



Седьмая международная научно-практическая конференция  
«Имитационное и комплексное моделирование морской  
техники и морских транспортных систем»  
(ИКМ МТМТС-2023)

## СТАНДАРТНЫЕ КОМПОНЕНТЫ И РАСШИРЕНИЯ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПОРТОВЫХ ОПЕРАЦИЙ В ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЯХ МОРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Топаж А.Г., Таровик О.В., Егоров С.В.  
*ООО «Бюро Гиперборея»*



22 июня 2023, Кронштадт



- Динамика природных условий в области функционирования транспортной системы
  - **Динамика грузопотоков**
  - Переходы судов в морских акваториях
  - **Управление работой транспортного флота и флота обеспечения**
  - **Грузовые и вспомогательные операции судов в портах отправления и назначения**
-



# Порт отгрузки. Буферное хранилище

## Проблема

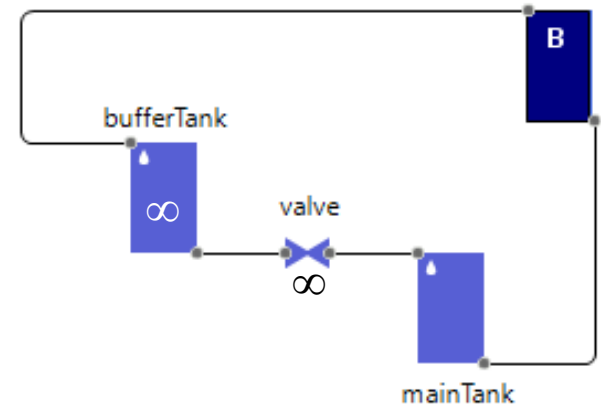
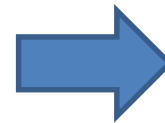
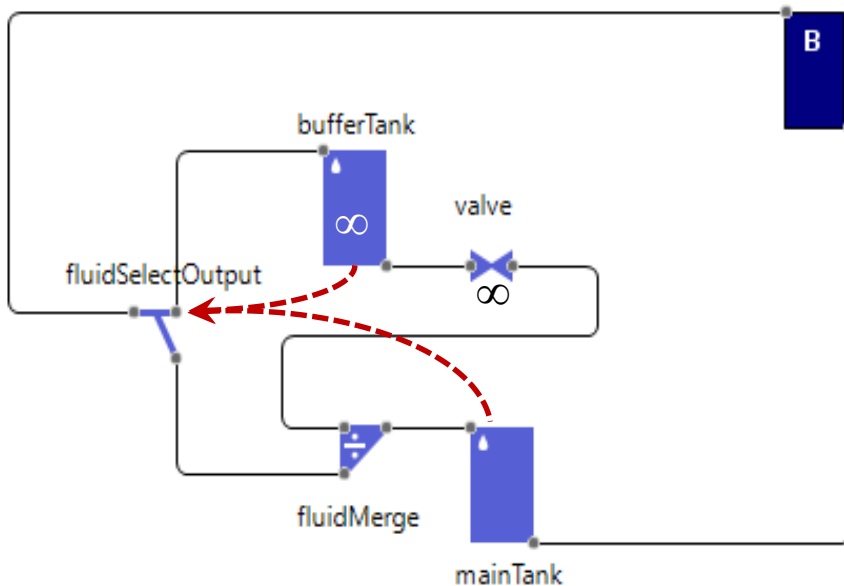
- Ёмкость проектного портового хранилища жидкого или насыпного груза может быть точно не задана
- Темпы производства груза predeterminedены и неизменны
- Стандартный компонент «Хранилище» не может принять в себя дополнительный груз будучи заполненным

