

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

На правах рукописи

Муравьев Дмитрий Сергеевич

**ВЫБОР И РАСЧЁТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ
СИСТЕМЫ «МОРСКОЙ ПОРТ – «СУХОЙ» ПОРТ»**

Специальность 05.22.01 –Транспортные и транспортно-технологические системы
страны, ее регионов и городов, организация производства на
транспорте (технические науки)

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
доцент Рахмангулов А.Н.

Магнитогорск – 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ МОРСКИХ ПОРТОВ	9
1.1 Анализ развития международных транспортных коридоров и роль морских портов как их элементов	9
1.2 Анализ транспортного обслуживания морских портов и проблемы их развития	18
1.3 Обзор теоретических исследований в области применения «сухих» портов	29
1.4 Отечественный и зарубежный опыт создания «сухих» портов как способа усиления перерабатывающей способности и повышения эффективности морских портов.....	36
Выводы к главе 1	43
2 СИСТЕМА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ «СУХИХ» ПОРТОВ	46
2.1 Исследование факторов, влияющих на функционирование «сухих» портов	46
2.2 Анализ связей между параметрами «сухого» порта	55
2.3 Исследование взаимосвязей и систематизация основных параметров «сухого» порта.....	62
2.4 Математическая модель системы основных параметров «сухого» порта.....	77
Выводы к главе 2	84
3 ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ «МОРСКОЙ ПОРТ – «СУХОЙ» ПОРТ»	86
3.1 Выбор методов моделирования систем транспортного обслуживания морских портов.....	86
3.2 Агентная системно-динамическая имитационная модель основных параметров «сухого» порта	92
3.3 Агентная дискретно-событийная имитационная модель системы «морской порт –«сухой» порт»	110
3.4 Закономерности функционирования системы «морской порт – «сухой» порт»	119
3.5 Оптимизация основных параметров «сухого» порта	130
Выводы к главе 3	134
4 МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ «СУХОГО ПОРТА»	137
4.1 Разработка методики формирования системы «морской порт – «сухой» порт»	137
4.2 Апробация разработанной методики формирования системы «морской порт – «сухой» порт»	143
4.3 Оценка экономической эффективности разработанной методики формирования системы «морской порт – «сухой» порт».....	163
Выводы к главе 4	178
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	180

ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ	184
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	188
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	207
Статистические данные об интенсивности грузопотокови потоков транспортных средств	207
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	234
Статистические данные об функциональных зависимостях между основными параметрами «сухого» порта.....	234
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	240
Результаты экспериментов на построенной системно-динамической имитационной модели.....	240
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	244
Акты внедрения разработанной методики формирования системы «морской порт – «сухой» порт»	244

ВВЕДЕНИЕ

Увеличение портовых мощностей и обеспечение эффективного развития портовой инфраструктуры, создание условий, повышающих конкурентоспособность отечественных морских портов, являются одними из основных задач Стратегии развития морской портовой инфраструктуры России на период до 2030 года.

Следствием продолжающегося процесса глобализации экономики и увеличения товарообмена между странами стал рост объёмов внешнеторговых перевозок Российской Федерации. Этому способствует увеличение перевалочных мощностей российских портов, которое, по итогам 2017 года, составило 989 млн тонн в год, что в полтора раза больше, чем в 2007 году. В соответствии со Стратегией развития морской портовой инфраструктуры России до 2030, суммарная перевалочная мощность морских портов должна вырасти до 1400,7 млн тонн (базовый вариант) или до 1659,3 млн тонн (экспертный вариант).

Однако такая динамика перевалочных мощностей российских морских портов не соответствует растущим потребностям страны в перевозках экспортных и импортных грузов. Одним из наиболее существенных факторов, оказывающих негативное влияние на эффективность внешнеторговых перевозок, является неравномерное развитие транспортной инфраструктуры в регионах.

Вторым важнейшим фактором недостаточной эффективности внешнеторговых перевозок является значительное снижение качества (своевременности) грузовых железнодорожных перевозок, произошедшее вследствие появления на рынке множества собственников вагонов и не скоординированности их действий по управлению вагонопотоками. В результате увеличения неравномерности внешних вагонопотоков морских портов наблюдаются скопления вагонов на припортовых станциях более 100 единиц ежесуточно, образование сверхнормативных запасов грузов в портах (увеличение среднего периода времени простоя контейнеров в морских портах Российской Федерации с 5 до 7 дней, простои судов в ожидании накопления судовой партии, нерациональное использование перегрузочных мощностей морских портов).

Несмотря на ежегодный прирост грузооборота крупнейших морских портов Российской Федерации, их возможности по дальнейшему наращиванию объёмов перевозок в условиях высокой неравномерности внешних грузопотоков и потоков транспортных средств оказываются практически исчерпанными. Основным ограничением увеличения вместимости морских портов является их расположение в границах населённых пунктов и, как следствие, отсутствие перспектив расширения территории портов.

Современным способом увеличения пропускной и перерабатывающей способностей морских портов в условиях территориальных ограничений, а также эффективным инструментом снижения неравномерности внутренних грузопотоков порта является создание припортового грузового терминала – «сухого» порта. Опыт строительства «сухих» портов показывает возможность увеличения перерабатывающей способности морских портов с минимальными затратами на реконструкцию.

Основной задачей при проектировании «сухого» порта, когда принимаются принципиальные инвестиционные решения, исправить которые в дальнейшем бывает затруднительно, является определение значений основных параметров «сухого» порта, оптимальных по критерию минимума суммарных затрат.

Целью диссертационного исследования является разработка методики формирования системы «морской порт – «сухой» порт» на основе предложенной системы основных параметров «сухих» портов, которую целесообразно использовать для обоснования инвестиционных решений по сбалансированному развитию транспортно-логистической инфраструктуры регионов размещения морских портов.

Идея диссертационного исследования заключается в том, что эффективное функционирование «сухих» портов обеспечивается сбалансированностью значений его основных параметров, определяемых на этапе стратегического планирования с использованием комплекса аналитико-имитационных моделей.

Объект исследования – система «морской порт – «сухой» порт».

Предмет исследования – система параметров «сухих» портов.

Реализация целей исследования включает решение следующих задач:

1. Выполнить анализ состояния и тенденций развития морских портов как элементов мировой системы товародвижения; исследование теоретического и практического опыта создания «сухих» портов в России и за рубежом.

2. Выполнить выбор и обоснование основных параметров припортовых терминалов; разработать систему основных параметров «сухого» порта, основанную на исследовании функциональных взаимосвязей между этими параметрами.

3. Разработать математическую модель системы основных параметров «сухого» порта.

4. Построить агентную системно-динамическую имитационную модель основных параметров «сухого» порта.

5. Построить агентную дискретно-событийную модель функционирования системы «морской порт – «сухой» порт».

6. Разработать методику формирования системы «морской порт – «сухой» порт».

Научную новизну исследования составляет следующее:

1. Предложено новое понятие «система «морской порт – «сухой» порт»».
2. Обоснована система основных параметров «сухих» портов, характеризующаяся ограниченным числом параметров для оценки эффективности функционирования системы «морской порт – «сухой» порт».
3. Разработан комплекс комбинированных аналитико-имитационных моделей оптимизации основных параметров «сухого» порта и функционирования системы «морской порт – «сухой» порт». Комплекс моделей позволяет определять сбалансированные значения параметров, при которых достигается эффективное функционирование системы.
4. Предложена методика формирования системы «морской порт – «сухой» порт», использование которой руководителями и проектировщиками позволит определять оптимальные значения основных параметров «сухого» порта на разных этапах планирования и управления с целью снижения суммарных затрат на строительство и функционирование системы «морской порт – «сухой» порт».

Теоретическая значимость исследования заключается в обосновании системы основных параметров припортовых терминалов, определяющих эффективность их функционирования, и разработке комплекса моделей формирования и развития систем «морской порт – «сухой» порт».

Практическая значимость диссертации состоит в разработке и апробации алгоритмов, комплекса моделей и методики, позволяющих: определять значения основных параметров «сухого» порта, при которых обеспечивается устойчивое и эффективное функционирование системы «морской порт – «сухой» порт»; производить экспресс-оценку эффективности инвестиций в создание «сухого» порта; сокращать капитальные затраты на строительство «сухого» порта и эксплуатационные затраты на функционирование системы «морской порт – «сухой» порт»; улучшать эксплуатационные показатели системы «морской порт – «сухой» порт»: увеличивать грузооборот, снижать неравномерность грузопотоков, сокращать время простоя транспортных средств, повышать показатели экологичности.

Методологической основой исследования являются теории вероятностей, математической статистики, математическое моделирование, имитационное моделирование: системная динамика, дискретно-событийное моделирование, агентное моделирование.

Методической основой исследования являются труды отечественных учёных в области логистики, развития транспортных систем, логистических центров, грузовых терминалов, а также в области имитационного моделирования: А.С. Балалаева, В.В. Багиновой, В.Д. Геррами, В. В. Дыбской, П.А. Козлова А.Л. Кузнецова, Е.К. Коровяковского, В.С. Лукинского, О.Б. Маликова, Л.Б. Миротина, Ю.Н. Пановой, А.М. Поспелова, И.А. Русинова, А.А. Смехова, М.И. Шмулевичаи других, а также зарубежными, рассматривающими аспекты развития «сухих»

портов в Европе, Азии, Северной Америке, Южной Африке, Австралии: А. Бересфорд (A. Beresford), Р. Бергквист (R. Bergqvist), Й. Воксениус (J. Woxenius), В. Росо (V. Roso), Г. Гуджар (G. Gujar), Т. Ноттебум (T. Notteboom), С. Петтит (S. Pettit), Д.-П. Родриге (J.-P. Rodrigue), Б. Слэк (B. Slack).

Положения, выносимые на защиту:

1. Система «морской порт – «сухой» порт» как способ увеличения пропускной и перерабатывающей способностей морских портов.

2. Система основных параметров «сухих» портов, использование которой позволит оценивать эффективность функционирования системы «морской порт – «сухой» порт».

3. Математическая модель системы основных параметров «сухого» порта.

3. Комбинированная аналитико-имитационная модель системной динамики основных параметров «сухих» портов, основанная на использовании агентного подхода и позволяющая прогнозировать развитие системы «морской порт – «сухой» порт».

4. Комбинированная имитационная модель функционирования системы «морской порт – «сухой» порт», позволяющая осуществлять корректировку технологических работ системы и оценку экономических показателей её эффективности функционирования.

5. Методика формирования системы «морской порт – «сухой» порт», позволяющая обосновывать решения по сбалансированному развитию транспортно-логистической инфраструктуры территорий, прилегающих к морским портам.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются корректным применением признанных и апробированных теорий и научных методов исследований, а также апробацией результатов работы на конференциях, публикацией работ в открытой печати; сходимостью результатов моделирования системы «морской порт – «сухой» порт» и данных натурных наблюдений; использованием при построении моделей реальных данных по «сухому» порту (г. Иву, КНР) и морским портам «NBCT Ningbo Beilun Container Terminal» (г. Нинбо, КНР), «Evuaport» (г. Корфез, Турция).

Реализация результатов исследования. Результаты работы использованы при определении и обосновании вариантов повышения перерабатывающей способности морских портов «Evuaport» (г. Корфез, Турция), «NBCT Ningbo Beilun Container Terminal» (г. Нинбо, КНР), а также применяются в учебном процессе ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет» при выполнении выпускных квалификационных работ и курсовых проектов по направлениям подготовки «Технология транспортных процессов», «Менеджмент» (профиль «Логистика»), а также по специальности «Эксплуатация железных дорог».

Апробация работы. Основные положения и научные результаты работы докладывались и обсуждались на конференциях и семинарах: Межрегиональная научно-техническая

конференция ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова» (г. Магнитогорск, 2012-2014); Международная научно-практическая конференция «Логистика и экономика ресурсосбережения и энергосбережения в промышленности» (г. Саратов, 2012); V Международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы развития Евроазиатских транспортных систем» (г. Челябинск, 2013); Всероссийская научно-практическая конференция «Транспорт Урала» (г. Екатеринбург, 2013); XXI Международная научно-техническая конференция «Морская конференция и выставка» (г. Стамбул, Турция, 2014); Международная научно-практическая конференция «Транспортные проблемы провинции Хейлунцзянь» (г. Харбин, КНР, 2014); Международная научно-техническая конференция «Проблемы инфраструктуры транспортного комплекса» (г. Санкт-Петербург, 2015); Семинар по результатам диссертационного исследования «Выбор и расчёт основных параметров «сухого» порта» (г. Гетеборг, Швеция, 2015); VIII Международная конференция «Transport Problems» (г. Катовице, Польша, 2016); Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы развития транспортной инфраструктуры» (г. Санкт-Петербург, 2016); IX Международная конференция «Transport Problems» (г. Катовице, Польша, 2017); Семинар по результатам диссертационного исследования «Системная динамика основных параметров «сухого» порта» (г. Шанхай, КНР, 2018); 9th IFAC Conference on Manufacturing Modeling, Management and Control, MIM 2019 (г. Берлин, Германия, 2019).

Диссертационная работа выполнена при поддержке: стипендии Президента Российской Федерации для обучения за рубежом в 2014/15 учебном году среди обучающихся по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры и программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре в государственных образовательных организациях высшего образования и научных организациях по очной форме обучения за счёт бюджетных ассигнований федерального бюджета (приказ № 5995 от 28 мая 2014 года Министерства Образования и Науки Российской Федерации); стипендии Президента Российской Федерации для обучения за рубежом в 2014/15 учебном году среди студентов и аспирантов, обучающихся в образовательных организациях высшего образования по образовательным программам высшего образования по очной форме обучения за счёт бюджетных ассигнований федерального бюджета (приказ № 558 от 3 июня 2015 года Министерства Образования и Науки Российской Федерации); гранта «Глобальное Образование» - государственной программы финансирования обучения за границей для граждан России, поступивших в один из ведущих зарубежных университетов (номер протокола Наблюдательного Совета ОВ-23/05пр от 25.07.2017).

1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ МОРСКИХ ПОРТОВ

1.1 Анализ развития международных транспортных коридоров и роль морских портов как их элементов

В течение последних десятилетий основными экспортёрами и импортёрами на мировом рынке являются Германия, США и Китайская Народная Республика (КНР) [211]. По данным International Trade Statistics, общий объем экспорта в 2016 г. составил 15862 млрд. долл. США, из них приходится на Германию – 8,45%, Соединённые Штаты Америки – 9,16%, Китайскую Народную Республику – 13,2%, причём последняя с 2005-2016 гг. увеличила объем экспортных поставок в 2,75 раза и в настоящее время является лидером [219].

На сегодняшний день наиболее быстрые темпы роста торгово-экономических связей наблюдаются между КНР и странами Европы. Импорт Евросоюза в 2016 г. составил 5218,6 млрд. долл. США, что составляет треть от общего объёма мирового импортного рынка [219]. При этом объем экспорта Китая в страны Евросоюза увеличился с 2005 г. в два раза и равен 452,891 млрд. долл. США, что составило около 8,7% от общего объёма импортного рынка Евросоюза за 2016 г [219]. Для сравнения, объем экспорта из США, как одного из главных торговых партнёров Евросоюза, увеличился за рассматриваемый период только на 35% и составил 302,673 млрд. долл. США.

В условиях увеличивающегося внешнеторгового оборота между странами Европы и Азии ключевым направлением становится развитие международных транспортных коридоров и обеспечение соответствующей инфраструктуры для обслуживания грузопотока направления Восток-Запад [211]. Международные транспортные коридоры являются основными элементами мировой транспортной системы [80]. Они соединяют между собой два или более граничащих государства и могут проходить через несколько транзитных государств, в частности, для обеспечения морской торговли странам, не имеющим выхода к морю [10].

Использование транспортных коридоров при организации международных перевозок позволяет [10]:

- объединять приоритеты и проекты развития транспортной и экономической инфраструктуры, видов транспорта, территорий;
- снижать затраты, связанные напрямую или косвенно с транспортировкой, за счёт концентрации грузопотоков, сокращения необходимого землеотвода и др.;

- развивать интермодальные перевозки, обеспечивая взаимодействие различных видов транспорта в узловых пунктах транспортных коридоров;
- минимизировать экологическую загрязнённость за счёт размещения в одной полосе коммуникаций разных видов транспорта;
- обеспечить чёткую систему приоритетов для отбора инфраструктурных проектов.

В настоящее время к основным действующим международным транспортным коридорам, обеспечивающим международную торговлю направления Восток-Запад, относят [211]:

1) водные маршруты:

- Южный морской путь вокруг Африки;
- Южный морской путь через Суэцкий канал;
- Арктический морской маршрут, включающий в себя Северный морской путь;

2) наземные транспортные коридоры:

- Транссибирская магистраль: Европа (Общеввропейские транспортные коридоры II, III и IX) – Российская Федерация – Корейский полуостров – Япония, с двумя ответвлениями из Российской Федерации: в Казахстан – Китай и Монголию – Китай;
- ТРАСЕКА: Восточная Европа (Общеввропейские транспортные коридоры IV, VII, VIII и IX) – через Черное море – Кавказ – через Каспийское море – Центральная Азия;
- Южный: Юго-Восточная Европа (Общеввропейский транспортный коридор IV) – Турция – Исламская Республика Иран, с двумя ответвлениями: в Центральную Азию – Китай и Южную Азию – Юго-Восточную Азию/Южный Китай;
- Север-Юг: Северная Европа (Общеввропейский транспортный коридор IX) – Российская Федерация, с двумя ответвлениями: Кавказ – Персидский залив и Центральная Азия – Персидский залив [128].

Основным транспортным коридором по объёмам перевозимых грузопотоков между Азией и Европой в настоящее время является Южный морской путь, проходящий через Суэцкий канал, а удельный вес морского транспорта в общем объёме грузоперевозок между Азией и Европой составляет более 95% [183].

Основным преимуществом данного маршрута является низкая себестоимость перевозок и относительно большая пропускная способность. Однако наблюдается ряд недостатков, таких как высокие показатели загрузки портов в условиях увеличенного объёма перевозок, недостаточная пропускная способность Суэцкого канала, высокие сборы за пропуск грузовых судов по данному каналу. Все это приводит к значительным простоям, увеличению затрат на обработку грузопотоков в портах и времени на доставку грузов до потребителей (30-45 суток), что, в свою очередь, снижает привлекательность морских портов, являющихся элементами Южного морского пути. Наиболее остро проблема сокращения срока доставки из стран Азии морским

транспортом стоит перед Российской Федерацией, для которой этот показатель достигает 60-80 суток [75].

В существующих условиях увеличения товарооборота между странами Азии и Европы, а также роста издержек при доставке грузов морским транспортом, возникает необходимость поиска путей снижения времени и себестоимости перевозки, а также повышения их экологичности [184]. Выходом из сложившейся ситуации является перевозка грузов по сухопутным транспортным коридорам Европа – Азия с меньшими сроками доставки [211].

В настоящее время перспективным направлением развития наземных транспортных связей между Европой и Азией является реализация проекта «Экономический пояс Шёлкового пути» в рамках инициативы «Один пояс – Один путь» («One Belt – One Road», OBOR) [211]. Основной целью OBOR является ускорение товарооборота между Китаем и странами Европы в результате создания новых транспортных коридоров, альтернативных транспортному сообщению через Суэцкий канал [184].

Концепция OBOR включает в себя два основных проекта:

- проект «Морской шёлковый путь XXI века», проходящий через Южно-Китайское море и Индийский Океан от восточного побережья Китая до Европы. Основной задачей проекта является создание эффективной сети транспортных маршрутов между крупнейшими портами различных стран, а также развитие экономического коридора через Индийский океан, который будет соединять Китай с Южной Азией, Ближним Востоком и Средиземным морем;
- проект «Экономический пояс Шёлкового пути» – сухопутный маршрут, который будет связывать Китай с Восточной и Западной Европой через Центральную и Юго-Западную Азию. Планируется строительство «Евразийского сухопутного моста», который представляет собой глобальную логистическую цепь от восточной части Китая до Западной Европы (до г. Роттердам, Голландия).

Объем транзитных и мультимодальных перевозок в результате реализации инициативы OBOR по оценке экспертов к 2020 году составит порядка 2000 тысяч TEU в год [218; 169], рисунок 1.1.

Обеспечение растущих потребностей в перевозках в рамках инициативы OBOR требует наличия развитой железнодорожной сети. В рамках проекта «Экономический пояс Шёлкового пути» предполагается строительство трёх железнодорожных транспортных коридоров, рисунок 1.2: северного (Китай – Центральная Азия – Россия – Европа – Балтийское море), центрального (Китай – Центральная и Западная Азия – Персидский залив и Средиземное море) и южного (Китай – Юго-Восточная и Южная Азия – Индийский океан) [184]. Одной из стран-организаторов инициативы OBOR и проекта «Экономический пояс Шёлкового пути» является

РФ, обладающая большим транзитным потенциалом [54]. Россия имеет выгодное географическое положение для продвижения грузопотоков направления Восток-Запад, которое постепенно начинает реализовываться.

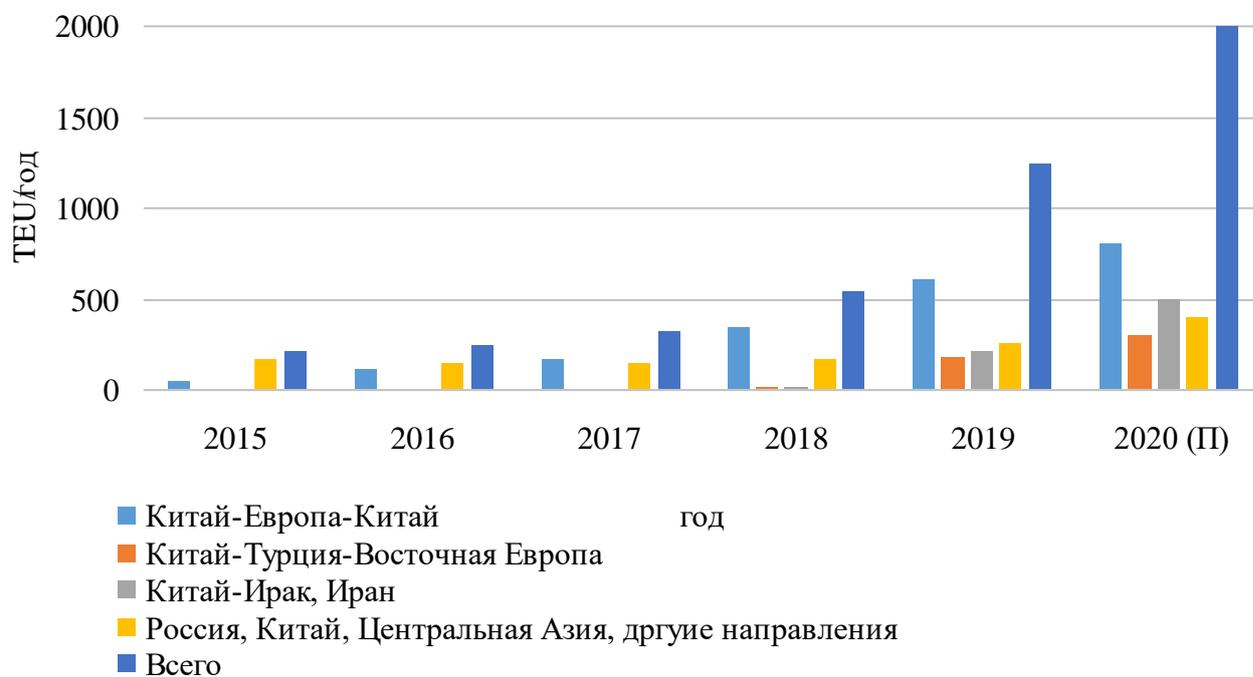


Рисунок 1.1 – Прогноз увеличения транзитных и мультимодальных перевозок между Китаем и странами-участниками проекта «Один пояс – один путь»

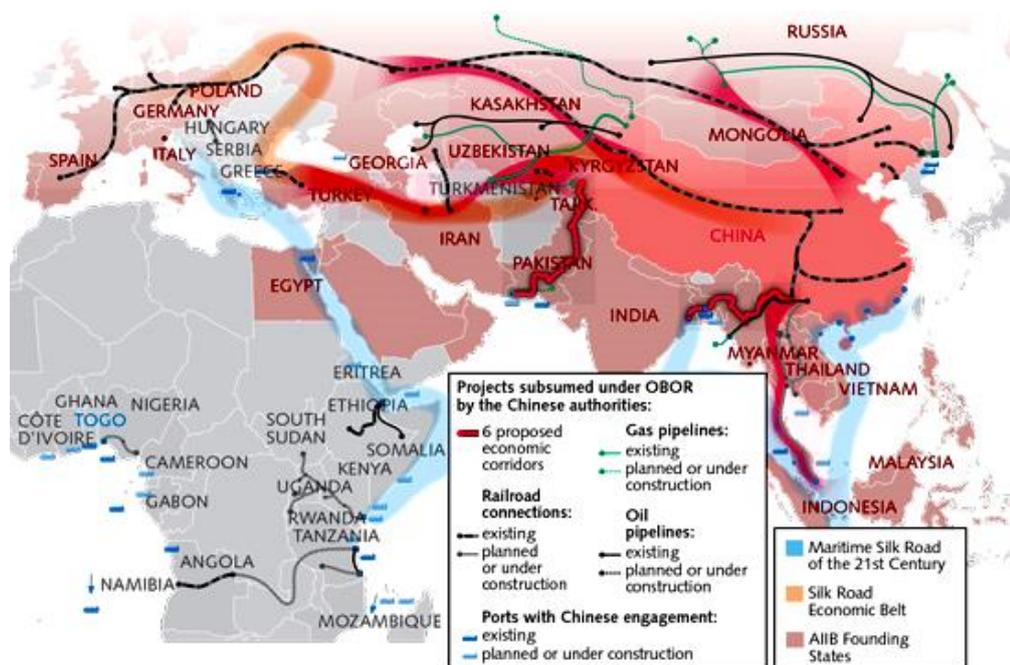


Рисунок 1.2 – Перспективные сухопутные транспортные коридоры в рамках концепции «Один пояс – один путь»

По данным Банка России внешнеторговый оборот России со странами Евросоюза за январь-июль 2017 г. увеличился на 26,3%, с Китаем на 36,4% [64]. Интерес стран Азии, в частности Китая, к альтернативным маршрутам перевозки грузов по международным транспортным коридорам направления «Восток-Запад», которые проходят по территории РФ, в последнее время все больше возрастает.

Наиболее привлекательным с точки зрения сроков доставки и политических рисков выглядит Северный железнодорожный коридор, проходящий по территории Казахстана и РФ. По территории РФ возможны три маршрута Северного сухопутного железнодорожного коридора из Китая в Европу:

1. г. Маньчжурия, по Транссибу до г. Москва (9 955 км);
2. г. Улан-Батор – г. Улан-Удэ и по Транссибу до г. Москва (6 926 км);
3. г. Хоргос (железнодорожная станция Алашанькоу) – г. Астана – г. Москва (7144 км).

Возможность интеграции северного транспортного коридора проекта «Экономический пояс Шёлкового пути» в систему действующих транспортных коридоров на территории РФ, а также значительное сокращение сроков доставки по этому маршруту, делает данное направление наиболее привлекательным и конкурентоспособным по сравнению с другими сухопутными вариантами доставки. Реализация проекта северного коридора «Экономического пояса Шёлкового пути» позволит по железной дороге сократить срок доставки грузов из Китая в Восточную Европу до 11 дней [2].

В настоящее время Россию и страны Азии успешно связывают восемь международных транспортных коридоров, ключевым элементом которых являются морские порты, выступающие как начальные или конечные пункты концентрации грузопотоков и формирования грузовых партий, где преобладающей грузовой единицей являются контейнеры, таблица 1.1.

Наличие развитой сети международных транспортных коридоров (МТК), связывающих РФ и страны Азии, позволяет положительно влиять на общую динамику мировой торговли, отражающую изменение мирового контейнерооборота. Одной из мировых тенденций является повышение уровня контейнеризации морских перевозок генеральных грузов [97] и объёма контейнерных перевозок [139], рисунок 1.3.

Таблица 1.1 – Международные транспортные коридоры, связывающие РФ и страны Азии

Обозначение МТК	Маршрут МТК	Российские морские порты – элементы МТК
-----------------	-------------	---

Продолжение таблицы 1.1

TS	Центральная Европа – г. Москва – г. Екатеринбург – г. Красноярск – г. Хабаровск – г. Владивосток/ г. Находка с выходом на г. Санкт-Петербург, г. Киев, г. Новороссийск, г. Монголию, КНР и Южную Корею	«Большой порт» (г. Санкт-Петербург), «ВМТП» (г. Владивосток), «Восточный» (г. Находка), «Морской торговый порт Усть-Луга» (г. Усть - Луга),
NS	Страны Восточной, Центральной Европы и Скандинавии – Европейская часть России – Каспийское море – Иран – Индия, Пакистан	«Большой порт» (г. Санкт-Петербург), «Астраханский порт» (г. Астрахань)
NSR	г. Мурманск – г. Архангельск – г. Кандалакша - г. Дудинка	Морские порты всех указанных городов
PR1	г. Харбин (КНР) – г. Гродеково - г. Владивосток/ г. Находка – Восточный – порты Азиатско – тихоокеанского региона	«ВМТП» (г. Владивосток), «Восточный» (г. Находка)
PR2	г. Хуньчунь (КНР) – г. Краскино – г. Посьет/ г. Зарубино – порты АТР	Морские порты г. Посьет и г. Зарубино
PE1	г. Рига – г. Калининград – г. Гданьск	Калининградский морской порт
PE2	г. Минск – г. Смоленск – г. Москва – г. Нижний Новгород - г. Екатеринбург	Терминальные комплексы Московской области
PE9	г. Хельсинки – г. Санкт-Петербург – г. Москва – г. Киев; г. Санкт-Петербург – г. Витебск – г. Вильнюс - г. Калининград;	Калининградский морской порт, «Большой порт» (г. Санкт-Петербург), Новороссийский морской порт



Рисунок 1.3 – Динамика объёма контейнерных перевозок в мировой транспортной системе

Однако, несмотря на рост суммарного объёма контейнерных перевозок в мировой транспортной системе в результате увеличения данного показателя по морскому направлению Европа-Северная Америка на 17,8% [139], не наблюдается существенного увеличения контейнерооборота крупнейших морских портов мира (входящих в первую десятку по величине контейнерооборота [232]). Такая же ситуация характерна и для российских морских портов [127], рисунок 1.4. Это объясняется увеличением объёма контейнерных перевозок по сухопутным МТК [226].

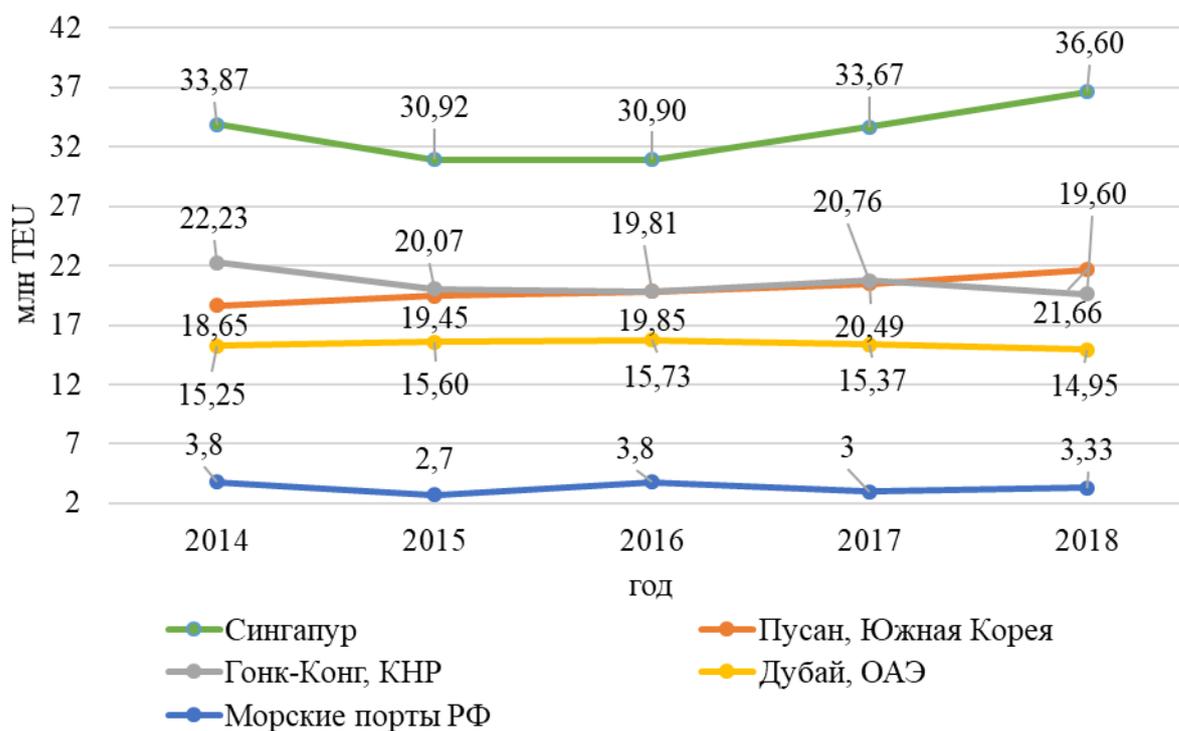


Рисунок 1.4 – Динамика контейнерооборота морских портов в мире

Одной из основных причин отставания контейнерооборота крупнейших морских портов мира от потребности в контейнерных перевозках является нехватка пропускных, перерабатывающих способностей и вместимости этих портов. Например, на Шанхайском морском терминале Яньшань, в морских портах Циндао и Нинбо в 2018-2019 гг. наблюдались длительные задержки и простои судов на рейде [147]. Так, было зафиксировано более 80 судов, которые ожидали более двух суток на рейде вблизи Шанхайского морского порта [230]. Согласно [160], основной причиной возникновения таких ситуаций, помимо сложных погодных условий, являлась нехватка свободных площадей в порту и длительное время обработки контейнеров из-за недостаточных перегрузочных мощностей [111].

Одной из главных проблем морских портов по объёмам контейнерооборота является недостаточный уровень развития всей транспортной инфраструктуры в России, нерезультативная модернизация и низкие темпы строительства новых автомобильных и железных дорог, морских

портов, транспортных узлов, моральный износ существующей инфраструктуры, рост транспортных тарифов, вследствие чего в последние годы возникли определённые ограничения транспортно-экономических связей [102]. Перечисленные проблемы способствуют снижению общего уровня контейнеризации грузов в РФ и конкурентоспособности отечественных морских портов [84].

Задачи по увеличению уровня контейнеризации грузов в РФ и становления морских в целом нашли своё отражение в Транспортной стратегии РФ на период до 2030 года, в которой одной из основных задач является развитие мощностей морских портов с учётом создания экономически обоснованных резервов для обеспечения увеличивающихся объёмов перевалки грузов [93]. Разработка стратегических направлений развития морской портовой инфраструктуры основывается на следующих основных руководящих принципах [91]:

- объём портовых мощностей должен опережать перевалку (на основании принятых в международной практике решений, требуемые мощности оцениваются на 20 % выше, чем спрос, с целью обеспечения операционной гибкости и сглаживания пиковых значений спроса);
- сочетание возможностей развития инфраструктуры со спросом на перевалку;
- близость порта с точки зрения транспортных издержек к центру производства грузов (для экспорта);
- доступность развития водных подходов к порту и услуг в порту;
- определение наиболее выгодных, с экономической точки зрения, маршрутов и видов транспорта;
- различные логистические цепочки поставки товаров конкурируют между собой посредством общего времени движения, издержек на транспортировку и надёжности маршрута.

В работе [91] выполнен «SWOT»-анализ конкурентоспособности российских морских портов. Установлено, что, несмотря на наличие сильных сторон становления объектов морской портовой инфраструктуры РФ, таких как развитая железнодорожная инфраструктура, возможность круглогодичной навигации, существуют и слабые стороны. К основным отнесены: ограничение на расширение территорий морских портов, дефицит портовых мощностей, неудовлетворительное техническое состояние портовых сооружений и оборудования, недостаток инвестиций в развитие портовой инфраструктуры.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что морские порты РФ находятся на стадии становления, являются недостаточно конкурентоспособными по сравнению с зарубежными портами.

Для устойчивого развития морских портов РФ стратегией развития морской портовой инфраструктуры РФ до 2030 года были сформированы следующие основные цели [91]: увеличение портовых мощностей и обеспечение эффективного развития портовой инфраструктуры за счёт роста потребности в расширении внешнеторговых связей российской экономики в морских контейнерных грузоперевозках по международным транспортным коридорам, проходящим через Россию; создание условий, повышающих конкурентоспособность отечественных морских портов путём их оснащения новейшими техническими средствами, прогрессивными технологиями, современными электронными системами управления технологическими и информационными процессами (в частности разработка имитационных моделей функционирования объектов морской портовой инфраструктуры, позволяющих разрабатывать сценарии её развития, применение автоматизированных систем выполнения погрузочно-разгрузочных работ).

Эффективная работа морских портов в составе МТК обеспечивается в результате организации их тесного взаимодействия с остальными элементами транспортных коридоров и цепей поставок. Обеспечение такого взаимодействия является основной задачей транспортного обслуживания морских портов, основными элементами которых являются пути сообщения различных видов транспорта (преимущественно, железнодорожного и автомобильного), припортовые железнодорожные станции, интермодальные терминалы, в том числе, терминалы класса «сухой» порт. Основной задачей транспортного обслуживания морских портов являются обеспечение своевременности и сохранности грузовых перевозок. Это достигается в результате создания дополнительных резервов для накопления и переработки транспортных потоков. «Сухие» порты в настоящее время становятся одними из основных элементов систем транспортного обслуживания морских портов, позволяющими одновременно снизить неравномерность грузопотоков в адрес близлежащего морского порта, а также увеличить пропускную и перерабатывающую способность морских терминалов путём выполнения как дополнительных операций с грузопотоком, так и работ, которые традиционно выполнялись в морских портах [177].

Таким образом, в результате анализа развития международных транспортных коридоров и роли морских портов как их элементов, выявлено, что в условиях развития торгово-экономических связей между странами Европы и Азии повышается потребность в сухопутных перевозках и соответствующем развитии международных наземных транспортных коридоров на направлении Восток-Запад, в том числе, через территорию Российской Федерации, обладающую значительным транзитным потенциалом. Начальными и конечными пунктами МТК, в том числе и сухопутных, как правило, являются морские порты [211], выполняющие функции укрупнения (распределения) мелких струй грузопотоков, генерируемых (потребляемых) мелкими

грузоотправителями (грузополучателями) в границах хинтерланда. Однако, несмотря на увеличение спроса на грузовые перевозки в мировой транспортной системе, не наблюдается существенного роста контейнерооборота крупнейших морских портов мира. Установлено, что одной из основных причин этого является нехватка пропускных, перерабатывающих способностей и вместимостей портов. Наблюдаются длительные задержки и простои судов на рейде, вызванные нехваткой свободных площадей в порту и длительным временем обработки контейнеров из-за нехватки или недостаточной производительности перегрузочных мощностей.

Одним из ключевых аспектов успешного развития и повышения пропускной и перерабатывающей способностей морских портов является создание транспортного обслуживания, позволяющей обеспечить эффективную работу морских портов в составе МТК. Дальнейшим шагом исследования является анализ состояния систем транспортного обслуживания морских портов, основанных на создании «сухих» портов.

1.2 Анализ транспортного обслуживания морских портов и пути их развития

Транспортное обслуживание морских портов обеспечивается следующими видами транспорта, к которым отнесены железнодорожный, автомобильный и морской [96].

В настоящее время повышение эффективности транспортного обслуживания является одним из приоритетных направлений развития морских портов, отражённых в материалах стратегии развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 года от 28 сентября 2012 г. [91], семинара экономической и социальной комиссии для Азии и Тихого океана по решению глобальных и региональных проблем развития морских портов Южно-Восточной и Юго-Западной Азии от 8 марта 2018 г. [138], конференции ООН по торговле и развитию морских портов от 30 октября 2019 г. [221].

Упоминание о данном направлении развития морских терминалов в перечисленных документах обуславливается рядом проблем взаимодействия морских портов со смежными видами транспорта [19], которые предлагается разделить на инфраструктурные, технологические, организационные и управленческие. К инфраструктурным проблемам относятся недостаток ёмкостей складских систем, а также пропускных и перерабатывающих способностей элементов морских портов и припортовых железнодорожных станций. Технологические проблемы подразумевают под собой несоответствие технических параметров транспортных и складских систем и отсутствие в большинстве морских портов прямого варианта разгрузки типа «судно-вагон», а их неравномерность и рассогласованность взаимодействия

отнесены к организационным. Управленческие проблемы характеризуются навигационными условиями морских портов, ужесточением экологических требований к их функционированию.

Международная торговля, сосредоточиваясь вокруг морских портов, способствует экономическому росту и повышению инвестиционной привлекательности регионов их размещения, концентрации, как производства, так и сопутствующих им услуг, увеличению объёма грузовых перевозок [82].

Рост объёмов внешнеторговых перевозок обуславливает необходимость увеличения мощности портовых перегрузочных комплексов, которая по итогам 2017 года составила 989 млн тонн в год [78], что в полтора раза больше, чем в 2007 году. В соответствии со Стратегией развития морской портовой инфраструктуры до 2030, грузооборот морских портов РФ должен вырасти до 1400,7 млн тонн (базовый вариант) или до 1659,3 млн тонн (экспертный вариант) [91], рисунок 1.5.

Несмотря на увеличение мощности портовых перегрузочных комплексов, наблюдается нехватка их вместимости, которая ограничивает увеличение контейнерооборота [94]. Анализ величины грузооборота крупных морских портов РФ показывает его незначительный рост, рисунок 1.6 [82]. Схожая ситуация наблюдается в Германии. Например, при прогнозе увеличения величины перегрузочных мощностей с 359,1 млн тонн в 2008 г. до 736,5 млн тонн в 2025 г. [137], количество переработанных контейнеров в морских портах за последние три года составило 15,1 млн TEU ежегодно [207]. Отсутствие роста контейнерооборота при увеличении величины перегрузочных мощностей в Федеративной Республике Германия обуславливается ограничением складских площадей [213], что приводит к простоям перегрузочной техники и последующему увеличению операционных затрат.

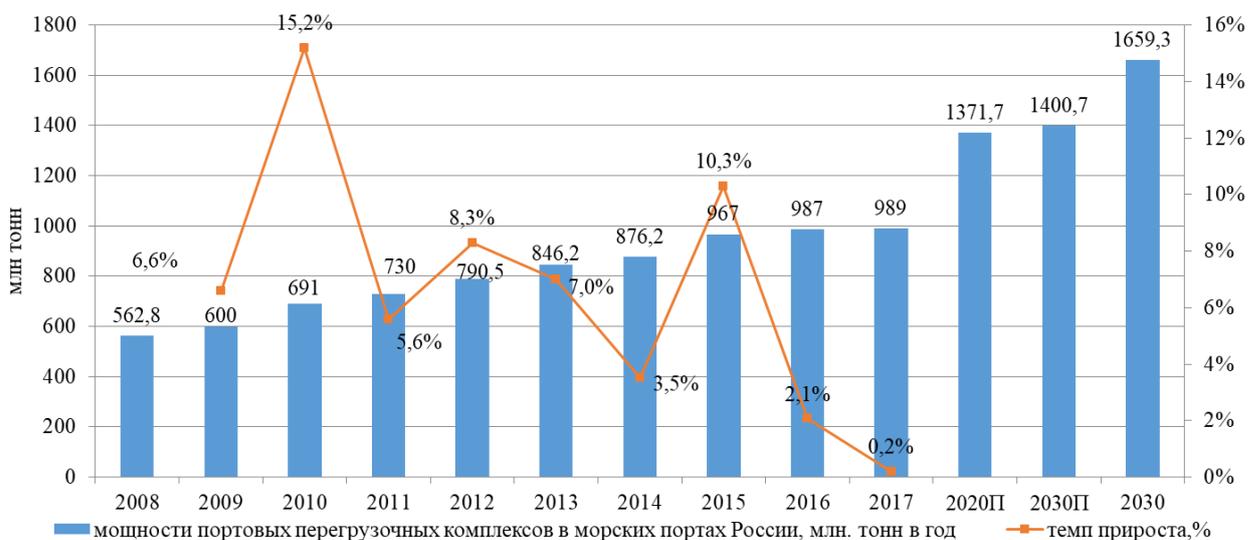


Рисунок 1.5 – Динамика и прогноз величины мощности портовых перегрузочных комплексов РФ на период до 2030 года

В морских портах Лонг-Бич, расположенных в границах жилых зон, увеличивается количество порожних контейнеров на площадках ограниченной вместимости из-за политической напряжённости между США и КНР, что, в свою очередь, приводит к увеличению времени нахождения подвижного состава на приёмоотправочных путях морского порта с 70 до 100 минут [131].

Как показывает анализ местоположения морских портов РФ, основным ограничивающим фактором увеличения их контейнерооборота является расположение морских терминалов на территории населённых пунктов, рисунок 1.7, и, как следствие, отсутствие перспектив расширения их территорий и увеличения вместимости [82].

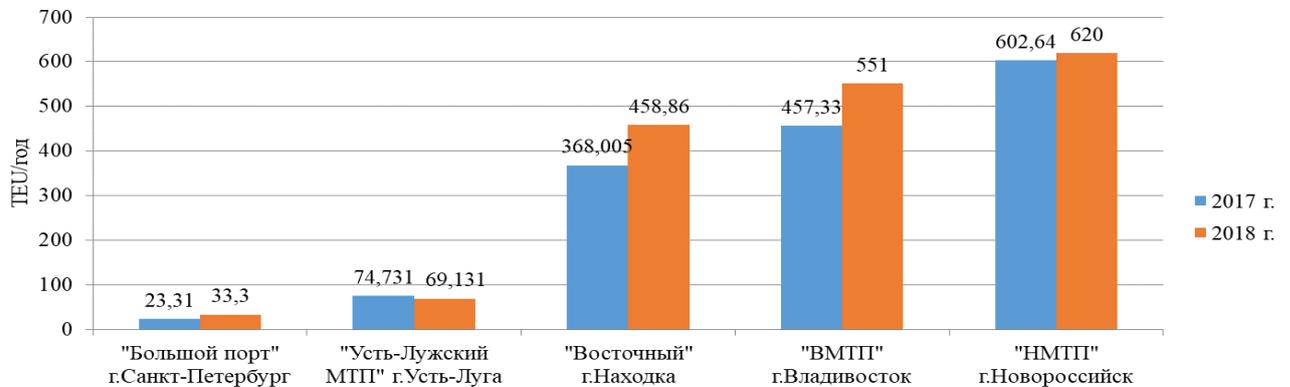


Рисунок 1.6 – Динамика контейнерооборота крупнейших морских портов РФ за период 2017-2018 гг.



Рисунок 1.7 – Пример размещения морских портов в жилых (селитебных) зонах в г. Санкт-Петербург и г. Новороссийск

Ограничение по вместимости морских портов является причиной возникновения заторов на подъездах к порту. Например, при суточной интенсивности прибытия автомобилей-контейнеровозов в морской порт Ботани (г. Сидней, Австралия), варьирующейся от 40 до 60

единиц, регулярно образуются заторы в среднем из 15-20 автомобилей [156]. Образование заторов на улично-дорожной сети из грузовых автомобилей приводит к усложнению движения в городах, а также к увеличению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу населённых пунктов. Снижение скорости и своевременности грузовых перевозок автотранспортом также приводит к финансовым потерям грузоперевозчиков.

На эффективность работы морских портов со смежными видами транспорта, кроме недостатка ёмкости складских площадей, влияет недостаток пропускных и перерабатывающих способностей элементов морских терминалов и припортовых железнодорожных станций [41; 36; 88; 72; 189].

Недостаток контейнерных перегружателей высокой производительности в некоторых немецких портах и высоты причальных стенок, не позволяющих обрабатывать контейнерные суда большой вместимости, равной 23576 TEU [233], требует их перенаправления в более технически оснащённые морские терминалы [220], что, в свою очередь, увеличивает транспортные расходы на доставку грузов [28]. Кроме того, проведение маневровых работ с местным парком вагонов на припортовых железнодорожных станциях Украины ограничивает их пропускную и перерабатывающую способность [43]. В работах [35; 34] методом экспертных оценок было установлено, что основными факторами, влияющими на перерабатывающую способность припортовых железнодорожных станций и сдерживающими их развитие, являются следующие:

- низкая перерабатывающая способность причалов порта, в частности, недостаточная вместимость складов и ограниченные длины грузовых фронтов;
- несогласованный подвод вагонов и судов из-за отсутствия координирующего органа, информации о подходе поездов;

Значительные затраты на строительство и эксплуатацию железных дорог в РФ являются причиной недостаточно интенсивного увеличения пропускной и перерабатывающей способностей припортовых железнодорожных станций [35], что, в частности, приводит к появлению «брошенных» составов поездов и отдельных вагонов [20].

Сложности в организации железнодорожных перевозок в морских портах связаны также с увеличением вместимости судов-контейнеровозов [168], что затрудняет транспортное обслуживание портов, приводит к увеличению нагрузки на инфраструктуру морских портов и припортовых транспортных сетей, задействованных при обслуживании портов [71]. Поскольку перевалочные мощности большинства морских портов РФ не отвечают современным требованиям, то в результате воздействия перечисленных факторов возрастает неравномерность транспортных потоков, что ещё больше осложняет работу как припортовой железнодорожной станции [98], так и самого порта. Кроме того, отсутствие в большинстве отечественных и

зарубежных морских портах прямого варианта разгрузки морского судна по типу «судно-вагон» увеличивает объём грузовых работ и простой подвижного состава [85]. Например, при образовании заторов из автомобилей у ворот морского порта Лонг-Бич (г. Лос-Анджелес, США) портовыми менеджерами было принято решение о строительстве подъездных путей на причалах морского терминала. Это, в свою очередь, позволило перенести 35 % процентов контейнеропотока на железнодорожный транспорт, снизить затраты на простой автомобильного подвижного состава и выбросы загрязняющих веществ в атмосферу [186].

В условиях увеличения грузооборота морского порта недостаточная согласованность взаимодействия порта с железнодорожным транспортом приводит к появлению «брошенных» составов на подходах к припортовым станциям [37], что, в свою очередь, является организационной проблемой. Анализ работы морских портов РФ позволил выявить места возникновения простоя вагонов в морских портах и на припортовых железнодорожных станциях, рисунок 1.8.



Рисунок 1.8 – Основные причины простоя вагонов в морских портах и на припортовых железнодорожных станциях [4]

Кроме того, отмечается неравномерная загруженность морских портов, обусловленная принятой на железных дорогах РФ формой организации вагонопотоков с использованием плана формирования поездов, ориентированной исключительно на минимизацию транспортных затрат и не учитывающей потребности клиентов – морских портов в равномерном подводе поездов [61; 87]. Это приводит к увеличению простоя судов под грузовыми операциями и в целом снижает привлекательность российских морских портов. Например, срывы сменно-суточных планов

перевалки грузов из-за нарушения согласованного плана подвода грузовых поездов приводят к задержке вывода выгруженных вагонов с причалов морского порта в г. Новороссийске [25].

