

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОГИСТИКИ СНАБЖЕНИЯ АРКТИЧЕСКИХ БУРОВЫХ ПЛАТФОРМ****А.А. Малыханов, В.Е. Черненко (Москва)****Введение**

Крупнейшая российская нефтегазовая компания планирует к 2042 году развернуть сеть из 7 нефтедобывающих платформ в Северном Ледовитом океане. Обеспечение работы арктических буровых платформ требует большого количества логистических операций [1]:

снабжение платформ специальными судами,  
вывоз отходов в контейнерах,  
транспортировка добытой нефти в порты.

Тяжелые погодные условия Северного Ледовитого океана увеличивают число возможных внеплановых ситуаций, которые влияют на стабильность функционирования логистической системы. При рассмотрении работы судов снабжения и танкеров важно учитывать множество ограничений и взаимных влияний.

На этапе стратегического планирования логистики снабжения платформ возникли следующие вопросы:

сколько судов снабжения приобретать или арендовать, и в какие моменты;  
обоснована ли аренда плавучего нефтехранилища для организации промежуточного пункта перевалки нефти;  
какова должна быть вместимость береговых баз снабжения.

Цена ошибки, допущенной на этапе планирования, очень высока: покупка лишнего судна снабжения повлечет многомиллионные расходы, в то время как, например, недостаток танкеров может привести к возникновению чрезвычайных ситуаций вплоть до разливов нефти.

Для поддержки принятия решения при стратегическом планировании логистики снабжения платформ до 2042 года была разработана агентная имитационная модель в среде моделирования AnyLogic. В статье рассматривается использование модели для определения требуемого количества морских судов и сравнения нескольких вариантов организации вывоза нефти.

**Расчет требуемого количества судов снабжения**

Первая задача, решенная с помощью имитационной модели (ИМ), – определение числа судов снабжения на каждой фазе развертывания сети буровых платформ. Суда снабжения выполняют две функции:

1. снабжение платформ материально-техническими ресурсами (МТР) с береговых баз;
2. вывоз контейнеров с отходами с платформ для последующей утилизации и доставка пустых контейнеров на платформы.

При моделировании судов снабжения необходимо учитывать ограничения и взаимное влияние моделируемых процессов [2]. Так, на каждом судне снабжения есть несколько различных зон хранения, каждая из которых имеет свою вместимость по весу и объему. Кроме того, общая загрузка судна не должна превышать его грузоподъемности.

Контейнеры для отходов перевозятся в том же пространстве, что и доставляемые на платформу МТР. У платформы одновременно может разгружаться лишь одно судно, поэтому в модели нужно рассматривать очереди судов снабжения у платформ. В определенных ситуациях судно должно оставаться у платформы и после окончания разгрузки, ожидая заполнения контейнеров отходами.

Для моделирования всех аспектов работы судов снабжения был специально разработан алгоритм их диспетчеризации. Этот алгоритм выполняется после окончания каждого рейса судна и планирует его следующий рейс. При планировании сначала выбирается платформа, к которой будет отправлено судно, затем определяется количество отправляемых к платформе МТР и контейнеров. Алгоритм пытается отдалить время наступления дефицита МТР или переполнения контейнеров для отходов на платформах. Каждому МТР и типу отходов сопоставлен коэффициент штрафа за день дефицита МТР или переполнения отходов соответственно.

Результаты имитационных экспериментов показали, что в период с 2029 по 2040 год для снабжения платформ будет достаточно 17 судов, даже с учетом возможных перебоев в работе судов и портов из-за погодных условий, в то время как аналитический расчет показал потребность в 19 судах.

Также было определено, что для преодоления первых пиков объемов транспортировок в 2021 – 2022 годах достаточно 15 арендованных судов, работающих только в летний период (с мая по октябрь). На рис. 1 показаны результаты расчета требуемого количества судов снабжения для обеспечения уровня сервиса 99.5%. Уровень сервиса 99.5% означает, что 99.5% всех МТР доставлены на платформы вовремя и такая же доля отходов вовремя вывезена.

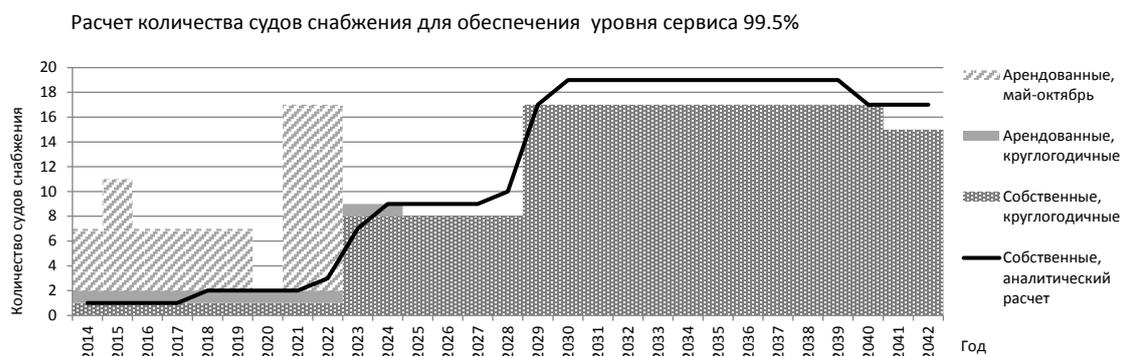


Рис 1. Результаты расчета количества судов снабжения

### Сравнение вариантов вывоза нефти

Для вывоза нефти от платформ в порты используются танкеры. С помощью имитационной модели оценивались три варианта организации вывоза нефти:

- Аренда плавучего нефтехранилища (ПНХ) и использование его в качестве пункта перевалки нефти. Использование супертанкеров вместимостью 300 тысяч тонн на участке от ПНХ до порта и обычных танкеров вместимостью 70 тысяч тонн на участке от платформ до ПНХ.
- Использование плавучего нефтехранилища и только танкеров объемом 70 тысяч тонн. При этом появляются дополнительные возможности для оперативного

перенаправления танкеров между плечами «платформы – ПНХ» и «ПНХ – порт».

- Использование прямых перевозок от платформ в порт танкерами вместимостью 70 тысяч тонн без аренды ПНХ.

С помощью моделирования исследовалась зависимость удельной стоимости транспортировки тонны нефти от предполагаемых объемов транспортировки. Прогноз мощности пластов подводных месторождений допускает отклонение до 50%, поэтому важно рассчитать условную стоимость доставки нефти для всех возможных значений объемов транспортировки в диапазоне от +50% до -50% от прогноза. Сценарный анализ с помощью ИМ показал, что третий вариант организации вывоза нефти дешевле только в случае, если объем транспортировки нефти будет составлять не более 90% от базового прогноза грузопотоков. Во всех остальных случаях первый вариант предпочтительнее и обеспечивает от 17% до 33% меньшую удельную стоимость транспортировки нефти по сравнению с вариантом 3 (рис. 2).

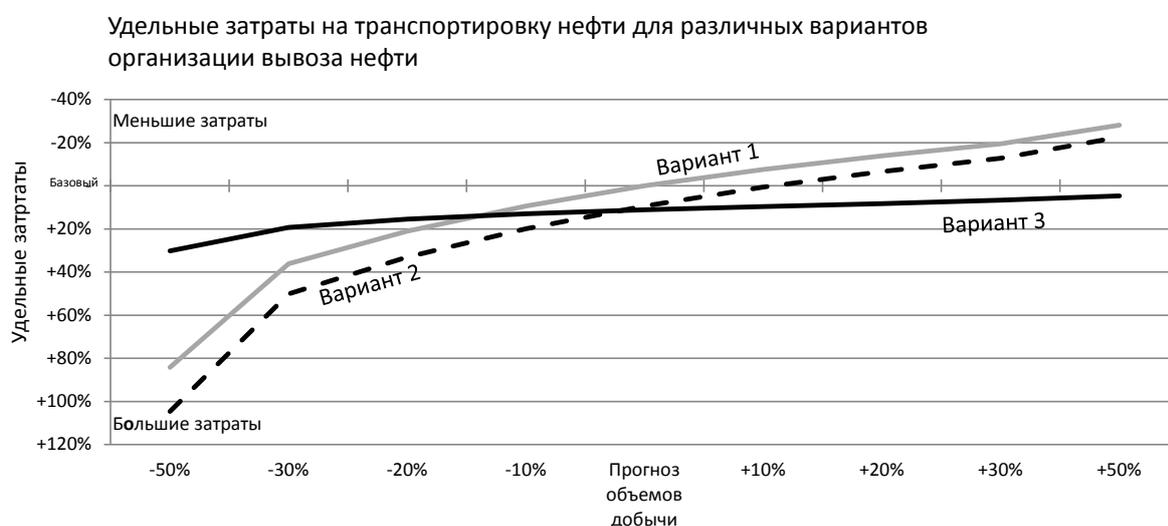


Рис. 2. Результат сравнения вариантов организации вывоза нефти

### Выводы

Имитационная модель позволяет воспроизвести все существенные аспекты функционирования логистической системы снабжения арктических буровых платформ и вывоза готовой продукции. Модель также позволяет исследовать влияние погодных факторов на логистическую систему с помощью экспериментов Монте-Карло. Кроме того, разработанная модель имеет интерактивную анимацию, которая использовалась для дополнительной проверки корректности логики и визуализации результатов моделирования. Технически модель представляет собой приложение, полностью параметризуемое из входного файла в формате MS Excel. Таким образом, созданная модель может использоваться специалистами заказчика, независимо от разработчиков для решения задач, возникающих в процессе планирования проекта развития шельфовой добычи нефти.

**Литература**

1. Писклов Станислав Александрович, Пичугин Дмитрий Алексеевич. Формирование флота, обслуживающего морские буровые установки на северном каспии // Вестник АГТУ. Серия: Морская техника и технология . 2009. № 2
2. Bjørnar Aas, Øyvind Halskau Sr. and Stein W. Wallace. The role of supply vessels in offshore logistics // Molde University College, The Norwegian School of Logistics, PO Box 2110, NO -6402, Molde, Norway