## Решения

1) *Хранилище бесконечного объёма*

2) *«Сложное» двухкомпонентное буферное хранилище*

3) *«Простое» двухкомпонентное буферное хранилище*



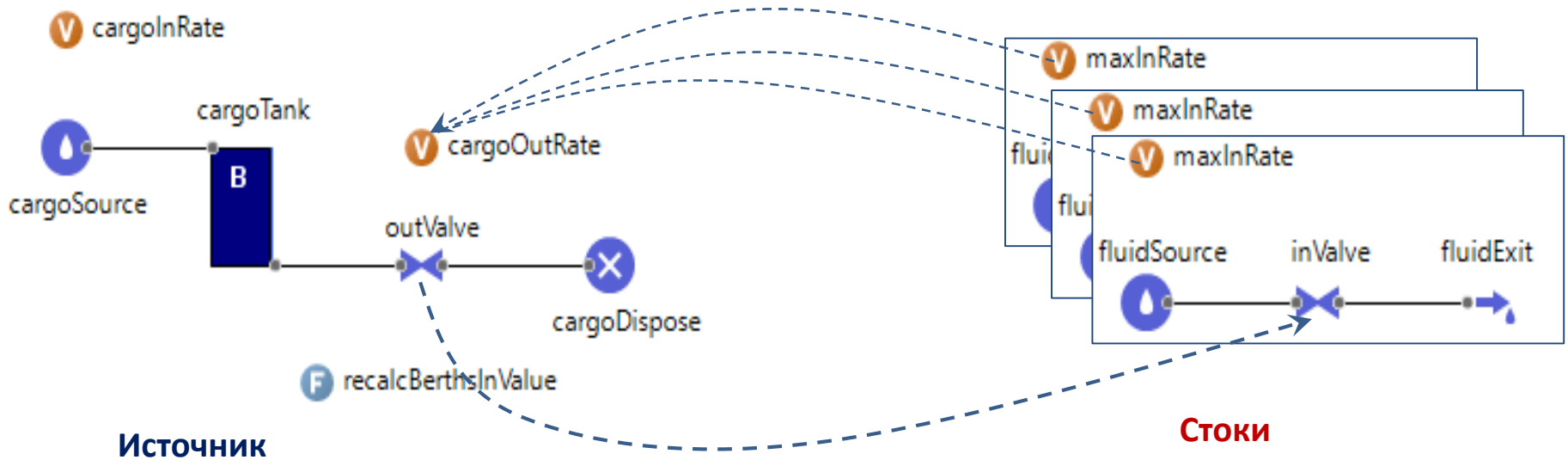


# Порт отгрузки. Хранилище с произвольным числом стоков

## Проблема

- Число одновременно подключенных к хранилищу стоковых компонентов может быть произвольным
- Каждый стоковый компонент характеризуется своей потенциальной интенсивностью стока
- Реальная интенсивность стоков для пустого хранилища ограничена текущей интенсивностью его пополнения