Управленческие проблемы взаимодействия морских портов со смежными видами транспорта характеризуются навигационными условиями морских терминалов и ужесточением экологических требований к их функционированию. Под навигационными условиями морских портов понимается обеспечение безопасности морских судов при изменении их метеорологических характеристик, к которым относятся штормы и порыва ветра [24]. Например, в США, при отсутствии надлежащего обеспечения навигационных условий, было повреждено морское судно, выброшенное волнами к скалистой горе, что, в свою очередь, образовало простои подвижного состава [24]. Кроме того, сложные погодные условия в КНР в 2018 г. образовали длительные задержки и очереди судов на рейде в морских порта г. Шанхая. Более 80 единиц судов простаивали более двух суток вблизи данного морского порта [230].

Росту экологической нагрузки на прилегающие к морским портам территории способствуют: увеличение контейнероёмкости судов [71]; техническое перевооружение портовых перегрузочных комплексов [205]; расширение контейнерных площадок для хранения контейнеров; увеличение перегрузочных мощностей [190].

Недостаток пропускных и перерабатывающих мощностей и вместимостей морских портов, а также припортовых железнодорожных станций, отсутствие в большинстве морских терминалов прямого варианта разгрузки типа «судно-вагон», неравномерность и рассогласованность взаимодействия транспортных и складских систем из-за несоответствия их техническим параметрам, навигационные условия морских терминалов, ужесточение экологических требований к функционированию морских портов – приводят к увеличению времени простоя контейнеров в морских портах РФ [7; 34; 6; 40], средняя величина которого составляет 5-7 дней [8; 66]. Это приводит к росту транспортных издержек и снижению конкурентоспособности морских портов РФ.

Современным решением перечисленных проблем является создание «сухого» порта. В отечественной и зарубежной литературе термин «сухой» порт используется под разными терминами, представленными в таблице 1.2

Таблица 1.2 Определение термина «сухой» порт»

Название	Определение	Источник
«Сухой» порт	Совокупность складов временного хранения, вспомогательных зданий, сооружений, автомобильных и железнодорожных путей, площадок, расположенных за пределами территории морского порта, связанных между собой и портом единым технологическим процессом и информационной системой для совершения грузовых операций с товарами и их временного хранения под таможенным контролем	[62]
Тыловой терминал	Тыловой терминал, который характеризуется наличием развитого железнодорожного подхода, комплекса сооружений и устройств, в том числе таможенных структур, позволяющих предоставлять клиенту услуги в том же объёме, что и в морском порту.	[70; 67; 36]
Внутренний интермодальный терминал	Внутренний интермодальный терминал, непосредственно соединённый с морским портом/портами с высокой перерабатывающей способностью, где клиенты могут оставить/забрать свои стандартизированные единицы груза.	[202; 194; 115]
Внутренний сухопутный транспортно-логистический терминал	Внутренний сухопутный транспортно-логистический терминал, имеющий прямую связь с морским портом через специально организованную транспортную инфраструктуру.	[9; 23]
Внутренний наземный терминал	Внутренний наземный терминал, обеспечивающий фактическое расширение территориальных границ порта, создание устойчивых связей с морским портом (с использованием железнодорожного, речного или автомобильного сообщения), иногда через мультимодальный коридор с высокой пропускной способностью, и рынка различного рода логистическими услугами для повышения конкурентоспособности морского терминала при сохранении его высокой пропускной способности.	[103]

В настоящей работе предлагается использование терминов «сухой» порт» или «припортовый терминал», характеризующихся их связью с морскими портами единым технологическим процессом.

Основными преимуществами «сухих» портов являются:

- возможность повышения качества (своевременности) грузовых перевозок в результате введения «сухого» порта в цепочку поставок в качестве элемента, обладающего дополнительной вместимостью и перерабатывающей способностью, и, как следствие, расширение возможностей по регулированию грузопотоков, а также реализации мультимодальных решений [82; 121];
- увеличение пропускной способности морских портов и их железнодорожных путей необщего пользования в результате ускорения обработки грузов в морском порту [81; 122];
- снижение суммарных транспортно-складских затрат и себестоимости грузопереработки в морском порту [194];
- решение экологических и социальных проблем региона размещения морского порта в результате частичного переноса погрузочно-разгрузочных работ в удалённые от жилых зон районы и создания дополнительных рабочих мест в регионе [143].

Одной из основных задач при строительстве «сухого» порта является выбор его местоположения, при решении которой необходимо учитывать: наличие заповедников, природоохранных зон; перепады высот местности на предполагаемом участке строительства порта и, как следствие, увеличение затрат на земляные работы; стоимость самого участка строительства участка (его аренды), возрастающей пропорционально приближению к селитебным зонам, в границах которых расположены морские терминалы; экологические и социально-экономические требования в регионе размещения морского порта; возможность привлечения частных инвестиций в строительство припортовых терминалов.

При выборе месторасположения «сухого» порта, как правило, руководствуются следующими основными критериями:

- близость к точке консолидации грузопотоков (центру тяжести грузопотоков) нескольких грузоотправителей и морских портов (критерий «гравитационного метода выбора места размещения») [126];
- близость к транспортным коммуникациям магистрального транспорта [130];
- удалённость от селитебных зон [59].

Согласно В. Росо (V. Roso) [199], концепция «сухого» порта основана на «прямом железнодорожном сообщении между морским портом и отдалённым интермодальным терминалом, где грузоотправители могут напрямую оставлять или накапливать свои стандартизированные единицы груза». Поэтому при выборе месторасположения «сухого» порта,

портовые менеджеры ориентируются как на объем грузопереработки морского порта, так и на объёмы спроса и генерации грузопотоков грузоотправителей и грузополучателей, а также их размещение в границах хинтерлэнда. При этом, как правило, используется гравитационный метод, учитывающий, помимо объёмов грузопотоков, также и расстояния между пунктами зарождения, погашения грузопотоков, морским и «сухим» портами [229]. Расстояние между морским и «сухим» портами определяет величину транспортных затрат [45], которые при значительном удалении «сухого» порта могут составлять до 50% капитальных и эксплуатационных расходов «сухого» порта [142].

Общепринятой классификацией «сухих» портов [205] является их группировка по расстоянию от морского порта: I – удалённые (англ. distant), расстояние от 500 до 1000 км; II – равноудалённые (англ. midrange), расстояние от 70 до 500 км; III – приближённые (англ. closed), расстояние от 5 до 70 км. На рисунке 1.9 представлена схема размещения различных типов «сухих» портов в зависимости от их удалённости от морских портов.

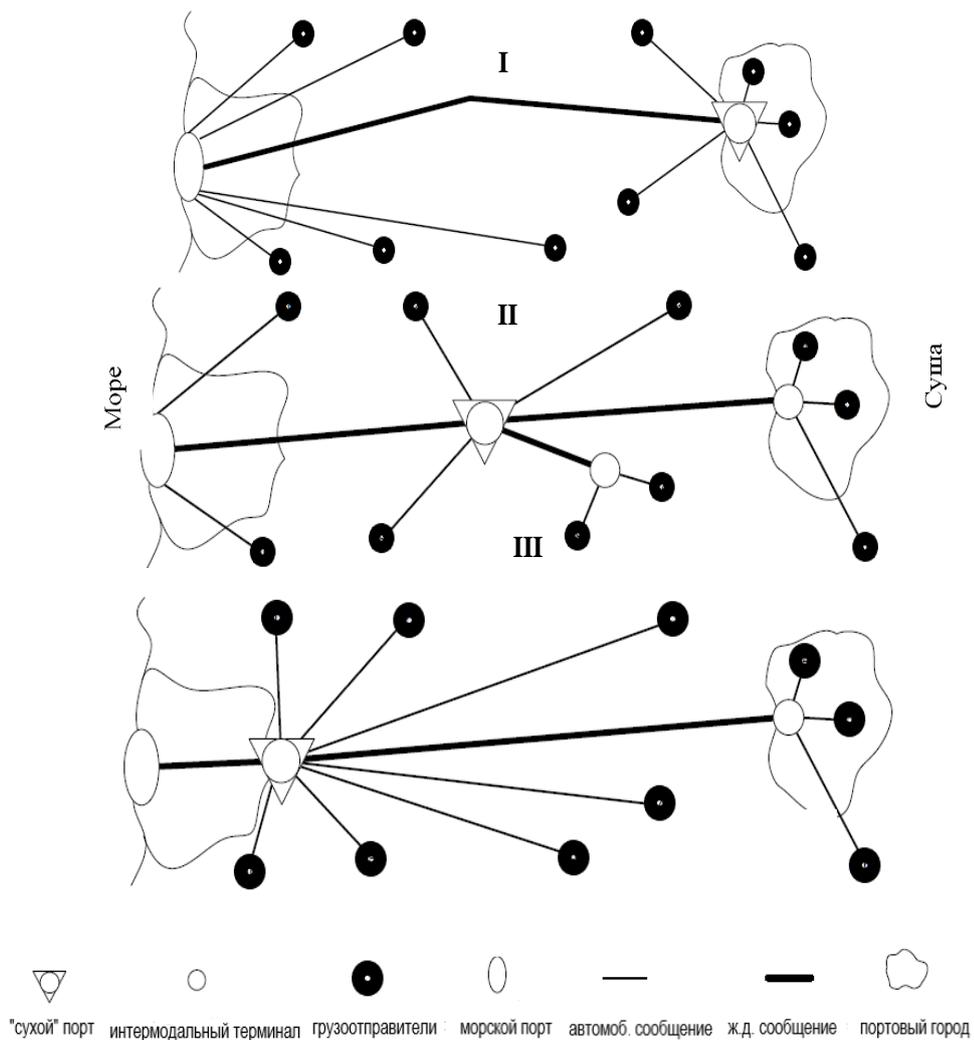


Рисунок 1.9 – Схема размещения различных типов «сухих» портов в зависимости от их удалённости от морских портов

Основным преимуществом «сухих» портов первого типа является возможность снижения экологической нагрузки на селитебные зоны вблизи морского порта, в том числе, в результате использования железнодорожного сообщения между портами, более экологически и экономически эффективного на таких расстояниях, по сравнению с автомобильным [227]. В том числе, удалённый тип «сухого» порта предполагает меньшие затраты на приобретение земельного участка для его размещения. Основным недостатком таких «сухих» портов, помимо больших капитальных затрат на строительство путей сообщения, является увеличение неравномерности грузовых и транспортных потоков между «сухим» и морским портами [197]. Для компенсации высокой неравномерности грузопотоков возникает необходимость строительства «сухого» порта большей вместимости и(или) с большей перерабатывающей мощностью. Принципиальным отличием от «сухих» портов других типов является широкий спектр предоставляемых услуг на терминале и решение социально-экономических проблем региона.

Например, до строительства удалённого «сухого» порта, расположенного в 800 км от морского порта г. Дар-эс-Салама, клиентам приходилось проходить таможенные и очистные операции с контейнерами непосредственно в морском порту, что занимало 7 дней. После ввода в эксплуатацию «сухого» порта этот срок сократился до двух дней [227].

Ключевым достоинством второго типа является комбинирование видов транспорта при организации грузовых перевозок между морскими и «сухим» портами. С одной стороны, если нет спроса в морских портах на накопление большой грузовой партии в «сухом» порту, используется автомобильный транспорт. С другой, при высоком спросе на грузовые партии больших размеров в равноудалённом «сухом» порту осуществляется консолидация маломощных струй железнодорожных вагонопотоков в более мощные с последующим формированием сборных поездов и их отправкой в морские порты [227]. Одним из основных недостатков данного типа «сухого» порта является высокая неравномерность грузопотоков в результате наличия струй разной мощности, что, в свою очередь, увеличивает операционные расходы на простой подвижного состава, погрузочно-разгрузочных механизмов и инвестиционных затрат на строительство «сухого» порта.

Третий тип «сухих» портов имеет ряд преимуществ: направлен на повышение пропускной и перерабатывающей способностей морских портов из-за их территориальных ограничений, предусматривает организацию железнодорожного сообщения между морским портом и припортовым терминалом, что позволяет снизить объёмы выбросов вредных веществ [201]. Данный тип «сухих» портов предусматривает высокую интенсивность входных грузопотоков с фиксированным расписанием подвода железнодорожных челноков-шаттлов, минимальную неравномерность прибытия грузов в морской порт, большую вместимость контейнерных

площадок, а также возможное расположение на участке, требующем высокие затраты на планировочные работы, исходя из сложности исследуемого рельефа. Основным недостатком является необходимость достаточной вместимости буферных зон, предназначенных для хранения контейнеров, разгруженных с морского судна. Отличительной особенностью данного типа терминала является его ограниченная вместимость из-за расположения вблизи морского порта, что, в свою очередь, подразумевает наличие группы «сухих» портов, направленных на повышение пропускной и перерабатывающей способности морского порта.

В таблице 1.3 представлены основные изменения, возникающие у соответствующих стейкхолдеров в результате создания «сухого» порта разного типа.

Таблица 1.3 – Влияние «сухого» порта на интересы стейкхолдеров [227]

Стейкхолдеры	Интерес стейкхолдера	I	II	III
Морские операторы	Снижение загруженности	+	+	+
	Увеличение пропускной способности	–	–	+
	Проведение погрузочно-разгрузочных работ по прямому варианту	–	–	+
Администрация портовых городов	Уменьшение заторов на автодорогах	+	+	+
	Увеличение площади города	+	+	+
Железнодорожные операторы	Увеличение объёма перевозок	+		+
	Повышение регулярности перевозок	–	+	+
Автомобильные операторы	Снижение времени простоя в заторах и грузовых терминалах	+		–
Грузоотправители	Расширение доступа к услугам морского порта	+	+	+
	Увеличение торговых связей			
Население портовых городов	Улучшение состояния окружающей среды	+	+	–
	Появление новых рабочих мест	+	+	+

Примечание: «+» - оказывает влияние; «–» - не оказывает влияние.

В результате анализа транспортного обслуживания морских портов были выявлены следующие проблемы: недостаток ёмкостей складских систем, а также пропускных и перерабатывающих способностей элементов морских портов и припортовых железнодорожных станций; несоответствие технических параметров транспортных и складских систем; неравномерность и рассогласованность подвода грузов к морским портам; ужесточение экологических требований к функционированию морских портов.

Актуальным решением перечисленных проблем является внедрение «сухих» портов. Установлено, что различные типы «сухих» портов влияют на разных участников перевозочного процесса, обеспечивающего доставку контейнеров между морскими и «сухими» портами. Одними из основных параметров, влияющих на эффективность функционирования «сухих» портов, являются их вместимость и удалённость, характеризующиеся основной частью

инвестиционных затрат. Однако выбор оптимального местоположения «сухого» порта и его удалённости от морского порта неразрывно связан с задачей определения пропускной способности транспортных коммуникаций между существующим морским портом и планируемым терминалом для обеспечения своевременности грузовых перевозок между ними. Для удовлетворения возросших объёмов грузопотоков в морских портах «сухие» порты должны иметь соответствующий уровень складских мощностей и высокотехнологичного перегрузочного оборудования, снижающего, в свою очередь, экологические выбросы. Для оценки эффективности внедрения перечисленных мероприятий «сухого» порта необходимо учитывать размер капитальных и эксплуатационных расходов на строительство и функционирование припортового терминала.

Поскольку «сухие» порты предназначены для решения проблем развития морской портовой инфраструктуры, предлагается провести обзор теоретических исследований в области «сухих» портов для выявления направлений развития научно-методической базы формирования и развития грузовых терминалов.

1.3 Обзор теоретических исследований в области применения «сухих» портов

Неоценимый вклад в развитие теоретических и практических аспектов взаимодействия различных видов транспорта в транспортном узле, развитие транспортных систем и транспортной логистики внесли учёные В.М. Акулиничев, В.В. Багинова, А.С. Балалаев, В.Д. Герами, С.Ю. Елисеев, В.Н. Зубков, А.Г. Кириллова, П.А. Козлов, Е.К. Коровяковский, А.П. Кузнецов, П.В. Куренков, Б.А. Лёвин, Л.Б. Миротин, В.Н. Морозов, В.Н. Николашин, Ю.О. Пазойский, В.А. Персианов, Т.А. Прокофьева, А.Н. Рахмангулов, С.М. Резер, П.К. Рыбин, А.А. Смехов, О.Н. Числов, М.И. Шмудевич и другие учёные. На основе их исследований была создана теоретическая база управления транспортно–логистическими процессами в транспортной системе Российской Федерации.

Фундаментальные вопросы развития грузовых терминалов и их технических характеристик, а также систем имитационного моделирования рассмотрены такими учёными, как А.С. Балалаев, В.В. Багинова, В.Д. Герами, В.В. Дыбская, П.А. Козлов, А.Л. Кузнецов, Е.К. Коровяковский, В.С. Лукинский, О.Б. Маликов, Л.Б. Миротин, Ю.Н. Панова, А.М. Поспелов, И.А. Русинов, А.А. Смехов, М.И. Шмудевич и др.

В.Д. Герами в работе [30] отмечает отличительную особенность «сухих» портов, заключающуюся в их стабильной транспортной взаимосвязи с морским портом (иногда – с несколькими), основанной на использовании контейнерных поездов-шаттлов.

С.М. Резер в работе [107] утверждает, что грузовые терминалы могут располагаться на территории, где происходит стыковка железнодорожных маршрутов с морскими линиями, по которым следуют основные объёмы контейнеропотоков. Более того, он подчёркивает, что данные терминалы или припортовые особые экономические зоны позволяют увеличивать экономический сингулярный эффект [83].

В работах [11; 48] О.Б. Маликов указывает на возможность использования и размещения «сухих» портов в приграничных зонах международных транспортных коридоров для своевременной обработки железнодорожных составов, прибывающих с железных дорог с разной шириной колеи.

В.В. Багинова отмечает, что размещение «сухих» портов, имеющих развитую систему подъездных путей, во внутренних районах поблизости от промышленных предприятий позволяет развивать локальные производственные центры, ускорять темпы развития регионов путём создания большого числа новых рабочих мест, что, в свою очередь, позволяет повысить конкурентоспособность технологии экспорта и импорта [62].

Помимо преимуществ, с точки зрения географического месторасположения «сухих» портов, ряд исследователей указывает на наличие других немаловажных достоинств припортовых терминалов при их взаимодействии с морскими терминалами.

А.С. Балалаев выделяет одним из главных преимуществ «сухих» портов в припортовых городах возможность повышения пропускной способности улично-дорожной сети за счёт переноса потоков транспортных средств на дорожные эстакады, не связанные с дорожно-транспортной инфраструктурой [36].

В работе [155] Е.К. Коровяковский отмечает, что в условиях увеличения интенсивности входных грузопотоков в морских портах Северо-Западного федерального округа, расположенных в границах селитебных зон, использование «сухого» порта позволяет увеличить пропускную способность морского порта, а также снизить экологическую нагрузку на район размещения морских портов с использованием железнодорожного транспорта, и приводит 3 сценария увеличения пропускной способности морского порта г. Санкт-Петербург: за счёт использования свободной, полезной площади морского порта (физической экспансии морского порта), увеличения высоты контейнерных ярусов и использования «сухого» порта, где последний показал возможность увеличения вместимости припортового терминала в 2,5 раза.

В работе [35] Р.Г. Король при разработке методики взаимодействия железнодорожного, морского и автомобильного транспорта в транспортном узле при наличии «сухого» порта указывает на его принципиальные преимущества:

- улучшение взаимодействия железнодорожного и морского транспорта;
- увеличение пропускной способности припортовой станции и перерабатывающей способности причалов морского порта;
- минимизация времени нахождения вагонов на станции в ожидании грузовых и таможенных операций;
- сокращение количества «брошенных» составов в адрес морского порта.

Ю.Н. Панова в своих исследованиях [71; 70; 72] утверждает, что для решения задач повышения пропускной и перерабатывающей способностей морских портов, в условиях дефицита площадей, эффективным решением является строительство «сухих» портов. Это свою очередь, позволило автором разработать общий метод обоснования поэтапного развития припортовых терминалов, а также произвести учёт факторов, обуславливающих необходимость строительства «сухих» портов: технические факторы (недостаточная перерабатывающая способность морского порта, растущая вместимость контейнерных судов); инфраструктурные факторы (контейнерные потоки, отсутствие свободных складских площадей, высокая загрузка погрузочно-разгрузочных механизмов, слабое развитие сухопутных подходов к порту); экономические факторы (влияние арендной ставки на формирование тарифов, высокая кадастровая стоимость земель припортовых районов); технологические факторы (несогласованный подвод вагонов и судов, форс-мажорные обстоятельства); экологические факторы (влияние на окружающую среду, загрязнение воздуха, шумовое загрязнение, нерациональное землепользование).

В работе [86] И.А. Русинов при определении вероятностных моделей процессов переработки грузов на контейнерных терминалах утверждает, что строительство контейнерного терминала необходимо при увеличении интенсивности прибытия судов и размещении морских портов в жилых зонах. В работе автор использует следующие технико-экономические критерии оптимальности: приведённую стоимость простоя судна за единицу времени, общее время пребывания судна на терминале, постоянные расходы на содержание персонала и обслуживание перегрузочной техники, капитальные и эксплуатационные затраты на сооружение и эксплуатацию причалов.

В работе [51] А.В. Кириченко и М.О. Малыхин при определении потребного количества подвижного состава, режима работы транспортного звена и совершенствования технологии «блок-трейн» (block train) между контейнерным терминалом (фронтальным) и «сухим» портом

утверждают, что перенос ряда операций из морского порта в «сухой» позволит морскому терминалу выполнять транзитную и перевалочную функции.

Зарубежные исследования в области функционирования «сухих» портов в Европе, Восточной Азии, Северной Америке, Южной Африке, Австралии были проведены следующими учёными: А. Бересфорд (A. Beresford), Р. Бергквист (R. Bergqvist), Й. Воксениус (J. Woxenius), В. Росо (V. Roso), Т. Г. Крайнич (T. G. Crainic), Т. Ноттебум (T. Notteboom), Д. Дживан (J. Jeevan), Ж.-П. Родриге (J.-P. Rodrigue), Б. Слэк (B. Slack) и другими.

Виолетта Росо (Violeta Roso) в своих трудах [204; 203; 198; 200] при разработке концепции «сухого» порта говорит о его первостепенных задачах: повышении пропускной способности морского порта на примере г. Гетеборг (Gothenburg), снижении экологической нагрузки на район его размещения путём переноса части грузопотока с автомобильного на железнодорожный транспорт и использования железнодорожных челноков-шаттлов, повышения своевременности грузовых перевозок, а также решения социально-экономических проблем в регионе предполагаемого размещения.

Джейсон Мониос (Jason Monius) в своих исследованиях о стремительном становлении «сухих» портов в КНР [165; 164] указывает на их возможность развивать железнодорожные перевозки и повышать пропускную и перерабатывающую способность железнодорожных станций с использованием различных вариантов подач подвижного состава из «сухого» порта в морской: с фиксированным расписанием, использованием блок-поездов или железнодорожных челноков-шаттлов.

Р. Бергквист (R. Bergqvist) при определении этапов развития «сухих» портов в Саудовской Аравии указывает на их способность в течении 5-10 лет ускорять экономический рост региона, повышать уровень автоматизации проведения технологических операций на железной дороге и в терминале, увеличивать объёмы инвестиций в развитие объектов морской портовой инфраструктуры путём использования государственно-частного партнёрства, а также формировать базу грузоотправителей с большими объёмами грузовых отправок [114].

В. Хенту (V. Henttu) [225] при разработке имитационной модели «сухого» порта, позволяющей оценить его воздействие на экологию путём расчёта объёмов выбросов в окружающую среду при использовании локомотивов с тепловой и электрической тягой выделяет одним из преимуществ использования припортового терминала способность снижения экологической нагрузки на район размещения морского порта.

Д. Дживан (J. Jeevan) при исследовании функционирования «сухих» портов в Малайзии отмечает их применение для снижения неравномерности работы погрузочно-разгрузочных механизмов и транспортных средств в морских портах за счёт использования фиксированного расписания между морским и «сухим» портами. Кроме того, автор указывает на влияние

интенсивности железнодорожных подач из «сухого» порта в морской порт на неравномерность прибытия судов-контейнеровозов [151].

Т. Крайнич (Т. Crainic) в своих работах [119; 120] при поиске оптимального расписания для проведения технологических операций с железнодорожными челноками-шаттлами, осуществляющими доставку грузов из морских портов в «сухой» порт, указывает на возможность припортовых терминалов концентрировать грузопотоки, поскольку они обеспечивают выполнение широкого спектра логистических операций.

Как показал литературный обзор, использование «сухих» портов направлено на решение разных проблем, таблица 1.3: проблемы недостатка ёмкостей складских систем, а также пропускных и перерабатывающих способностей элементов морских портов (I) и припортовых железнодорожных станций (II), проблемы рассогласованности взаимодействия транспортных и складских систем (III), проблемы ужесточения экологических требований к функционированию «сухих» портов (IV). В зависимости от рода выполняемых задач с использованием «сухого» порта, был проведён анализ используемых параметров отечественными и зарубежными учёными, представленный на рисунке 1.10.

Таблица 1.3 – Использование учёными концепции «сухих» портов в зависимости от рода выполняемых задач

Источник	Задачи, решаемые отечественными и зарубежными учёными с использованием концепции «сухих» портов			
	I Проблемы недостатка ёмкостей складских систем, а также пропускных и перерабатывающих способностей элементов морских портов	II Проблемы недостатка пропускных и перерабатывающих способностей припортовых железнодорожных станций	III Проблемы рассогласованности взаимодействия транспортных и складских систем	IV Проблемы ужесточения экологических требований к функционированию «сухих» портов
А.С. Балалаев [36]	+	+	+	
Е.К. Коровяковский [155]	+	+	+	+
Р.Г. Король [35]		+	+	
Ю.Н. Панова [69; 72]	+		+	+
И.А. Русинов [86; 23]				
V. Roso [215; 154; 202]	+		+	+
А.К.С. Beresford [113]	+			+

Продолжение таблицы 1.3

R. Bergqvist [116; 115; 114]	+	+	+	+
V. Henttu [157; 143]		+		+
T. Crainic [119; 120]		+	+	

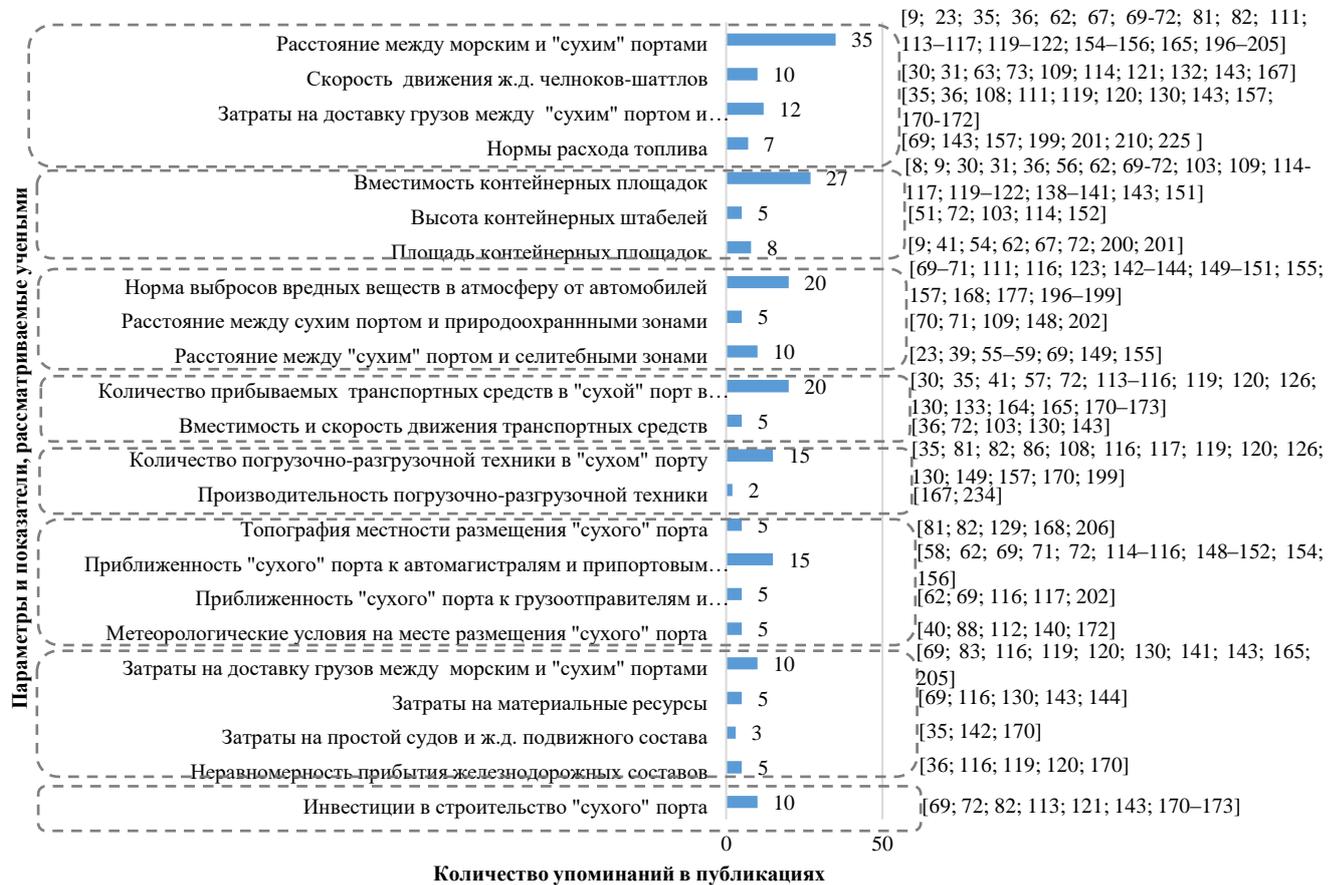


Рисунок 1.10 – Параметры и показатели «сухих» портов, рассматриваемые отечественными и зарубежными учёными в своих научных трудах

По результатам проведённого анализа работ можно сделать вывод о том, что при решении представленных задач с использованием «сухого» порта применяется широкая вариация параметров. Учёными используются разные термины для обозначения параметров, однако пары или группы параметров имеют идентичную семантику. Например, из рисунка 1.10 видно, что 35 работ посвящено изучению расстояния между морским и «сухим» портами, тем не менее ряд ученых исследует скорость движения железнодорожных челноков-шаттлов, затраты на доставку грузов между морским и «сухим» портами, а также нормы расхода топлива подвижным составом. Всё это напрямую зависит от расстояния между морским и «сухим» портами.

Одним из основных параметров отечественные и зарубежные учёные отмечают расстояние между морским и «сухим» портами. Очевидно, что данный параметр характеризуется большей

частью инвестиционных затрат из-за высокой стоимости строительства транспортных коммуникаций. Однако, помимо влияния расстояния на капитальные затраты, данный параметр напрямую влияет на уровень неравномерности входных грузопотоков.

Фенг Сун (Feng Sun) в работе [214] указывает на влияние расстояния между морским и «сухим» портами на неравномерность железнодорожных перевозок в результате воздействия климатических условий на данный параметр. В работе [40] А.Л. Кузнецов подтверждает, что вариативность гидрометеороусловий, таких, как осадки, ветровая и волновая обстановки в технологическом проектировании, могут вносить серьёзные коррективы в эксплуатационные показатели работы морского порта, некорректная оценка влияния которых приводит к изменению проектной стоимости объекта до 30 – 40 %.

Это все может приводить к избытку или дефициту груза в «сухом» порту, что делает необходимым хранение запаса, по объёму, как минимум, больше одной судовой партии [103]. Поэтому, чем больше длина маршрута между морским портом и припортовым терминалом, тем выше вероятность возникновения нештатных ситуаций при организации железнодорожных перевозок, что приводит к образованию задержек, простоев транспортных средств и соответствующему увеличению неравномерности грузопотоков [82].

Для снижения неравномерности входных грузопотоков и потоков транспортных средств необходимо иметь достаточную вместимость и потребный уровень технической оснащённости «сухого» порта, что, в свою очередь, позволит повысить своевременность грузовых перевозок между морским и «сухим» портами.

В работе [118] Мэри Р. Брукс (Mary R. Brooks) отмечает, что заторы у морских портов, вызванные неравномерными прибытиями морских судов, при среднем коэффициенте использования погрузочно-разгрузочных механизмов равным 0,7, могут быть уменьшены за счёт надлежащей вместимости морского порта. Миа Юрьевич (Mia Jurjevic) указывает на снижение неравномерности прибытия судов в морские порты за счёт эффективной организации портовых операций и наличия высокого уровня технической оснащённости морских терминалов [153].

Однако при этом возрастает экологическая нагрузка на район потенциального места размещения «сухого» порта [168]. Основными видами экологического загрязнения в морских портах является пыль, мусор, шумовое загрязнение и т.д. [231]. К примеру, при увеличении числа погрузочно-разгрузочных механизмов повышается уровень шумового загрязнения, возрастают выбросы углекислого газа [123; 191]. Несомненно, это требует увеличения инвестиционных затрат на приобретение более экологически чистой техники и операционных затрат на её функционирование.

При выборе места расположения «сухого» порта необходимо учитывать особенности топологии местности, в частности, её рельеф, наличие заболоченных участков, проблемных

грунтов и т.д. [206], что определяет затраты на планировочные работы. Это все приводит к задержкам в принятии решений о строительстве припортового терминала на этапе его стратегического планирования.

Место размещения и расстояние между «сухими» и морским портами, располагающимися, как правило, в непосредственной близости от городской агломерации, определяют в совокупности экологическую обстановку в районах проживания людей. Поэтому экологический фактор также необходимо учитывать при выборе места размещения «сухого» порта. Так, в работе [168] отмечается, что при наличии высокого уровня экологической загрязнённости в районе потенциального размещения «сухого» порта из-за наличия промышленных и транспортных объектов необходимо выбирать более отдалённый участок от морского порта. Данный выбор места размещения «сухого» порта обуславливается снижением экологического загрязнения в районе размещения морского порта и всей селитебной зоны в целом.

В результате проведённых теоретических исследований в области применения «сухих» портов выявлено, что при решении задач с использованием «сухого» порта отечественными и зарубежными учёными применяется широкая вариация параметров, используются разные термины параметров, однако пары или группы параметров имеют идентичную семантику. Установлено, что наиболее упоминаемым учёными параметром «сухого» порта является расстояние между морскими и «сухими» портами, влияющее на объем инвестиционных затрат. Однако расстояние между морским и «сухим» портами влияет на неравномерность прибытия транспортных средств, вместимость и потребный уровень технической оснащённости «сухих» порта, место размещения «сухого» порта, характеризующееся объёмом планировочных работ, а также на экологичность районов размещения морского и припортового терминала. Для изучения влияния данных параметров на перерабатывающую способность и повышение эффективности морских портов предлагается изучить отечественный и зарубежный практический опыт создания «сухих» портов.

1.4 Отечественный и зарубежный опыт создания «сухих» портов как способа усиления перерабатывающей способности и повышения эффективности морских портов

В настоящее время в России система «сухих» портов находится на стадии развития. В течение последних пяти лет с 2015 года в России был построен лишь один припортовый терминал класса «сухой» порт в г. Артёме (Приморский край) [82]. Преимущественным видом груза в данных терминалах являются контейнеры.

Наибольшие объёмы переработки контейнеров отмечаются в морском порту г. Санкт-Петербурга, т.к. практически все крупные припортовые терминалы расположены рядом с данным городом. Доля морских перевозок России в портах СЗФО составляет 45%. Ежегодно через морские порты, расположенные в регионе, следует около 250 млн т. грузов. Это 20% от общего объёма международных перевозок в РФ [71].

Действующих припортовых терминалов в Санкт-Петербурге всего шесть: «Восход», «Интертерминал-Предпортовый», Терминально-логистический центр (ТЛЦ) «Предпортовый», ТЛЦ «Евросиб-Терминал-Шушары», ООО «Логистический Парк «Янино», «Логистика-Терминал» [82] (таблица 1.4). Для повышения перерабатывающей способности морского порта в г. Владивостоке в 2014 г. был введён в эксплуатацию «сухой» порт в г. Артёме. Внедрение «сухого» порта позволило увеличить пропускную способность узловых станций, снизить неравномерность прибытия вагонопотоков на припортовую станцию Владивостока, тем самым обеспечить своевременность грузовых перевозок в системе «морской порт – «сухой» порт» [79].

Таблица 1.4 – Основные характеристики «сухих» портов в Российской Федерации [82]

Название терминала, год создания	Регион размещения	Стоимость проекта, млн долл.	Контейнер оборот, TEU в год	Площадь зоны хранения, м ²	Дополнительные услуги
Янино, 1994	СЗФО	112	500000	н.д.	-
Восход 2004	СЗФО	40	190000	24215	информирование клиентов; таможенное оформление
Интертерминал-Предпортовый, 2005	СЗФО	75	3500	68500	техническое обслуживание и ремонт контейнеров; страхование; таможенный контроль
Предпортовый, 2006	СЗФО	60	н.д.	4500	информирование клиентов; страхование
Логистика-Терминал, 2007	СЗФО	н.д.	200000	24500	продажа морского фрахта напрямую от морских линий-грузоперевозчиков
Шушары, 2008	СЗФО	100	50000	30000	информирование клиентов
«Южный» Приморский Терминал, 2014	ДФО	18,4	н.д.	280000	техническое обслуживание ремонт контейнеров; информирование клиентов

В настоящее время планируется строительство центрального «сухого» порта в г. Москве, направленного на обработку контейнерных грузов, проходящих по «Новому Шёлковому пути» (Китай — Казахстан — Россия — Европа) и Транссибирскому транспортному коридору [21].

Характерным примером эффективного решения проблемы недостатка перерабатывающей способности морского порта является развитие морского порта Одессы. Он был создан в восемнадцатом веке, объёмы поступающих грузов постоянно росли, увеличивалась территория порта, развивался и населённый пункт. В 2006 г. порт столкнулся с проблемой нехватки площадей для хранения и обработки грузов и невозможности расширения этих площадей на территории самого морского порта из-за его расположения в границах селитебных зон. В июле 2007 г. состоялось открытие первой очереди «сухого» порта - совместного проекта Одесского морского торгового порта и компании «Евротерминал», который предусматривает создание единого мультимодального логистического центра, рисунок 1.11.



Рисунок 1.11 – Расположение морского порта в г. Одессе

Внедрение «сухого» порта в г. Одессе позволило увеличить грузооборот морского порта в 2007 году с 395564 до 523881 TEU в год [44], что стало рекордным показателем в современной истории морского терминала.

«Сухие» порты – это в настоящее время признанная международная практика повышения пропускной и перерабатывающей способностей близлежащих морских портов. На сегодняшний день в Европе действуют порядка 250 «сухих» портов производительностью от 40 000 до 1,9 миллиона ДФЭ (TEU) в год, занимаемых площадь от 30 до 200 га, оказывающих важные логистические услуги для промышленности и торговли [9]. В США насчитывается примерно 370 крупнейших внутренних контейнерных терминалов. Для стран Евросоюза и США характерно использование «сухих» портов не в качестве удалённых терминалов морского порта, а как терминалов, ориентированных на обслуживание внутренних районов страны, поэтому располагаются они, как правило, вдали от береговой линии [62].

В странах Азии «сухие» порты являются пунктами концентрации международной торговли между расположенными в глубине стран точками отправления или назначения и морскими портами. Характерным примером стремительного развития «сухих» портов является Китайская Народная Республика. Здесь расположены морские порты, восемь из которых входят в десятку крупнейших морских портов мира по объёмам контейнерооборота. На 37 морских портов, перерабатывающих контейнеры в КНР, приходится порядка 100 контейнерных терминалов класса «сухой» порт. Например, в Российской Федерации лишь 10 грузовых терминалов обслуживают 67 морских терминалов, а дистанция между морским и «сухим» портом может достигать 1000 км [113].

Ключевым фактором успешного развития «сухих» портов в Китае была установленная стратегия строительства и развития морской портовой инфраструктуры, где с 1985 г. по 1995 г. было построено 217 новых глубоководных стояночных мест. Это позволило увеличить общий контейнерооборот в 2016 году до 195,9 млн TEU контейнеров [101]. Более того, с 1999 по 2011 годы на развитие морской портовой инфраструктуры КНР было выделено порядка 40,6 млрд. долларов [212]. В России, согласно Федеральной целевой программе «Развитие транспортной системы России на 2010-2020 годы», общий объем финансирования по подпрограмме «Морской транспорт» составил 636,7 млрд. рублей или 10,6 млрд. долларов США [22].

Как показал пример КНР, «сухие» порты могут располагаться на удалённом расстоянии от морского порта и выполнять функции логистического центра.

Идентичная ситуация отмечается в Центральной Азии и Монголии, где отсутствует прямой выход к морю, что, в свою очередь, требует прохождения до 8000 тысяч километров, тем самым снижая своевременность грузовых перевозок. Схожая тенденция наблюдается в Индии, где многочисленные промышленные центры, расположенные в глубине страны, находятся в 1500 км от ближайшего морского порта [222].

Обратная ситуация отмечается в странах Юго-Восточной Азии, расстояния между пунктами отправки или назначения и морскими портами сравнительно небольшие. К примеру, в

Таиланде расстояние между портом Лэмчабанг и внутренним контейнерным терминалом Латкрабанг составляет всего лишь 118 км [222].

Интересен опыт развития морской портовой инфраструктуры в Австралии, где более 80 % объёма международной торговли приходится на столицы штатов, каждая из которых имеет морской терминал. Более того, все грузы, поступающие от грузоотправителей внутри страны, обрабатываются на внутренних интермодальных терминалах.

Для уменьшения простоя подвижного состава в морских портах г. Сидней и г. Мельбурн из-за недостаточной пропускной способности улично-дорожной сети «сухие» порты были размещены в пригородах, а транспортировка контейнеров в морские порты производится железнодорожным транспортом, несмотря на относительно небольшие расстояния между терминалами.

При сборе информации рабочей группой по «сухим» портам в г. Мельбурне [222] организованной экономической и социальной комиссией стран Азии и Тихого океана было установлено, что местоположение припортовых терминалов выбирается по двум факторам:

- минимизация расстояния в зависимости от расположения клиентов;
- оптимизация относительного использования автомобильного и железнодорожного транспорта для сведения общих транспортных расходов к минимуму.

Поэтому использование автомобильного подвижного состава применяется для организации местных грузоперевозок на короткие расстояния, а железнодорожный транспорт – для осуществления дальних магистральных грузовых перевозок, однако железнодорожные перевозки контейнеров на небольшие расстояния окупаются лишь тогда, когда показатели объёма перевозок высокие и регулярные.

Грузопотоки, проходящие через морские порты Европейских стран, зачастую имеют несколько назначений в разные страны. Так, к примеру, при определении потребного количества и выбора месторасположения «сухих» портов, портовые власти руководствуются анализом расположения мест ближайших промышленных производств и потребления, а также сконцентрированностью городов вблизи друг к другу [62].

Типичным примером выбора месторасположения «сухого» порта в непосредственной близости от центра производства и потребления является припортовый терминал в г. Фальчёпинге (Швеция), который напрямую связан железнодорожным и автомобильным сообщением с морским портом г. Гетеборга [199]. Гётеборгский морской порт является крупнейшим в Скандинавии, перерабатывает более 750 тыс. TEU, 70 % которых доставляются автомобильным транспортом в 19 направлений.

Помимо небольшой удалённости г. Фальчепинга от крупных предприятий, таких как Volvo, StoraEnso и т.д., основным преимуществом строительства «сухого» порта вблизи данного города являлось наличие прямого железнодорожного сообщения с морским портом г. Гетеборга.

Морская портовая инфраструктура в Западной Европе развивается не только вдоль побережья, но и внутри континента. Отмечается существенное сосредоточивание припортовых терминалов Рейнской речной системы и её притоков (Майи и Некар) в Баварии на юге Германии [9].

Наблюдается стремительное развитие «сухих» портов, направленных на развитие международных транспортных коридоров в северной Италии, центральной части Испании, Франции, Великобритании, Австрии, Венгрии, Чехии и южной Польше [177]. Основная часть крупных экономических центров Евросоюза расположена на удалённом расстоянии от ключевых морских портов по объёмам контейнерооборота, как в случае для стран, расположенных вокруг Балтийского моря [194]. Благодаря этому морские терминалы Евросоюза в основном выполняют роль промежуточных центров для связи с внутренними районами («сухими» портами). Поэтому обслуживание таких морских портов, как, например, Роттердам, Антверпен, Гамбург, Бремерхафен, Гент, Барселона, Марсель «сухими» портами осуществляется различными видами транспорта [194], рисунок 1.12.



Рисунок 1.12 – Расположение «сухих» портов в Западной Европе [194]

Уровень концентрации грузов в системе европейских портов постепенно выравнивается, причиной тому является участие практически всех портов в международных морских перевозках и развитие транспортно-логистической инфраструктуры по всему европейскому континенту [111].

Концепция «сухих» портов в Северной Америке начала своё развитие с конца XIX века, с момента стремительного развития континентальной железнодорожной системы. В настоящее время в США существует два типа «сухих» портов [177]. Первый тип «сухих» портов направлен на увеличение объёмов международной торговли, основная задача заключается в повышении пропускной и перерабатывающей способностей морских портов. Второй тип обеспечивает развитие Североамериканской зоны свободной торговли, что обусловлено наличием свободных торговых отношений между Канадой, США и Мексикой.

«Сухие» порты Северной Америки в основном располагаются вокруг Лос-Анджелеса/Лонг-Бич, Нью-Йорка/Нью-Джерси и Саванны [194]. Данное расположение обуславливается высоким уровнем сосредоточения экономической активности вдоль прибрежных районов (восточное и западное побережья) с концентрацией ресурсов и производства [194]. Лос-Анджелес является главным портовым городом на тихоокеанском побережье, в основном принимающим импортные грузы со стран Азии, Нью-Йорк/Нью-Джерси являются главными воротами атлантического побережья, рисунок 1.13 [9].

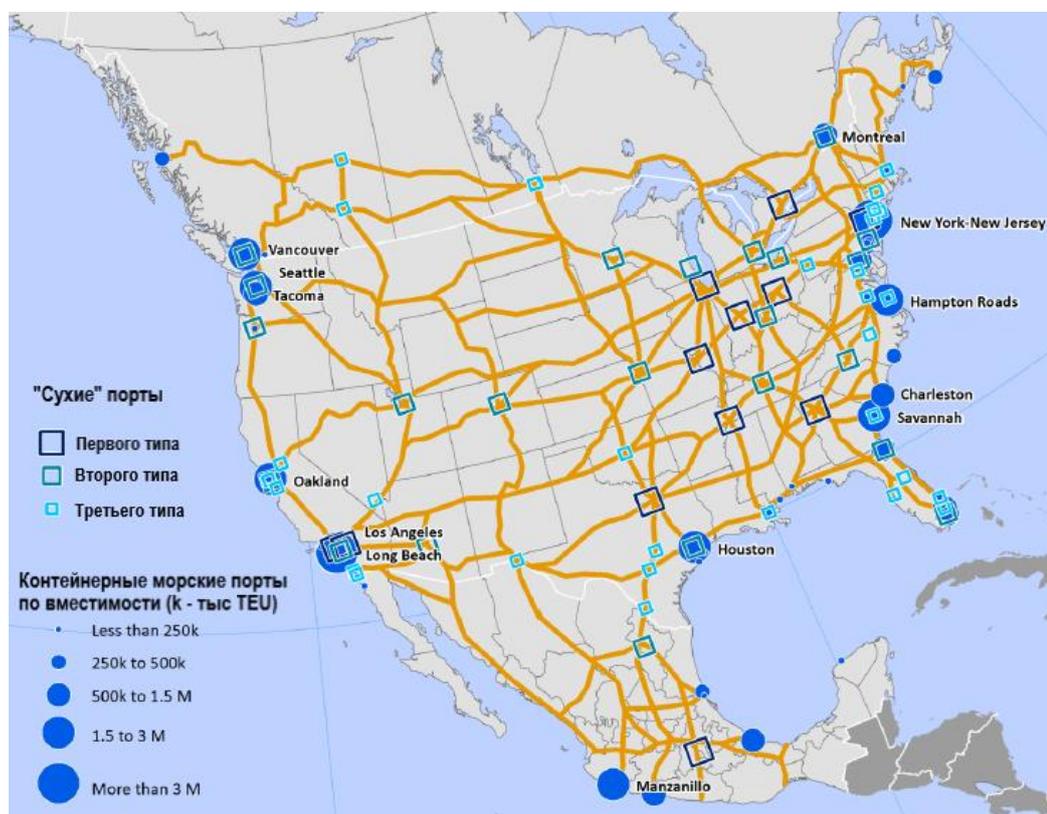


Рисунок 1.13 – Расположение «сухих» портов в Северной Америке [194]

Зарубежный опыт показывает, что успешное функционирование «сухих портов» способствует сведению общих транспортных затрат к минимуму. Независимо от расстояния между «сухими» и морскими портами или другими пунктами отправки или назначения, при определении местоположения припортовых терминалов рекомендовано придерживаться следующих принципов [198]:

- приближённость к торговым центрам, фабрикам, складским помещениям или предприятиям розничной торговли. Это означает, что их следует размещать внутри промышленных, производственных и логистических районов или поблизости с ними;
- доступность развитой сети железных и автомобильных дорог в прямом сообщении с морскими портами для обеспечения своевременности грузовых перевозок.

Анализ отечественного и зарубежного опыта развития «сухих» портов показал, что концепция «сухих» портов широко применяется по всему миру, выполняя различные функции в зависимости от их месторасположения. Однако, в настоящее время в России система «сухих» портов находится на стадии развития. В течение последних пяти лет с 2015 года в России был построен лишь один припортовый терминал класса «сухой» порт. Отмечается большой спрос на припортовые терминалы в странах Азии, Европы и Северной Америки для решения вопросов, направленных на увеличение пропускной и перерабатывающей способностей морских терминалов, социально-экономических и экологических проблем городов размещения морских портов.

Выводы к главе 1

Результаты исследования актуальности проблемы и анализа методологической и практической базы в области применения «сухих» портов позволили сделать следующие выводы:

1. Анализ развития международных транспортных коридоров и морских портов как их элементов показал, что при стремительном развитии торгово-экономических связей между странами Европы и КНР за счёт увеличения объёмов экспортных поставок в 2,75 раза возрастает спрос на сухопутные перевозки, что, в свою очередь, требует наличия международных наземных транспортных коридоров на направлении Восток-Запад. Начальными и конечными пунктами МТК, в том числе и сухопутных, как правило, являются морские порты. Однако, несмотря на увеличение спроса на грузовые перевозки в мировой транспортной системе за последние три года на 12,6 млн TEU, наблюдается малозначительное увеличение контейнерооборота крупнейших морских портов мира, в среднем на 0,5 - 2 %. Так, при прогнозе увеличения величины

перегрузочных мощностей в Германии с 359,1 млн тонн в 2008 г. до 736,5 млн тонн в 2025 г., количество переработанных контейнеров в морских терминалах за последние три года составило 15,1 млн TEU ежегодно. Кроме того, наблюдается отставание суммарного контейнерооборота морских портов РФ от крупнейших портов Восточной Азии. Например, суммарный контейнерооборот морских портов Российской Федерации за 2018 г. составил 3,33 млн TEU, что в 10 раз меньше данного показателя по морскому порту г. Сингапура, равному 36,6 млн TEU.

