦНИИМФ»



Рисунок 2. Расчетное число транспортных судов и интенсивность судоходства на различных участках СМП на 2030 г.
Источник: АО «ЦНИИМФ»

показал, что в период 2024–2030 гг. для транспортировки грузов потребуется от 84 до 154 судов с арктическими ледовыми усилениями.

Наибольшее число транспортных судов потребуется для вывоза грузов с арктических минерально-сырьевых проектов в западном направлении – от 52 до 74 судов. При сохранении планов по распределению грузопотоков по направлениям уже к 2030 г. может потребоваться до 56 судов для вывоза грузов в восточном направлении.

Для завоза грузов с целью обеспечения функционирования арктических минерально-сырьевых проектов в период с 2024–2030 гг. может потребоваться до 25 транспортных судов с ледовыми усилениями Arc4–Arc7.

Для обеспечения перевозок транзитных грузов по СМП потребуется до 11 контейнеровозов с ледовым классом Arc8 вместимостью около 6000 TEU.

Наибольшая интенсивность судоходства будет наблюдаться в Карском море. В зимний период к 2024 г. здесь может эксплуатироваться одновременно до 9 судов в сутки. К 2030 г. интенсивность судоходства может увеличиться до 12 судов в сутки в зимний период.

Если в западной части Карского моря суда ледовых классов Arc7–Arc8 даже в период зимне-весенней ледовой навигации могут осуществлять самостоятельное плавание, то в районах с высоким уровнем судоходства, таких как Обская губа и Енисейский залив, потребуется обязательное ледокольное обеспечение. В Обской губе интенсивность судоходства транспортных судов с ледовым классом составит до 6–7 судов в сутки, а в Енисейском заливе этот показатель достигнет 3–5 судов в сутки в зимний период.

При освоении восточного направления транспортировки грузов с арктических месторождений к 2030 г. заметно увеличивается количество транспортных судов, проходящих через пролив Велькицкого и восточные моря СМП. Интенсивность судоходства на них может достигнуть трех судов в сутки в зимний период.

На первый взгляд, цифры на уровне 3–4 судов в сутки не выглядят такими значительными, но с учетом расстояния и длительности ледокольной проводки, наличия ледокольного флота, они могут привести

к существенным простоям транспортного флота, а значит, финансовым потерям грузоотправителей и судовладельцев.

Оценка интенсивности судоходства на различных участках СМП с применением средств аналитического моделирования и теории систем массового обслуживания позволяет учесть особенности конфигурации рассматриваемой транспортной системы, например: расположение рассматриваемых портов отправления и назначения, технико-эксплуатационные показатели рассматриваемых типов судов. Полученные таким образом оценки интенсивности судоходства для различных участков СМП при достаточной степени доверия к выборке исходных данных будут валидны относительно статической модели исследуемой транспортной системы. Естественно, для анализа реальной транспортной системы с применением математических методов аналитического моделирования необходимо принять ряд допущений, которые зависят также от характера исходных данных:

- изменение состояний исследуемой системы происходит в дискретные моменты времени (месяц);
- интенсивности или интервалы между отправлениями транспортного флота из рассматриваемых портов рассчитаны по периодам (годам), в связи с чем не рассматривается изменение данных показателей внутри самих периодов;
- как следствие пп. 1–2 не рассматривается влияние стохастических факторов функционирования транспортной системы на изменение ее состояний.

В связи с вышеизложенным для увеличения детальности выполнения поставленной задачи перспективным считается построение логико-математического описания исследуемой транспортной системы, то есть разработка имитационной модели.

Использование имитационного моделирования в рамках анализа потребности в транспортном ледокольном флоте позволит учесть влияние основных формирующих факторов (ледовая обстановка, погодные условия, непостоянство грузопотоков) на показатели работы системы ледокольного обеспечения при выполнении определенных требований:

- полнота и достоверность информации – возможность построения логи-

ко-математического описания каждого объекта исследуемой системы, в том числе стохастических – генерация ледовых условий и ветро-волновых режимов;

- применение актуальных и верифицированных математических методов аналитического и имитационного моделирования;
- соответствие применяемого математического аппарата характеру исходных данных и требуемых выходных данных;
- наличие среды организации массовых вариационных экспериментов для формирования несмещенной состоятельной оценки показателей исследуемой системы под влиянием стохастических факторов.

Таким образом, применение математических методов имитационного моделирования при анализе исследуемой системы ледокольного обеспечения позволит повысить детализацию решения поставленной задачи, увеличив точность и надежность оценок потребности в транспортном и ледокольном флоте для работы на трассах СМП.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Распоряжение Правительства РФ от 06.10.2021 № 2816. Электронный ресурс: URL: <http://government.ru/docs/43451/>
2. Танкер-газовоз Кристоф де Маржерри прибыл в порт Сабетта, завершив уникальный круговой рейс по Севморпути // Neftegaz.RU. Электронный ресурс: URL: <https://neftgaz.ru/news/transport-and-storage/666910-tanker-gazovoz-kristof-de-marzheri-pribyl-v-port-sabetta-zavershiv-unikalnyy-krugovoy-reys-po-sevmor/>
3. Оценка потребности в транспортном ледокольном флоте для работы на трассах Северного морского пути с учетом перспективных грузопотоков: отчет о НИР (заключ.): 247–263 // АО «ЦНИИМФ»; рук. Буянов А.С. – СПб., 2020. – 281 с.
4. Правила плавания в акватории Северного морского пути. Утверждены постановлением Правительства РФ от 18.09.2020 г. № 1487.
5. НД No 2-020101-012. Правила классификационных освидетельствований судов в эксплуатации // Официальный сайт РС. Электронный ресурс: URL: <https://lk.rs-class.org/regbook/rules?ln=ru>