## Решение



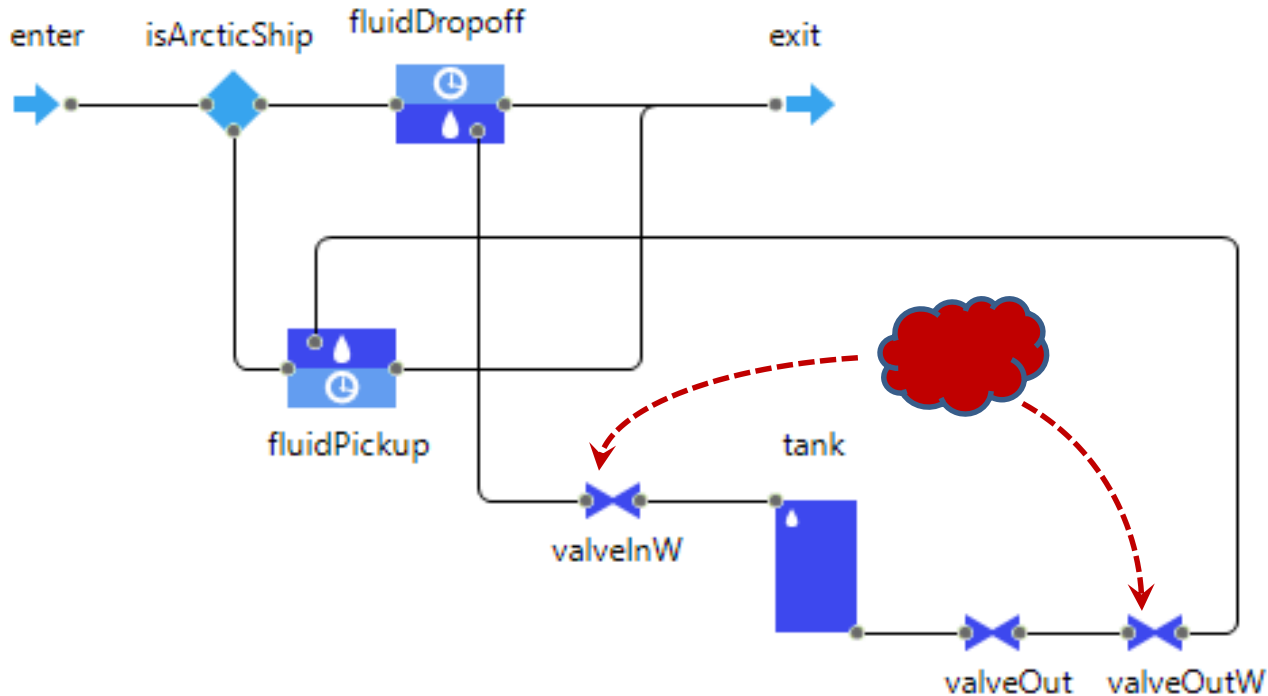


# Порт перевалки. Хранилище перевалочного комплекса

## Проблема

- Хранилище может одновременно работать и со стоковым и с источником агентами (арктический танкер-челнок или судно-фидер)
- Реальные интенсивности пополнения-опустошения определяются потенциальными скоростями обработки судов, а также текущим состоянием хранилища по степени его наполнения и/или интенсивности одновременной альтернативной операции
- Процесс погрузки и выгрузки может прерываться из за погодных ограничений