2. Установлено, что одним из основных решений по повышению пропускной и перерабатывающей способностей морских портов является создание их эффективного транспортного обслуживания, позволяющего обеспечить эффективную работу морских портов со смежными видами транспорта. Определены основные проблемы взаимодействия морских портов со смежными видами транспорта: инфраструктурные, характеризующиеся недостатком ёмкостей складских систем, а также пропускных и перерабатывающих способностей элементов морских портов и припортовых железнодорожных станций; технологические, обуславливающиеся несоответствием технических параметров транспортных и складских систем и отсутствием в большинстве морских портов прямого варианта разгрузки типа «судно-вагон»; организационные, зависящие от неравномерности и рассогласованности взаимодействия транспортных и складских систем; управленческие, характеризующиеся навигационными условиями морских портов и ужесточением экологических требований к их функционированию.

3. Определено, что эффективным решением проблем транспортного обслуживания морских портов является создание припортового терминала, который в международной практике получил название «сухой» порт. Установлено, что «сухие» порты имеют широкую применимость во всем мире. Однако, в Российской Федерации за последние пять лет был построен лишь один «сухой» порт. По суммарному числу припортовых терминалов Россия уступает экономически развитым странам. Так, на 67 морских портов в РФ приходится 10 «сухих» портов. В то время как на 37 морских терминалов, перерабатывающих контейнеры в КНР, приходится порядка 100 терминалов класса «сухой» порт.

4. Обзор теоретических исследований в области применения «сухих» портов показал, что при решении задач с использованием «сухого» порта учёными применяется широкая вариация параметров, используются разные термины для обозначения параметров. Установлено, что пары или группы параметров имеют схожий смысл. Наиболее исследованным параметром «сухого» порта является расстояние между морскими и «сухими» портами. Однако, расстояние между морским и «сухим» портами влияет на неравномерность прибытия транспортных средств, вместимость и требуемый уровень технической оснащённости «сухих» портов, место размещения «сухого» порта, характеризующееся объёмом планировочных работ, а также на экологичность районов размещения морского и припортового терминала. Это, в свою очередь,

подчёркивает отсутствие универсальной системы параметров, позволяющей оценивать эффективность функционирования припортового терминала.

Таким образом, на основании результатов исследования актуальности проблемы и методологической базы в области размещения «сухих» портов, определены следующие задачи исследования:

1. Разработать систему основных параметров «сухих» портов для проведения оценки эффективности функционирования системы «морской порт – «сухой» порт».

2. Разработать математическую модель устойчивости и эффективности системы «морской порт – «сухой» порт».

3. Построить комбинированную имитационную модель системной динамики основных параметров «сухих» портов, позволяющую прогнозировать развитие системы «морской порт – «сухой» порт».

4. Построить комбинированную имитационную модель функционирования системы «морской порт – «сухой» порт, позволяющую осуществлять точную оценку себестоимости переработки грузов в системе.

5. Разработать методику определения оптимальных значений основных параметров «сухих» портов методом имитационного моделирования для обоснования решений по сбалансированному развитию транспортно-логистической инфраструктуры территорий, прилегающих к морским портам.

Методологической основой исследования является системный и экономический анализ, инструменты математической статистики, математическое и имитационное моделирование.

2 СИСТЕМА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ «СУХИХ» ПОРТОВ

2.1 Исследование факторов, влияющих на функционирование «сухих» портов

«Сухой» порт является сложной системой, состоящей из множества взаимосвязанных элементов, выполняющих большое число функций, объединённых общими целями эффективности функционирования припортового терминала («сухого» порта) [73]. Эффективность функционирования припортового терминала достигается за счёт увеличения объёма грузовых перевозок; пропускной способности морских портов и железнодорожных путей необщего пользования; снижения суммарных транспортно-складских затрат и себестоимости грузопереработки в морском порту; решения экологических и социальных проблем места размещения морского порта в результате частичного переноса погрузочно-разгрузочных работ в удалённые от жилых зон районы и создания дополнительных рабочих мест [82].

Структурные элементы «сухого» порта укрупнённо выполняют следующие функции: погрузочно-разгрузочные средства выполняют погрузочно-разгрузочные работы с контейнерами; контейнерная площадка и склад осуществляют хранение, накопление контейнеров и управление их запасами; автомобильный и железнодорожный грузовые фронты, подвижной состав обеспечивают погрузочно-разгрузочные работы с контейнерами и их продвижение внутри «сухого» порта; контрольно-пропускной пункт обеспечивает прибытие и выбытие контейнеров из «сухого» порта, взвешивание контейнеров.

Помимо функций по переработке, хранению, накоплению и транспортировке контейнеров, элементы «сухого» порта осуществляют функции по таможенному оформлению грузов и их комплектации, отслеживанию и ремонту контейнеров [203], а также доставки напрямую грузополучателю, которые, в свою очередь, зачастую переносятся с элементов морских портов на элементы припортовых терминалов [202]. Это равным образом отличает «сухой» порт от традиционного контейнерного терминала [210].

Для укрупнённого представления элементов «сухого» порта и выявления их функций предлагается использовать логистический подход. Набор функций, выполняемых элементами «сухого» порта, отличается в зависимости от уровня управления, на котором рассматривается припортовый терминал, таблица 2.1. На стратегическом уровне управления, когда принимаются ключевые инвестиционные решения по созданию «сухого» порта, которые в дальнейшем сложно изменить, предлагается рассматривать лишь функции элементов «сухого» порта и его фиксированный набор технико-экономических параметров. Это обусловлено тем, что морской

порт является существующим объектом (ранее введённым в эксплуатацию) и выступает в роли внешней среды, влияющей на элементы припортового терминала.

На оперативном уровне управления, когда требуется многократное решение повторяющихся задач и операций и быстрое реагирование на изменения технико-экономических параметров «сухого» порта, предлагается рассматривать систему «морской порт – «сухой» порт», её элементы и их функции, где вместимости двух терминалов и их перерабатывающие способности выступают единой системой. Под системой «морской порт – «сухой» порт» понимается совокупность элементов морского и «сухого» портов, причалов, контейнерных площадок, складов временного хранения грузов, погрузочно-разгрузочных механизмов и грузовых фронтов, транспортных коммуникаций, закономерно связанных между собой и единым технологическим процессом, направленных на увеличение пропускной и перерабатывающей способностей морского порта.

Таблица 2.1 – Систематизация функций элементов «сухого» порта в зависимости от уровня его управления

Элемент «сухого» порта	Функции элемента «сухого» порта на стратегическом уровне управления	Функции элемента «сухого» порта на оперативном уровне управления
Управляющий элемент (система управления морским портом)	<ul style="list-style-type: none"> - анализ интенсивности и неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств; - выбор варианта места размещения СП (топографических условий местности и территориальная приближённость к селитебной зоне); - расчёт перерабатывающей способности СП; - выбор технико-экономических параметров СП; - прогноз экологического воздействия СП на окружающую среду. 	<ul style="list-style-type: none"> - мониторинг variability метеоусловий, аварийности и рассогласованности работы морского порта; - оперативное планирование мощности грузопотока и потока транспортных средств в СП; - оперативное управление массой и структурой грузопотока; - оперативный контроль за соблюдением параметров технологических графиков; - оперативное регулирование технологических процессов в СП в целях минимизации выбросов CO₂, шумозагрязнения и твёрдых отходов.

Продолжение таблицы 2.1

Входной элемент (транспортные коммуникации, примыкающие к СП, пункт таможенного контроля, линия санитарно-ветеринарного контроля)	<ul style="list-style-type: none"> - расчёт длины трассы дороги между морским портом и СП; - расчёт пропускной способности транспортных коммуникаций (числа отдельных пунктов на ж.д. линии), соединяющих СП с морским портом; - прогноз времени транспортировки грузов между морским портом и СП. 	<ul style="list-style-type: none"> - оперативное регулирование интервалов времени между моментами прибытия транспортно-грузовых партий; - взвешивание контейнеров; - таможенный досмотр; - фитосанитарный контроль.
Перерабатывающий элемент (погрузочно-разгрузочные механизмы, пункты ремонта и очистки контейнеров)	расчёт числа погрузочно-разгрузочных механизмов, пунктов ремонта и очистки контейнеров.	<ul style="list-style-type: none"> - затарка/растарка контейнеров; - ремонт и очистка контейнеров и вагонов.
Транспортный элемент (автомобильный и железнодорожный грузовые фронты, автомобильный и железнодорожный транспорт)	<ul style="list-style-type: none"> - расчёт параметров грузовых фронтов; - выбор вида внутреннего транспорта; - расчёт численности подвижного состава. 	<ul style="list-style-type: none"> - оперативное управление внутрискладскими перемещениями; - оперативное управление параметрами внутреннего грузопотока; - оперативное управление длиной грузовых фронтов.
Накопительный элемент (контейнерная площадка, склады временного хранения, терминал для крупногабаритных грузов)	расчёт оптимальной вместимости СП.	<ul style="list-style-type: none"> - погрузочно-разгрузочные работы с контейнерами на грузовых фронтах СП; - оптимизация запаса контейнеров на площадках СП.
Выходной элемент (функциональные подразделения)	<ul style="list-style-type: none"> - оценка экологического воздействия СП на окружающую среду; - анализ капитальных затрат на строительство СП и эксплуатационных расходов на его функционирование. 	<ul style="list-style-type: none"> - корректировка параметров контейнерных поставок (оперативное регулирование параметров выходного грузопотока) с учётом изменений объёмов контейнерооборота морского порта; - оценка инвестиционных затрат, в том числе на строительство ж.д. линий между СП и морским портом и отдельных пунктов, проведение планировочных работ участка размещения СП и его благоустройство; - оценка операционных затрат, в том числе на простой морских судов, подвижного состава и контейнеров, на экологические штрафы системы «морской порт – «сухой» порт».

СП – «сухой» порт.

Таблица 2.1 позволяет сделать вывод о том, что элементы «сухого» порта выполняют большое число функций, что, в свою очередь, предполагает наличие связей между элементами «сухого» порта. Взаимодействие элементов «сухого» порта осуществляется посредством внутренних прямых и обратных связей, реализация которых выполняется с использованием информационных потоков на стратегическом уровне управления припортового терминала и материальных потоков на оперативном уровне его управления [33].

Прямая связь обеспечивает передачу выходного воздействия одного элемента на вход последующего элемента той же системы. Обратная связь, в свою очередь, выполняет передачу выходного воздействия одного элемента на вход предыдущего элемента той же системы. Например, при мониторинге variability метеоусловий, аварийности и рассогласованности работы морского порта (функция управляющего элемента), необходима оптимизация запаса контейнеров на площадках «сухого» порта (функция накопительного элемента). Прямая связь между выбранными элементами обуславливается стремлением элементов «сухого» порта повысить своевременность грузовых перевозок внутри припортового терминала и снизить простои погрузочно-разгрузочных средств. Однако оптимизация запаса контейнеров на площадках «сухого» порта (функция накопительного элемента) требует оперативного управления внутрискладскими перемещениями (функция транспортного элемента). Другими словами, возникает необходимость в своевременной подаче подвижного состава на грузовые фронты для перевозки контейнеров в зависимости от интенсивности и неравномерности входных грузопотоков, что, в свою очередь, подчёркивает обратную связь между элементами.

Помимо наличия внутренних прямых и обратных связей, существуют внешние прямые и обратные связи, направленные на взаимодействие элементов «сухого» порта с внешней средой.

Например, усиление экологических требований со стороны государства (функция внешней среды) требует прогноз экологического воздействия «сухого» порта на окружающую среду (функция управляющего элемента) и выбор вида внутреннего транспорта (более экологичного) для обеспечения внутрискладских перемещений (функция транспортного элемента), что, в свою очередь, подчёркивает наличие прямой внешней связи между элементами «сухого» порта и внешней средой. Тем не менее, при прогнозе экологического воздействия «сухого» порта на окружающую среду, управлением морского порта выполняется сравнительная оценка затрат на оплату экологических штрафов и приобретение внутреннего транспорта (функция управляющего элемента). Другими словами, портовые власти выбирают наиболее экономически выгодный вариант функционирования «сухого» порта с точки зрения минимизации экологического воздействия «сухого» порта и капитальных затрат на приобретение подвижного состава [168; 109]. Это, в свою очередь, говорит о наличии обратной связи между элементами «сухого» порта и внешней средой.

«сухой» порт», предлагается использовать термин «показатель «сухого» порта», который характеризует какие-либо свойство процессов, выполняемых элементами системы.

Таким образом, «сухой» порт является сложной системой, состоящей из взаимосвязанных элементов, выполняющих большой набор функции. Взаимодействие функций элементов «сухого» порта описывается связями между параметрами припортового терминала. Наличие данных параметров наблюдается в проведённой систематизации функций элементов «сухого» порта в зависимости от уровня его управления, таблица 2.1. Необходимость выполненной систематизации функций по изменению взаимосвязанных параметров и показателей вызвано влиянием внешних факторов на параметры «сухого» порта. Предлагается провести исследование влияния ключевых факторов, выбранных на основе STEEP (Society, Technology, Economy, Environment, and Policy) подхода, на параметры элементов припортового терминала. Данный подход позволяет получить представление о влиянии прошлых, текущих и будущих событий в обществе, технологии, экономике, окружающей среде и политике на управление цепей поставок [224].

1. Социальный фактор. Характеризуется уровнями менеджмента припортового терминала и производства в месте его размещения, а также численностью населения в регионе размещения «сухого» порта [228].

Уровень менеджмента «сухого» порта позволяет повысить эффективность его функционирования на длительный период времени за счёт эффективного планирования, организации, контроля за работой припортового терминала [210]. Это, в свою очередь, позволяет увеличить число клиентов, пользующихся услугами припортового терминала. Например, неэффективное управление рабочим персоналом в «сухих» портах Австралии в 1998 г. привело к годовым эксплуатационным потерям в 30 миллионов Австралийских долларов [129].

Социальный фактор влияет на место размещения «сухого» порта. С одной стороны, размещение «сухого» порта (его удалённость) определяет объём заработной платы рабочих припортового терминала за счёт уровня производства в месте размещения припортового терминала [228], с другой, влияет на стоимость доставки грузов до потребителей [200], что, в свою очередь, характеризует его клиентоориентированность.

Кроме того, регионы с положительной динамикой численности населения имеют преимущество при выборе места размещения «сухого» порта из-за прогнозируемого повышения спроса на транспортно-логистические услуги [152; 3].

2. Инфраструктурный фактор. Характеризуется наличием транспортных коммуникаций общего пользования, общественно-городской застройки, сложными топографическими условиями и уровнем развития транспортной инфраструктуры в районе

потенциального места размещения «сухих» портов и согласованности их работы с железной дорогой.

Доставки грузов из морского порта в «сухой» порт по транспортным коммуникациям общего пользования ограничивает объёмы поступающих грузов в терминалы. Например, управление Австралийских железных дорог при использовании перевозчиками транспортных коммуникаций общего пользования для доставки контейнеров из морского порта Ботани (г. Сидней) в «сухой» порт г. Энфилда выделяет им специальные временные окна, что, в свою очередь, снижает объём суточного контейнеропотока на 40% [156]. Схожая ситуация наблюдается в Малайзии, где в целях сокращения затрат на строительство железнодорожных транспортных коммуникаций доставка грузов между морским и «сухими» портам осуществляется по железнодорожными путями общего пользования, суммарная протяжённость которых в 50 раз меньше автомобильных транспортных коммуникаций [148].

Недостаточно высокий уровень развития логистической инфраструктуры влияет на время доставки грузов из морского порта в «сухой» порт. Например, в китайской провинции Юньнань недостаток пропускной и перерабатывающей способности железнодорожной сети влияет на время доставки грузов из морских портов г. Гонг-Конга и г. Шэньчжэнь в «сухой» порт г. Куньмин (КНР), – до 7 дней [113].

Кроме недостаточного уровня развития логистической инфраструктуры, стоит отметить влияние уровня городской застройки на место размещения «сухого» порта. Так, при росте внешнеторгового оборота в морских портах РФ и отсутствия возможности расширения площади портов из-за окружающей общественно-городской застройки, «сухие» порты размещаются за границами селитебных зон [70].

3. Экономический фактор. Характеризуется уровнем государственной поддержки транспортно-логистической деятельности в районе потенциального места размещения «сухого» порта, стоимостью земельного участка и объёмом внешнеторгового оборота.

Уровень государственной поддержки транспортно-логистической деятельности в районе потенциального места размещения «сухого» порта напрямую влияет на эффективность функционирования припортового терминала. Например, отсутствие должного субсидирования со стороны Австралийского государства в развитие железнодорожной инфраструктуры, обеспечивающей доставку грузов из морских портов в припортовые терминалы, ограничивает выбор удалённого варианта расположения «сухого» порта, что, в свою очередь, усиливает экологическую загрязнённость в районе размещения морского порта [117]. По расчётам специалистов, внешние издержки от парникового газа, загрязнения воздуха и шума, вырабатываемых от автомобильного подвижного состава, обслуживающего морские и припортовые терминалы, к 2021 году могут составить 74 миллиона австралийских долларов

[148]. Обратная ситуация наблюдается в Малайзии, где привлечение государственно-частного партнёрства, выделившего порядка 5245 миллионов долларов США, позволило ввести в эксплуатацию 4 припортовых терминала в период 2004-2006 гг. [148].

На выбор места размещения «сухого» порта влияет стоимость предполагаемого земельного участка. Чем ближе планируется размещения «сухого» порта к селитебной зоне, тем выше стоимость земельного участка размещения припортового терминала. Например, для условий г. Нинбо (КНР) она составляет 1500 долларов США за 1 м², что на 50 % дороже чем в г. Лос-Анджелесе (США). Кроме того, это усиливает требования к соблюдению экологической устойчивости. Увеличиваются капитальные расходы на озеленение участка и обустройство его звукопоглощающими акустическими ограждениями [117]. Схожая ситуация наблюдается в РФ, где высокая стоимость земельного участка вблизи морских терминалов отдаляет размещение «сухих» портов. Например, для земель транспорта с 1 января 2008 г. в РФ была введена ставка арендной платы за участки, находящиеся в государственной собственности, в размере 1,5 % от их кадастровой стоимости [70].

4. Экологический фактор. Характеризуется наличием природоохранных мест и нерациональным землепользованием в районе потенциального места размещения «сухого» порта, объёмами выбросов от перегрузочной техники, количеством ДТП с участием автомобилей-контейнеровозов, изменением климатических условий.

Физическая экспансия припортовых терминалов может быть ограничена наличием вблизи заповедников или заказников, например, в предместье морского порта Усть-Луга (Россия), развитие «сухих» портов теснит коренные малочисленные народы РФ [70], а переключение грузопотоков, отправляемых из морского порта на железнодорожный транспорт позволит улучшить экологическую обстановку в регионе.

Высокий уровень выбросов углекислого газа и шумозагрязнения в странах, стремящихся к достижению экологической устойчивости, влечёт стремительное развитие «сухих» портов по всему миру. Например, образование заторов у ворот морского порта г. Энфилд (Австралия), где среднее время простоя составило порядка 1 часа, а суммарное число автомобилей в заторе достигало 30 единиц [156], привело к тому, что в течении 5 лет было построено 3 припортовых терминала. Аналогичная ситуация наблюдается в Финляндии, где затраты на компенсацию штрафов за выбросы CO₂, шумовое загрязнение, дорожно-транспортных происшествий с участием автомобилей-контейнеровозов, обслуживающих «сухие» порты, достигает 800 млн евро в год [143]. Кроме того, стоит учитывать влияние экологического фактора, как на функционирование морских портов, так и связанных с ними припортовых терминалов с точки зрения климатических условий, так как данное изменение напрямую приводит к нарушению

технологических операций на площадках «сухих» портов [112], что, в свою очередь, приводит к финансовым потерям в миллионы долларов США.

5. Прочие факторы. Политические, характеризующиеся привлечением государственно-частного партнёрства при создании «сухих» портов, постановкой задач министерств транспорта в ряде стран об уменьшении времени оборота подвижного состава и контейнерных единиц.

Для устойчивого развития морской портовой инфраструктуры, в том числе «сухих» портов, в настоящее время широко применяется государственно-частное партнёрство при создании припортовых терминалов [150]. С одной стороны, в ряде стран правительства предоставляют земельные участки на долгосрочную аренду [152] или продают со сниженной кадастровой стоимостью [195]. Это, в свою очередь, позволяет частным компаниям увеличивать объёмы инвестиций в строительство припортовых терминалов.

Помимо влияния фактора государственно-частного партнёрства на создание «сухих» портов, органы исполнительной власти ряда стран поддерживают решения о размещении «сухих» портов вблизи морских терминалов для уменьшения времени оборота подвижного состава и контейнерных единиц. Например, в Чили такого рода мероприятия позволили уменьшить среднее время простоя подвижного состава и контейнерных единиц на 50 % [148].

В результате проведённого исследования факторов, влияющих на функционирование «сухих» портов, установлено, что «сухой» порт состоит из множества взаимосвязанных элементов, выполняющих большое число функций. Проведённая систематизация функций элементов «сухого» порта в зависимости от уровня его управления позволила выделить в функциях большое число параметров элементов «сухого» порта. Установлено, что на параметры элементов «сухого» порта влияют параметры входных и выходных грузопотоков, на которые, в свою очередь, оказывают воздействие факторы внешней среды, такие как: социальный, инфраструктурный, экономический, экологический и прочие. Проведённое исследование влияния отдельных факторов на параметры «сухого» порта предварительно показало наличие связей между отдельными параметрами или парами параметров припортового терминала. Недостаточно проработанным является вопрос уточнения связей между отдельными параметрами или парами параметров «сухого» порта. Следующим шагом исследования является анализ параметров «сухого» порта, а также установление связей между ними.

2.2 Анализ связей между параметрами «сухого» порта

На основе проведённой систематизации функций элементов «сухого» порта в зависимости от уровня его управления были выделены следующие параметры элементов «сухого» порта:

- управляющий элемент (интенсивность и неравномерность грузопотоков и потоков транспортных средств, метеоусловия, аварийность и рассогласованность работы морского порта; масса, структура и мощность грузопотока; вариант места размещения «сухого» порта, топографические условия местности и его территориальная приближённость к селитебной зоне; перерабатывающая способность «сухого» порта; оценка экологического воздействия «сухого» порта на окружающую среду, выбросы CO₂, шумозагрязнение и твёрдые бытовые отходы);

- входной элемент (интервал времени между моментами прибытия транспортно-грузовых партий);

- перерабатывающий элемент (перерабатывающая способность «сухого порта» - затраты времени на переработку единицы груза, число погрузочно-разгрузочных механизмов, пунктов ремонта и очистки контейнеров, длина грузовых фронтов);

- транспортный элемент (затраты времени на транспортировку грузов между морским и «сухим» портами, пропускная способность транспортных коммуникаций, длина трассы дороги между морским и «сухим» портами);

- накопительный элемент (вместимость «сухого» порта);

- выходной элемент (инвестиционные затраты, в том числе на строительство железнодорожной линии между «сухим» и морским портом и отдельных пунктов, проведение планировочных работ участка размещения припортового терминала; операционные затраты, в том числе на простой морских судов, подвижного состава и контейнеров, на экологические штрафы системы «морской порт – «сухой» порт»).

Предлагается более подробно рассмотреть связи между выделенными параметрами «сухого» порта.

На параметры «сухого» порта, в том числе на параметры входных и выходных грузопотоков, отмечается влияние внешних факторов, что, в свою очередь, воздействует на уровень сервиса, предлагаемого припортовым терминалом [95]. Из этого следует, что от характеристик транспортных потоков (их интенсивности, неравномерности) напрямую зависит общая загруженность «сухого» порта и, как следствие, эффективность и равномерность использования всех его элементов.

Например, интервал времени между моментами прибытия транспортно-грузовых партий влияет на выбор числа погрузочно-разгрузочных механизмов и длины грузовых фронтов, а также

на вместимость его контейнерных площадок, предназначенных для хранения порожних и гружёных контейнеров [119], что, в свою очередь, отражает наличие прямых связей между параметрами «сухого» порта.

Кроме влияния интервала времени между моментами прибытия транспортно-грузовых партий на параметры «сухого» порта, отмечается влияние мощности грузопотока на геометрические параметры припортового терминала [194]. В данном случае под увеличением мощности грузопотока понимается перевозка контейнеров в два яруса (double-stack) железнодорожным транспортом, позволяющая доставлять грузовые единицы одним контейнерным поездом вместимостью до 500 TEU, что, в свою очередь, предполагает увеличение вместимости «сухого» порта в 2,5 раза (прямая связь между параметрами).

Помимо влияния мощности грузопотока и интервала времени между моментами прибытия транспортно-грузовых партий, на загруженность «сухого» порта влияет структура грузопотока и неравномерность потоков транспортных средств. Другими словами, интенсивность входных грузопотоков и потоков транспортных средств является нестационарной величиной и может изменяться, как в силу различных причин, обусловленных влиянием факторов внешней среды (метеоусловиями, уровнем аварийности в месте размещения морского порта и рассогласованностью в работе морского и «сухого» портов), так и вследствие их выраженной периодичности, в частности, сезонности [88].

Увеличение неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств в «сухой» порт приводит к возникновению избытка или дефицита груза на его контейнерных площадках. Это требует создание резерва площади терминала [26], увеличения его вместимости (прямая связь между параметрами) [103].

Проблема определения местоположения припортового терминала неразрывно связана с решением вопроса определения длины трассы маршрута между морским и «сухим» портами и пропускной способности транспортных коммуникаций, так как географическое месторасположение терминала оказывает существенное воздействие на уровень расходов по транспортировке контейнеропотока между морским и «сухим» портами, а значит, на уровень и стоимость логистических услуг, предлагаемых клиентам [144; 90].

Удлинение трассы дороги между морским и «сухим» портами приводит к увеличению неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств, проходящих по железнодорожному перегону, связывающему морской и «сухой» порт (прямая связь между параметрами). Это обуславливается увеличением вероятности возникновения нештатных ситуаций (аварий, различных задержек) при увеличении расстояния транспортирования [140]. С другой стороны, мощность грузопотока влияет на скорость его продвижения [1]. Например, при использовании технологии «double-stack», заключающейся в использовании двухъярусного

контейнерного поезда, снижается скорость его движения с 110 до 75 км/ч (обратная связь между параметрами) [146].

Удлинение трассы маршрута между морским и «сухим» портами требует повышения пропускной способности транспортных коммуникаций для последующего обеспечения своевременности грузовых перевозок (прямая связь между параметрами) [168]. Однако доказано [116], что удлинение трассы маршрута между терминалами более, чем на 135 км, без наличия железнодорожного разъезда и при использовании железнодорожных челноков-шаттлов приводит к увеличению затрат на простои подвижного состава, предоставленного железнодорожными операторами, и является экономически нецелесообразным (прямая связь между параметрами). Увеличение пропускной способности железнодорожных линий осуществляется для увеличения интенсивности транспортных потоков. Например, развитие железнодорожной линии между морским портом г. Гетеборга и «сухим» портом г. Фальчёпинга длиной 124 км позволило увеличить число пар поездов-шаттлов с 8 до 14 поездов в сутки (прямая связь между параметрами) [203].

Помимо определения длины трассы между морским и «сухим» портами, а также пропускной способности транспортных коммуникаций, на этапе стратегического планирования припортового терминала актуальной задачей является выбор места размещения припортового терминала, при решении которой учитываются топографических условий местности и расстояние до селитебной зоны.

При принятии решения портовыми властями морского порта о строительстве припортового терминала подаётся заявка группе разработчиков-проектировщиков на изучение вопросов, связанных с исследованием предполагаемого места размещения «сухого» порта, таких как изучение географии местности, топографии участка [14]. Топографические условия местности планируемого места размещения «сухого» порта могут быть ограничены наличием следующих факторов: высокая разница в геодезических отметках высот, наличие проблемных грунтов и т.д. Например, при высоком значении руководящего уклона приёмоотправочных путей на территории припортового терминала (ухудшение топографических условий) снижается интенсивность грузопотоков и потоков транспортных средств (прямая связь между параметрами) [236; 68].

Несомненно, на вместимость припортового терминала влияет мощность грузопотока и интервал времени между моментами прибытия транспортно-грузовых партий [157; 214]. Однако, отмечается влияние протяжённости трассы маршрута между морским и «сухим» портами на вместимость припортового терминала, при котором уменьшение длины трассы способствует увеличению вместимости контейнерных площадок для последующего обеспечения

своевременности грузовых перевозок и избегания простоев транспортных средств (обратная связь между параметрами) [130; 113].

Для обеспечения своевременной переработки грузопотоков возросшей интенсивности припортовый терминал должен иметь высокий уровень технической оснащённости. Другими словами, чем выше интенсивность грузопотоков и потоков транспортных средств, прибывающих с внешней сети, тем больше количество погрузочно-разгрузочных механизмов, функционирующих на территории «сухого» порта (прямая связь между параметрами) [56].

В настоящее время, помимо учёта основных показателей, характеризующих эффективность функционирования «сухого» порта, таких, как время, затраты и качество предлагаемого сервиса, менеджеры контейнерных терминалов стремятся найти баланс между социальными и экологическими требованиями к их функционированию [216]. Это обусловлено негативным экологическим воздействием уровня технической оснащённости припортового терминала на район размещения «сухого» порта.

Например, при оценке влияния интенсивности грузопотоков и потоков транспортных средств на выбросы CO₂ было установлено, что при движении автоконтейнеровозов у ворот «сухого» порта со скоростью менее 20 км, вызванного увеличением их интенсивности прибытия, возрастают объёмы выбросов углекислого газа (прямая связь между параметрами) [199]. Шумозагрязнение имеет прямое влияние на выбор места размещения припортового терминала. Для снижения данного типа загрязнения автомобильным подвижным составом, обеспечивающим доставку контейнеров из морских портов в «сухие» во Вьетнамской Народной Республике, по решению местных органов власти была увеличена длина трассы между морским и «сухим» портами для удаления припортовых терминалов от селитебных зон (прямая связь между параметрами) [173]. Ещё одним видом загрязнения при увеличении интенсивности грузопотоков и потоков транспортных средств являются твёрдые бытовые отходы, возникающие при затарке и растарке контейнеров на территории припортового терминала (прямая связь между параметрами) [168].

Основным критерием оптимальности размещения припортового терминала является минимизация совокупности затрат: капитальных затрат на строительство «сухого» порта, а также суммарных эксплуатационных расходов при функционировании системы «морской порт – «сухой» порт» [57].

Например, при решении задачи определения укрупнённых капитальных затрат на строительство «сухого» порта и эксплуатационных затрат на строительство и содержание железнодорожных станций, обслуживающих контейнерный терминал, имеющий схожие функции с «сухим» портом, учитываются капитальные затраты на приобретение погрузочно-разгрузочных механизмов и земельного участка, строительство приёмоотправочных путей;

эксплуатационные затраты, связанные с простоем подвижного состава, использованием материальных ресурсов и оплатой труда сотрудникам [15].

При решении задач оптимизации развития контейнерного терминала используются следующие капитальные затраты: строительство контейнерных площадок, служебно-технических зданий, строительство автомобильного проезда и железнодорожных путей; эксплуатационные расходы, связанные с простоем вагонов в ожидании погрузочно-разгрузочных работ, непроизводительным простоем контейнеров; с целодневном простоем автомобилей из-за занятости погрузочно-выгрузочных фронтов; порожним пробегом поездов; содержанием путей и стрелочных переводов и других сооружений и устройств. При определении себестоимости контейнеро-операции на припортовом терминале учитываются следующие операционные затраты: расходы на электроэнергию и топливо, амортизационные отчисления, ремонты основных средств, заработная плата обслуживающего персонала [72]. Помимо учёта перечисленных операционных затрат, при увеличении интенсивности прибытия судов в морские контейнерные терминалы, рассчитываются затраты, связанные с простоем судов, а также приведённые расходы на содержание рабочего персонала и комплекса технических средств [86].

Проведённый анализ связей параметров «сухого» порта позволил выдвинуть гипотезу об их наличии между отдельными параметрами припортового терминала или парами параметров. Для подтверждения данной гипотезы предлагается рассмотреть традиционные, общепринятые формулы расчёта параметров и показателей припортового терминала, используемые при проектировании «сухого» порта, представленные в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Расчётные формулы параметров и показателей «сухого» порта

№	Параметр	Расчётная формула	Ед. измерения
1	Пропускная способность ж.д. грузового фронта [92]	$P_{\text{жтф}} = 24N_{\text{ж}}M_{\text{ж}}t_{\text{раб}}/K_{\text{м.н.}}$ <p>$N_{\text{ж}}$ – количество обработанных ж.д. подач в сутки, ед.; $M_{\text{ж}}$ – время обработки одной железнодорожной подачи, TEU/ч; $t_{\text{раб}}$ – суммарное время работы грузового фронта, сут.; $K_{\text{м.н.}}$ – коэффициент месячной неравномерности контейнеропотока.</p>	тыс. TEU/г.
2	Валовая интенсивность обработки одной железнодорожной подачи [92]	$M_{\text{ж}} = (D_{\text{ж.и.}} + D_{\text{ж.э.}})/(t_{\text{гр.ж.}} + t_{\text{вс.ж.}}),$ <p>$D_{\text{ж.и.}}$ – количество выгружаемых контейнеров на платформах в подаче, TEU; $D_{\text{ж.э.}}$ – количество погружаемых контейнеров на платформы в подаче контейнеров, TEU; $t_{\text{вс.ж.}}$ – время на подачу и уборку платформ на железнодорожный грузовой фронт, на прочие вспомогательные операции, ч.</p>	TEU/ч
3	Время грузовой обработки железнодорожной подачи [92]	$t_{\text{гр.ж.}} = \frac{(D_{\text{ж.и.}} + D_{\text{ж.э.}})}{P_{\text{экс}}(1 + t_0 + t_{\text{см}})},$ <p>$P_{\text{экс}}$ – эксплуатационная производительность одной технологической линии, TEU/ч; $t_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч; t_0 – продолжительность обеденного перерыва, ч; N – количество технологических линий на железнодорожный грузовой фронт, ед..</p>	ч

Продолжение таблицы 2.2

4	Число мест одновременной погрузки-разгрузки контейнеров с автомобилей на площадке [50]	$m_a = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot k_1 \cdot t}{1_{\text{конт.}} / \text{авт.} \cdot T \cdot 60},$ <p>$Q_{\text{сут}}$ – расчётный суточный контейнеропоток, TEU/сут.; k_1 – коэффициент, учитывающий фактическое количество контейнеров из-за наличия некоторой части 40-футовых контейнеров; t – время цикла погрузочно-разгрузочного механизма при разгрузке или погрузке контейнера на автомобиль, мин.; T – время работы контейнерного терминала в сутки по обслуживанию автомобильного транспорта, ч.</p>	TEU
5	Вместимость контейнерной площадки [92]	$V = E_{\text{ж.и.}} / 2 \left(\frac{t_{\text{х.ж.и.}}}{T_{\text{ж.и.}}} + 1 \right),$ <p>$E_{\text{ж.и.}}$ – количество контейнеров в ж.д. подаче, TEU; $t_{\text{х.ж.и.}}$ – средний срок хранения контейнеров на площадках, сут.; $T_{\text{ж.и.}}$ – интервалы между поступлениями ж.д. подач, сут..</p>	TEU
6	Потребная общая площадь контейнерной площадки [74]	$F_{\text{к.п}}^{\text{общ}} = F_{\text{к.п}}^{\text{пол}} + F_{\text{доп}},$ <p>$F_{\text{к.п}}^{\text{пол}}$ – площадь, на которой размещается рассчитанное число контейнеро-мест и проходы, м²; $F_{\text{доп}}$ – дополнительная площадь, необходимая для технического обслуживания и текущего ремонта контейнеров, м², принимается $0,15F_{\text{к.п}}^{\text{пол}}$.</p>	м ²
7	Полезная площадь контейнерной площадки [92]	$F_{\text{к.п}}^{\text{пол}} = V \cdot f \cdot k_{\text{пр}},$ <p>V – вместимость контейнерной площадки, TEU; f – площадь условного контейнера, м²; $k_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий увеличение площади на проходы и проезды, зависит от планировки площадки, выбранного типа погрузочно-разгрузочного механизма и типа контейнеров.</p>	м ²
8	Плотность складирования контейнеров	Принимается в зависимости от технических характеристик погрузочно-разгрузочных механизмов.	
9	Количество погрузочно-разгрузочных механизмов [50]	$r = Q_{\text{сут}} \cdot k_1 \cdot N_{\text{пер}} \cdot t / T \cdot 60,$ <p>$Q_{\text{сут}}$ – расчётный суточный контейнеропоток, TEU/сут.; $N_{\text{пер}}$ – коэффициент переработки контейнеров, учитывающий многократную перестановку контейнеров на площадке; t – среднее время цикла работы ричстакера или крана, мин; T – суточное время работы контейнерной площадки, ч, принимается с учётом режима работы терминала, условий прибытия вагонов и автомобилей и коэффициента использования оборудования.</p>	ед.
10	Время разгрузки железнодорожной подачи [50]	$T = Q_{\text{сут}} \cdot k_1 \cdot t / p \cdot 60,$ <p>t – среднее время цикла перегрузки одного контейнера, мин; k_1 – коэффициент, учитывающий фактическое число контейнеров из-за наличия части 40-футовых контейнеров; p – число подач вагонов с контейнерами на терминал за сутки, ед..</p>	мин
11	Пропускная способность КПП «сухого» порта [50]	$A_{\text{кпп}} = (N_{\text{пр}} + N_{\text{от}}) \cdot t_{\text{кпп}} / T_a \cdot 60,$ <p>$N_{\text{пр}}$ – число прибывающих автомобилей с контейнерами за сутки, ед./сут.; $N_{\text{от}}$ – число отправляемых автомобилей с контейнерами за сутки, ед./сут.; $t_{\text{кпп}}$ – время контроля одного автомобиля на КПП терминала, мин.; T_a – время работы терминала по обработке автомобилей, ч/сут..</p>	авт./сут.
12	Пропускная способность железнодорожного перегона [106]	$N = \frac{1440 - t_{\text{техн}}}{T_{\text{пер}}} \cdot \alpha_n,$ <p>$T_{\text{пер}}$ – период графика, мин; $t_{\text{техн}}$ – продолжительность технологического окна, мин; α_n – коэффициент надёжности работы технических устройств.</p>	пар поезд ов/сут.

Продолжение таблицы 2.2

13	Перерабатывающая способность «сухого» порта [50]	$Q_{\Gamma} = R \cdot \eta = R \cdot 365 / \tau,$ <p>R – количество контейнеров, которое может одновременно поместиться на контейнерной площадке (вместимость или ёмкость контейнерной площадки; η – оборачиваемость контейнеров за год, 1/год; τ – средний срок хранения контейнеров на площадке, сут..</p>	TEU /сут.
14	Расчётный суточный грузопоток, прибываемый в «сухой» порт [50]	$Q_{\text{сут}} = Q_{\Gamma} \cdot k_{\text{н}} / 365,$ <p>Q_{Γ} – годовой грузопоток терминала, TEU; $k_{\text{н}}$ – коэффициент суточной неравномерности контейнеропотока прибытия, с учётом сезонных и других колебаний (принимается $k_{\text{н}} = 1,2-1,5$).</p>	TEU /сут.

Однако из расчётных формул, представленных в таблице 2.2, не видно связи между параметрами «сухого» порта. Например, при расчёте вместимости «сухого» порта, формула №5, не учитывается перерабатывающая способность припортового терминала, формула №13, которая, в свою очередь, характеризует геометрию контейнерных площадок. В формуле №5 учитывается лишь количество контейнеров в железнодорожной подаче, однако, контейнеры могут доставляться автомобильным подвижным составом. Кроме того, в формуле №5, учитывается лишь средний срок хранения контейнеров на площадках «сухого» порта. Тем не менее, данная переменная напрямую зависит от уровня перерабатывающей способности припортового терминала.

Вместе с тем наблюдаются лишь прямые связи между параметрами. Например, влияние интервалов между поступлениями железнодорожных подач на вместимость контейнерной площадки «сухого» порта, формула №5, или воздействие коэффициента суточной неравномерности контейнеропотока прибытия на расчётный суточный грузопоток, прибывающий в «сухой» порт, формула №14. Не учитываются, отсутствуют обратные связи между параметрами. Это относится, например, к влиянию перерабатывающей способности «сухого» порта на удалённость припортового терминала и пропускную способность железнодорожного перегона, а также на связь между вместимостью «сухого» порта и коэффициентом суточной неравномерности прибытия контейнеропотока. Значение последнего в проектных расчётах принимается равным нормативной величине, тогда как его фактические значения могут доходить до 2,2 [82].

Таким образом, проведённый анализ параметров «сухого» порта показал, что при систематизации функций его элементов, в зависимости от уровня его управления, было выделено большое число параметров припортового терминала. Кроме того, была выдвинута гипотеза о наличии связей между отдельными параметрами «сухого» порта или парами параметров. Для подтверждения данной гипотезы были рассмотрены традиционные, общепринятые формулы расчёта параметров припортового терминала, используемые при проектировании «сухого»

порта. Установлено, что связи между параметрами «сухих» портов отражают влияние либо отдельных параметров на другие параметры «сухого» порта, либо взаимное влияние не более двух параметров, отсутствует системный подход при их использовании. Статический взгляд на большое число параметров «сухого» порта не позволяет рассматривать сложные взаимодействия в динамике и найти оптимальное сочетание значений данных параметров. Результат такого несистематического подхода приводит к увеличению затрат на строительство «сухого» порта и функционирование системы «морской порт – «сухой» порт». Более того, в основном изучены прямые связи между параметрами. Например, как интенсивность входных грузопотоков влияет на вместимость «сухого» порта, или как расстояние между морским и припортовым терминалами влияет на неравномерность входных грузопотоков и потоков транспортных средств. Недостаточно изученным является вопрос исследования обратных связей между параметрами припортового терминала, например, как оценка экологического воздействия может влиять на интенсивность входных грузопотоков, или какая взаимосвязь между неравномерностью входных грузопотоков и расстоянием между двумя терминалами. Следовательно, для повышения эффективности работы «сухого» порта и минимизации суммарных затрат на его строительство и функционирование необходимо исследовать взаимосвязи и систематизировать параметры «сухого» порта.

2.3 Исследование взаимосвязей и систематизация основных параметров «сухого» порта

Анализ связей параметров «сухого» порта показал, что связи отдельных пар параметров «сухого» порта широко изучены, однако, недостаточно исследованным является вопрос определения обратных связей между параметрами припортового терминала. Кроме того, отсутствует системный подход при исследовании влияния параметров друг на друга. Это позволяет выдвинуть гипотезу о достаточности определённого ограниченного набора основных параметров из-за наличия сильных связей между ними, представленных на рисунке 2.2, которые, в свою очередь, образуют систему основных параметров «сухого» порта, позволяющую максимально оценить эффективность функционирования припортового терминала и характеризующую основную часть затрат на строительство «сухого» порта и функционирование системы «морской порт – «сухой» порт»:

- λ , интенсивность грузопотоков и потоков транспортных средств, TEU/сут.;
- K_{ir} , коэффициент неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств;
- L , протяжённость трассы маршрута между морским и «сухим» портами, км;
- T_{tc} , пропускная способность транспортных коммуникаций, пар поездов/сут.;
- V , вместимость контейнерных площадок, TEU;
- n , перерабатывающая способность «сухого» порта, TEU/сут.;
- E_m , вариант размещения «сухого» порта, ед.;
- E_f , оценка экологического воздействия, ед.;
- G_c , капитальные затраты на строительство «сухого» порта, млн руб.;
- O_c , эксплуатационные затраты на функционирование системы «морской порт – «сухой» порт», тыс. руб./мес.

Для качественного доказательства выдвинутой гипотезы предлагается исследовать прямые и обратные взаимосвязи в системе основных параметров «сухого» порта.

Помимо параметров «сухих» портов, предлагается исследовать параметры морских терминалов, такие как масса, мощность и структура грузопотоков, их неравномерность. Кроме того, так как основной функцией «сухого» порта является повышение пропускной и перерабатывающей способностей морских терминалов, необходимым является рассмотрение системного взаимодействия морского порта и припортового терминала, а также учёт параметров морского терминала.

1. Интенсивность грузопотоков и потоков транспортных средств (λ).

Результаты статистического анализа интенсивности и неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств в транспортных узлах показывают, что с увеличением значения параметра «интенсивность грузопотоков и потоков транспортных средств» происходит снижение неравномерности этих грузопотоков в результате уменьшения их дискретности и приближения размера транспортно-грузовой партии к средней величине [82]. Такое явление наблюдается до момента исчерпания резервов пропускной способности и вместимости устройств транспортного узла, после чего, в результате задержек в переработке грузопотоков, происходит увеличение их неравномерности и снижение показателей качества грузовых перевозок [55]. Это, в свою очередь, приводит к увеличению операционных затрат из-за простоя транспортных и погрузочно-разгрузочных средств в системе.

Значение параметра «протяжённость трассы между морским и «сухим» портами» находится в обратной зависимости интенсивности грузопотоков и потоков транспортных средств. Увеличение интенсивности входных грузопотоков и потоков транспортных средств делает необходимым укорочение длины маршрута для обеспечения своевременности грузовых перевозок при наличии ограничений на пропускную способность транспортных коммуникаций.

В работе [205] рассматривается пример «сухого» порта «Schenker's general cargo terminal», располагающегося в 15 км от морского порта г. Гетеборга (Gothenburg), где отмечается увеличение числа железнодорожных челноков-шаттлов вдвое, по сравнению с припортовым терминалом «Åmål Transshipment Terminal Värmdal», обслуживающим данный морской терминал и располагающимся в 180 км от него.

Увеличить пропускную способность и удлинить маршрут для пропуска интенсивных грузопотоков возможно в результате значительных инвестиций, что, в свою очередь, возможно при наличии прогноза больших объёмов перевозок. Увеличение пропускной способности транспортных коммуникаций между морским и «сухим» портами предлагается осуществлять стандартными способами: строительством разъездов и обгонных пунктов, двухпутных электрифицированных железнодорожных линий, оборудованных автоблокировкой, удлинением приёмотправочных путей железнодорожных станций для железнодорожных перевозок, а также увеличением количества полос автодороги и численности парка автомобилей.

Увеличение интенсивности грузопотоков и потоков транспортных средств предполагает вариант потенциального места размещения припортового терминала на местности с менее благоприятными условиями. Под менее благоприятными условиями местности понимается большая разница в высотных отметках – рельефные условия, сейсмичность территории, геодинамический риск, условия залегания подземных и поверхностных вод, наличие крупных промышленных объектов. Выбор варианта размещения «сухого» порта на местности, характеризующейся увеличением капитальных расходов на проведение планировочных работ, обуславливается тем, что большие объёмы грузоперевозок позволяют быстро окупить более затратные варианты проекта строительства припортового терминала, с точки зрения расходов на подготовку местности для его размещения.

В исследовании [159] автор отмечает влияние роста грузооборота морского терминала г. Гётеборга на увеличение затрат на реновацию портовых территорий и утверждает, что данная зависимость между параметрами может быть учтена в стратегии стоимости жизненного цикла данного терминала.

Выбор местоположения припортового терминала характеризуется не только инженерно-геологическими условиями, но и параметрами его вместимости и перерабатывающей способности. Так как пропускная и перерабатывающая способности определяются вместимостью контейнерных площадок «сухого» порта, то эффективность обслуживания контейнеропотоков в «сухом» порту в значительной степени зависит от уровня организации технологических процессов и его технического оснащения [13].

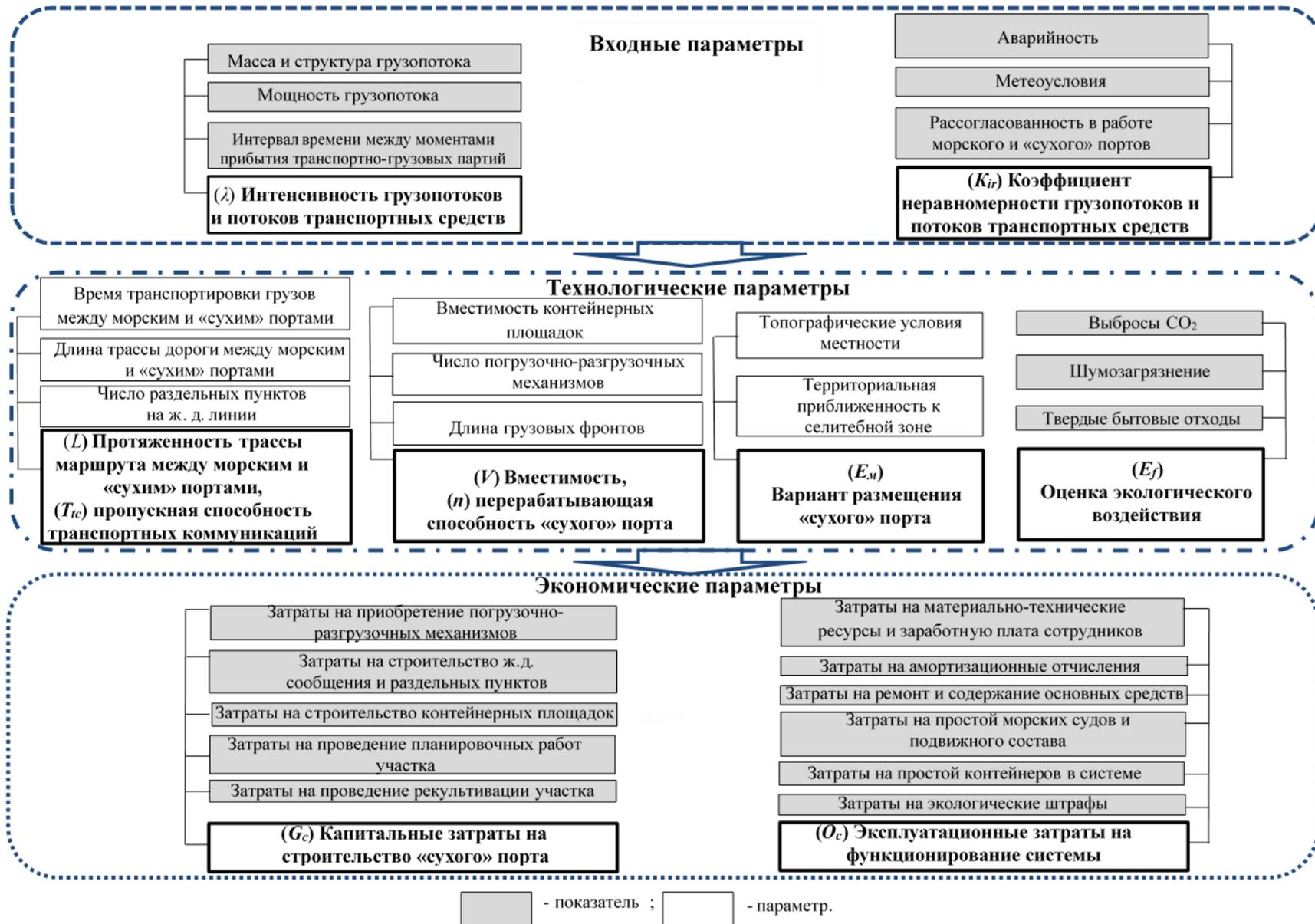


Рисунок 2.2 – Система основных параметров «сухого» порта

Рост интенсивности грузопотоков и потоков транспортных средств обуславливает увеличение значений параметров «вместимость контейнерных площадок» и «перерабатывающая способность «сухого» порта». Это, в свою очередь, обеспечивает потребное качество (своевременность) грузовых перевозок и определяет уровень его технической оснащённости. Данная взаимосвязь между параметрами глубоко изучена в ряде работ [82; 167; 172]. С одной стороны, растёт объём грузопереработки, с другой, увеличиваются капитальные затраты на строительство контейнерных площадок и приобретение погрузочно-разгрузочных средств. Увеличение грузопереработки в припортовом терминале позволит снизить суммарные затраты на простой транспортных и грузовых средств, а также позволит сохранить конкурентоспособность морского порта на рынке услуг, предлагаемых морскими терминалами, так как, как правило, операторы морских и сухопутных перевозок требуют, чтобы их транспортные средства (суда, железнодорожные вагоны, контейнеровозы) обрабатывались с максимальной производительностью и не находились в очереди в ожидании этого обслуживания [39].

При увеличении интенсивности грузопотоков и потоков транспортных средств возрастает экологическая нагрузка на район потенциального размещения припортового терминала. Увеличиваются показатели шумового загрязнения [148], растёт уровень загрязнения окружающей среды углекислым газом, который образуется, к примеру, из-за скопления автомобилей-контейнеровозов у контрольно-пропускного пункта припортового терминала [157]. Все это требует увеличения капитальных затрат для перехода на использование экологически чистого транспорта, например, железнодорожного, в целях снижения выбросов углекислого газа.

Таким образом, увеличение значения параметра «интенсивность грузопотоков и потоков транспортных средств» приводит к росту капитальных затрат на строительство контейнерной площадки, на приобретение погрузочно-разгрузочных средств и парка подвижного состава, на строительство транспортных коммуникаций. Более того, увеличиваются капитальные расходы, направленные на решение экологических проблем в месте размещения «сухого» порта.

Изменение операционных затрат напрямую зависит от увеличения интенсивности грузопотоков и потоков транспортных средств. Увеличение интенсивности грузопотоков и потоков транспортных средств повышает эксплуатационные расходы, связанные с простоем подвижного состава и грузов внутри предполагаемой системы, содержанием сооружаемой инфраструктуры, а также стоимость переработки единицы контейнера [172].

2. Коэффициент неравномерности грузовых потоков и потоков транспортных средств (K_{ir}).

Увеличение значения коэффициента неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств уменьшает их интенсивность и приводит к росту дискретности потоков

[96]. Данная зависимость характерна для массовых грузопотоков, которые характеризуются относительной стабильностью, стационарностью, периодичностью, ритмичностью, но одновременно значительной неравномерностью [33; 192; 58].

Значение параметра «протяжённость трассы между морским и «сухим» портами» находится в обратной зависимости от коэффициента неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств. Увеличение коэффициента неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств делает по экономическим соображениям необходимым размещение «сухого» порта на более близком расстоянии от морского порта [82], так как увеличение коэффициента неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств приводит к образованию простоев транспортных средств и контейнеров в системе [82], что влечёт за собой финансовые потери припортового терминала и снижение своевременности грузовых перевозок [156].

Кроме того, обеспечение своевременности грузовых перевозок в периоды сгущения грузопотоков с меньшими затратами и увеличенной пропускной способностью транспортных коммуникаций возможно при размещении «сухого» порта вблизи к морскому.

Помимо затрат на обеспечение необходимой пропускной способности транспортных коммуникаций при высоких значениях коэффициента неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств, выбор варианта размещения «сухого» порта характеризуется затратами на проведение планировочных работ. При увеличении коэффициента неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств рассматривается вариант размещения «сухого» порта на площадке с благоприятными условиями. Данный выбор обуславливается тем, что в период высокой неравномерности происходит снижение прибыли от предлагаемых услуг на припортовым терминале [142], что, в свою очередь, увеличивает сроки окупаемости варианта строительства «сухого» порта. Увеличение расстояния или выбор площадки с менее благоприятными топографическими условиями возможен, если удовлетворение требований грузовладельцев в своевременных перевозках компенсируется повышенной платой [82].

Одновременно с выбором потенциального места размещения припортового терминала рассматриваются значения параметров «вместимость контейнерных площадок» и «перерабатывающая способность «сухого» порта». Переработка морским терминалом грузопотоков с большой неравномерностью требует выбора варианта сооружения «сухого» порта большей вместимости и увеличенной перерабатывающей способности, что является необходимым при повышении качества (своевременности) доставки грузов [82]. Взаимосвязь между данными параметрами глубоко изучена в работах [67; 56; 41].

Увеличение коэффициента неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств повышает экологическую нагрузку на потенциальный район размещения припортового

терминала. Образуются заторы у въездов «сухого» порта, что повышает объёмы выбросов автомобилями в окружающую среду [227].

3. Протяжённость трассы маршрута между морским и «сухим» портами (L).

Удлинение маршрута, если не брать в расчёт пропускную способность транспортных коммуникаций, ограничивает интенсивность грузопотоков и потоков транспортных средств «сухого» порта в результате увеличения времени транспортировки, что потенциально снижает своевременность перевозок, а также увеличивает суммарные транспортные расходы [81].

Однако существует ряд случаев, когда припортовый терминал с низкой интенсивностью грузопотоков и потоков транспортных средств расположен на большом расстоянии от морского порта (от 450 км и более) из-за отсутствия свободных территорий для строительства контейнерного терминала. Данная проблема, например, характерна для Китайской Народной Республики, где в адрес «сухих» портов, удалённых на 500–2000 км от морских терминалов, поступают грузопотоки с низкой интенсивностью грузопотоков и потоков транспортных средств, что приводит к увеличению затрат на доставку грузов внутри страны [211].

Значение коэффициента неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств увеличивается в зависимости от протяжённости маршрута. Чем длиннее маршрут, тем выше вероятность возникновения нештатных ситуаций при организации железнодорожных перевозок, что приводит к образованию задержек, простоев транспортных средств и соответствующему увеличению коэффициента неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств [6].

При увеличении значения параметра «протяжённость трассы между морским и «сухим» портами» между морским портом и предполагаемым вариантом размещения припортового терминала необходимо обеспечивать достаточную пропускную способность транспортных коммуникаций для своевременной доставки грузов между морским и «сухим» портами [166].

Вариант сооружения припортового терминала характеризуется не только затратами, связанными с повышением пропускной способности, но и затратами на проведение планировочных работ. При увеличении длины маршрута необходимо выбирать вариант размещения «сухого» порта на местности, характеризующейся меньшими затратами на планировочные работы.

Определение геометрических параметров «сухого» порта, а также параметра его технической оснащённости имеет обратную взаимосвязь со значением параметра длины маршрута. При удлинении транспортных коммуникаций происходит снижение вместимости и перерабатывающей способности планируемого припортового терминала. Данная взаимосвязь между параметрами характерна для «сухих» портов удалённого типа, более 1000 км, располагающихся, как правило, на приграничных участках, у которых основной целью является

перегрузка контейнеров с подвижного состава разной ширины железнодорожной колеи и формирование грузовых поездов по различным зарубежным направлениям [211; 199].

Удлинение маршрута между морским портом и припортовым терминалом предполагает повышение экологической нагрузки на потенциальный район размещения «сухого» порта. К примеру, увеличение значения параметра «протяжённость трассы между морским и «сухим» портами» приводит к увеличению уровня выбросов углекислого газа, производимого автомобилями-контейнеровозами, обеспечивающих доставку контейнеров между двумя площадками [143; 149].

Увеличение значения параметра «длина маршрута» требует больших капитальных затрат на строительство железнодорожной линии и железнодорожных разъездов.

Удлинение маршрута повышает операционные затраты, связанные с содержанием транспортных коммуникаций, увеличивает амортизационные отчисления и затраты на силовую энергию (дизельного топлива для локомотивов).

4. Пропускная способность транспортных коммуникаций (T_{tc}).

Увеличение пропускной способности транспортных коммуникаций между морским и «сухим» портами предлагается осуществлять стандартными способами: строительством разъездов и обгонных пунктов, двухпутных электрифицированных железнодорожных линий, оборудованных автоблокировкой, удлинением приёмоотправочных путей железнодорожных станций – для железнодорожных перевозок.

Наращивание пропускной способности транспортных коммуникаций требует увеличения интенсивности грузопотоков и потоков транспортных средств для обеспечения экономической эффективности эксплуатации этих коммуникаций.

Увеличение пропускной способности транспортных коммуникаций позволяет перерабатывать грузопотоки с высокой неравномерностью, вызванной проведением ремонтных работ, длительностью временных «окон» для подачи подвижного состава из морского порта в «сухой» и т.д. [29], что, в свою очередь, является актуальным для крупных по контейнерообороту морских портов. Это повышает своевременность грузовых перевозок и минимизирует простои транспортно-грузовых средств в системе.

Наращивание пропускной способности транспортных коммуникаций предусматривает удлинение маршрута между морским портом и припортовым терминалом при варианте его сооружения со значительным объёмом инвестиций. Данное действие направлено на обеспечение своевременности грузовых перевозок. Однако, при увеличении пропускной способности возможен вариант укорочения маршрута между морским и «сухим» портом. В работе [141] отмечено, что при расположении «сухого» порта в г. Уйванге в 25 км от морского порта г. Сеула и проведении мероприятий, направленных на повышение пропускной способности

железнодорожной линии, был отмечен рост количества железнодорожных челноков-шаттлов до 36 пар поездов в сутки. Это объясняется тем, что при резком увеличении входных грузопотоков в морской порт, портовыми менеджерами удалось найти поблизости от него участок для строительства припортового терминала, что, в свою очередь, позволило обеспечить своевременность грузовых перевозок и снизить простои транспортных средств.

При увеличении пропускной способности проектного варианта «сухого» порта предлагается рассматривать вариант его размещения на местности с менее благоприятными условиями, так как рост пропускной способности позволяет принимать грузопотоки больших объёмов, что, в свою очередь, обеспечивает увеличение показателя грузооборота морского порта и обуславливает общий рост экономической прибыли от функционирования системы.

Увеличение пропускной способности транспортных коммуникаций предполагает повышение вместимости и перерабатывающей способности «сухого» порта для обеспечения своевременной переработки грузопотоков.

При увеличении пропускной способности транспортных коммуникаций возрастает количества пар поездов, проходящих через перегон, что, в свою очередь, увеличивает штрафы за выбросы оксида углерода и диоксида азота [225].

Повышение пропускной способности увеличивает капитальные затраты, связанные со строительством разъездов и обгонных пунктов, двухпутных электрифицированных железнодорожных линий, оборудованных автоблокировкой, удлинением приёмоотправочных путей железнодорожных станций – для железнодорожных перевозок, а также увеличивает эксплуатационные расходы связанные с содержанием инфраструктуры.

5. Вариант места размещения «сухого» порта (E_m).

При ограниченных возможностях повышения пропускной и перерабатывающей способности морского порта в силу его размещения в границах селитебной зоны, управление морского терминала зачастую принимает решение о необходимости поиска места для размещения припортового терминала, а группа разработчиков-проектировщиков занимается изучением вопросов, связанных с местоположением и оказывающих влияние на проект объекта (география местности, топография участка). Работы по исследованию ландшафта местности требуются для оценки капитальных затрат на выполнение планировочных работ [196]. Ландшафт планируемого места размещения «сухого» порта может быть ограничен различными факторами, например, большой разницей в отметках высот, наличием проблемных грунтов и т. д. Набор таких факторов определяет участки с неблагоприятными условиями для строительства «сухого» порта. В связи с этим оценку территории предлагается проводить через расчёт затрат на выполнение инженерно-геологических работ за 1 м³. Точка на местности, характеризующаяся

определённой величиной затрат на выполнение таких работ, определяет вариант размещения «сухого» порта.

При размещении «сухого» порта на местности с менее благоприятными условиями ограничивается рост интенсивности грузопотоков и потоков транспортных средств. Например, большой руководящий уклон железнодорожного пути делает невозможным принятие грузопотоков с высокой интенсивностью в силу снижения скорости движения железнодорожных составов [217].

Размещение припортового терминала на местности с менее благоприятными условиями предполагает увеличение значения коэффициента неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств из-за более высокого риска возникновения аварийных ситуаций и сбоев в работе. Например, регулярная сейсмическая активность увеличивает значение коэффициента неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств в морских портах [110], что, в свою очередь, отрицательно влияет на функционирование «сухого» порта, возникают сбои в технологических операциях, образуются простои погрузочно-разгрузочных средств и транспортных средств.

При варианте расположения «сухого» порта на местности со сложным рельефом, удлинении маршрута и увеличении пропускной способности транспортных коммуникаций предполагается выполнение большего объёма планировочных работ [89].

Вариант размещения «сухого» порта на территории с менее благоприятными условиями уменьшает значения параметров «вместимость контейнерных площадок» и «перерабатывающая способность «сухого» порта». Например, вместимость контейнерных площадок «сухого» порта может быть ограничена наличием санитарной зоны или проблемных грунтов [206].

При варианте расположения припортового терминала на местности с менее благоприятными условиями усиливается экологическая нагрузка на район размещения «сухого» порта. При сложных территориальных условиях оказывается больше воздействия на окружающую среду техникой для проведения планировочных работ [168].

Величина капитальных затрат напрямую зависит от варианта места размещения «сухого» порта. Чем менее благоприятны условия местности для потенциального размещения припортового терминала, тем выше капитальные расходы, направленные на подготовку территории: срезку холмов, засыпку оврагов, больших траншей, котлованов, старых русел рек, ручьёв и каналов. Например, при выполнении инженерно-геологических работ на месте размещения «сухого» порта Хоргос, проектируемый район был отнесён к зоне девятибалльной сейсмичности, а также были выявлены зоны формирования селевых потоков, что, в свою очередь, повлекло увеличение затрат на строительство защитных сооружений на реке Хоргос, сооружено канализационное русло, осуществлено укрепление берегов габионами [65].

б. Вместимость контейнерных площадок (V) и перерабатывающая способность «сухого» порта (n).

Применительно к «сухому» порту его пропускная и перерабатывающая способности определяются вместимостью контейнерных площадок, а также количеством и технологией работы погрузочно-разгрузочных механизмов. Эффективность обслуживания контейнеропотоков в значительной степени зависит от уровня организации технологических процессов и технического оснащения припортового терминала [13]. Поэтому для обеспечения требуемого качества перевозок при увеличении интенсивности грузопотоков и потоков транспортных средств морского порта необходимо сооружать «сухой» порт с высоким уровнем технической оснащённости, соответственно, больших размеров.

Увеличение значений параметров «вместимость контейнерных площадок» и «перерабатывающая способность «сухого» порта» подразумевает рост интенсивности грузопотоков и потоков транспортных средств. Данная зависимость параметров обуславливается тем, что расширение площадей, предполагаемых контейнерных площадок и количества погрузочно-разгрузочных средств позволят своевременно принимать и обрабатывать входящие интенсивные грузопотоки. Однако, это приводит к увеличению капитальных затрат на строительство площадок для хранения контейнеров и на приобретение погрузочно-разгрузочных средств.

Коэффициент неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств находится в обратной зависимости от параметра их интенсивности. Увеличение вместимости и перерабатывающей способности предполагаемого припортового терминала обуславливает снижение значения параметра коэффициента неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств в результате сглаживания неравномерных грузопотоков в целях сокращения простоев и задержек транспортных средств и грузов [82].

При увеличении вместимости и перерабатывающей способности предполагаемого припортового терминала становится рациональным размещать «сухой» порт на более коротком расстоянии от морского, поскольку в этом случае система «морской порт – «сухой» порт» сможет принять и обработать своевременно больше грузов [204] при меньших капитальных затратах на увеличение пропускной способности транспортных коммуникаций между портами.

При увеличении вместимости контейнерных площадок и перерабатывающей способности предполагаемого варианта строительства «сухого» порта наиболее рациональным решением является повышение пропускной способности транспортных коммуникаций. Чем больше грузопотока будет пропущено, тем вместительней должны быть контейнерные площадки с высоким уровнем их технического оснащения для последующей обработки и хранения контейнеров [141].

Увеличение значения параметров «вместимость контейнерных площадок» и «перерабатывающая способность «сухого» порта» предполагает вариант размещения припортового терминала на участке с более благоприятными условиями для строительства.

При увеличении вместимости «сухого» порта возрастает объем нарушенных земель, что, в свою очередь, требует их последующие восстановление, а при увеличении перерабатывающей способности «сухого» порта усиливается экологическая нагрузка за счёт выбросов в окружающую среду от работы погрузочно-разгрузочных средств на припортовом терминале [168].

Увеличение вместимости контейнерных площадок и перерабатывающей способности «сухого» порта обуславливает рост капитальных расходов на строительство площадок для хранения контейнеров, а также на приобретение погрузочно-разгрузочных средств (контейнерных козловых кранов, ричстакеров, автомобилей-контейнеровозов, обслуживающих припортовый терминал), необходимых для проведения погрузочно-разгрузочных работ.

Увеличение вместимости контейнерных площадок и перерабатывающей способности «сухого» порт повышает эксплуатационные затраты, связанные с содержанием инфраструктуры (затраты на материальные ресурсы, амортизацию погрузочно-разгрузочных средств, их ремонт и содержание).

7. Оценка экологического воздействия (E_f).

При выборе месторасположения «сухого» порта на этапе его стратегического планирования особое значение должен иметь фактор защиты окружающей среды, рассматриваемый в международных программах, направленных на охрану окружающей среды и формирование природоохранного законодательства [168].

Например, в «Программе глобальной инициативы по экономии топлива» [145] были спрогнозированы объёмы выбросов углекислого газа по отраслям до 2050 года, при этом сектор транспорта может составить порядка 35 %. Помимо выбросов углекислого газа автотранспортом, одним из постоянных источников загрязнения окружающей среды является шум от работы транспорта из-за работы автомобильных двигателей, ударов колёс подвижного состава железнодорожного транспорта о рельсовые стыки и т. д. Поэтому для снижения экологической нагрузки на регион размещения морского порта необходимо переносить работы по перевалки грузов в удалённый от жилых зон «сухой» порт [71].

Наличие высокого уровня экологической загрязнённости в месте размещения «сухого» порта ограничивает увеличение интенсивности и неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств. Например, наличие промышленных площадок, оказывающих существенное шумовое воздействие на окружающую среду, делает недопустимым размещение «сухого» порта в границах данной местности с высокими показателями интенсивности и

неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств [199], что, в свою очередь, может привести к возникновению простоев автомобильного и железнодорожного подвижного состава на территории «сухого» порта, и, в последующем, увеличить объёмы выбросов углекислого газа в окружающую среду, а также повысить шумовое загрязнение.

Наличие неблагоприятной экологической обстановки в районе планируемого места размещения «сухого» порта, например, при его размещении вблизи промышленных объектов [143], делает необходимым удлинение маршрута и увеличение пропускной способности для последующего снижения экологического воздействия на район размещения «сухого» порта.

При увеличении экологической нагрузки на район размещения «сухого» порта предлагается его располагать в более благоприятных условиях, т.к. последующие планировочные и земляные работы ещё больше наносят вреда окружающей среде [104].

Значения параметров «вместимость контейнерных площадок» и «перерабатывающая способность «сухого» порта» имеют обратную взаимосвязь со значением параметра «экологический фактор». При повышении экологической нагрузки на потенциальное месторасположение «сухого» порта предполагается снижение значений параметров «вместимость контейнерных площадок» и «перерабатывающая способность «сухого» порта». Рост перерабатываемого грузопотока способствует усилению неблагоприятного воздействия на окружающую среду вследствие, например, увеличения объёма твёрдых отходов, выбросов от транспортных и погрузочно-разгрузочных средств и т.д. [191].

Изменение экологического параметра «сухого» порта связано с изменением капитальных затрат и операционных расходов. Например, при увеличении вместимости «сухого» порта возрастают капитальные затраты на благоустройство участка размещения припортового терминала, а при увеличении перерабатывающей способности «сухого» порта увеличиваются экологические штрафы за выбросы вредных веществ погрузочно-разгрузочными средствами.

8. Капитальные затраты на строительство «сухого» порта (G_c) и эксплуатационные затраты на функционирование системы «морской порт – «сухой» порт» (O_c).

Наличие неограниченной вариативности значений основных параметров «сухого» порта характеризуется изменением затрат на его сооружение и функционирование всей системы. Например, увеличение вместимости и перерабатывающей способностей предполагаемого припортового терминала при высокой интенсивности грузопотоков и потоков транспортных средств, с одной стороны, увеличивает капитальные затраты на строительство «буферных» зон и приобретение погрузочно-разгрузочных средств, с другой, снижает операционные затраты, связанные с простоем транспортно-грузовых средств. Рост пропускной способности транспортных коммуникаций при удлинении маршрута позволяет повысить своевременность грузовых перевозок, с одной стороны, с другой, увеличить капитальные расходы на

строительство железнодорожной линии, а также на сооружение железнодорожных разъездов. Более того, при увеличении коэффициента неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств в систему и размещении «сухого» порта на местности с менее благоприятными условиями, растут операционные затраты, связанные с простоем транспортно-грузовых средств, что, в свою очередь, повышает экологическую нагрузку на район потенциального размещения припортового терминала и предусматривает рост капитальных затрат на приобретение более экологически чистого вида подвижного состава.

Проведённое исследование взаимосвязей и систематизации параметров «сухого» порта позволило установить прямые и обратные связи, таблица 2.3. Плюсы «+» и минусы «-» в таблице 2.3 обозначают установленные прямые и обратные зависимости между основными параметрами «сухого» порта.

Под прямой зависимостью «+» понимается увеличение зависимого параметра, под обратной «-» – уменьшение. E_m и E_f – качественные параметры, измеряемые в условных единицах, где «+» – ухудшение оценки параметра (усложнение топографических условий местности размещения «сухого» порта, усиление экологического воздействия на место размещения припортового), «-» – улучшение оценки параметра (облегчение и ослабление), соответственно.

Разработанная система основных параметров «сухого» порта позволяет управлять параметрами элементов припортового терминала при влиянии внешних факторов на параметры входных и выходных грузопотоков. Другими словами, разработанную систему основных параметров предлагается применять для оценки эффективности создаваемого «сухого» порта на уровне его стратегического управления, когда принимаются основные инвестиционные решения.

Помимо выявления качественных взаимосвязей между основными параметрами «сухого» порта, необходимо количественное исследование связей между представленными параметрами. Для количественного исследования взаимосвязей между основными параметрами «сухого» порта предлагается метод имитационного моделирования.

Следующий этап исследования системы основных параметров «сухого» порта связан с разработкой математической модели устойчивости и эффективности системы «морской порт – «сухой» порт», направленной на оценку корректности выбранных основных параметров «сухого» порта, и последующего её применения в качестве основы при построении имитационной модели и проведения оптимизационных экспериментов с имитационной моделью для расчёта оптимальных значений основных параметров «сухих» портов, при которых достигается состояние устойчивости их системы.

2.4 Математическая модель системы основных параметров «сухого» порта

Математическая модель системы основных параметров «сухого» порта в рамках данного исследования преследует две цели. Первая цель – оценить корректность разработанной системы основных параметров «сухих» портов, вторая цель – использовать математическую модель в качестве основы при построении имитационной модели и проведения оптимизационных экспериментов с имитационной моделью для расчёта оптимальных значений основных параметров «сухих» портов, при которых достигается состояние устойчивости системы основных параметров «сухого» порта [172]. Под устойчивостью понимается способность системы основных параметров «сухого» порта сохранять текущее состояние при влиянии внешних факторов (изменения значений интенсивности и неравномерности входных грузопотоков).

Обозначим значения основных параметров «сухого» порта как x_i , где $i = 1, \dots, N$ – условный порядковый номер параметра, $N = 10$ – общее число выбранных основных параметров «сухого» порта. Представим значение параметра x_i как некий запас, тогда динамика изменения запаса будет описываться уравнением взаимодействия потоков (F) двух направлений – входного (I) и выходного (O), рисунок 2.3.

$$\frac{dx_i}{dt} = FI_i - FO_i, \quad i = 1, \dots, N, \quad (2.1)$$

где FI_i – интенсивность увеличения значения i -го параметра;

FO_i – интенсивность уменьшения значения i -го параметра;

t – единица модельного времени, дни.

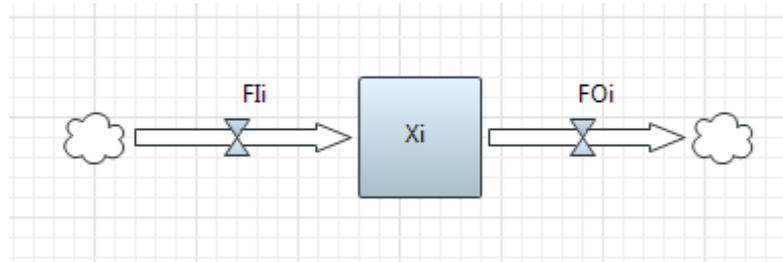


Рисунок 2.3 – Представление динамики i -го параметра динамической системы в виде совокупности запаса и потоков

В соответствии с гипотезой о взаимосвязи основных параметров «сухого» порта, интенсивность увеличения или уменьшения значений этих параметров, (запасов) x_i , рисунок 2.4 зависят от значений остальных параметров «сухих» портов x_j , где $j = 1, \dots, N$. Такое влияние в разработанной модели динамики параметров «сухого» порта задаётся увеличением или уменьшением интенсивности входного и выходного потоков. В результате этого изменяется значение параметра (запаса) x_i .

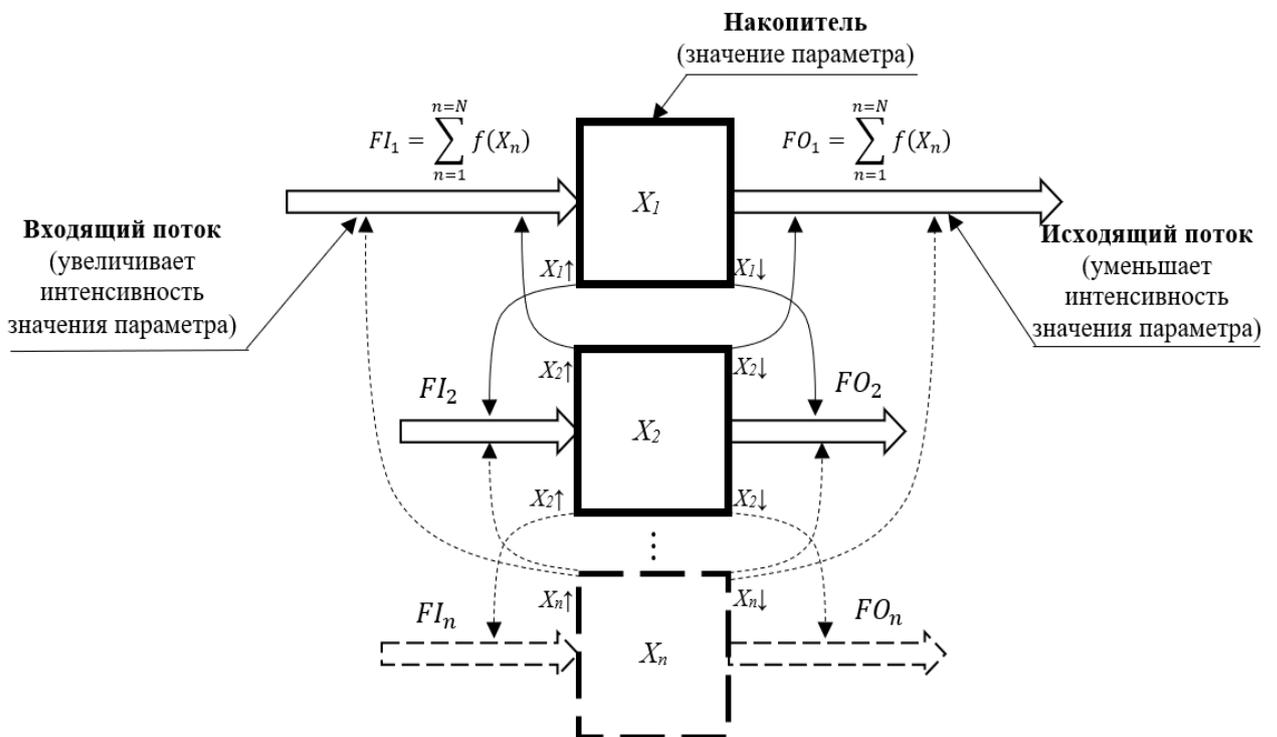


Рисунок 2.4 – Схема взаимосвязей между параметрами динамической системы

Интенсивность потоков F_i описывается уравнением

$$F_i = \sum_{j=1}^{j=N} \frac{f(x_j)}{T}, \quad (2.2)$$

где $f(x_j)$ – функциональная зависимость между параметрами x_i и x_j ;

T – расчётный период (период планирования), дни.

Выбор потока (I_i или O_i), на интенсивность которого влияет $f(x_j)$, определяется матрицей взаимосвязей параметров, представленной в таблице 2.1. Формализовано такая взаимосвязь запишется следующим образом,

$$FI_i = \sum_{j=1}^{j=N} \frac{s_{ij} f(x_j)}{T}, \text{ при } (s_{ij} > 0 \wedge x_{j,t} > x_{j,t-1}) \vee (s_{ij} > 0 \wedge x_{j,t} < x_{j,t-1}), \forall i = 1, 2, \dots, N, \quad (2.3)$$

$$FO_i = \sum_{j=1}^{j=N} \frac{s_{ij} f(x_j)}{T}, \text{ при } (s_{ij} < 0 \wedge x_{j,t} < x_{j,t-1}) \vee (s_{ij} < 0 \wedge x_{j,t} > x_{j,t-1}), \forall i = 1, 2, \dots, N, \quad (2.4)$$

где s_{ij} – значения коэффициентов взаимосвязи параметров системы (таблица 2.1). При положительном влиянии параметра j на параметр i , значение $s_{ij} = 1$, при отрицательном $s_{ij} = -1$, при $i = j$, $s_{ij} = 0$; $x_{j,t}$, $x_{j,t-1}$ – значения параметров системы, соответственно, в текущий и в предшествующий моменты расчётного периода T .

Выражения (3) и (4) определяют выбор потока (FI_i или FO_i), интенсивность которого изменяется в момент t в соответствии с функцией $f(x_j)$, а также в зависимости от увеличения или уменьшения значений параметров $x_{j,t}$ по сравнению с $x_{j,t-1}$ и значений коэффициентов s_{ij} .

Основным возмущающим фактором в исследуемой системе параметров является изменение интенсивности грузопотоков и потоков транспортных средств, которое задаётся величиной коэффициента неравномерности этих потоков. Поэтому для определения оптимальных значений основных параметров «сухого» порта, необходимо обеспечение устойчивости их системы в динамике. На устойчивость системы основных параметров «сухого» порта оказывают влияние разные факторы. Во-первых, так как основные параметры «сухого» порта взаимосвязаны друг с другом через прямые и обратные линейные связи, одним из факторов является некорректный выбор типа связи между парой параметров, что, в свою очередь, может вызывать дисбаланс в системе. Во-вторых, иррациональный выбор основных параметров «сухого» порта может привести к дисбалансу системы из-за неверного определения числа обратных связей между параметрами. Это, в свою очередь, создаёт препятствие при создании саморегулирующей системы основных параметров «сухого» порта. В-третьих, дисбаланс в системе основных параметров «сухого» порта может возникать при отсутствии откалиброванных значений коэффициентов линейных функциональных зависимостей между основными

параметрами «сухого» порта. Для решения данной проблемы необходима разработка алгоритма корректировки значений коэффициентов линейных функциональных зависимостей, позволяющего динамически подбирать оптимальные значения коэффициентов, характеризующиеся достижением устойчивости между основными параметрами «сухого» порта.

Для разработки алгоритма корректировки значений коэффициентов линейных функциональных зависимостей [172; 171], установленную взаимосвязь между парой параметров предлагается описывать с использованием линейной функциональной зависимости вида $s k x$, где $k > 0$, а коэффициент $s = 1$ ($s = -1$). Если взаимосвязь между парой параметров x_i и x_j прямая или обратная (положительная или отрицательная) и $s = 0$, то $i = j$. Описание сложной системы, которой является «сухой» порт, с использованием простых линейных функций вида $s k x$, позволяет выявить нелинейность в результатах функционирования элементов системы. Данный подход широко применяется при роевой оптимизации сложных систем [235; 208].

Таким образом, мы имеем матрицу знаков

$$S = \left\| s_{ij} \right\|_{i,j=1}^N, \quad (2.5)$$

где $s_{ii} = 0$ при $i = 1, \dots, N$. Далее, для входного FI и выходного FO потоков у нас имеется две матрицы коэффициентов, определяющие правую часть уравнения (2.1). Именно,

$$K^{(I)} = \left\| k_{ij}^{(I)} \right\| \quad \text{и} \quad K^{(O)} = \left\| k_{ij}^{(O)} \right\|, \quad (2.6)$$

где в обеих матрицах все коэффициенты положительны, кроме диагональных, которые равны нулю. Тогда уравнение (2.1) может быть записано в следующем виде:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1(t)}{dt} &= \frac{1}{T} \left(\sum_{j=2}^N S_{1j} k_{1j}^{(I)} x_j - \sum_{j=2}^N S_{1j} k_{1j}^{(O)} x_j \right) \\ \frac{dx_2(t)}{dt} &= \frac{1}{T} \left(\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 2}}^N S_{2j} k_{2j}^{(I)} x_j - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 2}}^N S_{2j} k_{2j}^{(O)} x_j \right) \\ &\dots\dots\dots \\ \frac{dx_i(t)}{dt} &= \frac{1}{T} \left(\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N S_{ij} k_{ij}^{(I)} x_j - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N S_{ij} k_{ij}^{(O)} x_j \right) \\ &\dots\dots\dots \\ \frac{dx_n(t)}{dt} &= \frac{1}{T} \left(\sum_{j=1}^{N-1} S_{nj} k_{nj}^{(I)} x_j - \sum_{j=1}^{N-1} S_{nj} k_{nj}^{(O)} x_j \right) \end{aligned} \quad (2.7)$$

Для каждой из матриц $K^{(I)}$ и $K^{(O)}$ имеются рассчитанные таблицы интервалов возможных значений коэффициентов:

$$K_{\text{int}}^{(I)} = \left\| k_{i,j,\min}^{(I)} \cdots k_{i,j,\max}^{(I)} \right\|_{i,j=1}^N \quad \text{и} \quad K_{\text{int}}^{(O)} = \left\| k_{i,j,\min}^{(O)} \cdots k_{i,j,\max}^{(O)} \right\|_{i,j=1}^N, \quad (2.8)$$

Разработанный алгоритм заключается в следующем: для данного начального распределения параметров и при начально-заданных матрицах $K^{(I)}$ и $K^{(O)}$ (матрица S фиксирована) мы, используя системы (2.7), получаем значения параметров x_i , где $i=1, \dots, N$, через расчётный период T .

Если все параметры через расчётное время остаются в заданных границах $[x_i^{\min} \dots x_i^{\max}]$, то алгоритм останавливается.

Если один или несколько значений параметров выходит за рамки заданных границ $\|x_i^{\min} \cdots x_i^{\max}\|$ $i=1, \dots, N$, осуществляется замена коэффициентов матриц $K^{(I)}$ и $K^{(O)}$, выбирая их из расчётных интервальных матриц.

$K_{\text{int}}^{(I)}$ и $K_{\text{int}}^{(O)}$ являются коэффициентами, позволяющими уменьшить влияние того ли иного параметра на параметр, значения которого находятся за пределами заданных границ $\|x_i^{\min} \cdots x_i^{\max}\|$.

Если параметр x_i через расчётный период T стал больше (меньше) заданного максимума (минимума), то осуществляется поиск максимального элемента в i -ой строке матрицы $K^{(I)}$ (матрицы $K^{(O)}$) (например, это j -й элемент), и после происходит замена коэффициента $k_{ij,\min}^{(I)}$ или на следующий после него, если $k_{ij}^{(I)} = k_{ij,\min}^{(I)}$ матрицы $K_{\text{int}}^{(I)}$ (соответственно, на коэффициент $k_{ij,\min}^{(O)}$ матрицы $K_{\text{int}}^{(O)}$). Прodelывая эту процедуру для каждого параметра, вышедшего за пределы заданных границ за расчётное время, мы получаем систему (2.7) с новыми коэффициентами матриц $K^{(I)}$ и $K^{(O)}$.

Далее, уже при новых матрицах $K^{(I)}$ и $K^{(O)}$ через расчётный период T осуществляется определение новых значений параметров. Если они находятся в заданных пределах, то разработанный алгоритм останавливается, если же нет, то процедура повторяется.

Таким образом, через определённое число шагов алгоритма достигается устойчивость системы основных параметров «сухих» портов с оптимальными значениями коэффициентов матриц $K^{(I)}$ и $K^{(O)}$, которые обеспечивают пребывание параметров x_i , $i=1, \dots, N$, в заданных границах через расчётный период T .

Вид функции $f(x_j)$ определяется для каждой пары параметров либо на основе известных зависимостей, либо в результате дополнительных исследований. Данные функциональные зависимости являются непрерывными. Например, зависимость между среднемесячной интенсивностью входного грузопотока в морской порт и его суточной неравномерностью может

быть построена по результатам статистических наблюдений и аппроксимирована линейной или нелинейной функцией.

Выражения (2.1) – (2.4) представляют систему дифференциальных уравнений. Поскольку исследуемая система является совокупностью множества прямых и обратных связей между параметрами «сухого» порта, то предполагается, что через определённый период моделирования данная система должна достигнуть устойчивого состояния. Если этого не происходит, то это говорит о наличии ошибок и неточностей в функциональных зависимостях $f(x_j)$ или принципиальных ошибок в значениях коэффициентов взаимосвязей системы параметров s_{ij} .

С точки зрения теории устойчивости, устойчивость системы основных параметров «сухого» порта заключается в способности затухания переходных процессов при изменении коэффициентов в линейных функциональных зависимостях. С использованием критерия устойчивости по виду переходной характеристики (переходного процесса), представленного на рисунке 2.5, можно утверждать об устойчивости системы, если переходный процесс затухает.

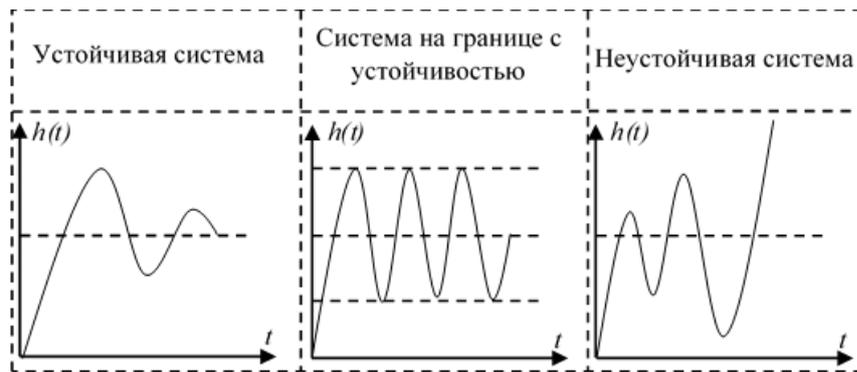


Рисунок 2.5 – Пример переходных характеристик системы для трёх основных режимов с точки зрения устойчивости ($h(t)$ - переходная характеристика системы) [47]

Применительно к решаемой задаче, критерием устойчивости является сумма дисперсий значений, исследуемых основных параметров, рассчитанная в течение периода моделирования T [193].

$$\sigma = \sum_{i=1}^{i=M} \frac{\sum_{t=1}^{t=T} (x_i^t - \bar{x}_i)^2}{T} \rightarrow \min, \quad (2.9)$$

где t – единица модельного времени (дни, месяцы, годы); T – длительность периода моделирования. Другими словами, устойчивость системы основных параметров сухого порта достигается в результате наличия системы прямых и обратных связей между их значениями.

После проверки системы основных параметров «сухих» портов на устойчивость, рационально определить такие значения параметров, при которых достигается максимальный экономический эффект при функционировании припортового терминала. В качестве целевой функции для этого предлагается использовать величину чистого дисконтированного дохода (NPV). Величина годовых затрат при расчёте NPV будет складываться из эксплуатационных затрат Z , и инвестиций в основные средства (капитальных затрат Z_k), сделанных в течение одного модельного года, то есть $O_c, k = O_c/A, G_c, k = G_c/A$, где $A = T/365$ – продолжительность периода моделирования (расчётного периода) в годах, O_c и G_c – сумма за весь период моделирования, соответственно, эксплуатационных и капитальных затрат. Величина годового результата определяется произведением числа переработанных за год контейнеров (объёма переработанного груза) и текущего тарифа за переработку. Целевая функция разработанной математической модели, максимизирующая величину NPV , определится по формуле

$$NPV = \sum_{k=1}^{k=A} \left(\frac{T \lambda r_k}{A} - (O_{c,k} + G_{c,k}) \right) \eta_k \rightarrow \max, \quad (2.10)$$

где λ – количество контейнеров, переработанных «сухим» портом в течение суток;

r_k – величина тарифа переработки одного контейнера, действующего в течение k -го года;

η_k – коэффициент дисконтирования.

Система ограничений, накладываемых на целевую функцию, имеет следующий вид:

$$\left(\begin{array}{c} x_{j \min} \leq \sum_{j=1}^{j=N} s_{ij} f(x_j) \leq x_{j \max} \\ \dots \\ x_{j \min} \leq \sum_{j=1}^{j=N} s_n f(x_n) \leq x_{n \max} \end{array} \right), \quad (2.11)$$

где $x_{j \min}, x_{j \max}$ – расчётные границы значений основных параметров «сухого» порта.

Исследование системы основных параметров «сухого» порта на устойчивость и эффективность предлагается производить при помощи системно-динамической имитационной модели. Системно-динамический подход позволяет строить системы дифференциальных уравнений, описывающих динамику сложных систем.

Выводы к главе 2

1. Исследование факторов, влияющих на функционирование «сухих» портов, показало, что припортовые терминалы состоят из множества взаимосвязанных элементов, выполняющих большое число функций, что, в свою очередь, говорит о сложности системы, которой является «сухой» порт. Предложено новое понятие «система морской порт – «сухой» порт» под которым понимается совокупность элементов морского и «сухого» портов, причалов, контейнерных площадок, складов временного хранения грузов, погрузочно-разгрузочных механизмов и грузовых фронтов, транспортных коммуникаций, закономерно связанных между собой и единым технологическим процессом, направленных на увеличение пропускной и перерабатывающей способностей морского порта. Установлено, что функции элементов «сухого» порта описываются большим числом параметров. Определено, что на параметры элементов припортового терминала оказывают влияние параметры входных и выходных грузопотоков, изменяющиеся под воздействием факторов внешней среды, таких как: социальный, инфраструктурный, экономический и экологический и прочие факторы. Проведённое исследование влияния установленных факторов на параметры «сухого» порта указало на наличие связей между отдельными параметрами или парами параметров припортового терминала. Недостаточно изученным является вопрос уточнения связей между отдельными параметрами или парами параметров «сухого» порта.

2. Анализ связей между параметрами «сухих» портов в исследованиях, посвящённых параметрам припортового терминала и в общепринятых методиках расчёта параметров показал, что в основном представлены связи между отдельными параметрами «сухого» порта или между парами параметров, отсутствует системный подход при их использовании. Кроме того, в основном изучены прямые связи между параметрами «сухого» порта. Недостаточно изученным является вопрос исследования обратных связей между параметрами припортового терминала.

3. Выполненный анализ связей параметров «сухих» портов позволил выдвинуть гипотезу о достаточности определённого ограниченного набора основных параметров из-за наличия сильных связей ними. Для качественного доказательства выдвинутой гипотезы выполнено исследование прямых и обратных взаимосвязей и систематизация параметров припортовых терминалов, позволившие разработать систему основных параметров «сухих» портов, оказывавших наибольшее влияние на величину инвестиционных затрат. Предложены следующие основные параметры «сухого» порта: λ – интенсивность грузопотоков и потоков транспортных средств, TEU/сут.; K_{ir} – коэффициент неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств; L – протяжённость трассы между морским и «сухим» портами, км; T_{tc} – пропускная способность транспортных коммуникаций, пар поездов/сут.; V – вместимость контейнерных

площадок, TEU; n – перерабатывающая способность «сухого» порта, TEU/сут.; E_m – вариант размещения «сухого» порта, ед.; E_f – оценка экологического воздействия, ед.; G_c – капитальные затраты на строительство «сухого» порта, млн руб.; O_c – эксплуатационные затраты на функционирование системы «морской порт – «сухой» порт», тыс. руб./мес.. Разработанная система основных параметров «сухого» порта позволяет управлять параметрами элементов припортового терминала при влиянии внешних факторов на параметры входных и выходных грузопотоков. Другими словами, систему основных параметров «сухого» порта предлагается применять для оценки эффективности создаваемого «сухого» порта на этапе его стратегического планирования, когда принимаются основные инвестиционные решения.

4. Для количественного исследования взаимосвязей между основными параметрами «сухого» порта и определения их корректности предлагается использование имитационного моделирования, в частности разработать системно-динамическую модель, которая позволит определять оптимальные усреднённые значения параметров «сухого» порта, при которых достигается их устойчивое состояние. Под устойчивостью понимается способность системы основных параметров «сухого» порта сохранять текущее состояние при влиянии внешних факторов (изменения значений интенсивности и неравномерности входных грузопотоков). Разработана математическая модель системы основных параметров «сухого» порта, позволяющая производить оценку устойчивости данной системы и корректности результатов имитационного моделирования.

3 ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ «МОРСКОЙ ПОРТ – «СУХОЙ» ПОРТ»

3.1 Выбор методов моделирования систем транспортного обслуживания морских портов

Одним из главных направлений при моделировании систем транспортного обслуживания морских портов в условиях их территориальных ограничений является определение оптимального географического местоположения объектов транспортно-логистической инфраструктуры и выбора их параметров на уровнях их стратегического и оперативного планирования, позволяющих, в свою очередь, повысить объём грузопереработки в морском порту и повысить своевременность грузовых перевозок [31].

В настоящее время современным подходом при решении задач выбора оптимального места размещения объектов транспортно-логистических комплексов является метод имитационного моделирования, позволяющий учитывать не только параметры потребителей и поставщиков, но и экологические и географические параметры, параметры материальных потоков, что подчёркивает его применимость в комплексных задачах при развитии объектов транспортно-логистической инфраструктуры (ТЛИ). Другими словами, под имитационным моделированием понимается специальный программный комплекс, который позволяет имитировать деятельность какого-либо сложного объекта [56]. Кроме того, характерным преимуществом имитационного моделирования является гибкость построения моделей, возможность их масштабирования и наглядность, позволяющая с наименьшими трудозатратами понять принцип их построения и разработки.

Преимуществами метода имитационного моделирования являются гибкость модели, возможность учёта различных факторов, масштабируемость исследуемого объекта и наглядность процесса моделирования и его результатов [31; 100]. Отсутствие необходимости использования сложных аналитических зависимостей между параметрами имитационной модели сокращает время моделирования [48].

В работе [36] Р.Г. Король предлагает дискретно-событийную имитационную модель работы железнодорожной припортовой станции и «сухого» порта при изменении параметров входного вагонопотока. Введение «сухого» порта в имитационную модель позволило повысить пропускную и перерабатывающую способности припортовой железнодорожной станции путём

использования методики распределения грузопотока между морским портом и припортовым терминалом.

Ю.Н. Панова в своих исследованиях [69] предлагает имитационные дискретно-событийные модели контрольно-пропускного пункта и железнодорожного грузового фронта «сухого» порта для автоматизированного анализа их параметров при изменении внешних воздействий. Введение «сухого» порта в имитационную модель позволило повысить пропускную и перерабатывающую способности морского порта.

В работе [51] М.О. Малыхин для определения рационального количества подвижного состава в целях обеспечения дополнительного транспортного звена и последующей оптимизации затрат при покупке или аренде подвижного состава, необходимого для обеспечения грузовых перевозок между морским и «сухим» портами, предлагает использование дискретно-событийной имитационной модели технологии железнодорожных перевозок «блок-поездов».

В. Хенту (V. Henttu) в работе [143] предлагает использование метода имитационного моделирования. Выбор места размещения «сухого» порта в такой модели производится в результате оценки множества имитационных экспериментов по критерию минимума суммарных транспортных затрат. Кроме того, построенная в работе дискретно-событийная имитационная модель «сухого» порта позволяет оценить его воздействие на ряд дополнительных факторов внешней для порта среды, в частности, рассчитать объем выбросов в окружающую среду при использовании локомотивов с тепловой и электрической тягой [49].

В работе [133] Е. Фраззон (E. Frazzon) для анализа технологических процессов в Бразильских морских терминалах и изучения поведения улично-дорожных сетей, примыкающих к портам, дискретно-событийную имитационную модель интеллектуальной интеграции системы «морской порт – хинтерлэнд». Разработанная имитационная модель позволяет оценивать загруженность улично-дорожных сетей, примыкающих к морским портам в периоды увеличения значений интенсивности и неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств в адрес системы, а также вычислять количество подвижного состава, ожидающего вблизи контроль-пропускных пунктов системы.

Как показывает практика, дискретно-событийное моделирование является эффективным подходом при решении задач воспроизведения сетевых структур цепей поставок и передвижения динамических объектов (грузопотоков, транспортных средств), позволяет измерять время, стоимость логистических процессов, проводить анализ узких мест [41].

Более того, данный подход позволяет детально описывать конфигурации и топологию объектов транспортно-логистической инфраструктуры на оперативном уровне их управления, с высоким уровнем детализации и уточнением их параметров [167]. Это является необходимым при определении конфигурации системы и уточнении проекторочных решений, связанных с

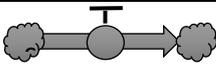
выбором стратегий транспортировки, распределением грузопотоков в контексте комплексного решения по формированию тактической оптимизации цепи поставок [46; 17].

Однако «сухой» порт по своей структуре является сложной системой, основными чертами которой в транспортно-логистической сфере являются способность к неограниченному расширению путём включения новых звеньев, динамичность и недетерминированность [105]. В результате взаимодействия элементов «сухого» порта посредством большого числа его параметров и внешних факторов, влияющих на значения параметров припортового терминала во времени, возникают обратные связи, нарушающие линейные причинно-следственные цепочки; временные задержки в реакциях системы и окружающей среды [16].

Для исследования сложности системы предлагается применение метода системной динамики, разработанного Джейм Форрестером в 1950-х годах [132]. Данный метод предназначен для решения проблем управления и исследования сложных систем на основе построения графических диаграмм причинных связей и глобальных влияний одних параметров модели на другие во времени [32]. Кроме того, метод системной динамики использует стандартный фундаментальный петлевой подход для создания качественных моделей системы, которые используются для определения динамических гипотез [209].