## Решение





## Проблема

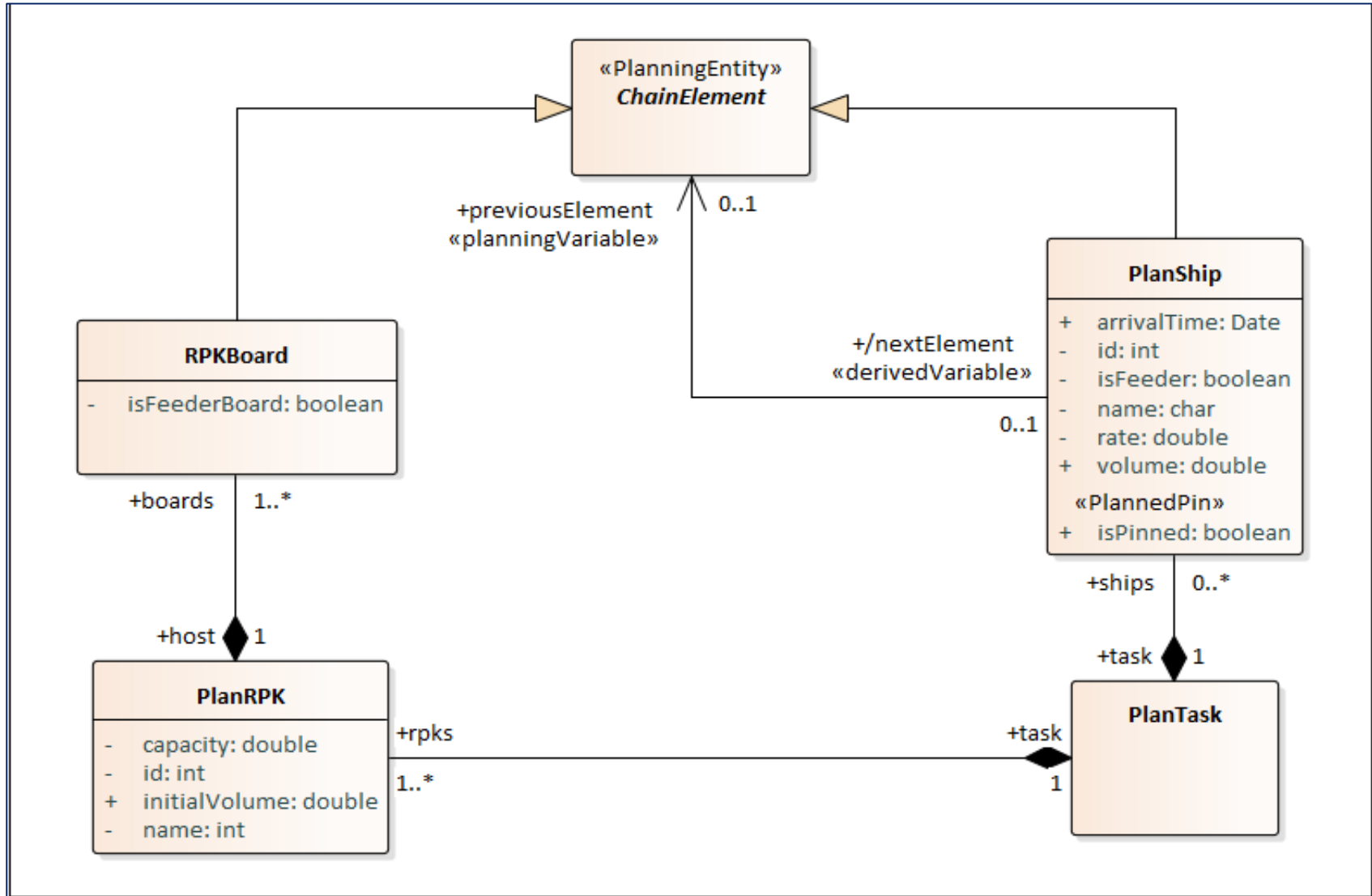
- Перевалочный порт может содержать несколько перевалочных комплексов
- В ходе исполнения модели возникает задача выбрать для очередного приходящего судна оптимальный перевалочный комплекс среди нескольких, формально свободных и подходящих в настоящий момент модельного времени
- Эта задача (т.е. выбор наиболее подходящего ресурса с использованием неких встроенных алгоритмов интеллектуальной диспетчеризации) должна решаться непосредственно в логике имитационной модели