Одним из основных преимуществ данного метода является его универсальность, заключающаяся в стандартном наборе элементов системной динамики, таблица 3.1. Это даёт возможность его использования в различных областях, к примеру, в государственной политике, здравоохранении, автомобильной промышленности, управлении цепями поставок и т.д.

Таблица 3.1 – Элементы системной динамики

Название элемента	Символ	Описание элемента	Пример области использования
Накопитель (англ. stock)		Элемент, который аккумулируется или уменьшается с течением времени	Вместимость морского порта
Поток (англ. flow)		Элемент, влияющий на состояние (вместимость) накопителя	Входящие и выходящие потоки грузов и транспортных средств в морском порту
Переменная (англ. variable)		Элемент, изменяющийся мгновенно (без накопления)	Затраты на хранение контейнеров в морском порту
Соединение (англ. connection)		Элемент, указывающий на взаимосвязи между накопителями, потоками и переменными	–

Применительно к проблемам развития транспортно-логистической инфраструктуры (ТЛИ), системно-динамический подход позволяет решать задачи, связанные с прогнозированием значений параметров объектов ТЛИ и определением взаимосвязей между ними, что является первостепенной задачей на уровне их стратегического управления, когда принимаются принципиальные инвестиционные решения, исправить которые в дальнейшем бывает затруднительно [81].

В работе [31] автор разрабатывает системно-динамическую имитационную модель формирования логистической инфраструктуры, позволяющую проводить исследование системы факторов, влияющих на размещение логистических центров, в динамике и получать прогнозные значения параметров региона потенциального размещения логистических центров [27].

Работа [42] посвящена созданию системно-динамической модели формирования региональной сети контейнерных терминалов, учитывающей большое количество параметров: объёмы и среднюю дальность перевозок различными видами транспорт, динамику совокупного спроса на грузовые перевозки в регионе, определяемую объёмом промышленного производства.

Авторы в работе [27] доказывают, что в условиях высокой степени неопределённости внешней среды и большого числа факторов, определяющих поведение логистической системы транспортного узла, лучшим подходом является использование инструментария системной динамики и имитационного моделирования.

В работе [5] разработана системно-динамическая модель промышленного предприятия, состоящая из трёх модулей: «технологический» процесс», «управление запасами предприятия» и «экономические показатели предприятия», которые, в свою очередь, имеют группы взаимосвязанных параметров. Данная модель позволяет рассчитывать основные экономические показатели работы предприятия и проводить оценку мероприятий, направленных на повышение эффективности его функционирования.

Для определения спроса на логистические услуги в динамике в мегаполисах на примере г.Пекин [187] авторы предлагают использование системно-динамической модели, основанной на учёте множества социально-экономических, экологических и инфраструктурных факторов.

В области повышения пропускной способности морских портов авторы предлагают применять системно-динамическую имитационную модель, отражающую взаимосвязи между инвестициями, направленными на развитие портовой инфраструктуры, вместимостями морских портов, оценками вкладов морских портов в экономическое развитие регионов их месторасположения и многими другими факторами [134].

Для принятия решения о строительстве «сухого» порта авторы в работе разработали системно-динамическую модель, позволяющую анализировать спрос на потенциальные контейнерные перевозки с учётом комбинации следующих параметров и факторов: внешних

факторов, влияющих на морской контейнерный трафик и вместимость «сухого» порта, объемов перевозимых грузопотоков по суши и морю из портов Северной Европы [124].

Как показывает анализ рассмотренных работ, для исследования взаимосвязи усреднённых значений параметров и внешних факторов, влияющих на развитие объектов транспортно-логистической инфраструктуры в динамике, наиболее рациональным подходом имитационного моделирования является системно-динамический подход.

Однако существует ряд недостатков при использовании данного подхода. При большом количестве исследуемых параметров и факторов теряется наглядность имитационной модели, возникают вопросы о получениях взаимосвязей, утрачивается универсальность использования системно-динамического подхода. Более того, отсутствует масштабирование модели, что является приоритетной задачей на уровне стратегического управления системы, когда принимаются основные инвестиционные решения при строительстве объектов ТЛИ. А при включении новых параметров и показателей в ранее разработанную имитационную модель увеличиваются трудозатраты на её построение, а также снижается адекватность модели, возникают различия между теоретической и практической реализации имитационной модели.

В настоящее время современным подходом к моделированию сложных систем является агентное моделирование. В агентном моделировании акцент делается на выделении индивидов в системе – «агентов» (например, параметров объектов ТЛИ) и их взаимодействии друг с другом и окружающей их средой [46]. Агент – активный элемент системы, обладающий известной автономностью и способностью самостоятельно принимать решения, опираясь на имеющуюся у него информацию о состоянии среды и действиях других агентов, агент может быть интеллектуальным [46], обучающимся на своём опыте [108; 125].

Основная цель агентных моделей заключается в анализе закономерностей и тенденций в поведении, динамических свойствах системы, исходя из предположений об индивидуальном, частном поведении её отдельных активных объектов и взаимодействии этих объектов в системе [53].

Л. Гамбарделла (L. Gambardella) в работе [135] предлагает агентную модель работы припортового терминала для оценки коэффициента использования погрузочно-разгрузочных механизмов. Разработанная имитационная модель позволяет рассчитывать эксплуатационные затраты на материальные ресурсы, потребляемые погрузочно-разгрузочными механизмами с учётом изменения интенсивности поступающих грузопотоков и потоков транспортных средств за счёт стохастичности спроса на услуги «сухого» порта. Отличительной особенностью разработанной модели является её масштабируемость, варьируемая от прогноза спроса на услуги «сухого» порта до моделирования работы погрузочно-разгрузочных механизмов в припортовом терминале.

В работе [108] М. Абуррайя (М. Абулгаја) разработал агентную модель работы припортовой железнодорожной станции морского порта Лехаврэ (г. Гавр, Франция) для решения проблем оперативного управления контейнерными кранами на грузовых фронтах станции. Автор предлагает использования следующих агентов: агенты оперативного управления припортовой станцией, принимающие краткосрочные плановые решения по интенсивности входных грузопотоков и потоков транспортных средств и определяющие распределение подвижного состава и погрузочно-разгрузочных по грузовым фронтам; агенты тактического планирования, планирующие внутривортовые контейнерные перевозки (среднесрочные плановые решения) путём определения необходимого количества железнодорожных челноков-шаттлов и учёта характеристик контейнеров (таких как тип контейнера и его направление); агенты транспортного планирования, которые формируют контейнерные грузовые поезда и планирует даты их прибытия и отправления из мультимодального терминала, координируя участников перевозочного процесса и маршрутов движения в морской порт Лехавре.

Таким образом, одним из основных преимуществ агентного моделирования является возможность масштабирования имитационной модели, что является необходимым на различных уровнях управления объектами транспортно-логистической инфраструктуры. К примеру, на стратегическом уровне управления морского порта, когда управлением морского терминала прорабатываются управленческие решения, направленные на достижение долгосрочных стратегических целей организации, в частности, развития объектов морской портовой инфраструктуры, предлагается прогнозирование усреднённых значений параметров объекта на долгосрочный период с использованием комбинированного агентного и системно-динамического подхода. Вместе с тем, на уровне оперативного управления системы «морской порт – «сухой» порт», когда необходимо решение многократно повторяющихся задач, а также быстрое реагирование на изменения параметров входных и выходных грузопотоков, предлагается комбинировать агентный и дискретно-событийный подходы. Такая комбинация позволяет с высокой степенью детализации оценивать эффективность функционирования системы и оперативно реагировать на изменения во внешней среде.

По результатам анализа методов моделирования систем транспортного обслуживания морских портов можно сделать вывод о том, что в настоящее время учёными в транспортной области используется ряд сложных экономико-математических методов: аналитические методы, методы оптимизации на основе линейного и нелинейного программирования, а также эвристические методы. Установлено, что для исследования влияния факторов на параметры объектов транспортно-логистической инфраструктуры в динамике и прогнозирования их усреднённых значений учёными в транспортной области широко применяется подход системной динамики в комбинации с имитационным моделированием. Вместе с тем, для выбора

оптимального места размещения «сухих» портов широко используется дискретно-событийное моделирование (процессный подход). Однако рассмотренные методы имеют ряд недостатков, таких, как потеря наглядности модели при исследовании большого числа параметров и факторов, недостаточная универсальность из-за многочисленных изменений конфигурации имитационных моделей, отсутствие возможности оперативного масштабирования имитационных моделей для изучения их параметров с учётом различных факторов социально-экономической среды регионов размещения объектов транспортно-логистической инфраструктуры.

Для исключения данных недостатков предлагается комбинация данных подходов и агентного моделирования. Дальнейшим шагом исследования для оценки устойчивости основных параметров «сухого» порта предлагается разработка агентной системно-динамической имитационной модели основных параметров «сухого» порта, позволяющей оценить корректность описания прямых и обратных связей в системе основных параметров «сухого» порта.

3.2 Агентная системно-динамическая имитационная модель основных параметров «сухого» порта

В настоящее время метод имитационного моделирования широко применяется в практике научно-исследовательских работ. В основном, это связано с наличием эффективного и удобного инструментария для построения имитационных моделей и проведения с ними экспериментов.

Однако наибольшее число существующих программных систем имитационного моделирования, таких как Arena, GPSS, Simprocess, Extend, FlexSim, Extend, ProModel, Witness, Taylor, AutoMod, QUEST и т.п., поддерживают только одну парадигму построения имитационных моделей и не имеют опции использовать современный объектно-ориентированный подход к описанию моделей.

Для задач, связанных с исследованием динамики основных параметров «сухого» порта, а также определением их усреднённых значений, предлагается использование программной среды AnyLogic, в которой реализуется возможность комбинирования трёх подходов имитационного моделирования: системно-динамического, дискретно-событийного и агентного.

Основное преимущество агентного подхода заключается в том, что добавление нового фактора или параметра не приводит к усложнению модели. Выбор агентного подхода обуславливается возможностью масштабирования имитационной модели, что является необходимым на различных уровнях управления «сухим» портом.

При использовании агентного подхода в программном продукте AnyLogic 8.5.1 параметры «сухого» порта предлагается представлять в виде агентов, имеющих взаимосвязь друг с другом.

Особенностью построения комбинированной имитационной модели является создание популяции агентов-параметров с одинаковой структурой агента, входящих в него блоков системной динамики и идентичной внутренней средой, а также возможностью передачи сообщений между агентами-параметрами и их последующей обработкой, рисунок 3.1. Кроме того, разрабатываемая имитационная модель является универсальной и может быть использована для определения оптимальных значений параметров различных объектов транспортно-логистической инфраструктуры.

Системно-динамический подход как метод имитационного моделирования включает в себя два основных элемента моделируемой системы, которые отражают процессы, происходящие в реальном мире: накопители (значения основных параметров «сухого» порта) представляют накопления величин внутри системы и задают статическое состояние моделируемой системы, их значения изменяются с течением времени согласно существующим в системе потокам; потоки характеризуют интенсивность изменения накопителя и разделяются на входящие и исходящие. Входящие в накопитель потоки увеличивают его значение, а исходящие из него потоки, соответственно, уменьшают. Таким образом, потоки задают динамику системы, которые имитируют преобразованные значения запасов (параметров «сухого» порта) в интенсивности потоков.

Внутренняя среда агента-параметра преимущественно состоит из блоков системно-динамической библиотеки программной среды AnyLogic:

- события «sendMessage», отвечающие за передачу сообщений между агентами-параметрами об изменении их значений; «changeCoefficientInFlowPlus», реализующие корректировку коэффициентов линейных функциональных зависимостей;
- «connections», элемент внутренней среды агента, который содержит связи с контактами этого агента-параметра и задаёт настройки взаимодействия, выполняющий функцию приёма и передачи сообщений;
- входящий «FI» и исходящий «FO» потоки, изменяющие интенсивность изменения значения накопителя «Stock», который, в свою очередь, отображает значение агента-параметра (основного параметра «сухого» порта);
- переменные-массивы «relationsFI», «relationsFO», суммирующие значения параметров; «previousStock» - переменная, хранящая предыдущее значения накопителя «Stock»; «listFiMaxPlus» - список, которому присваивается диапазон значений из коллекции coeffRangeArray; «countFiMax» - счётчик значений по списку «listFiMaxPlus»; «varFiMaxPlus» -

переменная, которой присваивается значение коэффициента линейной функциональной зависимости и осуществляется в последующем её запись во внешний Excel-файл; «monthDuration» - переменная, хранящая значение продолжительности адаптационного периода;

– параметры агента-параметра, включающие в себя название агента-параметра «name», его порядковый номер «number» в популяции «parameters», а также суммарное число агентов-параметров «size» в популяции «parameters»; «indexArrayInFlowPlus» - параметр, которому присваивается значение индекса элемента с максимальным значением из массива «relationsFI»; параметры «previousIntensityFI» и «previousIntensityFO» - хранящие предыдущие значения входящего «FI» и исходящего «FO» потоков;

– вспомогательные параметры, направленные на повышение точности моделирования.

Работа комбинированной имитационной модели состоит из трёх основных этапов: загрузка исходных данных, запуск имитационной модели; формирование и передача сообщений об изменении значений агентов-параметров; приём сообщений и корректировка значений агентов-параметров.

На рисунке 3.2 и 3.3 представлен алгоритм работы запуска имитационной модели в программной среде AnyLogic 8.5.1.

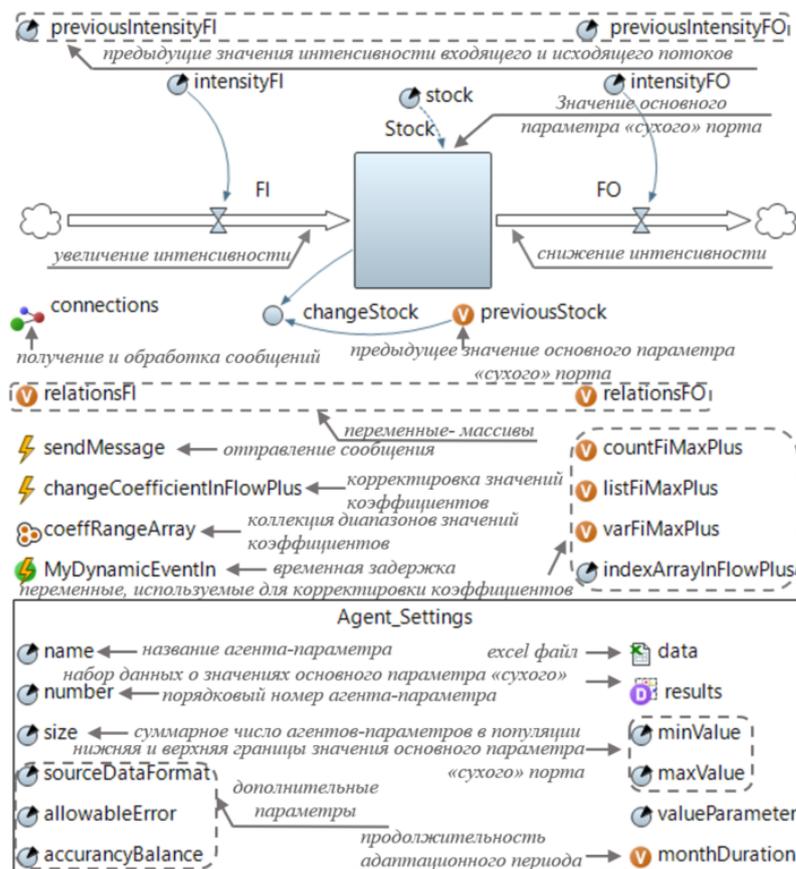


Рисунок 3.1. – Пример универсальной структуры и внутренней среды агента, моделирующего динамику значения параметра «сухого» порта

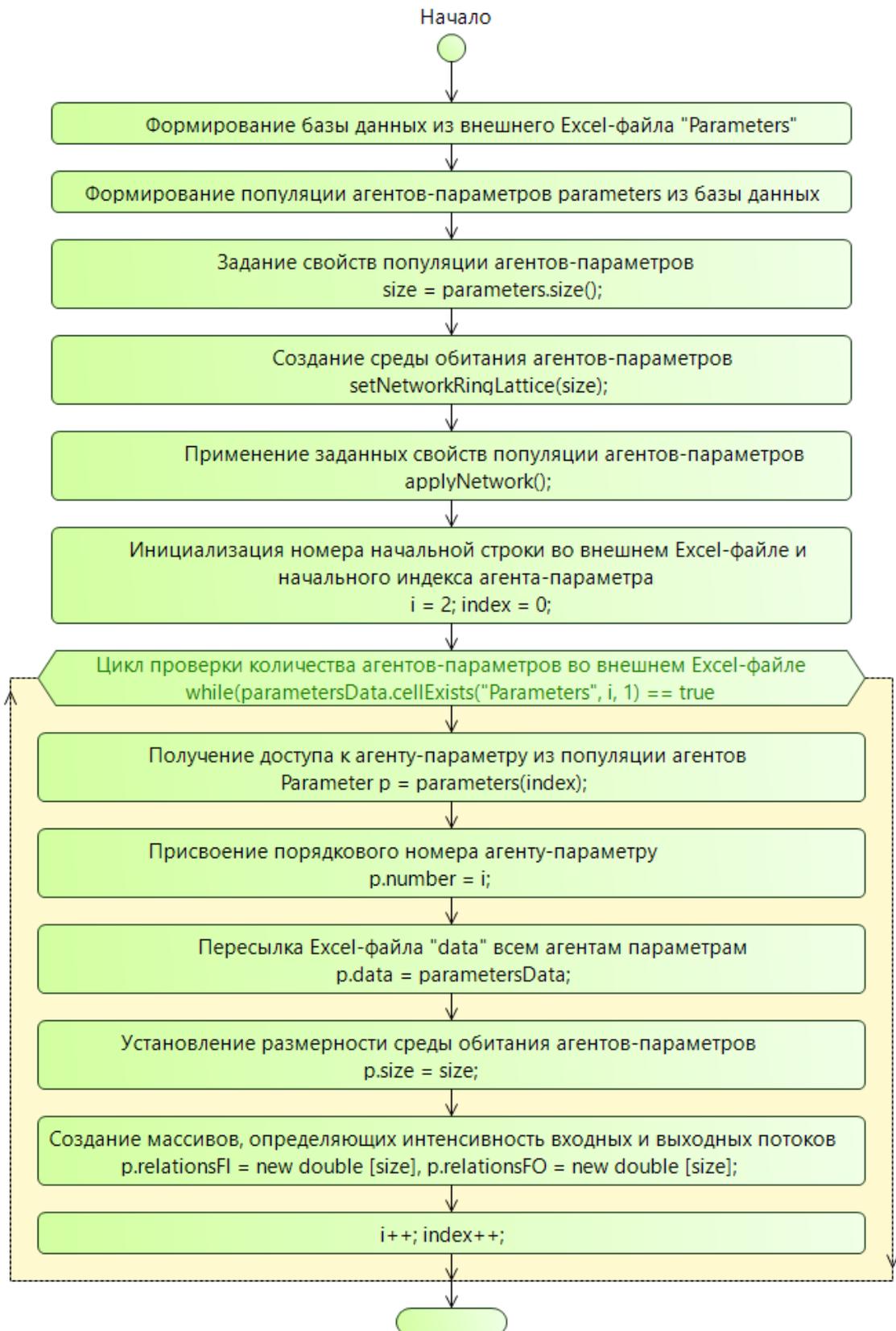


Рисунок 3.2 – Алгоритма работы запуска имитационной модели в программной среде AnyLogic 8.5.1 (начало)

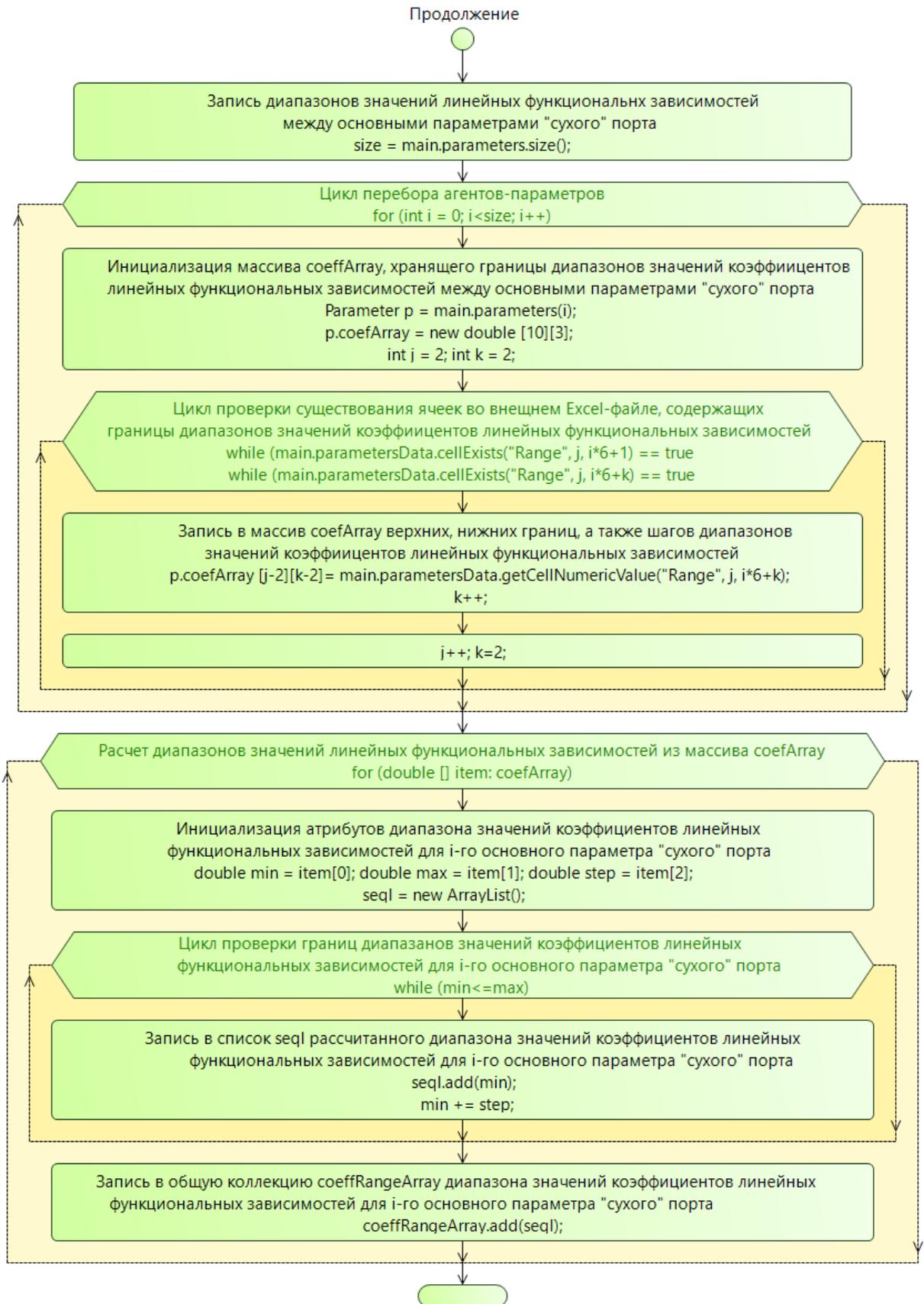


Рисунок 3.3 – Алгоритма работы запуска имитационной модели в программной среде AnyLogic 8.5.1 (продолжение)

В алгоритме запуска имитационной модели используются следующие обозначения:

– Переменные `size` - число агентов-параметров в популяции `parameters`; `i` - номер начальной строки в Excel-файле; `index` - начальный индекс агента-параметра.

– Параметры `i` - порядковый номер параметра; `parametersData` - параметр, физически связанный с Excel-файлом "data", находящимся во внутренней среде агента и являющимся ссылкой на внешний Excel-файл "parameters" с исходными данными для последующего получения доступа агента к ним.

– Методы `setNetworkRingLattice(size)` - создает среду размерностью `size` для агентов-параметров. Тип создаваемой среды - решеточно-упорядоченное кольцо, предполагающее наличие связей каждого агента со всеми остальными агентами; `applyNetwork()` - применяет параметры сети; `parametersData.cellExists("Parameters", i, 1)` - проверяет существования строки `i` на листе "Parameters" Excel-файла `parametersData`.

– Циклы `while` – циклы заполнения данными агентов-параметров, а также заполнения двумерного массива, хранящего значения коэффициентов функциональных зависимостей между основными параметрами «сухого» порта.

– Массивы `p.relationsFI`, `p.relationsFO` – суммируют значения агентов-параметров, имеют размерность, равную числу агентов-параметров `size` в популяции `parameters`.

При запуске имитационной модели осуществляется формирование базы данных из внешнего Excel-файла "parameters", в которой заданы текстовые переменные `name` – название параметра, `stock`-начальное значение параметров. Далее проводится создание популяции агентов-параметров `parameters` и задание ее свойств: число агентов-параметров `size` в популяции `parameters` (основных параметров «сухого» порта), создание сети между агентами-параметрами для передачи сообщений между собой об изменении своих значений методом `setNetworkRingLattice()`, где число связей у каждого агента равно числу агентов сети, что, в свою очередь позволяет организовать взаимодействия каждого агента друг с другом, рисунок 3.4, и последующее применение её параметров методом `applyNetwork()`.

Дальнейшим шагом является инициализация периода моделирования и единицы модельного времени, установленные в настройках имитационного эксперимента, а также считывание внешнего Excel-файл, в котором заданы названия параметров, их начальные значения, рисунок 3.5, и функциональные зависимости между параметрами «сухого» порта, рисунок 3.6.

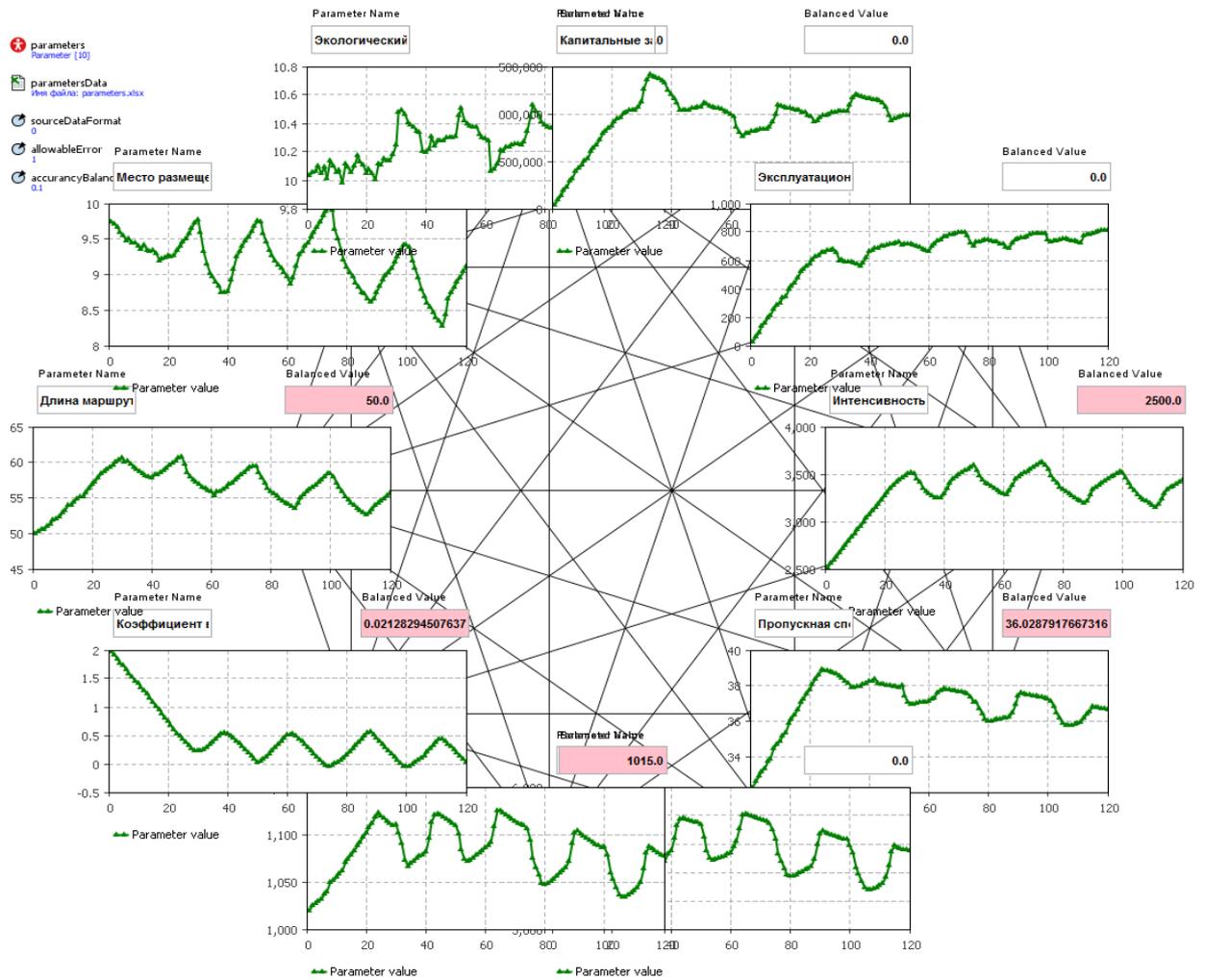


Рисунок 3.4 – Пример представления сети между агентами-параметрами типа решёточно-упорядоченного кольца в программной среде AnyLogic 8.5.1

	A	B	C	D	E
C18					
	name	stock		min	max
1					
2	Интенсивность	50,50		50,00	150,00
3	Пропускная способность	0,23		1,00	6,00
4	Вместимость	200,00		200,00	800,00
5	Перерабатывающая способность	50,00		50,00	450,00
6	Коэффициент неравномерности	1,00		0,20	2,00
7	Протяженность трассы	147,00		1,00	185,00
8	Вариант размещения	-5,00		1,00	10,00
9	Оценка экологического воздействия	1,00		1,00	10,00
10	Капитальные затраты	25,00		1,00	1,00
11	Эксплуатационные затраты	1,00		1,00	1,00
12					
13	↑ название агента-параметра	↑ начальные значения агентов-параметров		↑ нижние и верхние границы агентов-параметров	
14					

Рисунок 3.5 – Пример представления начальных значений агентов-параметров во внешнем Excel-файле

Parameter	Интенсивность	Пропускная	Вместимость	Переработка	Коэффициент	Протяженность	Вариант	Оценка эколог	Капитальные	Эксплуатацион
Интенсивность		2,02	269,33	1,67	-0,67	-62,28	252,50	3,37	0,00	168,27
Пропускная	0,00		0,00	0,00	-0,08	7,10	-0,38	0,38	0,00	0,00
Вместимость	37,50	1,50		112,50	-0,50	-46,25	-2,50	2,50	0,20	31,75
Переработка	50,00	0,67	88,89		-0,22	-20,56	-1125,00	1,11	2,50	15,00
Коэффициент	0,00	3,00	400,00	225,00		-92,50	-0,01	5,00	0,00	0,00
Протяженность	-67,62	1689,03	-2,94	-14,70	1,59		-7,95	7,95	5,88	0,15
Вариант	0,15	3,35	0,03	0,04	-1,00	92,50		-5,00	-0,05	0,00
Оценка эколог	-15,00	0,60	-80,00	-45,00	-0,20	18,50	-1,00		0,01	0,59
Капитальные	0,00	-1072,50	-0,28	-67,00	0,00	0,00	-5,50	-0,05		0,00
Эксплуатацион	-0,03	-0,78	-6,29	-0,80	0,00	-0,03	0,00	0,00	0,00	

Рисунок 3.6 – Пример представления функциональных зависимостей между агентами-параметрами во внешнем Excel-файле

Далее проводится заполнение данными агентов-параметров из внешнего Excel-файла. Цикл заполнения данными агентов-параметров имеет следующий вид `while (parametersData.cellExists("Parameters", i, 1)==true`, где метод `parametersData.cellExists("Parameters", i, 1)` проверяет существования строки `i` на листе "Parameters" Excel-файла `parametersData` по принципу ("Название листа", номер строки, номер столбца).

Число агентов-параметров `size` определяется, исходя из количества заполненных в Excel-файле ячеек в первом столбце, а порядковый номер агента-параметра `number` равен номеру строки во внешнем Excel-файле, т. е. осуществляется инициализация агентов-параметров в соответствии с данными во внешнем Excel-файле.

Дальнейшим шагом является создание массивов «relationsFI», «relationsFO», которые, в свою очередь, суммируют значения агентов-параметров и определяют интенсивность входных и выходных потоков.

После создания массивов «relationsFI», «relationsFO» осуществляется заполнение двумерного массива значениями коэффициентов функциональных зависимостей между основными параметрами «сухого» порта из внешнего Excel-файла. Циклы заполнения имеют следующий вид `while (parametersData.cellExists("Coefficients", j, 1) == true`, где метод `parametersData.cellExists("Coefficients", j, 1)` проверяет существования строки `i` на листе "Coefficients" Excel-файла `parametersData` по принципу ("Название листа", номер строки, номер столбца) и `while (parametersData.cellExists("Coefficients", j, k) == true`, где метод

`parametersData.cellExists("Coefficients", j, k)` проверяет существования строки j и столбца k на листе "Coefficients" Excel-файла `parametersData` по принципу ("Название листа ", номер строки, номер столбца).

Далее осуществляется присвоение двумерному массиву `coefficients[j-2][k-2]` значений коэффициентов функциональных зависимостей между основными параметрами «сухого» порта из внешнего Excel-файла методом `parametersData.getCellNumericValue("Coefficients", j, k)`.

Заключительным этапом алгоритма работы запуска имитационной модели в программной среде AnyLogic 8.5.1 является расчёт диапазонов значений линейных функциональных зависимостей между основными параметрами «сухого» порта.

После изменения интенсивности входных «FI» и выходных «FO» потоков изменяются значения запаса «Stock» (значение i -го основного параметра «сухого» порта), где в последующем выполняется этап формирования и передачи сообщений между агентами. В алгоритме передачи сообщений между агентами-параметрами, представленном на рисунке 3.7, используются следующие обозначения:

– переменные `parameter.Name`, `parameter.Number` – название параметра и его порядковый номер в популяции; `parameterIncrease`, `parameterDecrease` – значения параметров в момент уменьшения или увеличения запаса `Stock`; `previousStock` – предыдущее значение запаса `Stock`;

– методы `newMessage()` – создание нового сообщения; `sendToAllConnected(message)` – посылка сообщения типа `message` об изменении значения влияющего параметра всем связанным агентам; `sendMessage.restart()` – повторный запуск запуска события `sendMessage`.

Формирование и передача сообщений между агентами-параметрами осуществляются при помощи блока событие `sendMessage` и агента `Message`, хранящего переменные с названием параметра, его порядковым номером, данными об увеличении или уменьшении его значения, рисунок 3.8.

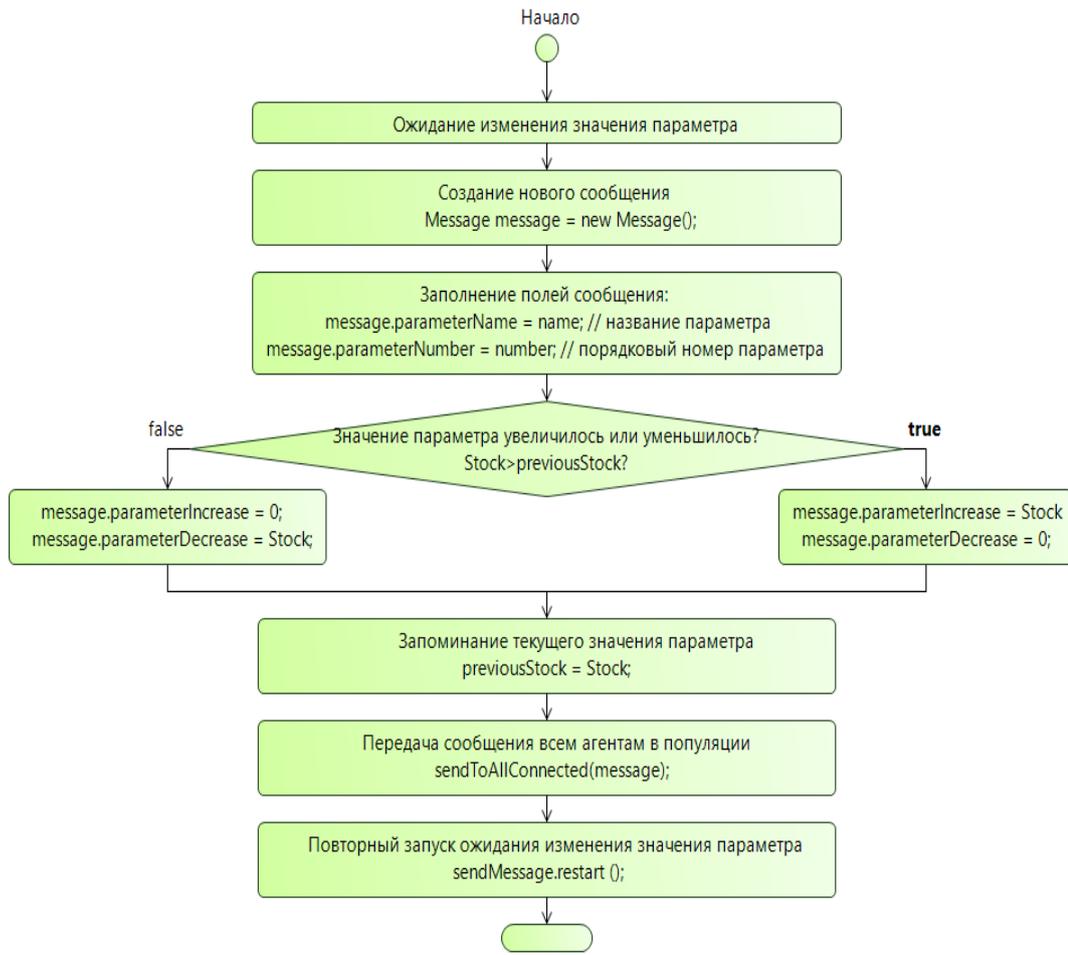


Рисунок 3.7 – Алгоритм формирования и передачи сообщений между агентами-параметрами в программной среде AnyLogic 8.5.1

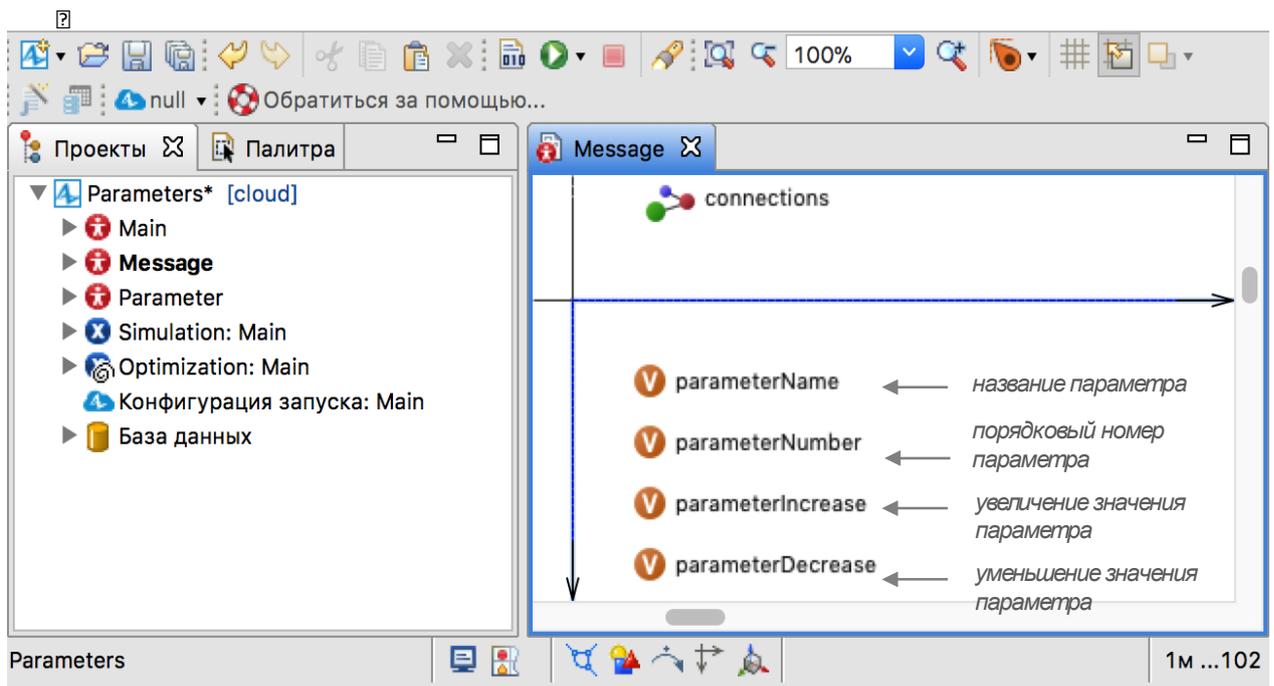


Рисунок 3.8 – Внутренняя среда агента Message в программной среде AnyLogic 8.5.1

Создание нового сообщения осуществляется методом `newMessage()`, где в последующем проводится заполнение полей сообщений, переменных `parameter.Name`, `parameter.Number`, располагающихся во внутренней среде агента `Message`. Далее используется проверка изменения значения запаса `Stock` (значения основного параметра «сухого» порта). Если значение `Stock` увеличилось, то данное значение присваивается переменной `parameterIncrease`, а переменная `parameterDecrease` принимает значение 0, и наоборот. Далее запоминается текущее значение `Stock`, отправляется сообщение всем агентам популяции об изменении значения параметра методом `sendToAllConnected()` и осуществляется повторный запуск события `sendMessage` с помощью метода `restart()`.

Следующим шагом работы модели является приём и обработка сообщений, осуществляющаяся в блоке «connections». Алгоритм приёма и обработки сообщений, представленный на рисунке 3.9, имеет следующие обозначения:

- параметры `valueParameter` - значение влияющего параметра в момент изменения его значения; `intensityFI`, `intensityFO` - значения интенсивностей входящего и выходящего потоков;

- переменные `relationsFI`, `relationsFO` - суммируют значения агентов-параметров, имеют размерность равную числу агентов-параметров `size` в популяции `parameters`.

- методы `data.setCellValue` (`valueParameter`, "Parameters", `msg.parameterNumber`, 2) записывают в Excel-файл `data` методом `setCellValue()` значение параметра `valueParameter` на листе "Parameters" в ячейку с номером равным порядковому номеру агента в сообщении `msg.parameterNumber` во 2 столбец; `data.evaluateFormulas()` - пересчёт формул (функциональных зависимостей) в Excel-файле `data`; `data.getCellNumericValue("Relations", msg.parameterNumber, number)` - чтение численного значения в Excel-файле `data` методом `getCellNumericValue()` на листе "Relations" по строке, имеющей номер равный порядковому номеру в сообщении `msg.parameterNumber` и столбцу `number`, равному порядковому номеру агента в популяции.

- цикл `for` - производит расчёт интенсивности входного и выходного потоков.

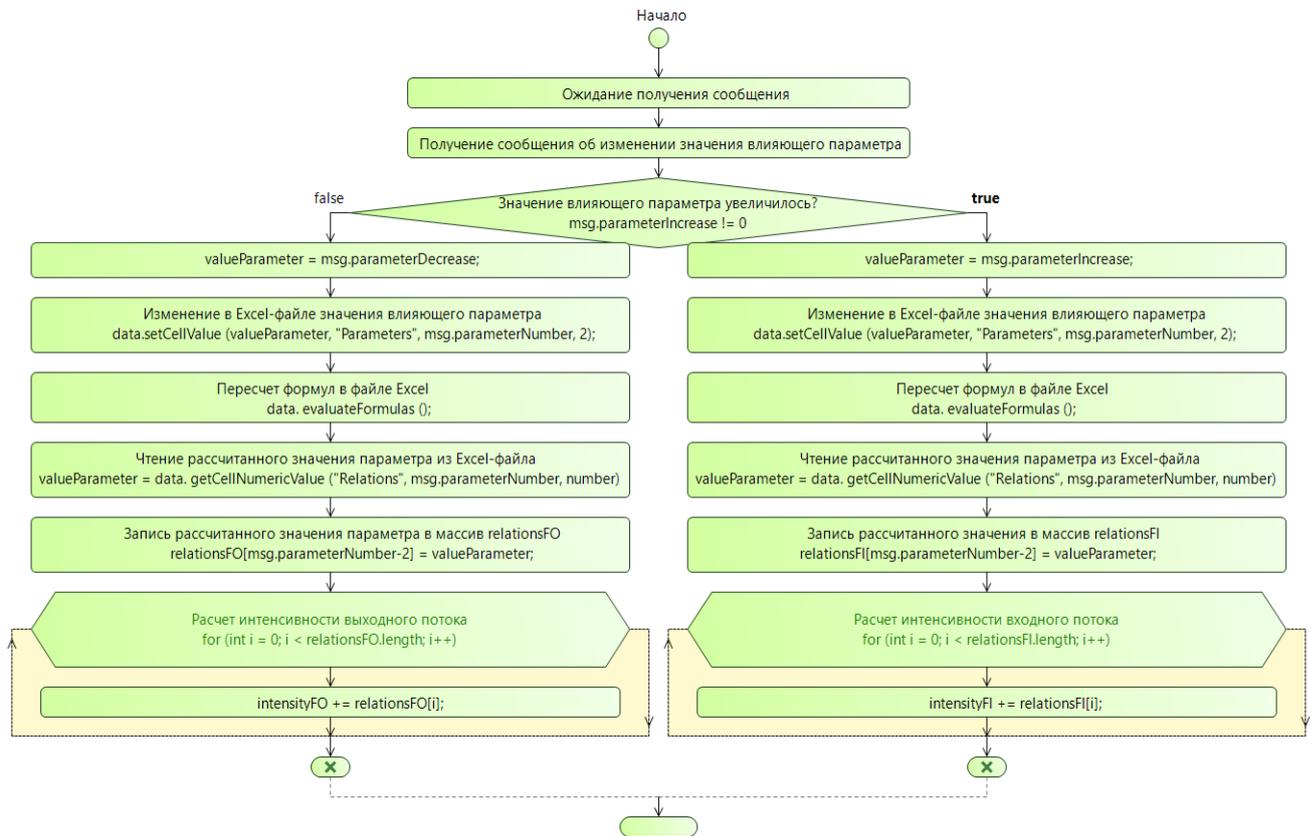


Рисунок 3.9 – Алгоритм приёма и обработки сообщений
в программной среде AnyLogic 8.5.1

Приём и обработка сообщений осуществляется в блоке «connections», где после получения сообщения об изменении значения влияющего параметра происходит проверка значения переменной `parameterIncrease != 0` внутри сообщения `msg` на увеличения значения влияющего параметра. При увеличении или уменьшении значения влияющего параметра происходит присвоение данного значения параметру `valueParameter` и осуществляется запись в Excel-файл `data` методом `setCellValue()` значение параметра `valueParameter` на листе "Parameters" в ячейку с номером, равном порядковому номеру агента в сообщении `msg.parameterNumber` во 2 столбец.

Далее проводится расчёт формул (функциональных зависимостей между параметрами) в Excel-файле `data` методом `evaluateFormulas()`. После расчёта функциональных зависимостей происходит чтение обновлённых значений параметров в Excel-файле `data` методом `getCellNumericValue()` на листе "Relations" по строке, имеющей номер, равный порядковому номеру в сообщении `msg.parameterNumber`, столбцу `number`, равному порядковому номеру агента в популяции, и последующее присвоение данного значения параметру `valueParameter`.

Для изменения интенсивности входящих «FI» и исходящих «FO» потоков осуществляется последующая запись значений в массивы `relationsFI`, `relationsFO` функциональных зависимостей, соответственно, увеличивающих или уменьшающих значения запаса «Stock». Заключительным действием является расчёт интенсивности входящих и исходящих потоков путём суммирования изменившихся значений основных параметров «сухого» порта в массивах `relationsFI` и `relationsFO`.

Для поиска устойчивости системы основных параметров «сухого» порта был разработан алгоритм корректировки значений коэффициентов линейных функциональных зависимостей между основными параметрами припортового терминала. Основной принцип работы алгоритма заключается в использовании нижних и верхних границ значений агентов-параметров при динамическом переборе коэффициентов из рассчитанных диапазонов значений. Другими словами, данный алгоритм динамически подбирает значения коэффициентов линейных функциональных зависимостей в целях достижения устойчивости значений агентов-параметров (основных параметров «сухого» порта). Граничные значения основных параметров «сухих» портов рассчитывались по формулам, представленным в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Расчётные формулы граничных значений основных параметров «сухого» порта

Основной параметр «сухого» порта	Расчётная формула, источник	Ед. измерения
Интенсивность грузопотоков и потоков транспортных средств	$\lambda = Q_r \times K_{ir} / 365,$ Q_r – годовой грузопоток терминала, TEU/г.; K_{ir} – коэффициент неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств [50].	TEU/сут.
Коэффициент неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств	$K_{ir} = 1 + v,$ v – коэффициент вариации суточной интенсивность грузопотоков и потоков транспортных средств; $v = \sigma / \mu,$ σ – среднеквадратического отклонение интенсивности грузопотоков и потоков транспортных средств; μ – среднее значение интенсивности грузопотоков и потоков транспортных средств [33].	
Протяжённость трассы между морским и «сухим» портами	–	км
Пропускная способность транспортных коммуникаций	$N = \frac{1440 - t_{техн}}{T_{пер}} \times \alpha_n,$ $T_{пер}$ – период графика, мин; $t_{техн}$ – продолжительность технологического окна, мин; α_n – коэффициент надёжности работы технических устройств [106].	пар поездов / сут.

Продолжение таблицы 3.3

<p>Вместимость контейнерных площадок</p>	$V = E_{ж.и.} / 2 \left(\frac{2t_{х.ж.и.}}{T_{ж.и.}} + 1 \right),$ <p>$E_{ж.и.}$ – количество контейнеров в ж.д. подаче, TEU; $t_{х.ж.и.}$ – средний срок хранения контейнеров на складе, сут.; $T_{ж.и.}$ – интервалы между поступлениями ж.д. подаче, сут.</p> <p>Потребная общая площадь контейнерной площадки, м²</p> $F_{к.п.}^{обш} = F_{к.п.}^{пол} + F_{доп},$ <p>$F_{к.п.}^{пол}$ – площадь, на которой размещается рассчитанное число контейнеро-мест и проходы, м²; $F_{доп}$ – дополнительная площадь, необходимая для технического обслуживания и текущего ремонта контейнеров, м², принимается $0,15F_{к.п.}^{пол}$.</p> <p>Полезная площадь контейнерной площадки, м²</p> $F_{к.п.}^{пол} = V \times f \times k_{пр}$ <p>V – вместимость контейнерной площадки, TEU; f – площадь условного контейнера, м²; $k_{пр}$ – коэффициент, учитывающий увеличение площади на проходы и проезды, зависит от планировки площадки, выбранного типа погрузочно-разгрузочных механизмов и типа контейнеров [74].</p>	TEU
<p>Перерабатывающая способность «сухого» порта</p>	$Q_r = R \times \eta = R \times 365 / \tau,$ <p>R – количество контейнеров, которое может одновременно поместиться на контейнерной площадке, TEU; η – оборачиваемость контейнеров за год, 1/год; τ – средний срок хранения контейнеров на площадке, сут. [50].</p>	TEU/сут.
<p>Вариант размещения «сухого» порта</p>	<p>Значение данных параметров принимается от 1 до 10, в зависимости от сложности рельефа местности размещения припортового терминала или объемов выбросов в окружающую среду в месте его размещения.</p>	ед.
<p>Оценка экологического воздействия</p>		
<p>Эксплуатационные затраты на функционирование системы «морской порт – «сухой» порт»</p>	$O_c = C_{з.п.} + C_{мат.} + C_{ам.} + C_{рем.} + C_{пр.суд.} + C_{пер.ваг.} + C_{пер.конт.}$ <p>$C_{з.п.}$ – средняя годовая заработная плата; $C_{мат.}$ – расходы на материалы; $C_{ам.}$ – расходы на амортизацию; $C_{рем.}$ – расходы на ремонт основных фондов; $C_{пр.суд.}$ – затраты на простой судов в рейде; $C_{пер.ваг.}$ – затраты на перепростой вагонов на приёмо-отправочных путях системы «морской порт – «сухой» порт»; $C_{пер.конт.}$ – затраты на перепростой контейнера в системе «морской порт – «сухой» порт».</p>	руб./сут.

На рисунке 3.10 представлен алгоритм корректировки линейных функциональных зависимостей между основными параметрами «сухого» порта. В разработанном алгоритме используются следующие обозначения:

- Переменная `max_element`, определяющая элемент массива с максимальным значением в массиве `relationsFI`; `indexArrayInFlow` присваивает значение индекса элемента с максимальным значением в массиве `relationsFI`; `indexArrayInFlow` - значение индекса элемента с максимальным значением из массива `relationsFI`; `countFIMaxPlus` - счетчик элементов списка `listFIMaxPlus`, хранящего диапазон значений коэффициентов линейных функциональных зависимостей, взятого из коллекции `coeffRangeArray`; `varFIMaxPlus` – значение коэффициента, взятого из диапазона значений коэффициентов `listFIMaxPlus`; `monthDuration` - длительность временной задержки при выполнении кода.

- Коллекция `coeffRangeArray` хранит диапазоны значений коэффициентов линейных функциональных зависимостей между основными параметрами «сухого» порта.

- Методы `coeffRangeArray.get(indexArrayInFlowPlus)` - получение из коллекции `coeffRangeArray` списка с диапазоном значений коэффициентов линейных функциональных зависимостей между основными параметрами «сухого» порта, равному порядковому номеру элемента `indexArrayInFlowPlus` в массиве `relationsFI`, хранящим максимальное положительное значение агентов-параметров; `create_MyDynamicEventIn(monthDuration*month())` - вызывает динамическое событие `MyDynamicEventIn` с периодичность `monthDuration`.

- Цикл `for` - производит поиск элемента в массиве `relationsFI` с наибольшим положительным значением.

- Динамическое событие `MyDynamicEventIn` - срабатывает по установленной интенсивности, перезапускает событие `changeCoefficientInFlowPlus`, хранящее алгоритм корректировки значений коэффициентов линейных функциональных зависимостей между основными параметрами «сухого» порта. Динамическое событие удаляется после того, как его действие будет выполнено.

Алгоритм корректировки коэффициентов линейных функциональных зависимостей реализуется после приёма и обработки сообщений в блоке событие `changeCoefficientInFlowPlus`. Данное событие срабатывает при условиях выхода значения агента-параметра за установленные рассчитанные границы, изменении переменных `intensityFI` и `intensityFO`, отвечающих за значения влияющих агентов-параметров в момент их изменения. Далее инициализируется переменная `max_element`, определяющая элемент массива с максимальным значением в массиве `relationsFI`; а также

`indexArrayInFlow`, присваивающая значение индекса элемента с максимальным значением в массиве `relationsFI`.

После осуществляется поиск элемента с максимальным значением в массиве `relationsFI` с использованием цикла `for(int i=0; i<relationsFI.length; i++)`, другими словами, инициализируется переменная `i`, задаётся условие `i<relationsFI.length`, при котором используется размер массива `relationsFI.length`, а также устанавливается счётчик `i++`.

После определения элемента в массиве `relationsFI` с максимальным значением, индекс данного элемента присваивается переменной `indexArrayInFlowPlus`. Стоит отметить, что значения индексов элементов в массиве `relationsFI` равны порядковому номеру (индексу) агентов-параметров в популяции. Далее выполняется выбор диапазона значений из коллекции `coefRangeArray` методом `get()` по значению переменной `indexArrayInFlowPlus`. Коллекция `coefRangeArray` содержит списки с рассчитанными диапазонами значений коэффициентов линейных функциональных зависимостей. У каждого агента-параметра существует свой список диапазонов значений. Каждый список в коллекции `coefRangeArray` имеет свой порядковый номер равный порядковому номеру параметра в популяции. Поэтому при идентификации максимально влияющего параметра из переменной `indexArrayInFlowPlus` берётся значение и именно по данному значению выбирается диапазон значений коэффициентов линейных функциональных зависимостей из коллекции `coefRangeArray`, и впоследствии присваивается глобальному созданному списку `listFiMaxPlus`.

После определения нужного диапазона значений коэффициентов линейных функциональных зависимостей между i -th параметром и влияющим, реализуется присвоение данного диапазона списку `listFiMaxPlus` и в последующем осуществляется последовательная запись значений коэффициентов выбранного диапазона в Excel-файл с использованием переменной `varFiMaxPlus`. Запись коэффициентов линейных функциональных зависимостей осуществляется в Excel-файл `data` методом `setCellValue()` значением переменной `varFiMaxPlus`, на листе "Coefficients", в строку с номером равным значению переменной `indexArrayInFlowPlus` и в столбец с номером равным порядковому номеру агента-параметра в популяции.

Отличительной особенностью разработки алгоритма корректировки коэффициентов линейных функциональных зависимостей между основными параметрами «сухого» порта является выделение временного адаптационного периода для основных параметров. Другими словами, после записи значения коэффициента из выбранного диапазона в Excel-файл `data`,

осуществляется временная задержка (использование адаптационного периода) для системы основных параметров «сухого» порта, равная 1 месяцу.

Данный адаптационный период реализован с использованием динамического события `MyDynamicEventIn`. После записи значения коэффициента из выбранного диапазона в Excel-файл `data` вызывается динамическое событие `MyDynamicEventIn` методом `create_()` с временной задержкой `monthDuration`, равной 1 месяцу, где единица модельного времени `month()` равна 1 месяцу.

В динамическом событии `MyDynamicEventIn` указан повторный запуск события `changeCoefficientInFlowPlus` методом `restart()`, в котором, в свою очередь, реализован алгоритм корректировки значений коэффициентов линейных функциональных зависимостей между основными параметрами «сухого» порта. Другими словами, если значение агента-параметра оказывается не в установленных расчётных границах после записи линейных функциональных зависимостей и предоставленной временной адаптации, из выбранного диапазона берётся последующее значение коэффициента линейной функциональной зависимости между i -th агентом-параметром и агентом-параметром, имеющим наибольшее влияние на него.

Таким образом, для поиска оптимальных усреднённых значений основных параметров «сухого» порта разработана агентная системно-динамическая модель основных параметров припортового терминала. Отличительной особенностью построенной комбинированной имитационной модели является инициализация популяции агентов-параметров с одинаковой их структурой агента, входящих в него блоков системной динамики и идентичной внутренней средой, а также возможностью передачи сообщений между агентами-параметрами и их последующей обработкой. Для достижения устойчивости системы основных параметров «сухого» порта разработан алгоритм корректировки значений коэффициентов линейных функциональных зависимостей между основными параметрами припортового терминала, позволяющий определять оптимальные значения коэффициентов. Особенностью разработанного алгоритма корректировки является выделение временного адаптационного периода для системы, позволяющего выделить дополнительное время для её адаптации после изменения значений коэффициентов функциональных зависимостей, установленных между основными параметрами «сухого» порта.

Дальнейшим шагом исследования является разработка агентной дискретно-событийной имитационной модели системы «морской порт – «сухой» порт».

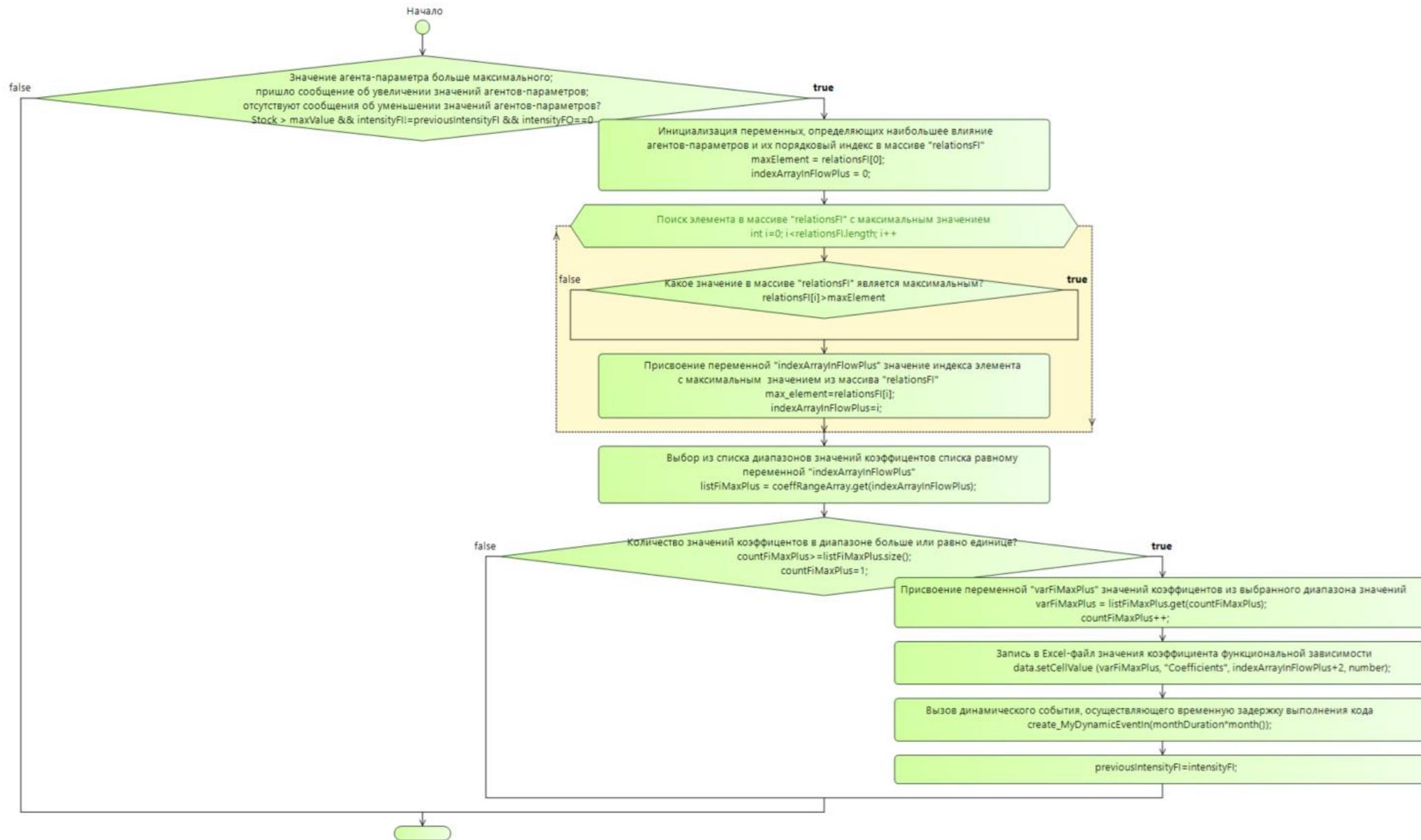


Рисунок 3.10 – Алгоритм корректировки коэффициентов линейных функциональных зависимостей в программной среде AnyLogic 8.5.1

3.3 Агентная дискретно-событийная имитационная модель системы «морской порт – «сухой» порт»

Для определения оптимальных уточнённых значений основных параметров «сухого» порта построена универсальная дискретно-событийная имитационная модель системы «морской порт – «сухой» порт». Универсальность предлагаемой имитационной модели заключается в отсутствии необходимости её реконфигурации при изменении входных параметров. Это достигается в результате использования универсальных блоков библиотеки моделирования процессов в агентах модели, построенной в программном среде AnyLogic 8.5.1.

Моделируемая система «морской порт – «сухой» порт» состоит из трёх площадок: причал морского терминала, контейнерные площадки морского и «сухого» портов. Каждая из площадок выполняет переработку контейнеров по прибытию и отправлению [81]. Контейнерные суда осуществляют швартовку у двух причалов, оборудованных двумя контейнерными кранами-перегрузчиками STS («Ship-To-Shore»). Припортовая железнодорожная станция, обслуживающая морской и «сухой» порты, включает в себя четыре приёмоотправочных пути вместимостью до 55 вагонов [81]. Грузовые операции с контейнерами выполняются на четырёх грузовых фронтах – по два на каждый причал.

Транспортировка контейнеров между причалами и контейнерной площадкой морского порта осуществляется автоконтейнеровозами, между причалами и «сухим» портом - поездами-шаттлами вместимостью 40 вагонов. Между причалом и площадкой морского порта – автоконтейнеровозами (25 ед.) [81].

На контейнерной площадке морского порта погрузочно-разгрузочные работы осуществляются четырьмя контейнерными перегрузчиками RTG на пневмоколесном ходу.

Промышленная железнодорожная станция «сухого» порта состоит из шести приёмоотправочных путей. Погрузочно-разгрузочные операции выполняются шестью контейнерными перегрузчиками на рельсовом ходу RMG [81]. Вместимость путей железнодорожной станции «сухого» порта позволяет принимать с внешней сети составы до 55 вагонов.

Технология работы разработанной системы «морской порт – «сухой» порт» основана на организации интермодальных перевозок. По прибытии контейнерного судна в акваторию морского порта осуществляется проверка наличия свободного причала. При занятости причалов контейнерные суда ожидают их освобождения на рейде, в акватории морского порта [81].

Выполнение погрузочно-разгрузочных операций в морском порту осуществляется по прямому (судно – вагон) или складскому (судно – причал – вагон; автоконтейнеровоз –

контейнерная площадка морского порта) вариантам. После размещения контейнеров на площадках морского и «сухого» портов с ними производятся коммерческие и частично грузовые операции. Доставка контейнеров с контейнерных площадок «сухого» порта в морской выполняется железнодорожным транспортом, потребителям – автомобильным.

Особенностью построенной имитационной модели является применение комбинации дискретно-событийного (процессного) и агентного подходов. Данная комбинация подходов позволяет описывать свойства отдельных технических средств и устройств, грузовых единиц и единиц подвижного состава и моделировать технологические процессы, таблица 3.3.

Таблица 3.3 – Использование агентного подхода в имитационной модели

Группа агентов	Тип агента	Параметры агента	Основные функции агента
Динамические (заявки)	контейнер	пункт отправления; пункт назначения; размер контейнера; тип контейнера; список операций с контейнером в системе (с указанием времени начала и окончания).	используется для транспортировки грузов в системе, является грузовой единицей
	морское грузовое судно	вместимость (контейнеров); список контейнеров.	используется для доставки груза в морской порт в однородных укрупнённых грузовых единицах — контейнерах (TEU)
	вагон	тип вагона; список контейнеров.	используется для транспортировки контейнера железнодорожным подвижным составом внутри системы и за её пределами.
	состав поезда	номер поезда; список вагонов в составе поезда; скорость движения.	используется для транспортировки судовой партии железнодорожным подвижным составом внутри системы и за её пределами
Статические (обслуживающие средства и устройства)	автоконтейнеровоз	скорость движения внутри системы.	используется для транспортировки контейнера между причалом и контейнерной площадки в морском порту
	контейнерный кран	время разгрузки одной единицы.	погрузочно-разгрузочные работы с грузовыми судами и железнодорожным подвижным составом

Продолжение таблицы 3.4

	контейнерная площадка	вместимость контейнерной зоны хранения месторасположение назначение.	хранение грузовых единиц – контейнеров.
	перегрузочная станция	скорость движения внутри системы; время разгрузки одной единицы.	транспортировка контейнера на контейнерную площадку и складирование в ярус.
Управляющие (принятие диспетчерских решений)	разгрузка судна	время разгрузки одного контейнера; назначение.	проверка наличия порожнего железнодорожного подвижного состава на путях причалов морского порта

Первая группа агентов направлена на имитацию заявок, поступающих в систему «морской порт – «сухой» порт»: судно, контейнер, поезд. Агент, имитирующий судно, имеет набор следующих параметров: вместимость, количество 20- и 40-футовых контейнеров. Агент «контейнер» содержит следующие параметры: назначение в морской или «сухой» порт, импортный или экспортный, тип контейнера, время регистрации при входе контейнера в систему «морской порт– «сухой» порт». Агент, имитирующий поезд, состоит из следующих параметров: количество вагонов в составе, время движения, тип поезда – железнодорожный челнок-шаттл или поезд, прибывающий с внешней сети.

Вторая группа агентов отвечает за имитацию погрузочно-разгрузочных средств и контейнерных площадок. Агент, имитирующий работу контейнерного крана или перегружателя, имеет параметр времени разгрузки одной единицы контейнера и подчиняется нормальному закону распределения случайной величины. Агент «автоконтанеро́воз» имеет лишь один параметр – скорость движения внутри морского порта. Агент, моделирующий контейнерную площадку, имеет следующие параметры: вместимость контейнерной зоны хранения, месторасположение, назначение.

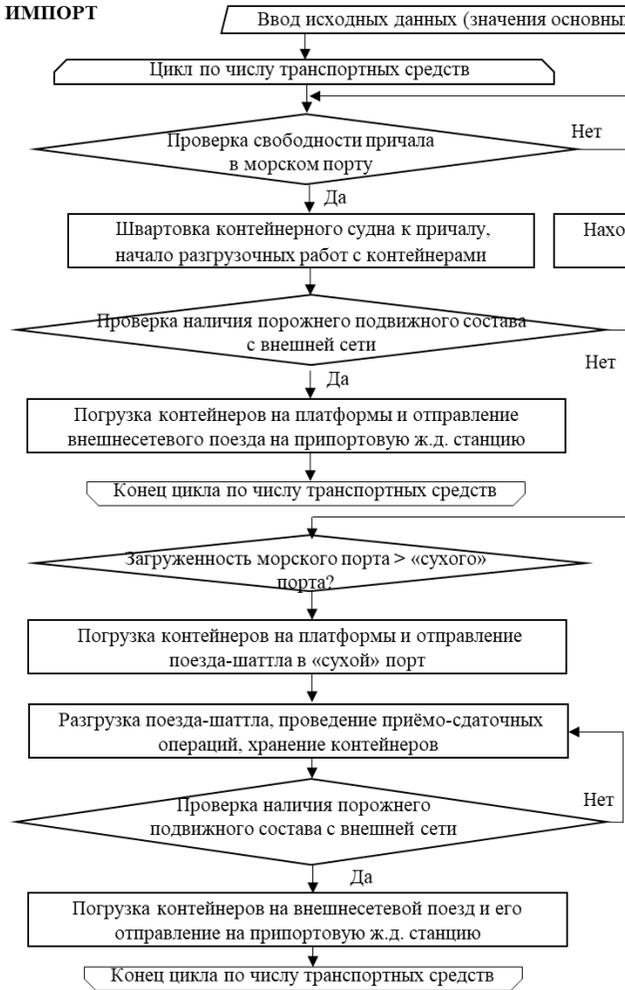
Третья группа агентов направлена на принятие диспетчерских решений. Данные агенты состоят из нестандартных блоков библиотеки моделирования процессов. Построение агентной дискретно-событийной модели основано на использовании стандартизированных блоков, находящихся в библиотеке моделирования процессов в программной среде AnyLogic. Блоки данной библиотеки, представленной в таблице 3.4, используются для описания технологических операций в системе «морской порт – «сухой» порт».

Алгоритм работы имитационной модели системы «морской порт – «сухой» порт» представлен на рисунке 3.11.

Таблица 3.4 – Стандартизированные блоки библиотеки моделирования процессов программной среды AnyLogic, использованные при построении имитационной модели морского порта

Название блока	Описание блока
source 	Моделирует агенты, используется в качестве начальной точки потока агентов. Генерирует следующие типы агентов: потоки судов, контейнеров, вагонопотоки, автоконтейнеровозы.
queue 	Моделирует очередь агентов, ожидающих приёма объектами, следующими за данным в потоковой диаграмме. Имитирует следующие типы очередей: простой контейнеров на площадках системы, простой подвижного состава и т.д.
service 	Моделирует захват для агента заданное количество ресурсов, задерживает их, а затем освобождает захваченные им ресурсы. Имитирует следующие типы задержек: погрузочно-разгрузочные работы в системе, обработка контейнеропотока на площадках системы
resourcePool 	Задаёт набор ресурсов, которые могут захватываться и освобождаться агентами. Моделирует следующий тип ресурсов: погрузочно-разгрузочные средства.
moveTo 	Перемещает агента в новое место. Если к агенту присоединены какие-то ресурсы, то они перемещаются вместе с агентом. Моделирует перемещения погрузочно-разгрузочные и транспортных средств.
selectOutput5 	Направляет входящих агентов в один из пяти выходных портов в зависимости от выполнения заданных (детерминистических или заданных с помощью вероятностей) условий. Моделирует вариант разгрузки контейнерного судна по прямому и складскому варианту.
hold 	Блокирует/снимает блокировку с потока агентов на определенном участке потоковой диаграммы. Моделирует стоянку контейнерных судов на причалах морского порта.
batch 	Преобразует заданное количество поступающих в объект агентов в одного агента-партию. Моделирует объединение контейнеропотока с потоками транспортных средств.
exit 	Извлекает поступающих в объект агентов из процесса, заданного потоковой диаграммой. Моделирует связи между разными типами агентов.
enter 	Вставляет существующих агентов в определенное место внутри процесса, заданного потоковой диаграммой. Моделирует связи разных типов агентов.
timeMeasureStart 	Составляет пару объектов, позволяющую измерять время, проведённое агентами между двумя точками диаграммы процесса. Рассчитывают время простоя контейнеров и подвижного состава в системе. Данные, полученные с представленных объектов, используются при расчёте эксплуатационных затрат в системе.

ИМПОРТ



ЭКСПОРТ

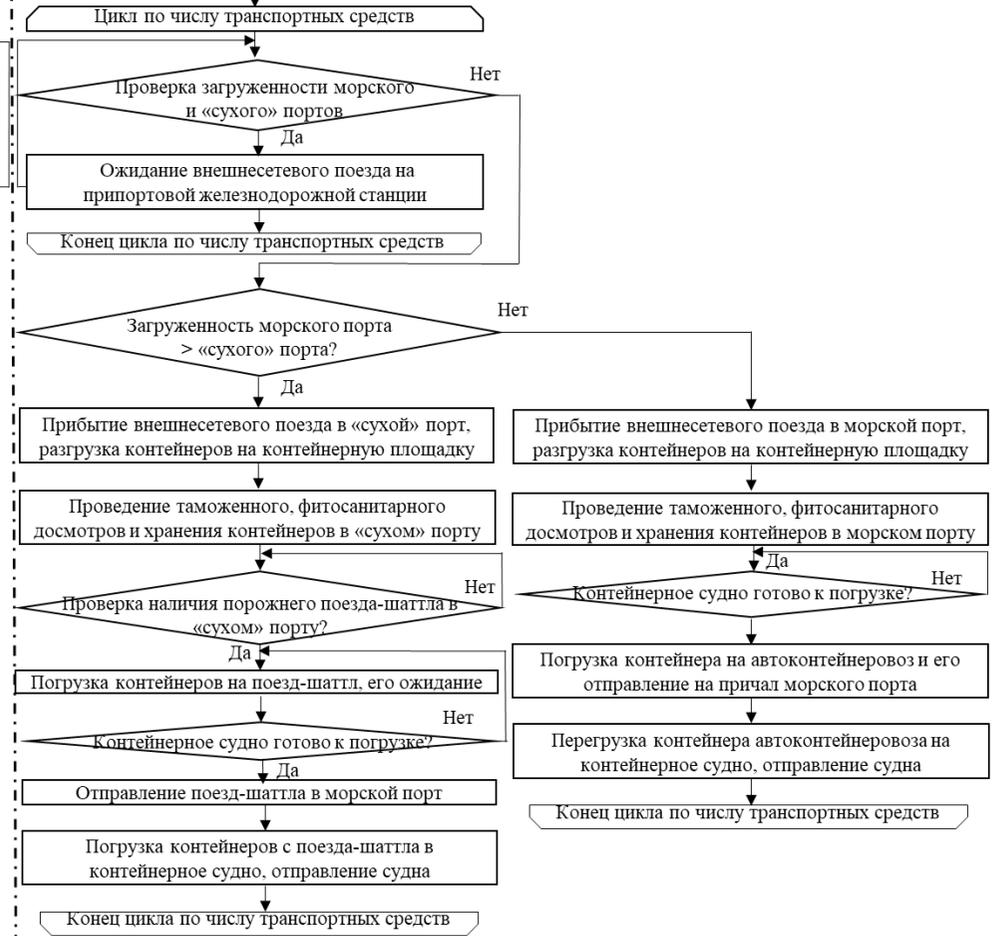


Рисунок 3.11 – Алгоритм работы имитационной модели, описывающий технологию функционирования системы «морской порт – «сухой» порт

Рассмотрим особенности описания функций агентов с использованием процессного подхода (диаграмм-действий) на примере агента, имитирующего работу причала, рисунок 3.12.

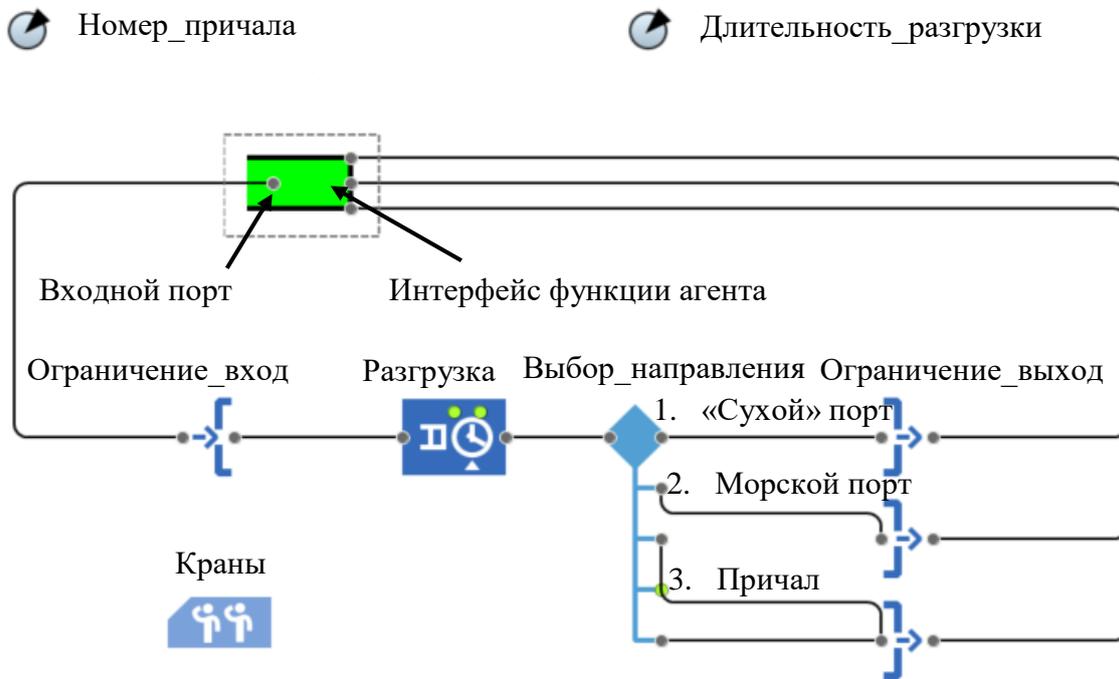


Рисунок 3.12 – Функция «разгрузка судна» агента «причал»

Агенты-контейнеры поступают в агент «причал» через «Входной порт». Параметрами агента являются «Номер_причала» и «Длительность_разгрузки» одного контейнера. Блок «разгрузка» моделирует работу контейнерных STS кранов по разгрузке морских судов. Число кранов на причале, одновременно занятых разгрузкой, задаётся блоком «Краны». Блок «Выбор_направления» переключает поток агентов-контейнеров в зависимости от наличия на причале порожнего железнодорожного подвижного (поездов-шаттлов «сухого» портов). Если их нет, то выгрузка производится на причал и контейнеры транспортируются на площадку морского порта автоконтейнеровозами. Вспомогательные блоки «Ограничение_вход», «Ограничение_выход» используются для разделения входного потока контейнеров на отдельные агенты-контейнеры [81].

Продолжительность технологических операций задавалась в модели в соответствии с нормативными значениями [158]. Случайные отклонения продолжительности выполнения различных технологических операций и интенсивности грузопотоков описывались законами распределения случайных величин [81].

Взаимодействие представленных агентов имитационной модели выполняется с использованием дискретно-событийного подхода, основанного на представлении технологического процесса работы системы «морской порт – «сухой» порт» в целом, с

использованием из двух групп, так называемых, «поточковых диаграмм» (технологических цепочек, описывающих хронологическая последовательность событий). Каждая из групп поточковых диаграмм направлена на имитацию обработки грузопотоков для прибывающих (импортных) и отправляемых (экспортных) потоков контейнеров на разных площадках системы [81]: на причале, контейнерной площадке в морском порту, в «сухом» порту, рисунок 3.13.

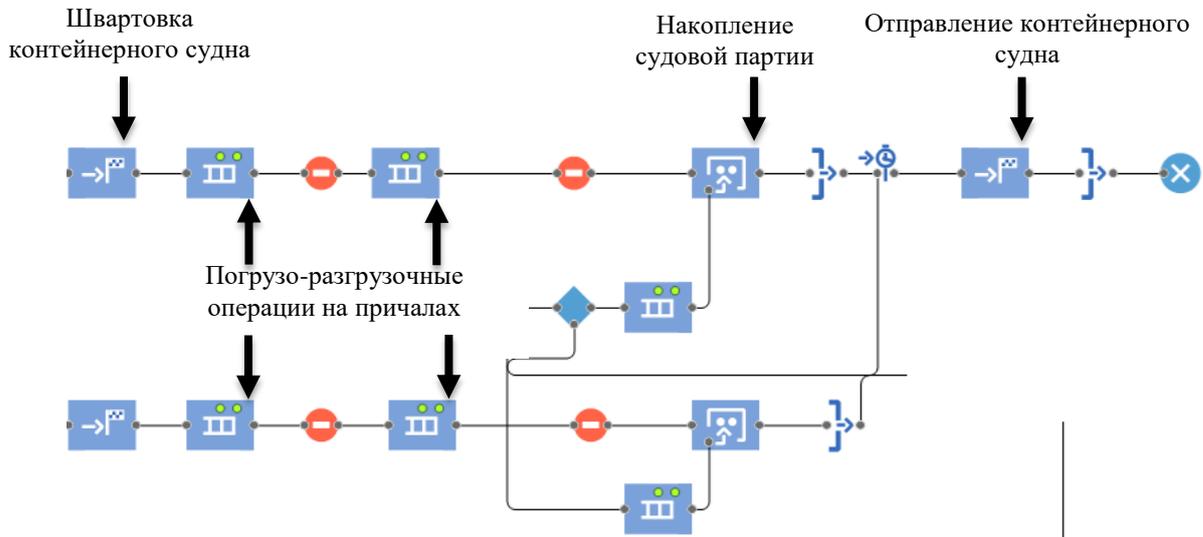


Рисунок 3.13 – Стоянка судов на причалах морского порта (фрагмент имитационной модели)

Потоковая диаграмма погрузочно-разгрузочных операций, осуществляемых на причале, а также процесса выбора прямого или складского варианта разгрузки представлена на рисунке 3.14. После окончания погрузочно-разгрузочных операций контейнерное судно ожидает накопление судовой партии, доставляемой из контейнерных площадок морского и «сухого» портов [81]. Фрагмент имитационной модели, описывающий выполнение погрузочно-разгрузочных работ на причале и предназначенный для определения времени простоя судов под погрузочно-разгрузочными работами, представлен на рисунке 3.14.

При наличии на причале порожних поездов-шаттлов, осуществляющих транспортировку контейнеров между морским и «сухим» портами, рисунок 3.15, контейнеры грузятся на них. В обратном случае, транспортировка контейнеров осуществляется автоконтейнеровозами на контейнерную площадку морского порта [81], рисунок 3.16.

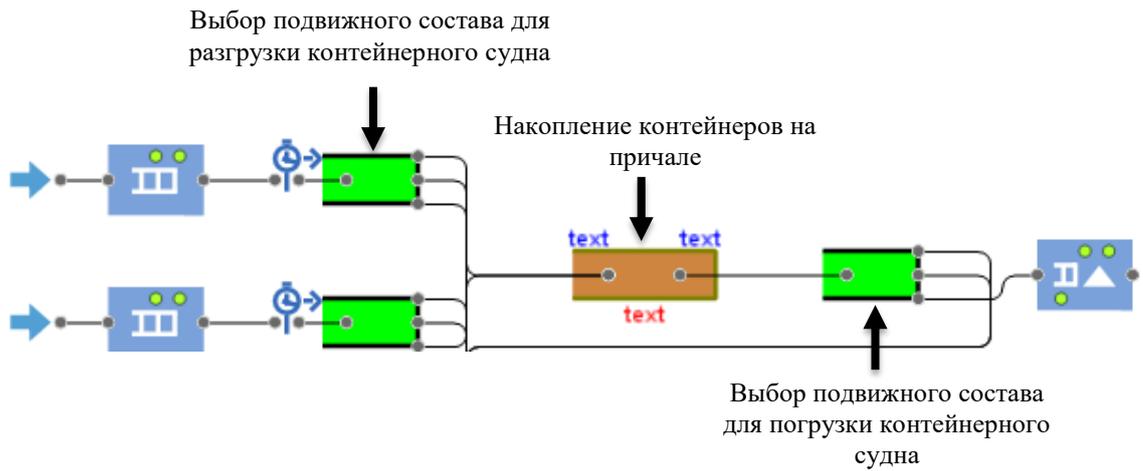


Рисунок 3.14 – Фрагмент имитационной модели, описывающий погрузочно-разгрузочные работы на причале

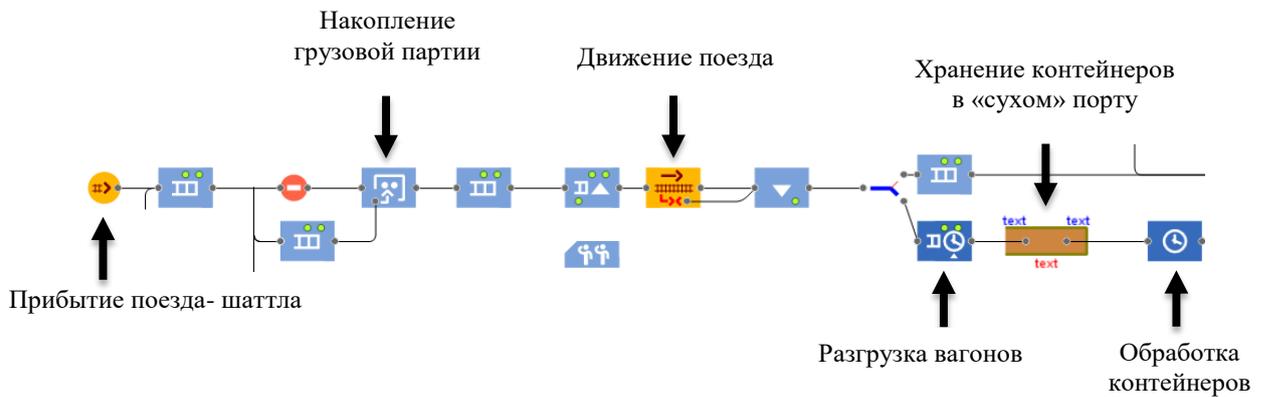


Рисунок 3.15 – Работа железнодорожных челноков-шаттлов (фрагмент модели)

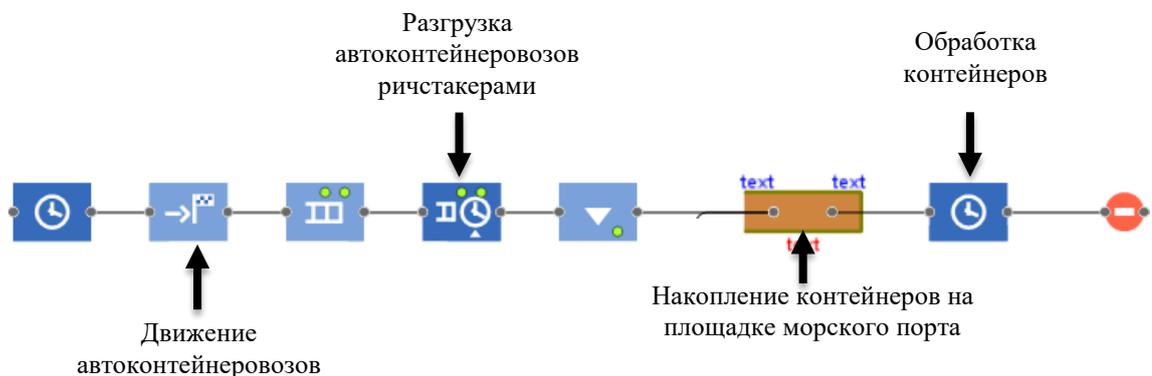


Рисунок 3.16 – Работа автоконтейнеровозов в порту (фрагмент модели)

Переработка контейнеропотока в «сухом» (рисунок 3.17) и морском (рисунок 3.18) портах состоит из операций по разгрузке железнодорожных поездов-шаттлов или автоконтейнеровозов,

а также операций по приёму, выгрузке и погрузке контейнеров на железнодорожные платформы с последующей отправкой поездов на внешнюю сеть.

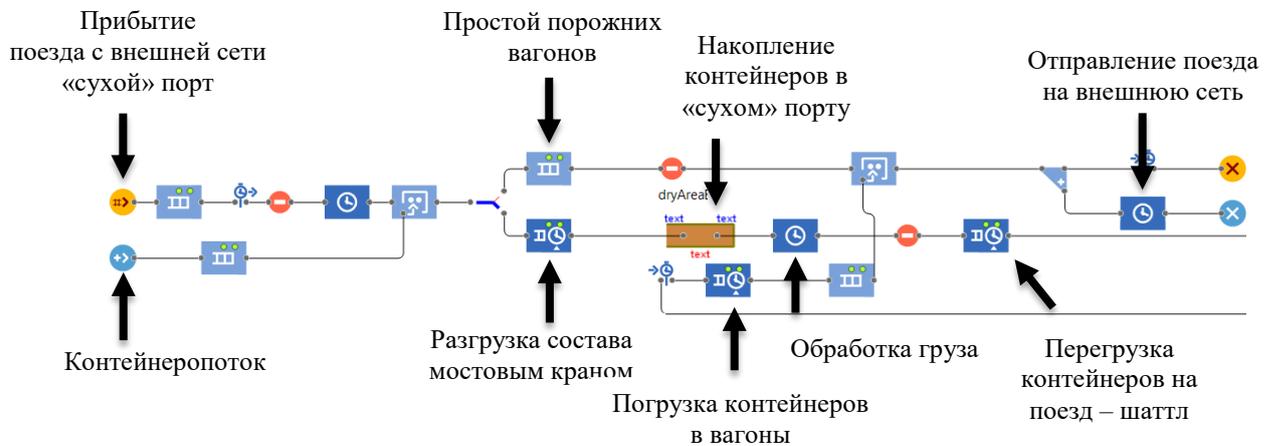


Рисунок 3.17 – Погрузочно-разгрузочные операции с железнодорожным подвижным составом в «сухом» порту (фрагмент модели)

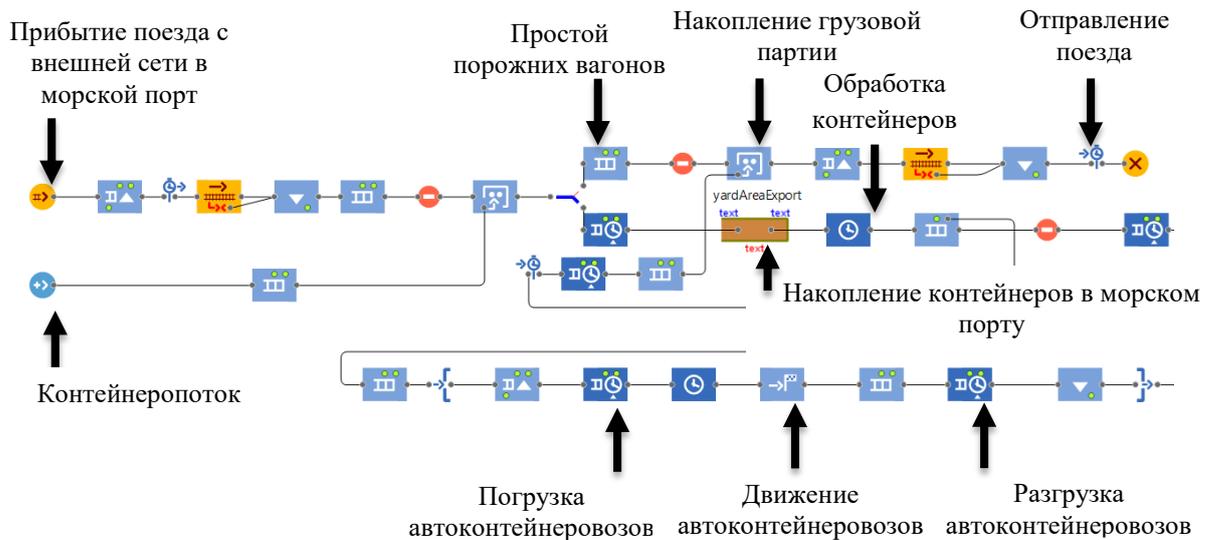


Рисунок 3.18 – Погрузочно-разгрузочные операции с железнодорожным подвижным составом в «сухом» порту (фрагмент модели)

Таким образом, для определения оптимальных уточнённых значений основных параметров «сухого» порта разработана универсальная комбинированная агентная дискретно-событийная имитационная модель системы «морской порт – «сухой» порт». Комбинация используемых подходов позволяет описывать свойства отдельных агентов и их взаимодействие, представляющих собой технические средства и устройства, грузовые единицы и единицы

подвижного состава, а также моделировать технологические процессы в системе «морской порт – «сухой» порт». Определены основные функции агентов и их параметры.

Дальнейшим этапом работы является исследование закономерностей функционирования системы «морской порт – «сухой» порт».

3.4 Закономерности функционирования системы «морской порт – «сухой» порт»

Исследование закономерностей функционирования системы «морской порт – «сухой» порт» предлагается разделить на три этапа.

На первом этапе осуществляется поиск усреднённых оптимальных значений основных параметров «сухого» порта с учётом максимальной интенсивности и коэффициента неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств, с использованием агентной системно-динамической модели основных параметров «сухого» порта. Далее для оценки резервов существующего морского порта проводится исследование его максимальной пропускной и перерабатывающей способности с использованием комбинированной агентной дискретно-событийной имитационной модели функционирования морского порта. Заключительным этапом является корректировка (оптимизация) полученных усреднённых значений основных параметров «сухого» порта с использованием агентной дискретно-событийной имитационной модели системы «морской порт – «сухой» порт». Другими словами, разработанные комбинированные имитационные модели предлагается использовать как единую систему для оценки эффективности функционирования системы «морской порт – «сухой» порт».

Поиск усреднённых значений основных параметров «сухого» порта осуществляется по критерию максимума чисто дисконтированного дохода, являющегося одним из основных показателей инвестиционной привлекательности проекта [12]. Для поиска оптимальных значений по критерию максимума чисто дисконтированного дохода, в первую очередь, необходимо достичь устойчивости между основными параметрами «сухого» порта.

Достижение устойчивости в имитационной модели реализуется при помощи разработанного алгоритма корректировки линейных функциональных зависимостей между основными параметрами «сухого» порта. Другими словами, разработанная имитационная модель должна динамически подбирать значения линейных функциональных зависимостей в течение моделируемого периода равного 120 месяцам. С разработанной имитационной моделью были проведены серии экспериментов по определению устойчивости между основными параметрами «сухого» порта, рисунок 3.19 – 3.31.

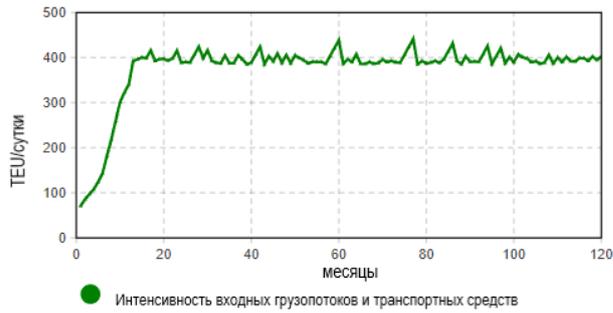


Рисунок 3.19 – Динамика изменения интенсивности грузопотоков и потоков транспортных средств

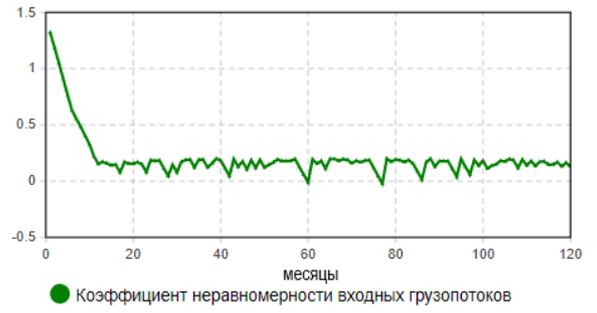


Рисунок 3.20 – Динамика изменения коэффициент неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств

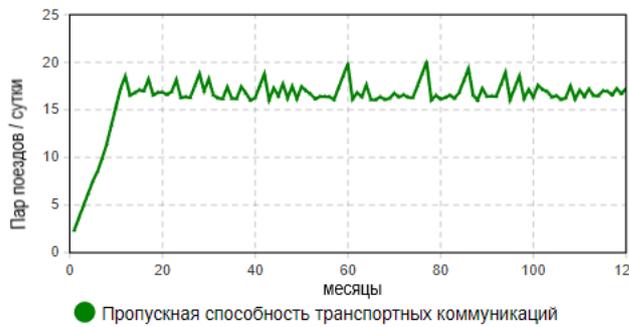


Рисунок 3.21 – Динамика изменения пропускной способности транспортных коммуникаций



Рисунок 3.22 – Динамика изменения расстояния между морским и «сухим» портами

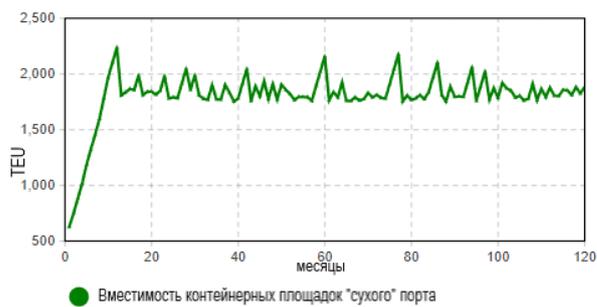


Рисунок 3.23 – Динамика изменения вместимости контейнерных площадок «сухого» порта

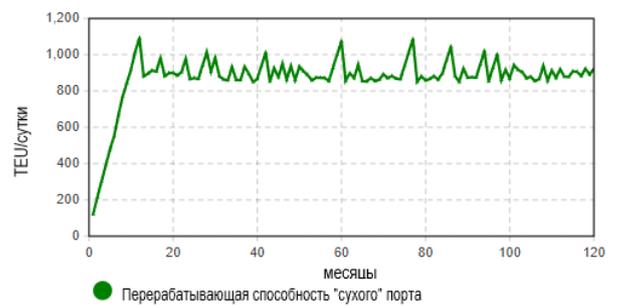


Рисунок 3.24 – Динамика изменения перерабатывающей способности «сухого» порта

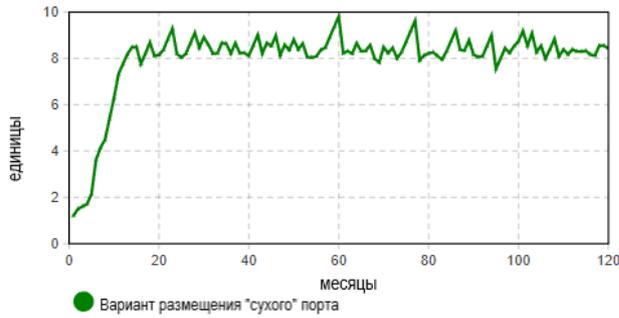


Рисунок 3.25 – Динамика изменения вариант размещения «сухого» порта

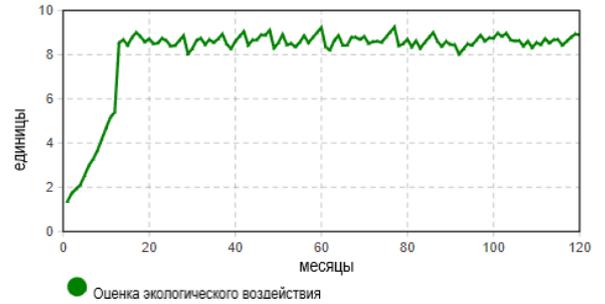


Рисунок 3.26 – Динамика изменения оценки экологического воздействия при размещении «сухого» порта



Рисунок 3.27 – Динамика изменения капитальных затрат на строительство «сухого» порта



Рисунок 3.28 – Динамика изменения эксплуатационных затрат при функционировании «сухого» порта

Из рисунков 3.19 – 3.28 видно, что период стабилизации основных параметров «сухого» порта примерно равен 12 месяцам. Это означает, что имитационная модель осуществляла поиск устойчивости путём перебора коэффициентов линейных функциональных зависимостей между основными параметрами «сухого» порта. Все это говорит об адекватности разработанной имитационной модели и алгоритма корректировки линейных функциональных зависимостей между основными параметрами «сухого» порта.

Полученные результаты моделирования прошли статистическую обработку, представленную в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Статистическая оценка результатов моделирования

Показатели	Период калибровки = 108 месяцев									
	λ	T_{ic}	V	n	K_{ir}	L	E_m	E_f	G_c	O_c
mean	395	17	1938	984	0,23	1,8	9,8	8,9	51,4	91
r-factor	0,89	0,84	0,92	0,91	0,89	0,93	0,89	0,91	0,92	0,93
p-factor	0,86	0,86	0,88	0,87	0,87	0,89	0,87	0,88	0,89	0,89

Продолжение таблицы 3.5

R^2	0,93	0,9	0,89	0,89	0,91	0,9	0,92	0,93	0,91	0,92
-------	------	-----	------	------	------	-----	------	------	------	------

mean - выборочное среднее; *r-factor* - оценка неопределённости по выборкам; *p-factor* - отношение числа благоприятных исходов к общему числу возможных исходов; R^2 - среднеквадратическое отклонение случайной величины [75].