## Решение

1. Случайный выбор перевалочного комплекса (встроенная логика назначения свободного ресурса в процессной диаграмме дискретно-событийной модели)
2. Ситуативный «жадный» алгоритм назначения ПК очередной пришедшей заявке (арктическому челноку или судну-фидеру)
3. Решение задачи комбинаторной оптимизации планирования одновременно для нескольких заявок, попадающих в горизонт оперативного планирования, с постоянным итеративным перепланированием в ходе прогона имитационной модели



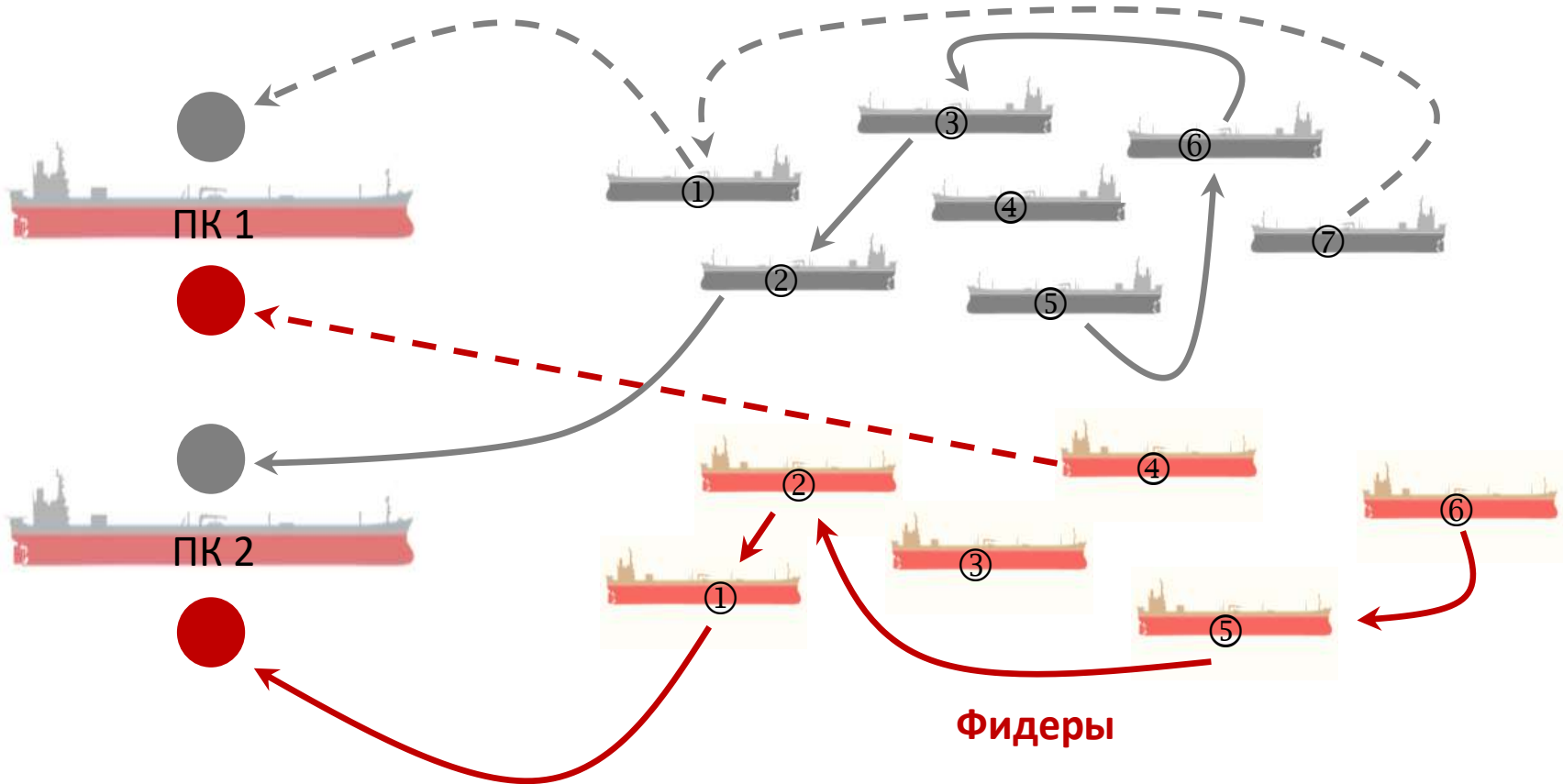
# Оперативное планирование процесса перевалки. Использование внешнего движка комбинаторной оптимизации OptaPlanner





# Оперативное планирование процесса перевалки. Аналогия с классической транспортной задачей

## Арктические челноки







# Оперативное планирование процесса перевалки. Сравнение подходов на тестовом примере

Число ППК	Метод	Показатели эффективности транспортной системы					
		Объем вывоза СПГ (млн. т. в год)	Число судозаходов в порт	Время судна в порту (ч)			
				Среднее	Мин.	Макс.	Ст. Откл.
1	ОП	21.8	494	112.8	24	450	69
	СА	22.2	501	109.5	24	878	84
	СН	21.9	493	112.2	24	639.2	75
2	ОП	27.4	620	49.1	24	449	47
	СА	28.3	638	43	24	434	40
	СН	27	612	50.7	24	381	49
3	ОП	27.9	633	44.9	24	248	32
	СА	28.6	645	39.2	24	218	26
	СН	26.7	601	50.6	24	3617	155
5	ОП	29	650	37	24	328	30
	СА	28.7	643	37	24	457	38
	СН	25.2	566	61.7	24	4838	284
10	ОП	30.1	671	30	24	244	15
	СА	29.2	654	31.7	24	578	41
	СН	23.8	530	75	24	5435	321

**Средние показатели эффективности для метода оптимального планирования увеличиваются не сильно. Но при применении квазиоптимального плана всегда повышается устойчивость и стабильность процесса перевалки, так как и максимальное время задержки судна в порту и разброс соответствующего распределения всегда оказываются существенно меньше, чем для альтернативных вариантов.**



- Модель транспортного снабжения разведывательного бурения газоконденсатных месторождений в Обско-тазовской губе
  - Модель перспективного развития Мурманского балкерного терминала
  - Имитационная модель транспортно-технологической системы вывоза нефти и сжиженного природного газа с морского терминала «Порт бухта Север»
  - Модель транспортно-технологической системы вывоза нефти и поставки грузов обеспечения МЛСП «Приразломная»
-



---

**Спасибо за  
внимание!**