Статистическая обработка результатов моделирования показала приближённость к расчётным значениям параметров «сухого» порта, представленным на рисунках 3.19 – 3.28. Показатель *r-factor*, значения которого меньше единицы, указывает на допустимый уровень неопределённости значений параметров. В свою очередь, показатель *p-factor*, значения которого близки к единице, иллюстрирует то, что модельные результаты близки к расчётным значениям основных параметров «сухого» порта. По результатам модельных экспериментов были получены оптимальные значения коэффициентов линейных функциональных зависимостей, таблица 3.6.

Таблица 3.6 – Расчётные и оптимальные значения коэффициентов линейных функциональных зависимостей

	λ	T_{ic}	V	n	K_{ir}	L	E_m	E_f	G_c	O_c
С		0,05246	5,978	3,0378	0,000732	0,00488	0,0244	0,0244	0	0
О		0,043	4,9	2,49	0,0006	0,004	0,02	0,02	0	0
С	28,304		139,08	70,516	0,01586	0,122	0,7076	0,6344	3,6844	6,527
О	23,2		114	57,8	0,013	0,1	0,58	0,52	3,02	5,35
С	0,234	0,10296		0,585	0,000117	0,001053	0,0117	0,00468	0,0351	0,0585
О	0,2	0,088		0,5	0,0001	0,0009	0,01	0,004	0,03	0,05
С	0,4776	0,0205	2,3437		0,0002	0,0021	0,01	0,010764	0,05	0,10
О	0,4014	0,0173	1,9695		0,0002	0,0018	0,01	0,009045	0,05	0,09
С	1391,01	59,8	6825	3465		5,88	34,51	31,33	0	0
О	1717,3	73,9	8426	4278		7,26	42,61	38,69	0	0
С	181,11	7,80	889	451	0,09		4,49	4,08	23,61	41,3
О	219	9,44	1076	546	0,12		5,44	4,94	28,56	50
С	48,36	2,076	237,24	120	0,0276	0,216		1,08	0	0
О	40,3	1,73	197,7	100	0,023	0,18		0,9	0	0
С	53,68	2,3302	265,5	134,2	0,03	0,24	1,34		7,05	12,4
О	44	1,91	217,7	110	0,025	0,2	1,1		5,78	10,2
С	0	0,40	45,9	23,3	0	0	0	0		0
О	0	0,33	37,7	19,1	0	0	0	0		0
С	5,16	0,221	25,33	12,86	0	0	0	0,11	0	
О	4,34	0,186	21,29	10,81	0	0	0	0,1	0	

С – расчётные значения коэффициентов линейных функциональных зависимостей; О – оптимальные значения коэффициентов линейных функциональных зависимостей.

Сравнительная характеристика расчётных и оптимальных, полученных при моделировании, значений коэффициентов линейных функциональных зависимостей отражает их изменение в пределах от 17 до 22 %, что говорит об адекватности разработанной имитационной модели.

После определения оптимальных значений коэффициентов линейных функциональных зависимостей дальнейшим этапом является поиск оптимальных значений основных параметров «сухого» порта по критерию максимума чисто-дисконтированного дохода от строительства

припортового терминала. Для проведения оптимизационного эксперимента был выбран пакет программного обеспечения CPLEX, предназначенный для решения задач линейного и квадратичного программирования, в том числе целочисленного программирования [180]. Пример листинга оптимизационного эксперимента с использованием оптимизатора CPLEX представлен в таблице 3.7. По результатам проведённого эксперимента были получены следующие значения параметров «сухого» порта: $\lambda = 256$ TEU/сут.; $T_{tc} = 13$ пар поездов/сут.; $V = 1865$ TEU; $n = 865$ TEU/сут., $K_{ir} = 1,2$, $L = 32$ км, $E_m=7$, $E_f = 9$, $G_c = 57,65$ млн долл., $O_c = 84,21$ тыс. долл. /мес.. Значение чисто-дисконтированного дохода составило $NPV = 48280509,58$ долл., при тарифе по обработке контейнера равном 580 долл. [182] и коэффициенте дисконтирования, равным 0,3855 [38].

Таблица 3.7 – Пример представления оптимизационного эксперимента в программном обеспечении CPLEX

```
// Импортирование библиотеки CPLEX в среду разработки IntelliJ IDEA
import ilog.concert.*;
import ilog.cplex.*;
public static void model() {
    try {
        IoCplex cplex = new IoCplex();
        // инициализация переменных (основные параметры «сухого» порта)
        IoNumVar intensity = cplex.numVar(0, Double.MAX_VALUE, "intensity");
        IoNumVar throughput = cplex.numVar(0, Double.MAX_VALUE, "throughput");
        IoNumVar capacity = cplex.numVar(0, Double.MAX_VALUE, "capacity");
        // расчетные формулы
        // пример физической взаимосвязи между основными параметрами «сухого» порта
        IoLinearNumExpr intensity_exp = cplex.linearNumExpr();
        intensity_exp.addTerm(0.043, throughput);
        intensity_exp.addTerm(4.9, capacity);
        intensity_exp.addTerm(2.49, handling_capacity);
        intensity_exp.addTerm(-0.0006, variation);
        intensity_exp.addTerm(-0.004, distance);
        intensity_exp.addTerm(0.02, location);
        intensity_exp.addTerm(0.02, env_parameter);
        intensity_exp.addTerm(0, general_costs);
        intensity_exp.addTerm(0.00012, operating_costs);
        // доходы
        IoNumExpr incomes = cplex.prod(580, intensity_exp);
        // суммарные затраты
        IoNumExpr total_costs = cplex.sum(general_costs_exp/3, operating_costs_exp);
        // целевая функция
        IoNumExpr NPV = cplex.prod(cplex.diff(incomes, total_costs), 0.3855);
        // максимизация целевой функции
        cplex.addMinimize(NPV);
        // Ограничения, накладываемые на целевую функцию
        // пример представления ограничений
        cplex.add(cplex.addLe(cplex.prod(0.5, intensity_exp), 390));
```

Полученные усреднённые значения основных параметров «сухого» порта использованы при проведении серии экспериментов по определению предельной перерабатывающей

способности морского порта до и после введения «сухого» порта, с разработанной агентной дискретно-событийной моделью функционирования системы «морской порт – «сухой» порт» до и после внедрения припортового терминала, рисунки 3.29 - 3.37. Интенсивность захода морских судов (контейнеровозов) варьировалась от 4 до 14 судов в месяц, при их средней вместимости в 2000 TEU, значение входного суточного вагонопотока варьировалось от 25 до 100 вагонов/сут. с учётом коэффициента неравномерности от 1,3 до 2,2. Норма простоя вагона на приёмо-отправочных путях морского принималась равной 6 часам, контейнера на территории морского терминала - 1 суткам.

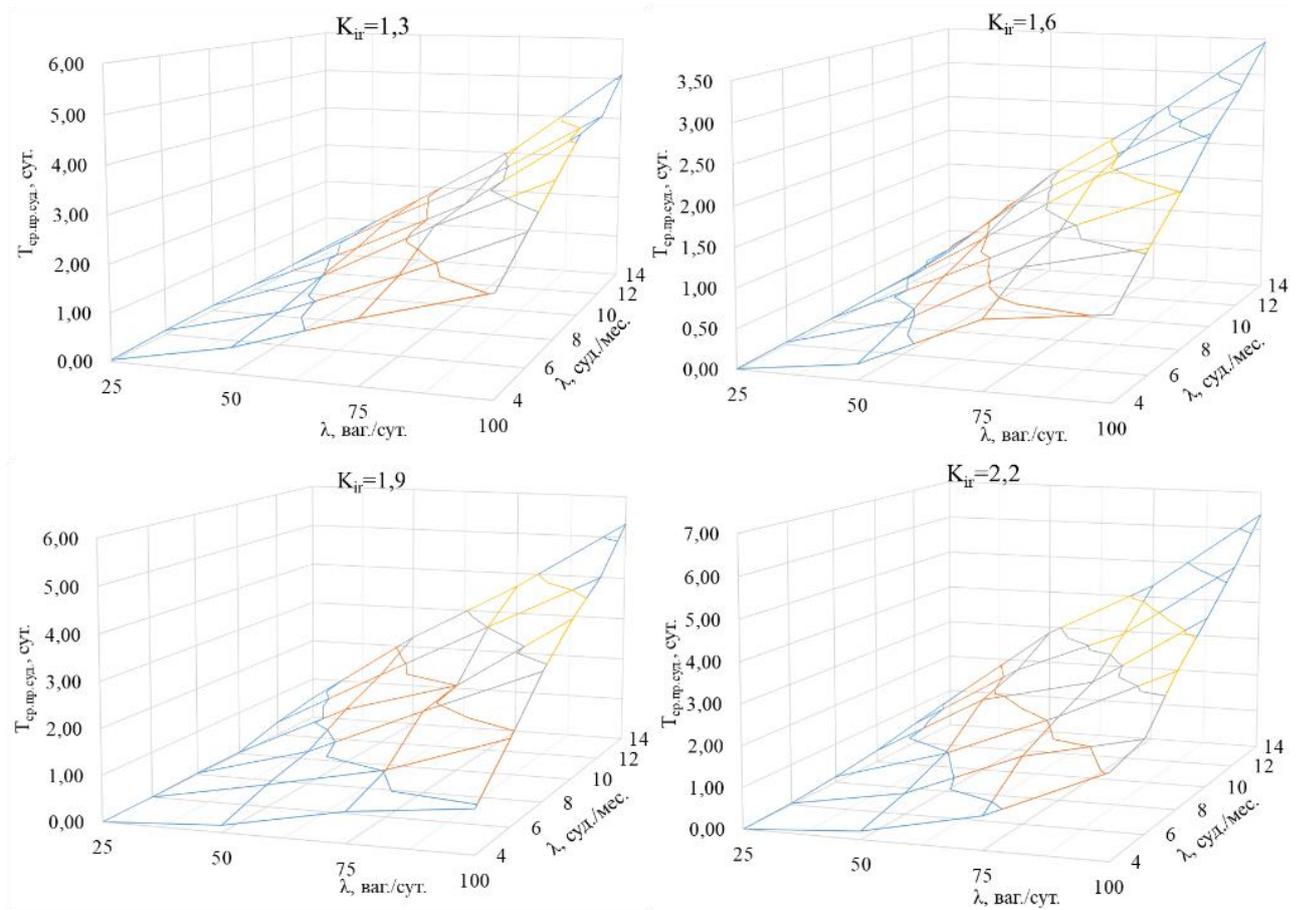


Рисунок 3.29 – Изменение среднего времени простоя судов в морском порту до внедрения «сухого» порта

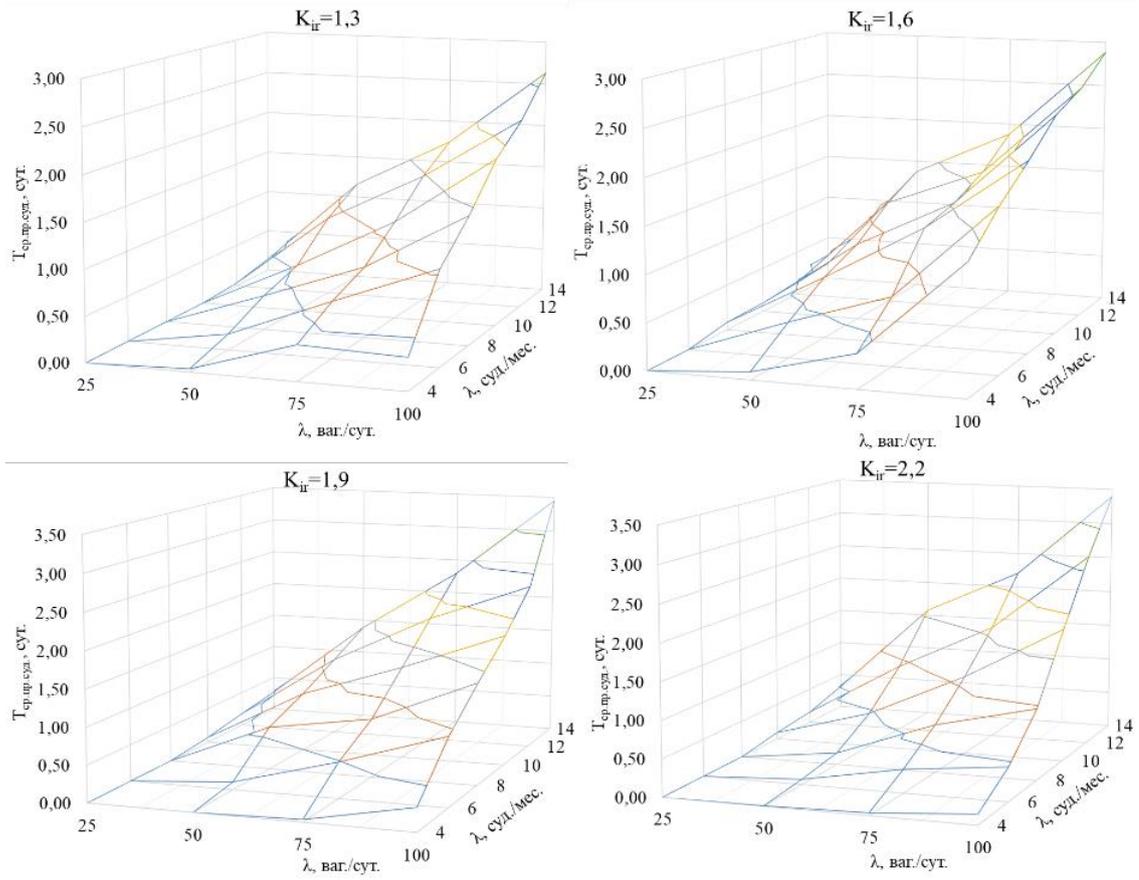


Рисунок 3.30 – Изменение среднего времени простоя судов в морском порту после внедрения «сухого» порта

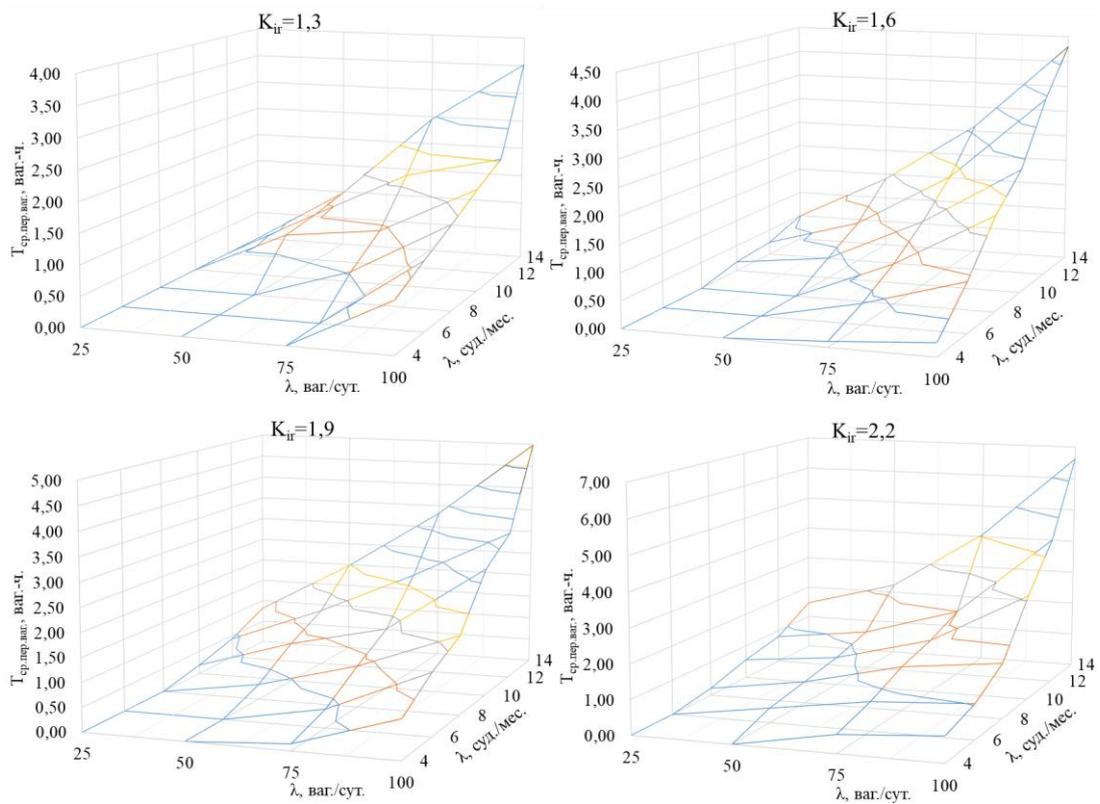


Рисунок 3.31 – Изменение среднего времени перепростоя вагона в морском порту до внедрения «сухого» порта

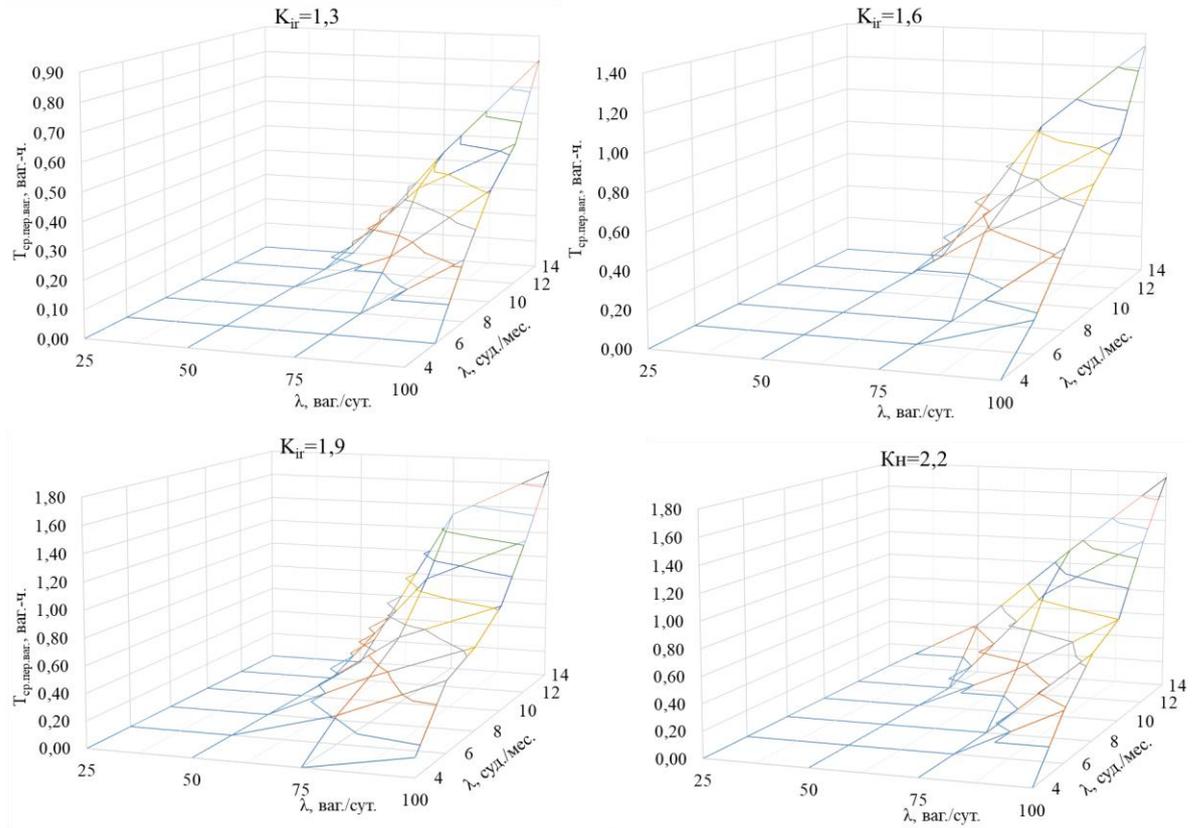


Рисунок 3.32 – Изменение среднего времени перепроста вагона в морском порту после внедрения «сухого» порта

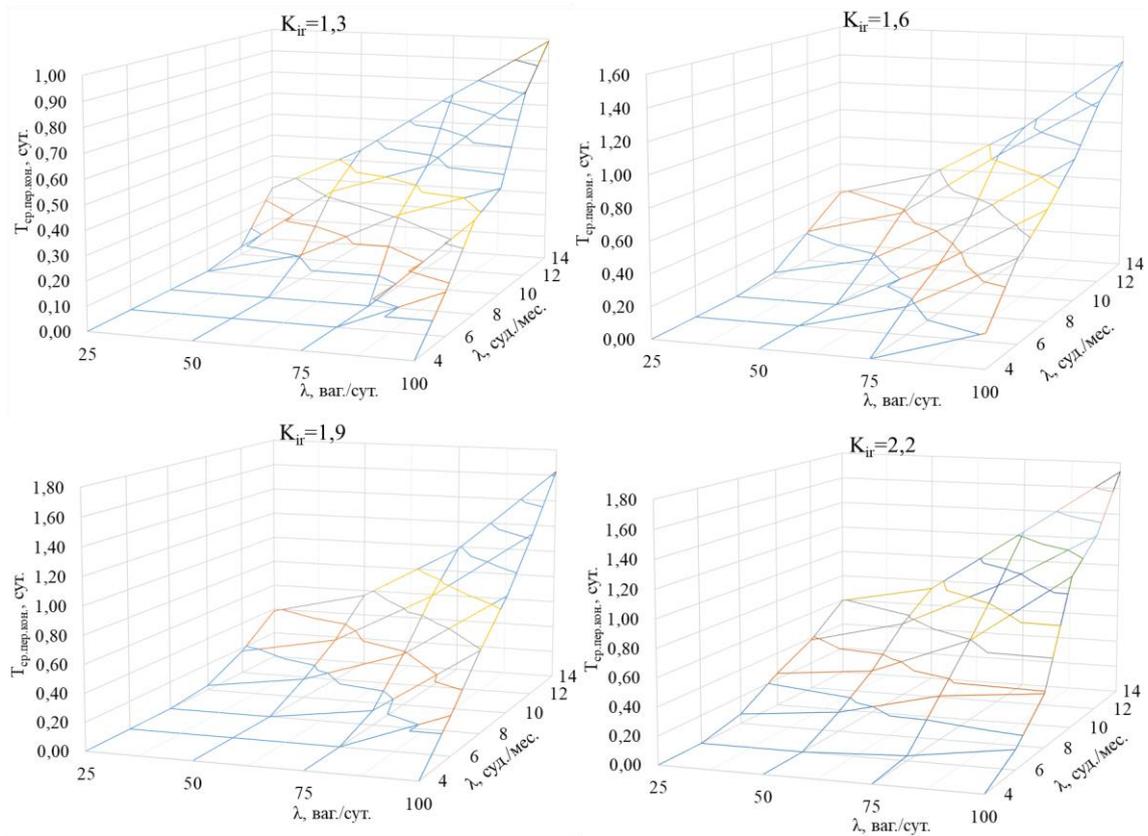


Рисунок 3.33 – Изменение среднего времени перепроста контейнера в морском порту до внедрения «сухого» порта

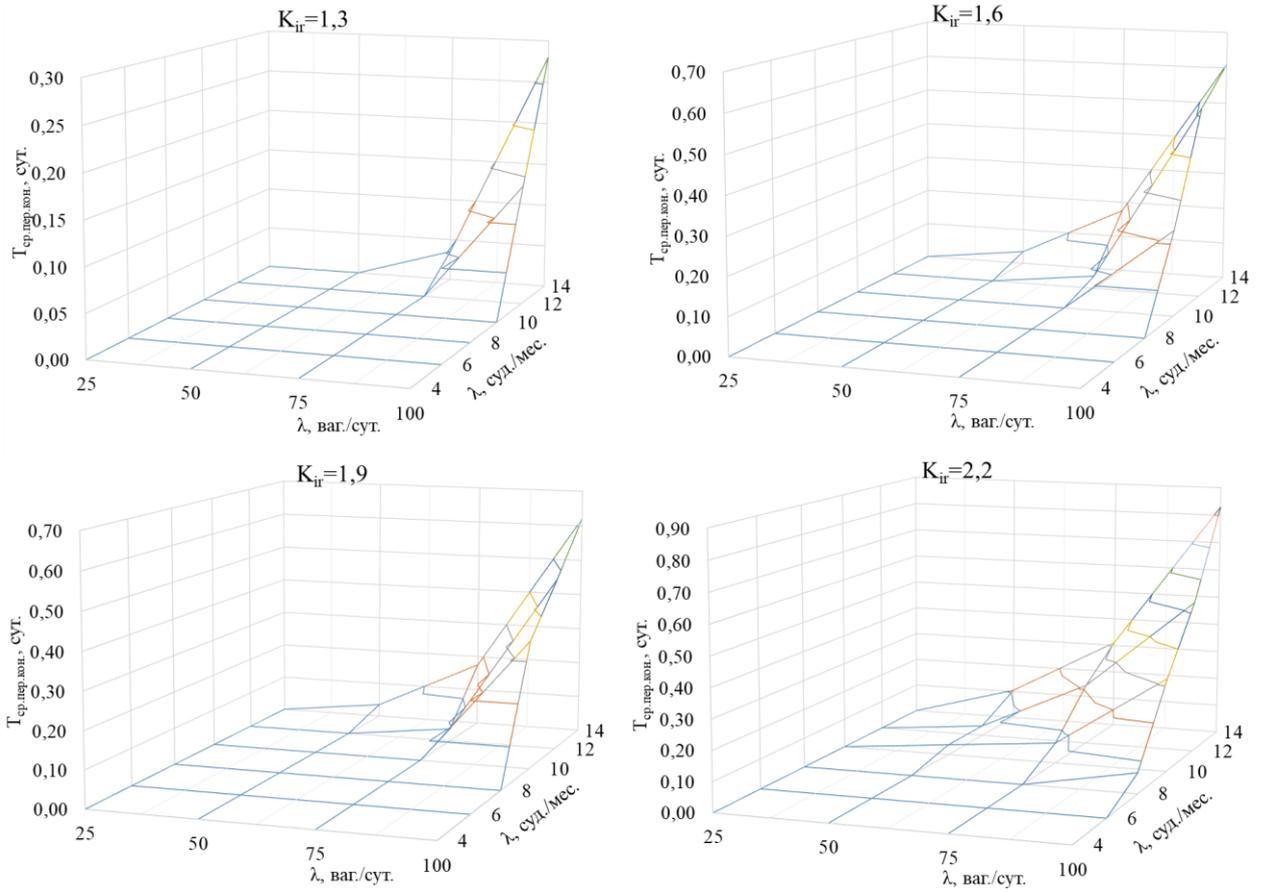


Рисунок 3.34 – Изменение среднего времени перепростоя контейнера после внедрения «сухого» порта

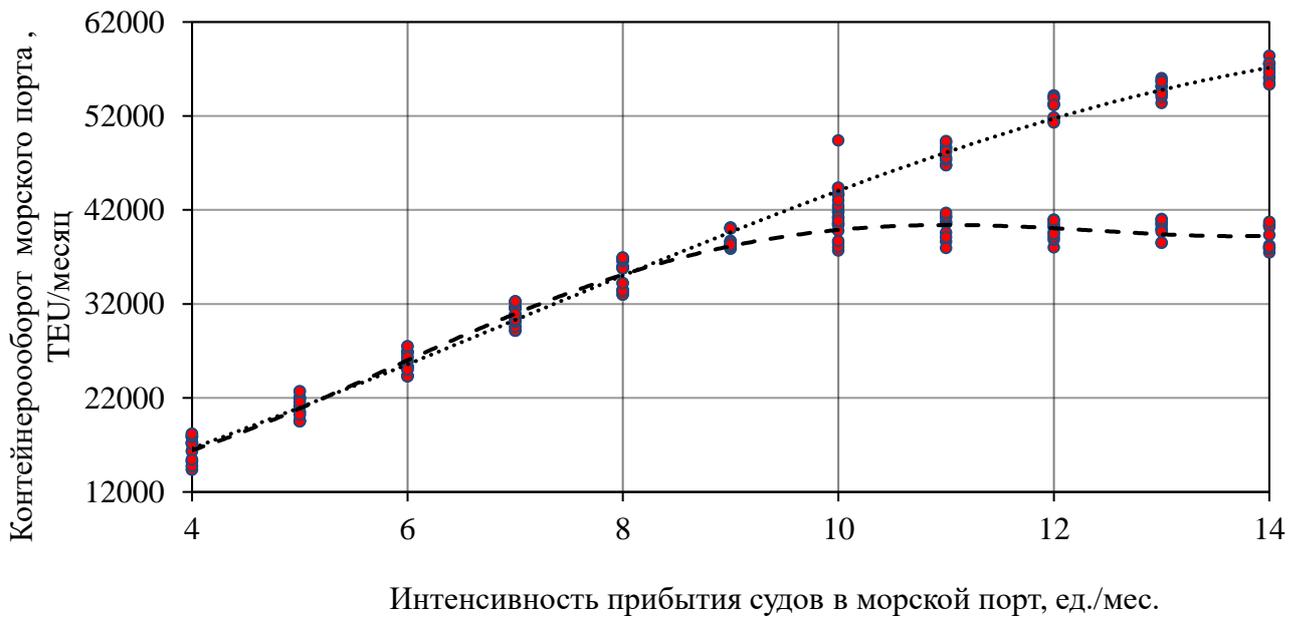


Рисунок 3.35 – Динамика контейнерооборота морского порта до и после введения «сухого» порта

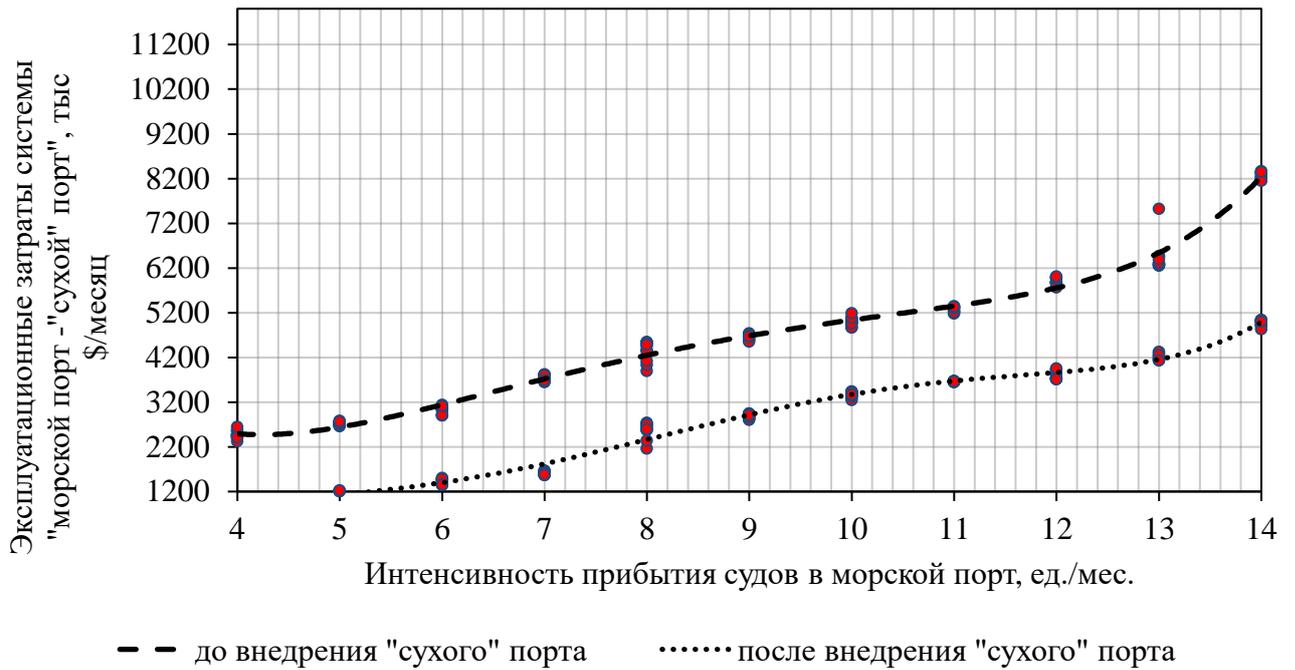


Рисунок 3.36 – Динамика эксплуатационных затрат морского порта до и после введения «сухого» порта

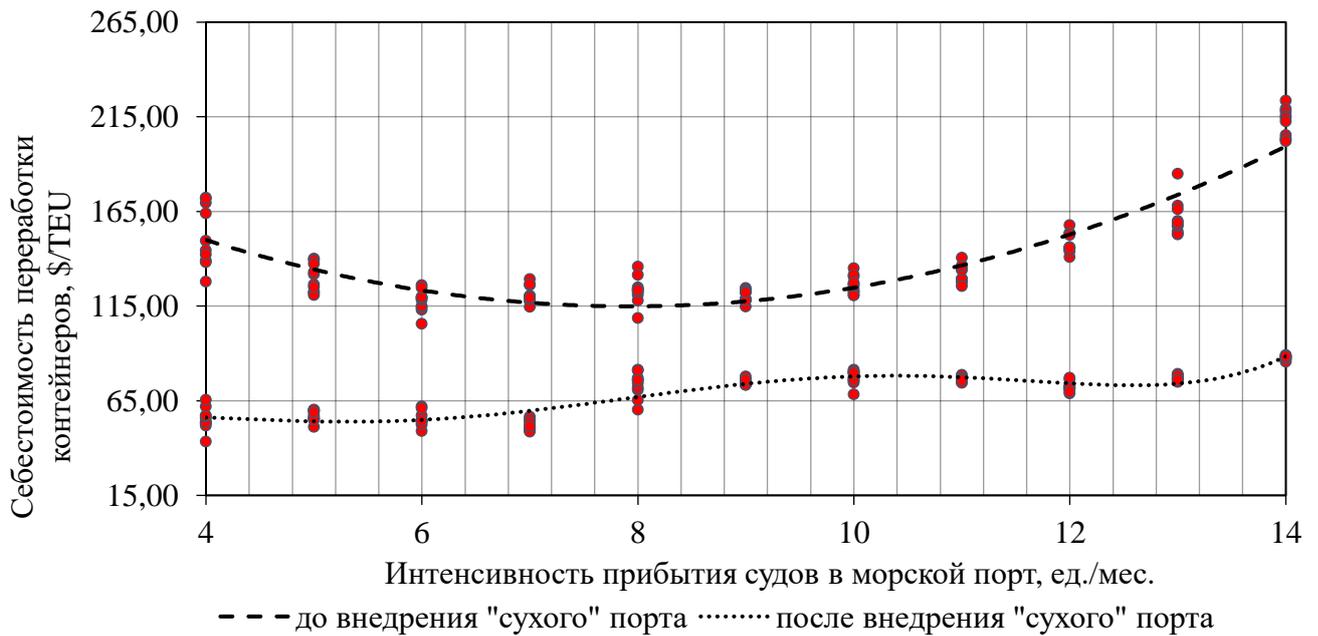


Рисунок 3.37 – Динамика себестоимости переработки контейнеров до и после введения «сухого» порта

Из рисунка 3.29-3.34 видно, что сооружение «сухого» порта позволило сократить среднее время простоя контейнерных судов в рейде акватории морского порта с 5 до 2,7 дней, вагона на приёмо-отправочных путях морского терминала – с 3,5 до 0,8 вагоночасов и контейнера в системе – с 1 до 0,28 сут..

Кроме того, при введении в систему «сухого» порта, обладающего оптимальной для соответствующего грузопотока вместимостью, равной 2000 TEU, отмечается практически линейное увеличение контейнерооборота морского порта, рисунок 3.35. Это позволяет сделать вывод об адекватности разработанной имитационной модели и корректности предложенной системы основных параметров «сухого» порта. Оптимальный момент внедрения «сухого» порта в имитационную модель, возникающий при увеличении месячной интенсивности прибытия в морской порт до 14 судов, определяется по внешнему виду графиков изменения себестоимости переработки контейнеров в системе «морской порт – «сухой» порт», рисунок 3.37, а также эксплуатационных затрат в системе, рисунок 3.36. Это происходит в результате сокращения потерь, связанных с простоем транспортных средств (судов, железнодорожного подвижного состава), а также погрузо-разгрузочных механизмов, уменьшения запасов контейнеров и снижения времени их хранения в портах.

Таким образом, проведённые исследования закономерностей функционирования системы «морской порт – «сухой» порт» были разделены на три этапа. На первом выполнялся поиск оптимальных усреднённых значений основных параметров «сухого» порта с использованием разработанной агентной системно-динамической модели основных параметров «сухого» порта. В течение периода моделирования равному 120 месяцам, имитационная модель осуществляла поиск устойчивости путём перебора коэффициентов линейных функциональных зависимостей между основными параметрами «сухого» порта. После определения оптимальных значений коэффициентов проводилась оптимизация значений основных параметров «сухого» порта по критерию чистого-дисконтированного дохода с использованием пакета программного обеспечения CPLEX.

На втором этапе для оценки максимальной пропускной и перерабатывающей способности морского порта была использована разработанная агентная дискретно-событийная имитационная модель функционирования системы «морской порт – «сухой» порт». Заключительным этапом исследования являлась корректировка полученных усреднённых значений основных параметров «сухого» порта с использованием ранее разработанной агентной дискретно-событийной имитационной модели и последующим введением в неё «сухого» порта, что, в свою очередь, позволило моделировать работу системы «морской порт – «сухой» порт». Стоит отметить, что полученные в ходе оптимизации усреднённые значения основных параметров «сухого» порта были использованы при моделировании системы. Имитационные эксперименты проводились при различных значениях интенсивности прибытия контейнерных судов в порт для оценки динамики контейнерооборота морского порта, коэффициента неравномерности входных грузопотоков, себестоимости переработки контейнеров и эксплуатационных затрат в системе «морской порт – «сухой» порт» до и после

введения припортового терминала. Доказана адекватность разработанных имитационных моделей. Дальнейшим шагом исследования является оптимизация основных параметров «сухого» порта.

3.5 Оптимизация основных параметров «сухого» порта

После установления закономерностей функционирования системы «морской порт – «сухой» порт» рассчитываются оптимальные значения системы основных параметров «сухого» порта по критерию совокупных затрат на строительство и функционирование системы, зависящие от места размещения припортового терминала, вместимости и перерабатывающей способности [74].

Для определения оптимальных значений системы основных параметров «сухого» порта по критерию совокупных затрат на строительство и функционирование системы «морской порт – «сухой» порт» предлагается использование оптимизационного эксперимента «Варьирование параметров» в программном продукте AnyLogic.

Единственным дискретным параметром исследуемой системы является параметр, определяющий вариант размещения «сухого» порта. Этот параметр в модели предлагается описывать множеством точек на плане местности потенциального места размещения «сухого» порта, где каждый вариант припортового терминала характеризуется капитальными и эксплуатационными затратами [170], рисунок 3.38, зависящими от вместимости (площади) порта, рельефа местности, длины транспортных коммуникаций (маршрута), планируемого контейнерооборота (интенсивности и неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств) [60]. В таблице 3.8 представлены модельные значения основных параметров «сухого» порта. На каждом участке потенциального размещения «сухого» порта 1,2, ..., 9 показаны границы вариантов «сухого» порта, различающиеся вместимостью [73] – 1.1, 1.2, 1.3, ... 9.4.

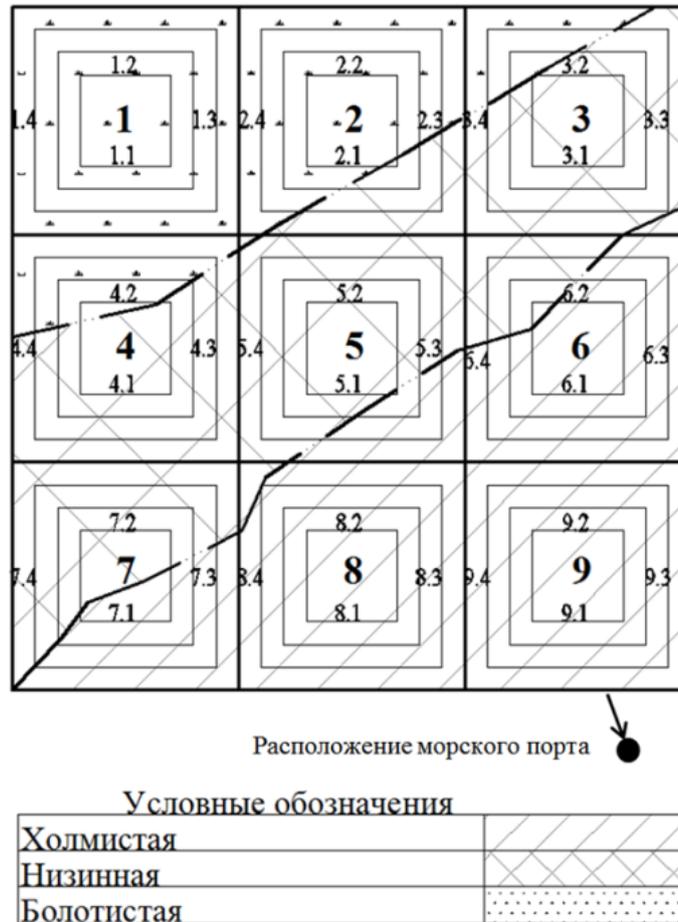


Рисунок 3.38 – План местности потенциального места размещения «сухого» порта

Для расчёта оптимальных значений предложенной системы основных параметров «сухого» порта, зависящих от места его размещения, вместимости контейнерных площадок и перерабатывающих способностей [170], использовался оптимизационный эксперимент в программной среде AnyLogic 8.5.1, рисунок 3.39.

Таблица 3.8 – Модельные значения основных параметров «сухого» порта

Номер участка	сценарий 1, V= 1 тыс. TEU		сценарий 2, V=2 тыс. TEU		сценарий 3, V=3 тыс. TEU		сценарий 4, V=4 тыс. TEU	
	L, км	G _c , млн долл.	L, км	G _c , млн долл.	L, км	G _c , млн долл.	L, км	G _c , млн долл.
1	27	29,4	26	32,6	25	35,8	24	38,5
2	23	28,2	22	29,7	21	34,8	20	36,7
3	18	20,5	17	21,2	16	22,72	15	23,47
4	19	21,7	18	23,8	17	25,78	16	27,8
5	15	17,2	14	20,4	13	23,45	12	25,4
6	14	15,7	13	18,9	12	21,45	11	22,9
7	18	20,2	17	23,4	16	25,72	15	27,7
8	14	15,5	13	18,5	12	20,25	11	21,4
9	10	11,5	9	14,5	8	16,25	7	17,4

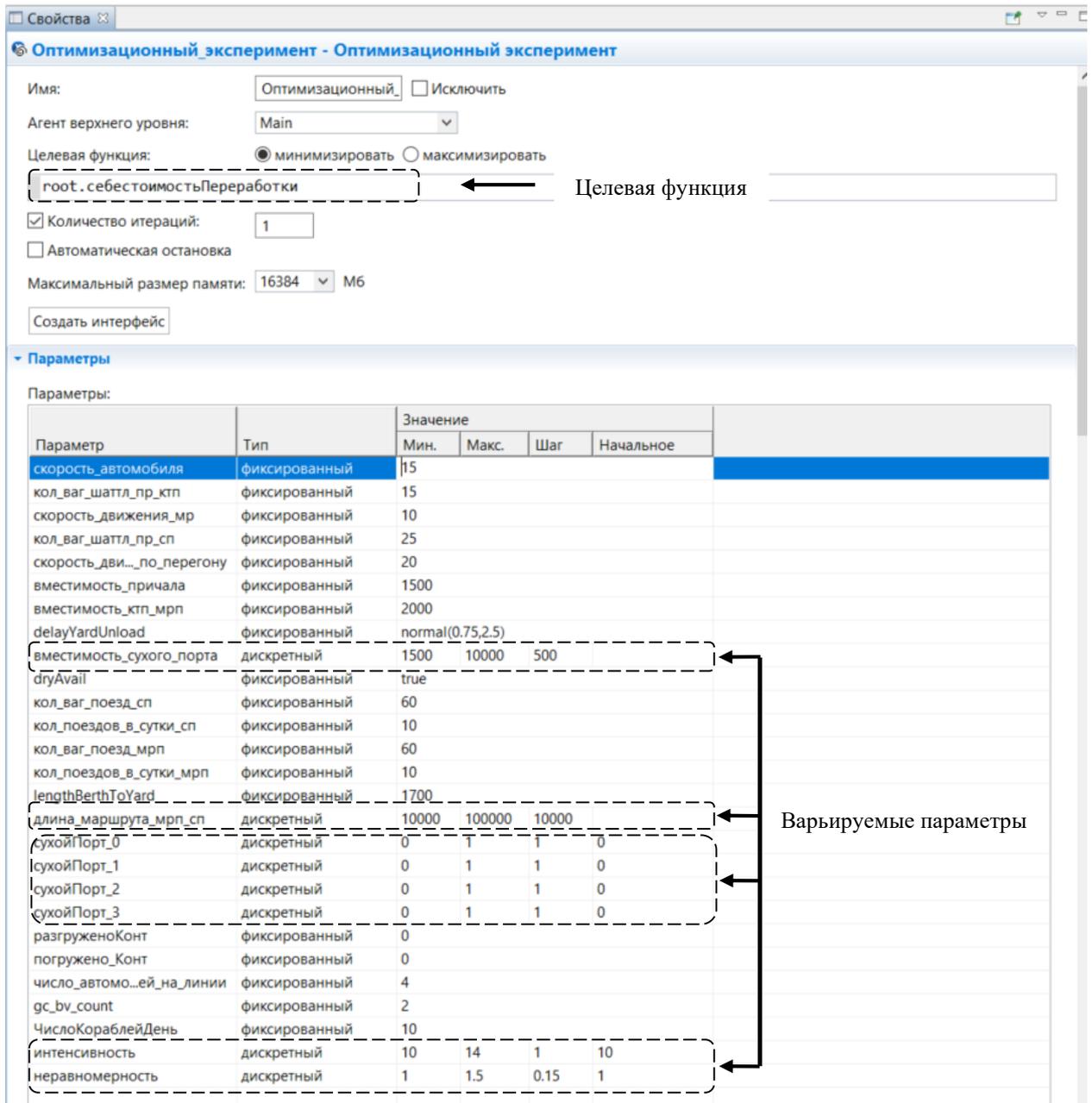


Рисунок 3.39 – Пример внутреннего интерфейса оптимизационного эксперимента в программной среде AnyLogic 8.5.1

Целевой функцией оптимизационной модели является себестоимость переработки одной единицы контейнера, являющаяся одним из основных показателей эффективности функционирования системы «морской порт – «сухой» порт».

Варьируемыми параметрами оптимизационного эксперимента являются протяжённость трассы маршрута между морским и «сухим» портами, вместимость припортового терминала, интенсивность и неравномерность грузопотоков и потоков транспортных средств, а также варианты размещения «сухого» порта [170], характеризующиеся разными значениями

капитальных расходов. Пример расчёта основных технико-экономических показателей системы «морской порт – «сухой» порт» представлен на рисунке 3.40.

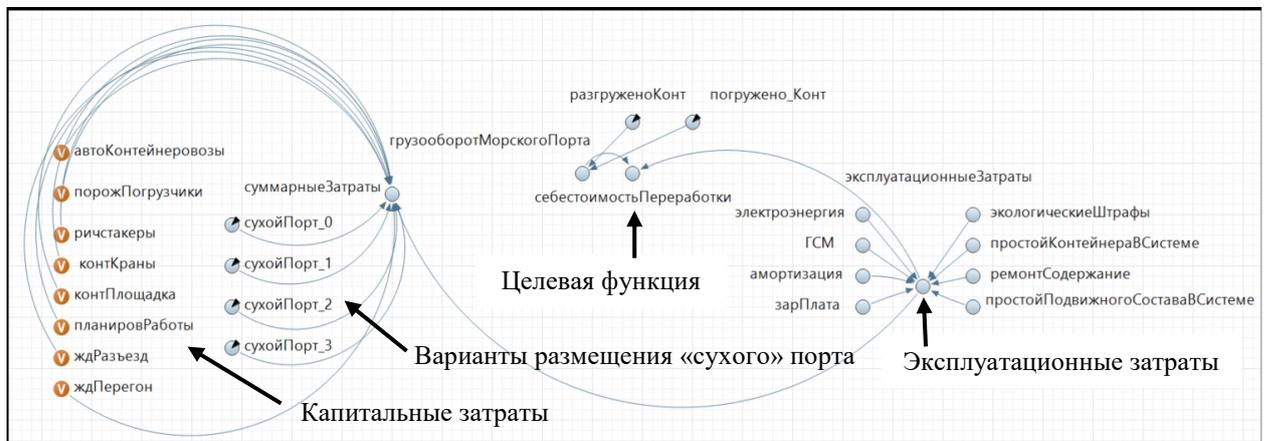


Рисунок 3.40 – Пример блока имитационной модели системы «морской порт – «сухой» порт», отвечающего за расчёт технико-экономических показателей в программной среде AnyLogic 8.5.1

Себестоимостью переработки единицы контейнера в системе «морской порт – «сухой» порт» является отношение эксплуатационных затрат системы (затраты на электроэнергию, топливо, амортизационные отчисления, заработную плату персоналу, ремонт и содержание техники; затраты, связанные с простоем подвижного состава и контейнеров в системе, а также экологические штрафы, связанные с объёмами выбросов CO₂ от транспортных средств) и контейнерооборота морского порта. Для расчёта эксплуатационных затрат использовались формулы из работ [49; 231].

Стоит отметить, что капитальные затраты на строительство «сухого» порта задавались одномерным массивом в зависимости от расстояния до морского порта, его варианта размещения, вместимости контейнерных площадок и перерабатывающей способности, а также экологической ситуации в потенциальном месте размещения «сухого» порта [170].

Более того, для выбора наилучшего места размещения «сухого» порта по критерию минимума себестоимости переработки одного контейнера предложены варианты размещения «сухого» порта. Каждый вариант размещения «сухого» порта характеризуется разным набором значений капитальных расходов при строительстве припортового терминала.

Для принятых в модельном эксперименте исходных данных оптимальными для размещения «сухого» порта последовательно оказывались участки 8.1, 8.2, 7.3 и 7.4 (см. рисунок 3.38), то есть модель «выбирала» вариант размещения «сухого» порта, удалённый от морского на минимальное расстояние. Это расстояние модель стремилась сократить по мере увеличения

интенсивности и коэффициента неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств, и вместимости площадки «сухого» порта.

По результатам оптимизации (корректировки) значений основных параметров «сухого» порта получены уточнённые значения основных параметров «сухого» порта. Критерием оптимальности были выбраны совокупные затраты на строительство и функционирование системы «морской порт – «сухой» порт», зависящие от места размещения припортового терминала, его вместимости и перерабатывающей способности. Вариант размещения «сухого» порта представлялся в оптимизационной эксперименте как множество точек на плане местности потенциального места размещения «сухого» порта, где каждый вариант припортового терминала характеризовался капитальными и эксплуатационными затратами, зависящими от вместимости (площади) «сухого» порта, рельефа местности, длины транспортных коммуникаций (маршрута), планируемого контейнерооборота (интенсивности и неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств). Целевой функцией оптимизационной модели задавалась себестоимость переработки одной единицы контейнера, являющаяся одним из основных показателей эффективности функционирования системы «морской порт – «сухой» порт». Варьируемыми параметрами оптимизационного эксперимента были выбраны следующие основные параметры «сухого» порта: трасса маршрута между морским и «сухим» портами, вместимость припортового терминала, интенсивность и неравномерность грузопотоков и потоков транспортных средств, а также варианты размещения «сухого» порта, характеризующиеся разными значениями капитальных расходов.

Выводы к главе 3

1. Для исследования системы «морской порт – «сухой» порт» был выбран метод имитационного моделирования, имеющий ряд преимуществ, не присущих ряду сложных экономико-математических методов. Основными преимуществами выбранного метода является гибкость и универсальность имитационных моделей, позволяющих изменять большое число параметров с наименьшими трудозатратами на их реконфигурацию; возможность масштабируемости имитационных моделей для изучения параметров на различных уровнях управления объектами транспортно-логистической инфраструктуры; наглядность процесса моделирования и его результатов.

2. Установлено, что для поиска усреднённых оптимальных значений основных параметров «сухого» порта в процессе разработки управленческих решений по развитию

морской портовой инфраструктуры наиболее рациональным является комбинирование системно-динамического и агентного подходов. Комбинирование дискретно-событийного и агентного подходов предлагается применять для решения многократно повторяющихся задач, а также быстрого реагирования на изменения параметров входных и выходных грузопотоков, позволяющих детально оценивать эффективность функционирования системы и оперативно реагировать на изменение внешней среды, что, в свою очередь, позволяет определять его оптимальные уточнённые значения основных параметров «сухого» порта.

3. Разработана агентная системно-динамическая имитационная модель основных параметров «сухого» порта для поиска их усреднённых оптимальных значений. Поиск оптимальных значений напрямую связан с достижением устойчивости системы основных параметров «сухого» порта. Устойчивость системы основных параметров «сухого» порта реализуется на основе разработанного алгоритма корректировки значений коэффициентов линейных функциональных зависимостей между основными параметрами припортового терминала, позволяющего определять оптимальные значения коэффициентов установленных зависимостей.

4. Разработана агентная дискретно-событийная имитационная модель системы «морской порт – «сухой» порт», позволяющая уточнять оптимальные значения основных параметров «сухого» порта. Комбинация двух подходов позволяет описывать свойства отдельных агентов и их взаимодействие, представляющих собой технические средства и устройства, грузовые единицы и единицы подвижного состава, а также моделировать технологические процессы в системе «морской порт – «сухой» порт».

5. Разработан комплекс имитационных моделей. На первом этапе осуществлялся поиск оптимальных усреднённых значений основных параметров «сухого» порта с учётом максимальной интенсивности и коэффициента неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств с использованием разработанной агентной системно-динамической модели основных параметров «сухого» порта. Далее проводилась оценка предельной пропускной и перерабатывающей способности морского порта с использованием комбинированной агентной дискретно-событийной имитационной модели функционирования морского порта. Завершающим шагом являлась корректировка полученных усреднённых значений основных параметров «сухого» порта с использованием агентной дискретно-событийной имитационной модели системы «морской порт – «сухой» порт».

6. Имитационные эксперименты проводились для оценки среднего времени простоя контейнерных судов на рейде, вагона на приёмоотправочных путях и контейнера в системе «морской порт – «сухой» порт», динамики контейнерооборота морского порта, коэффициента неравномерности входных грузопотоков, себестоимости переработки контейнеров и

эксплуатационных затрат в системе «морской порт – «сухой» порт» до и после введения «сухого» порта при различных значениях интенсивности прибытия судов в морской порт. Доказана адекватность разработанных имитационных моделей путём статистической оценки результатов моделирования и полученных зависимостей при функционировании системы «морской порт – «сухой» порт».

7. Проведена корректировка усреднённых значений основных параметров «сухого» порта. Критерием оптимальности были выбраны совокупные затраты на строительство и функционирование системы «морской порт – «сухой» порт», зависящие от места размещения припортового терминала, его вместимости и перерабатывающей способности. Вариант размещения «сухого» порта представлялся в оптимизационном эксперименте как множество точек на плане местности потенциального места размещения «сухого» порта, где каждый вариант припортового терминала отличался капитальными и эксплуатационными затратами, зависящими от вместимости (площади) «сухого» порта, рельефа местности, длины транспортных коммуникаций (маршрута), планируемого контейнерооборота (интенсивности и неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств). Целевой функцией оптимизационной модели задавалась себестоимость переработки одной единицы контейнера. Варьируемыми параметрами оптимизационного эксперимента были выбраны следующие основные параметры «сухого» порта: протяжённость транспортных коммуникаций между морским и «сухим» портами, вместимость припортового терминала, интенсивность и неравномерность грузопотоков и потоков транспортных средств, а также варианты размещения «сухого» порта, характеризующиеся разными значениями капитальных расходов.

4 МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ «СУХОГО ПОРТА»

4.1 Разработка методики формирования системы «морской порт – «сухой» порт»

Разработанная методика формирования системы «морской порт – «сухой» порт» включает в себя следующие основные этапы:

1. Определение линейных функциональных зависимостей между основными параметрами «сухого» порта с использованием разработанной матрицы качественных взаимосвязей между ними.

Функциональная зависимость описывает связь между парой параметров. Минимальные и максимальные значения параметров рассчитываются, исходя из прогнозируемых значений интенсивности и коэффициента неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств.

2. Построение агентной системно-динамической модели основных параметров «сухого» порта с последующей корректировкой коэффициентов линейных функциональных зависимостей между основными параметрами «сухого» порта, рисунок 4.1.

3. Использование полученных коэффициентов линейных функциональных зависимостей в ограничениях целевой функции (максимизации чисто дисконтированного дохода) при поиске оптимальных значений основных параметров «сухого» порта с использованием оптимизатора CPLEX, рисунок 4.2.

4. Изучение рабочей документации проекта строительства исследуемого морского порта. Одной из основных целей строительства «сухого» порта и поиска его оптимальных значений является увеличение пропускной и перерабатывающей способностей существующего морского порта. Поэтому первостепенной задачей при разработке методики формирования системы «морской порт – «сухой» порт» является анализ рабочей документации проекта строительства исследуемого морского порта, включающей в себя следующие чертежи [76]:

– ситуационный план местности размещения морского порта, отражающий очертания морского порта, границы селитебной зоны – позволяет оценить уровень городской застройки вблизи морского терминала для последующего размещения «сухого» порта;

– генеральный план существующего морского порта, включающий в себя ситуацию и рельеф местности; расположение зданий и сооружений, площадки складские и производственные; автомобильные дороги и железнодорожные пути с указанием номеров путей,

стрелочных переводов, уклоноуказателей; транспортные развязки, переезды; погрузочно-разгрузочные средства; номера причалов и их параметры (длина и глубина), рисунок 4.3;

– план акватории и подходных каналов, отражающий расположение существующих глубин гидротехнических сооружений (причалов);

– пояснительная записка, включающая в себя информацию о перерабатывающей способности морского порта, транспортных коммуникаций, входных грузопотоков и потоков транспортных средств.

Данная информация может быть получена с официального сайта исследуемого морского порта.

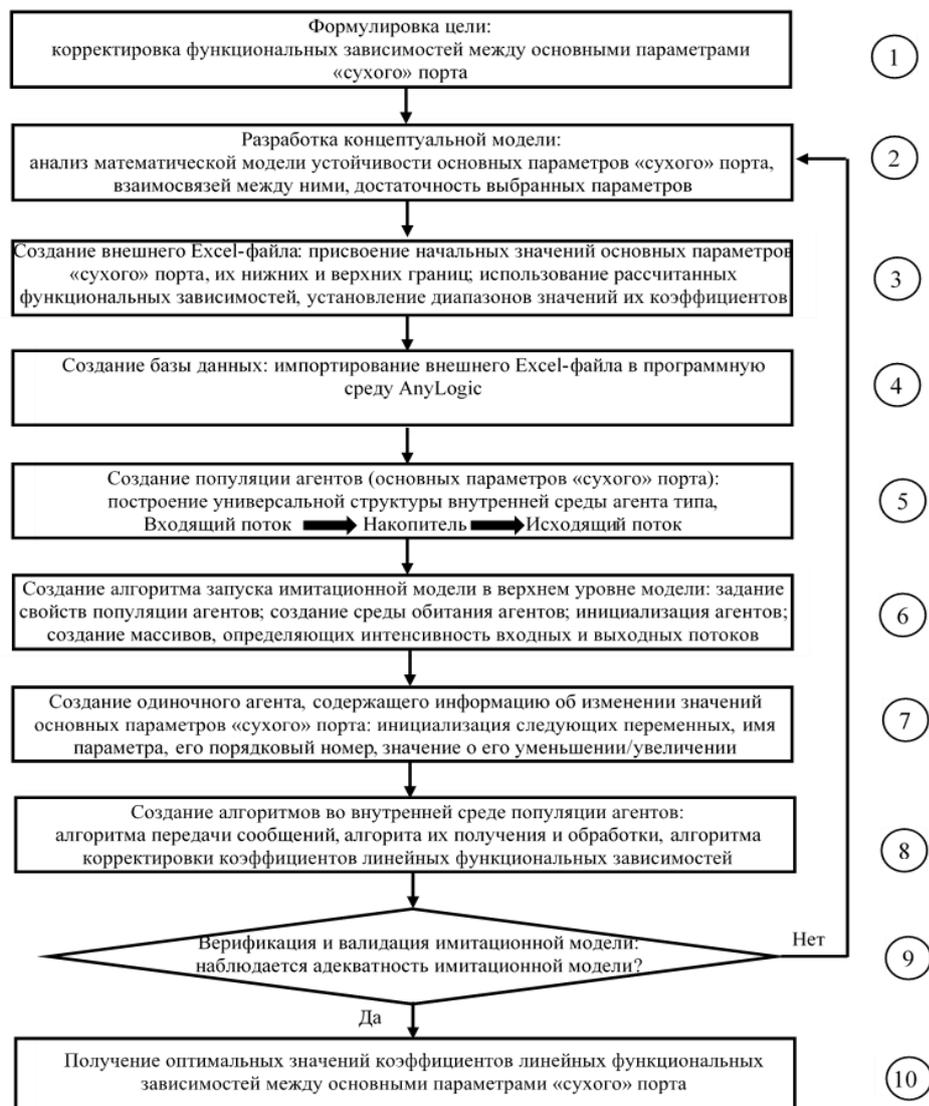


Рисунок 4.1 – Алгоритм построения агентной системно-динамической модели основных параметров «сухого» порта для корректировки линейных функциональных зависимостей между

НИМИ

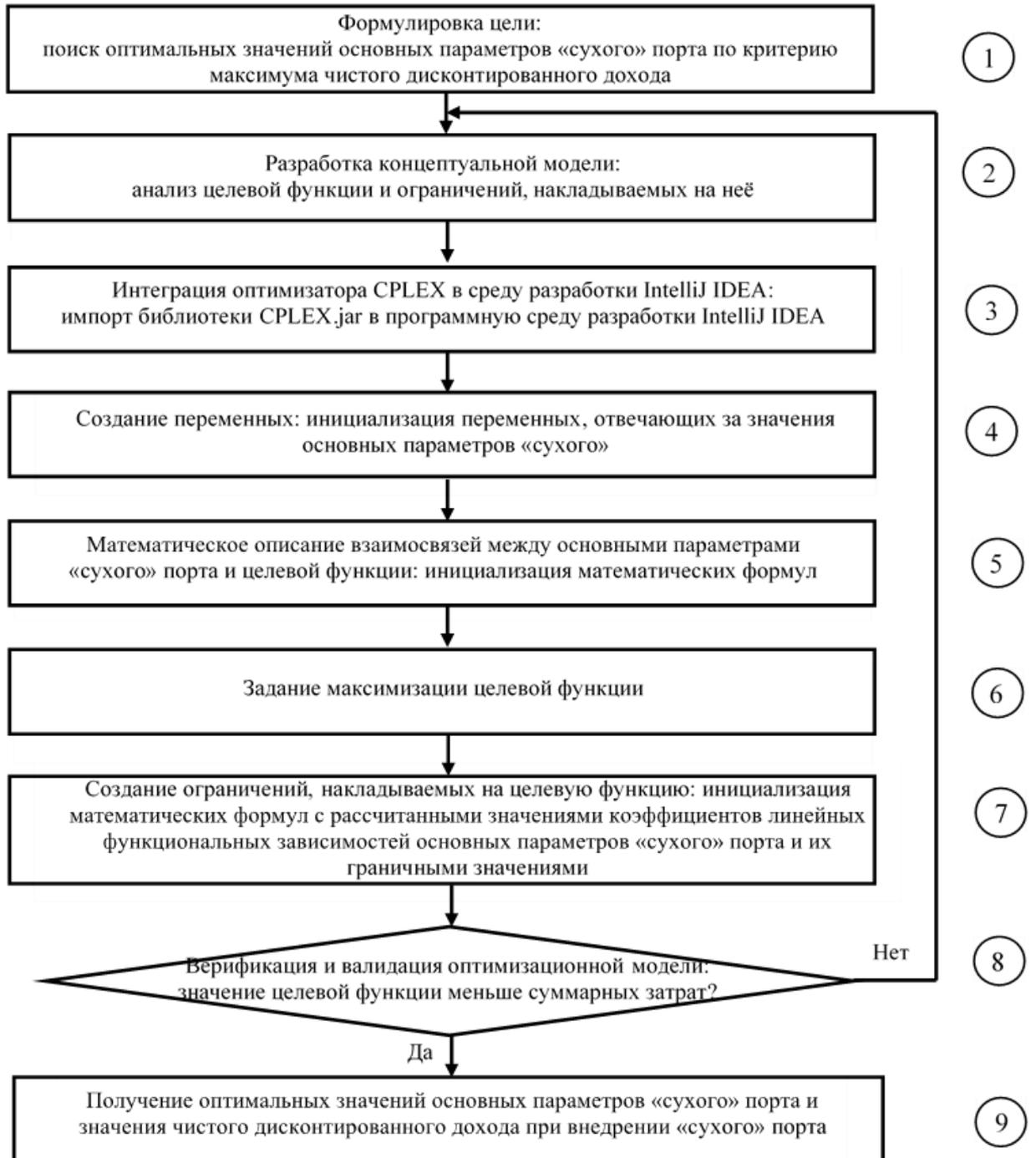


Рисунок 4.2 – Алгоритм построения оптимизационного эксперимента в программной среде разработки IntelliJ IDEA с использованием оптимизатора CPLEX



Рисунок 4.3 – Пример представления генерального плана морского порта

5. Сбор статистических данных о продолжительности технологических операций в порту, фактических входных грузо-, вагоно-, поездопотоков и потоков судов. Расчёт существующих и прогнозных значений интенсивности и коэффициентов неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств. Определение законов распределения соответствующих случайных величин и параметров этих законов.

Статистические данные о продолжительности технологических операций и их особенностях в морском порту могут быть запрошены у администрации морского порта, а также взяты из нормативных документов [18]. Существующая интенсивность грузопотоков и потоков транспортных средств может быть проанализирована через данные, предоставляемые менеджерами морского порта, а прогнозные значения данного параметра могут быть рассчитаны с использованием методов прогнозирования изменений грузопотоков [99]. Стоит отметить, что интенсивности грузопотоков и потоков транспортных средств зависит от количества железнодорожных составов, прибывающих с внешней сети, морских судов, а также автомобилей-контейнеровозов. Коэффициент неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств в морском порту рассчитывается по данным их интенсивности. Законы распределения случайной величины определяются на основе опытных данных, рассчитанных с использованием математических законов теории вероятностей, и, как правило, подчинены нормально закону распределения случайной величины [234].

6. Построение имитационной модели морского порта.

Построение имитационной модели морского порта осуществляется с использованием комбинирования дискретно-событийного и агентного подходов в программной среде AnyLogic, а также состоит из следующих этапов, представленных на рисунке 4.4

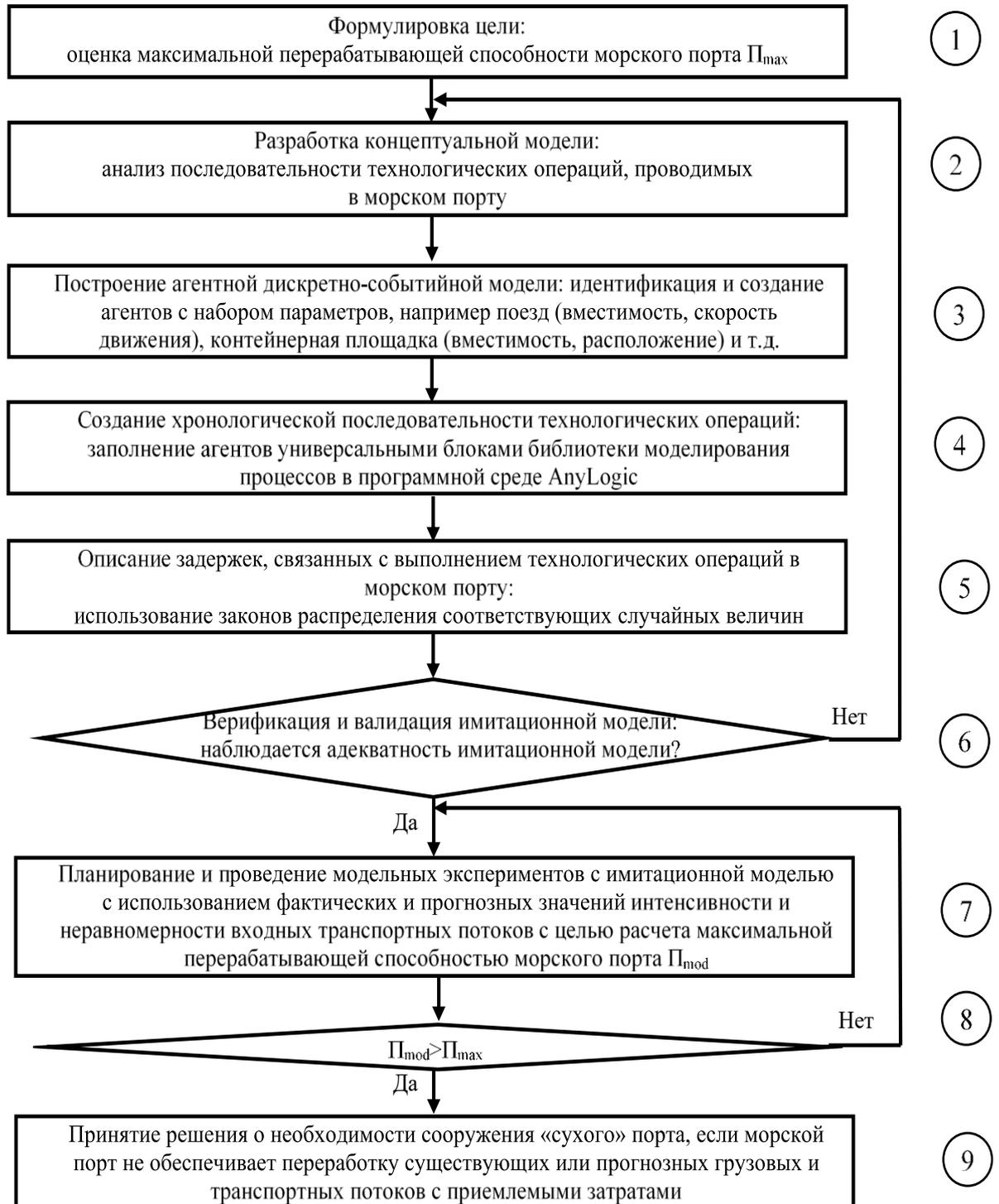


Рисунок 4.4 – Алгоритм построения агентной дискретно-событийной модели функционирования морского порта для оценки его максимальной перерабатывающей способности

7. Принятие решения о необходимости сооружения «сухого порта», если морской порт не обеспечивает переработку существующих или прогнозных грузовых и транспортных потоков с приемлемыми затратами, отражающими их линейный рост.

8. Построение плана местности потенциального места размещения «сухого порта». Выбор сценариев сооружения «сухого порта» и определение для каждого сценария значений: расстояние между морским и «сухим» портами; вместимость контейнерных площадок «сухого порта»; капитальные затраты на сооружение «сухого порта».

Земельный участок для строительства «сухого» порта выбирают после разработки и утверждения бизнес-плана (технико-экономического обоснования). Однако возможны ситуации, при которых застройщик сначала подбирает участок, а затем, применительно к этому участку, заказывает выполнение бизнес-плана его наиболее эффективного использования [92]. Построение плана местности потенциального места размещения «сухого порта» основано на указании размещения исследуемого морского порта и вариантов размещения, характеризующимися значениями основных параметров «сухого» порта, полученных при оптимизации, рисунок 4.2 (Этап №9).

Построение плана местности потенциального места размещения «сухого порта» осуществляется при помощи создания ситуационного плана, на котором отображено расположение транспортных коммуникаций, инженерно-коммуникационных сетей, инфраструктурного рельефа, а также размещение существующего морского порта. В капитальные затраты включены затраты на приобретение земельного участка, проведения планировочных работ и строительства контейнерной площадки.

9. Расширение агентной дискретно-событийной имитационной модели морского порта путём введения в неё стандартизированных блоков (таблица 3.4), имитирующих работу «сухого порта», а также взаимодействие морского порта и припортового терминала.

После определения предельной перерабатывающей способности морского порта, когда не наблюдается контейнерооборот морского порта при увеличении судозаходов в него, предлагается вводить в имитационную модель стандартизированные блоки, моделирующие работу «сухого» порта, включающие в себя работу железнодорожных челноков-шаттлов, контейнерных поездов с внешней сети, а также погрузочно-разгрузочных механизмов, рисунки 3.15, 3.17, 3.18

10. Задание при помощи встроенного оптимизатора AnyLogic критерия оптимизации (себестоимость переработки контейнеров) и граничных значений основных параметров моделируемого «сухого порта», полученных при оптимизации в CPLEX.

Для задания критерия оптимизации (себестоимость переработки контейнеров) при помощи встроенного оптимизатора AnyLogic необходимо проведение расчёта

эксплуатационных затрат и оценки контейнерооборота системы «морской порт – «сухой порт» внутри программной среды. Для оценки затрат, направленных на функционирование погрузочно-разгрузочных средств, использовалась комбинация динамической переменной, в которой заданы расчётные формулы. К примеру, для определения затрат на электроэнергию, потребляемую контейнерными кранами в динамической переменной, указывалась физическая ссылка на блок `resourcePool` библиотеки моделирования процессов в программной среде AnyLogic, отвечающей за количество кранов и их суммарное время работы по следующему принципу: `ssgCrane.utilization()*numberSsgCrane*200кВт*0.08`, где `ssgCrane.utilization()` – время работы контейнерных кранов в период моделирования, `numberSsgCrane` – количество функционирующих контейнерных кранов, 200 кВт – установленная мощность электроприводов контейнерного крана, 0.08 – стоимость 1 кВт электроэнергии в долларах США.

Для расчёта затрат на простой контейнерного судна использовалась комбинация блоков библиотеки моделирования процессов в программной среде AnyLogic `timeMeasureStart` и `timeMeasureEnd`, позволяющая измерить время простоя судна в рейде методом `dataset()`.

Для расчёта контейнерооборота морского порта, устанавливались счётчики (`i++`) количества выгруженных и погруженных контейнеров на морские суда в действии при выходе в блоках библиотеки моделирования процессов `Service`, отвечающих за проведение погрузочно-разгрузочных операций.

11. Проведение имитационных экспериментов с разработанной агентной дискретной моделью системы «морской порт – «сухой порт» при различных значениях интенсивности и коэффициента неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств с целью определения для каждого сценария развития припортовой инфраструктуры оптимальных значений основных параметров «сухого» порта.

Разработанная методика формирования системы «морской порт – «сухой» порт» является универсальной и может быть использована инвесторами и органами государственной власти для обоснования решений по сбалансированному развитию транспортно-логистической инфраструктуры регионов размещения морских портов.

4.2 Апробация разработанной методики формирования системы «морской порт – «сухой» порт»

Апробацию разработанной методики формирования системы «морской порт – «сухой» порт» предлагается провести на двух примерах. В первом случае, исследуемым морским портом

будет являться морской терминал «Евуарпорт» (г. Корфез, Турция), входящий в состав транспортного коридора «Север-Юг» и не имеющий «сухого» порта. Во втором случае, апробацию разработанной методики предлагается провести на существующей системе «морской порт – «сухой» порт», реализованной между морским контейнерным терминалом «NBCT Ningbo Beilun Container Terminal», входящим в состав транспортного коридора «Восток-Запад», и одним из крупнейших морских портов по контейнерообороту «Ningbo-Zhoushan» (г. Нинбо, КНР) и «сухим» портом (г. Иву, КНР) в целях поиска неточностей при расчёте его основных параметров.

Морской порт «Евуарпорт» является крупнейшим морским терминалом в восточной части Мраморного моря. Более 50% импорта и экспорта региона проходит через порт, а его автомобильное и железнодорожное сообщение связывает морской терминал с основными рынками Турции. Порт играет ключевую роль в поддержании турецкой экономики, ежегодно через его терминалы проходит около 1200 судов двадцати семи морских линий, в том числе сверхбольшие контейнеровозы вместимостью до 18000 TEU и длиной до 400 метров [179]. План расположения морского порта представлен на рисунке 4.5.

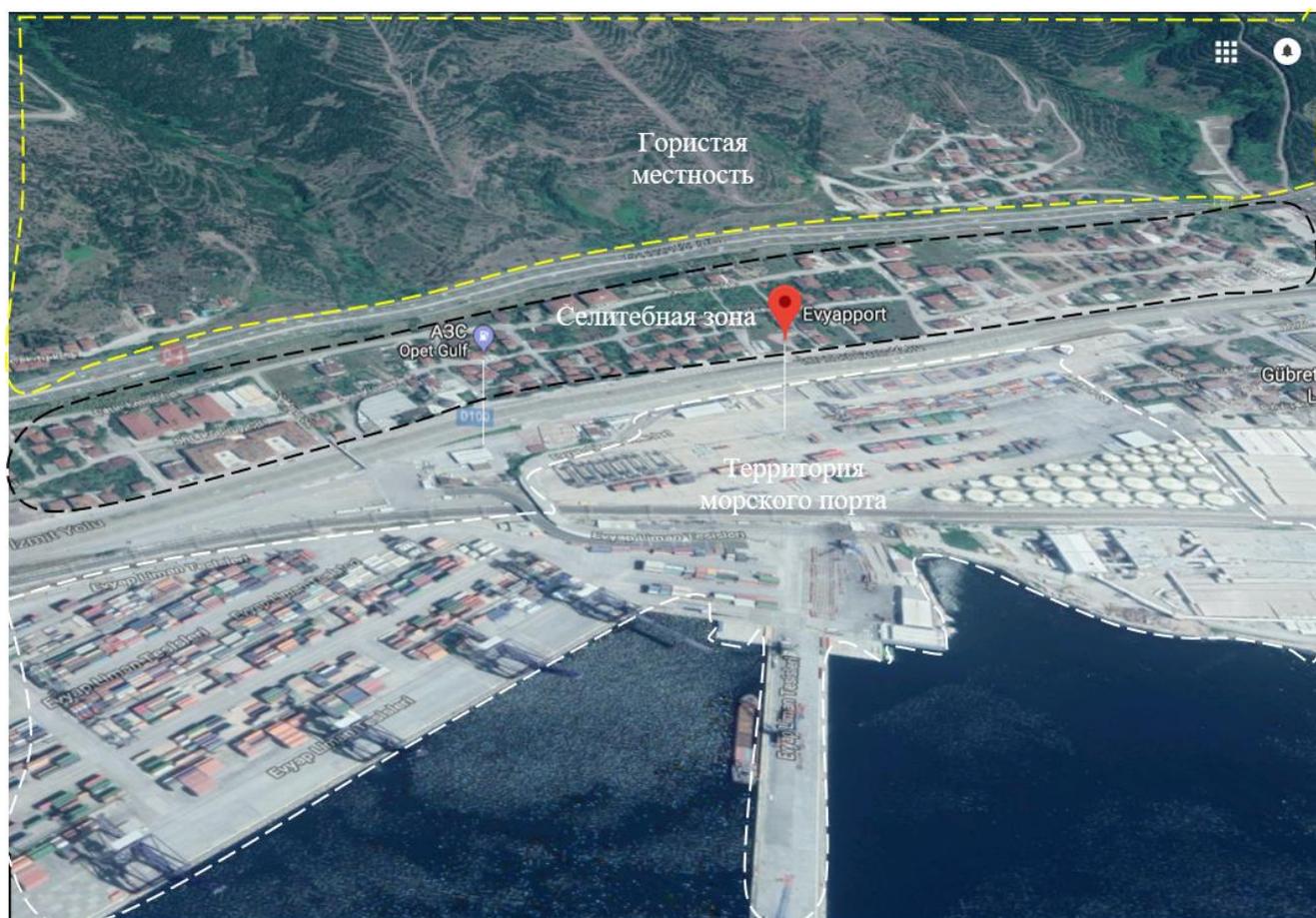


Рисунок 4.5 – План размещения морского порта «Евуарпорт»

Как видно из рисунка, данный морской порт располагается в границах селитебной зоны, а за его пределами располагаются две автомагистрали и гористая местность. Из официального сайта морского порта «Evuapport» были взяты его технические параметры [181].

Статистические данные о продолжительности технологических операций, проводимых на территории морского порта «Evuapport», были получены в результате проведения натуральных экспериментов. Погрузочно-разгрузочная операция одной единицы контейнера, проводимая контейнерном краном, составляет в среднем 3 мин, а погрузчиками 5,5. Для повышения точности моделирования продолжительность технологических операций была подчинена нормальному закону распределения, являющемуся наиболее распространённым при описании такого рода операций [234]. В имитационной модели были использованы технические параметры морского порта «Evuapport», представленные в таблице 4.1. Месячные данные об интенсивности контейнерных судозаходов в морской порт «Evuapport» представлены в приложении А, таблица А1.

Таблица 4.1 – Технические параметры морского порта «Evuapport»

Параметр	Единица измерений	Значение параметра
Причальная зона		
Количество причалов	ед.	4
Средняя длина причалов	м	358
Средняя глубина причалов	м	16
Количество SSG кранов	ед.	4
Количество МНС кранов	ед.	4
Средняя вместимость причалов	TEU	350
Контейнерный терминал		
Вместимость контейнерных площадок	TEU	20000
Количество RTG кранов	ед.	26
Количество причстакеров+терминальных тракторов+вилочных погрузчиков+автоконтанеровозов	ед.	6+52+15+58
Длина железнодорожного пути	км	2

С разработанной имитационной моделью функционирования морского порта были проведены серии экспериментов по определению предельной перерабатывающей способности морского порта до и после введения «сухого» порта, рисунки 4.6 - 4.15. Интенсивность захода морских судов (контанеровозов) варьировалась от 9 до 19 судов в месяц, при их средней вместимости в 2500 TEU, значение входного суточного вагонопотока варьировалось от 25 до 100 вагонов/сутки с учётом коэффициента неравномерности от 1,3 до 2,2. Норма простоя вагона на приемоотправочных путях морского принималась равной 6 часам, контейнера на территории морского терминала - 1 суткам [179]. После определения максимальной перерабатывающей

способности морского порта, с использованием разработанной агентной системно-динамической модели были проведены эксперименты по поиску устойчивости основных параметров «сухого» порта. Функциональные зависимости между основными параметрами «сухого» порта представлены в приложении Б, таблица Б1. Результаты динамики изменения основных параметров «сухого» порта представлены в приложении В, рисунки В1-В10. Оптимальные значения линейных функциональных зависимостей представлены в Приложении В, таблица В1.

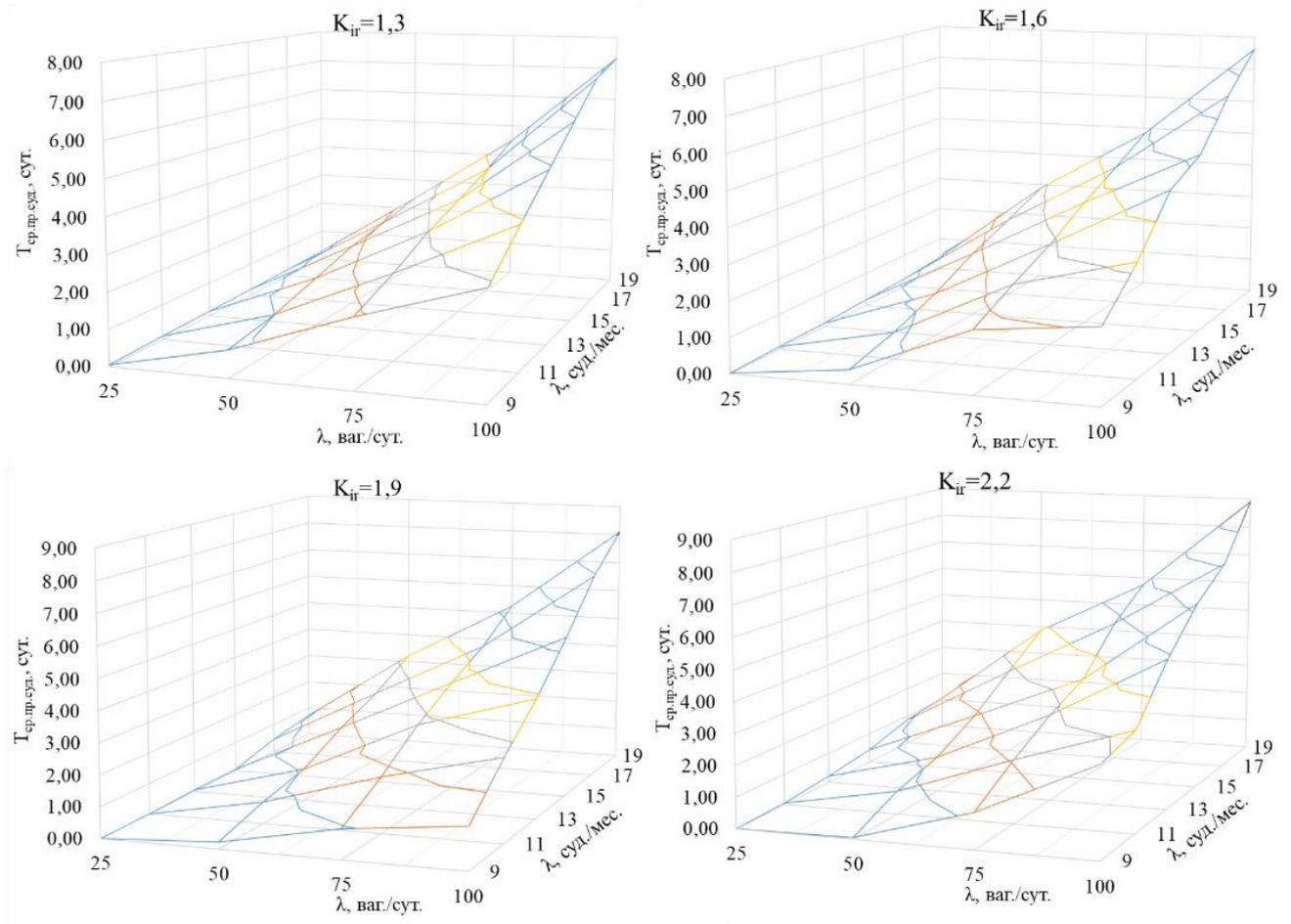


Рисунок 4.6 – Изменение среднего времени простоя судов в морском порту «Евуарпорт» до внедрения «сухого» порта

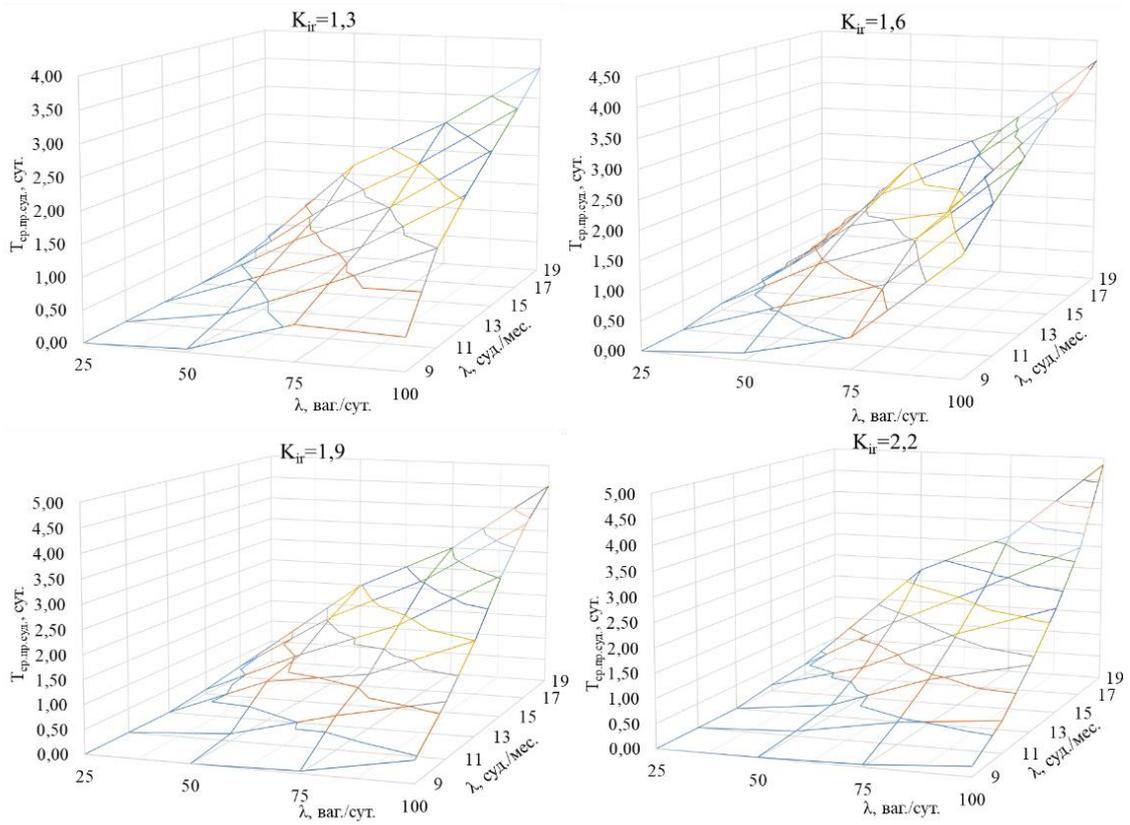


Рисунок 4.7 – Изменение среднего времени простоя судов в морском порту «Еуварпорт» после внедрения «сухого» порта

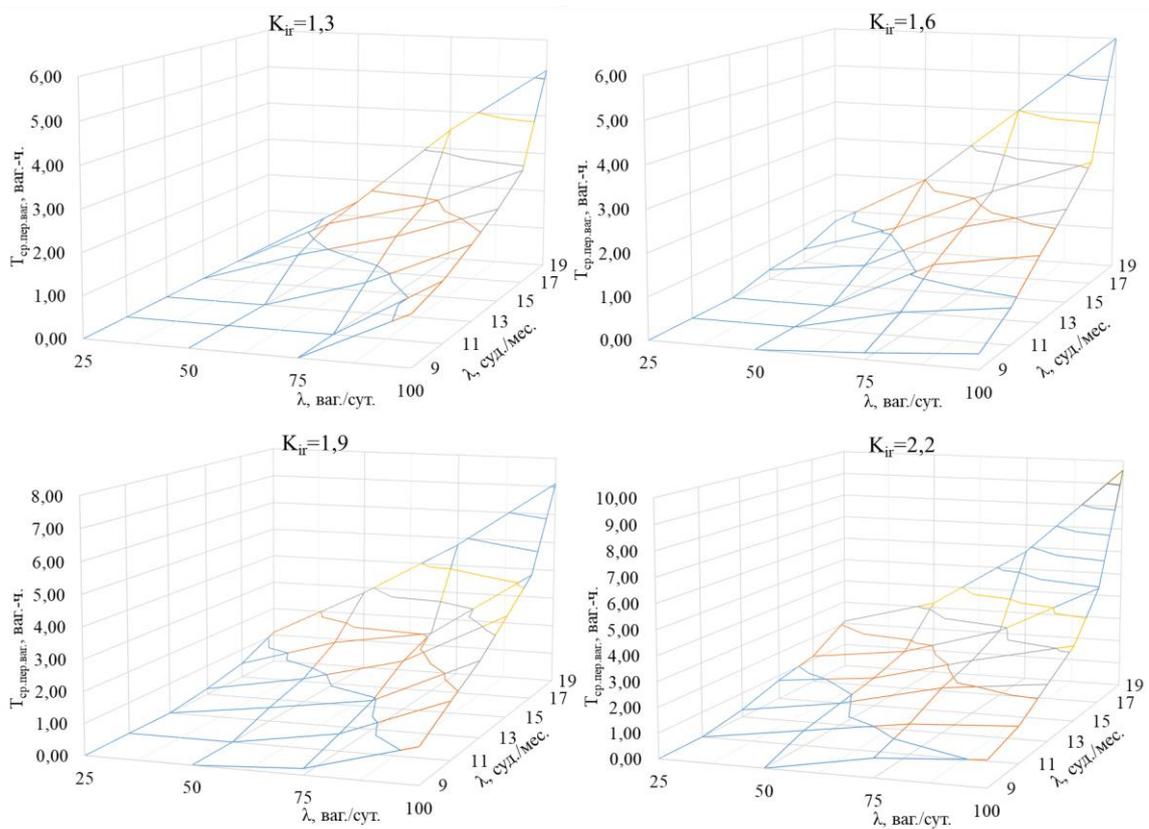


Рисунок 4.8 – Изменение среднего времени перепростоя вагона в морском порту «Еуварпорт» до внедрения «сухого» порта

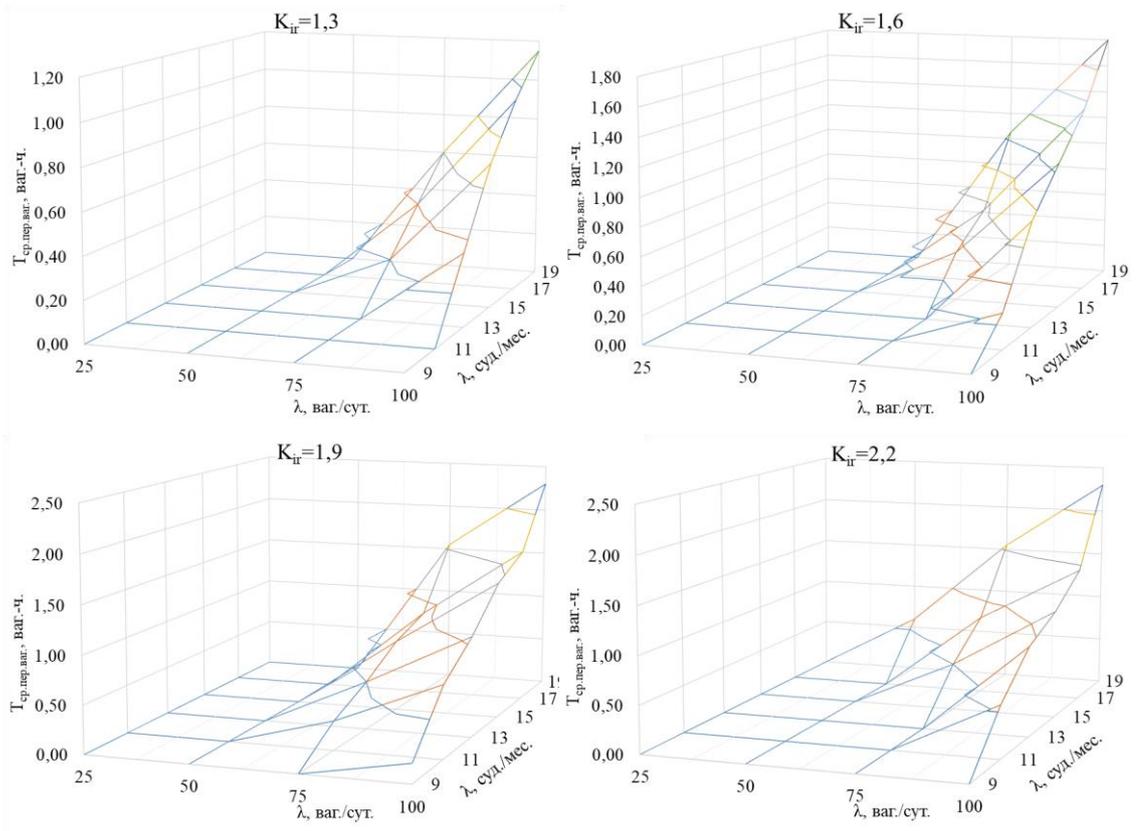


Рисунок 4.9 – Изменение среднего времени перепростоя вагона в морском порту «Евуарпорт» после внедрения «сухого» порта

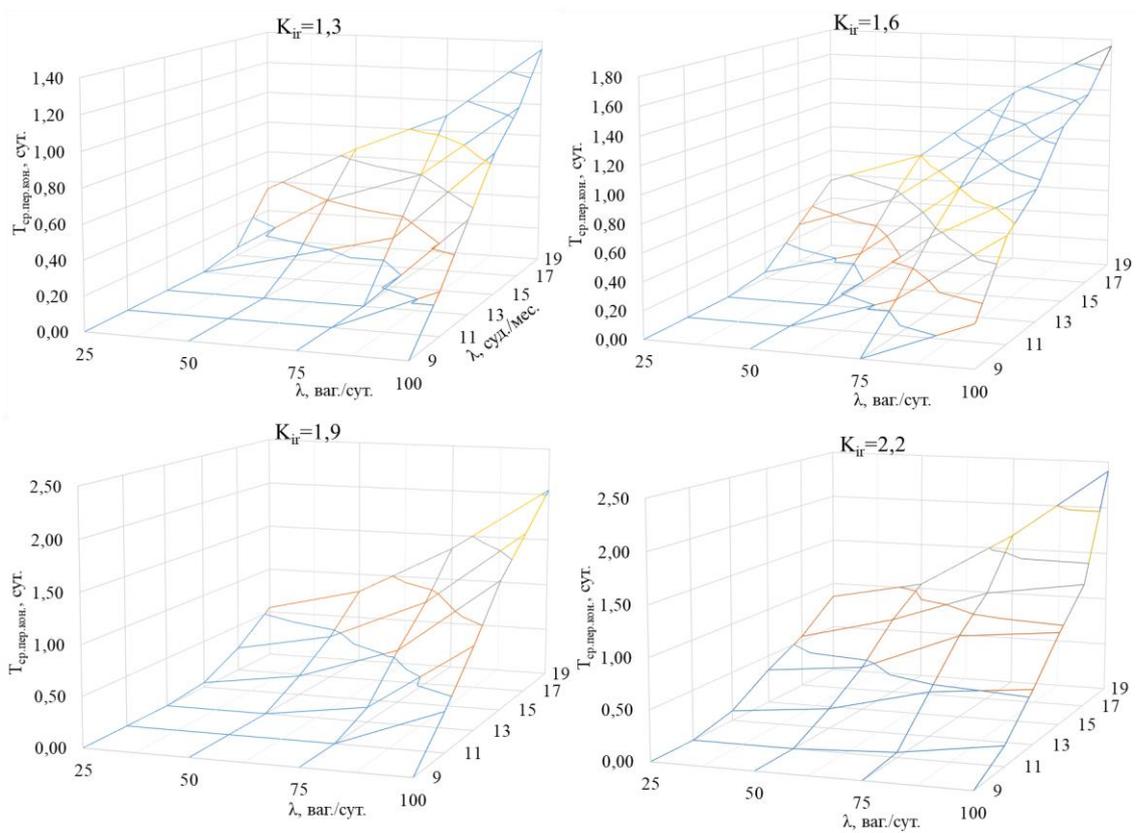


Рисунок 4.10 – Изменение среднего времени перепростоя контейнера в морском порту «Евуарпорт»

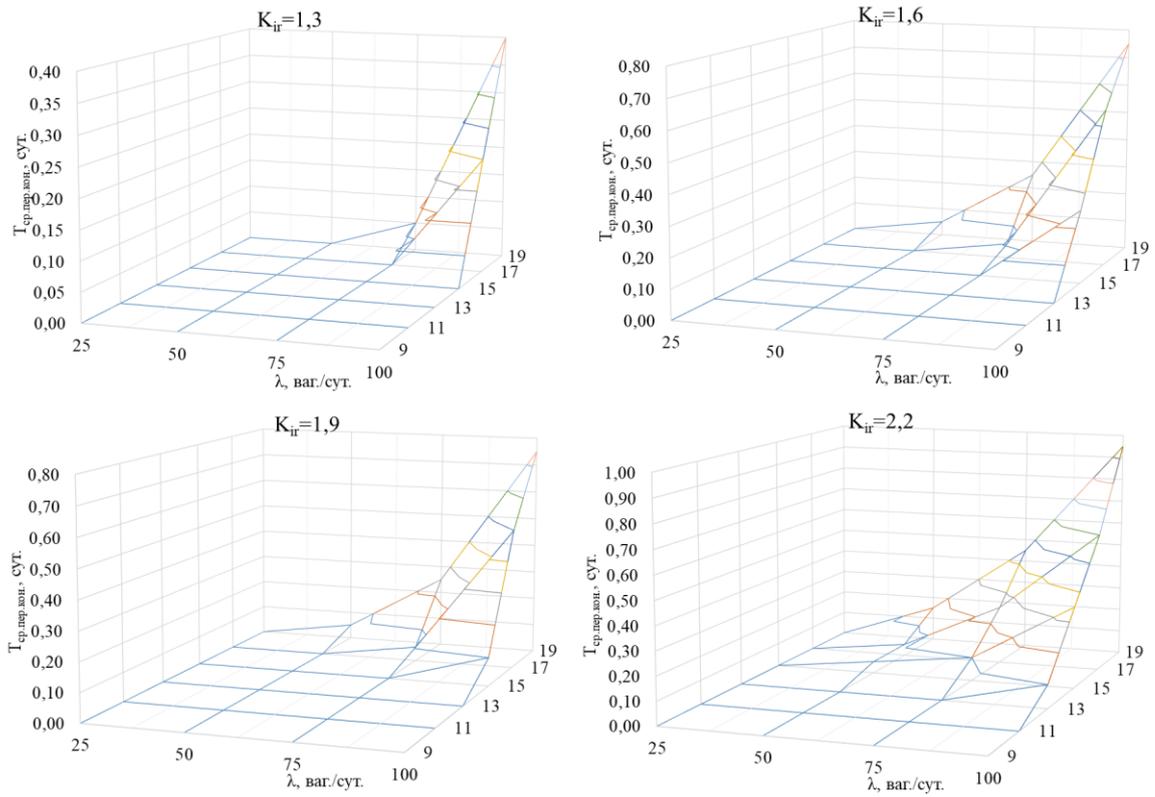


Рисунок 4.11 – Изменение среднего времени перепростоя контейнера в системе

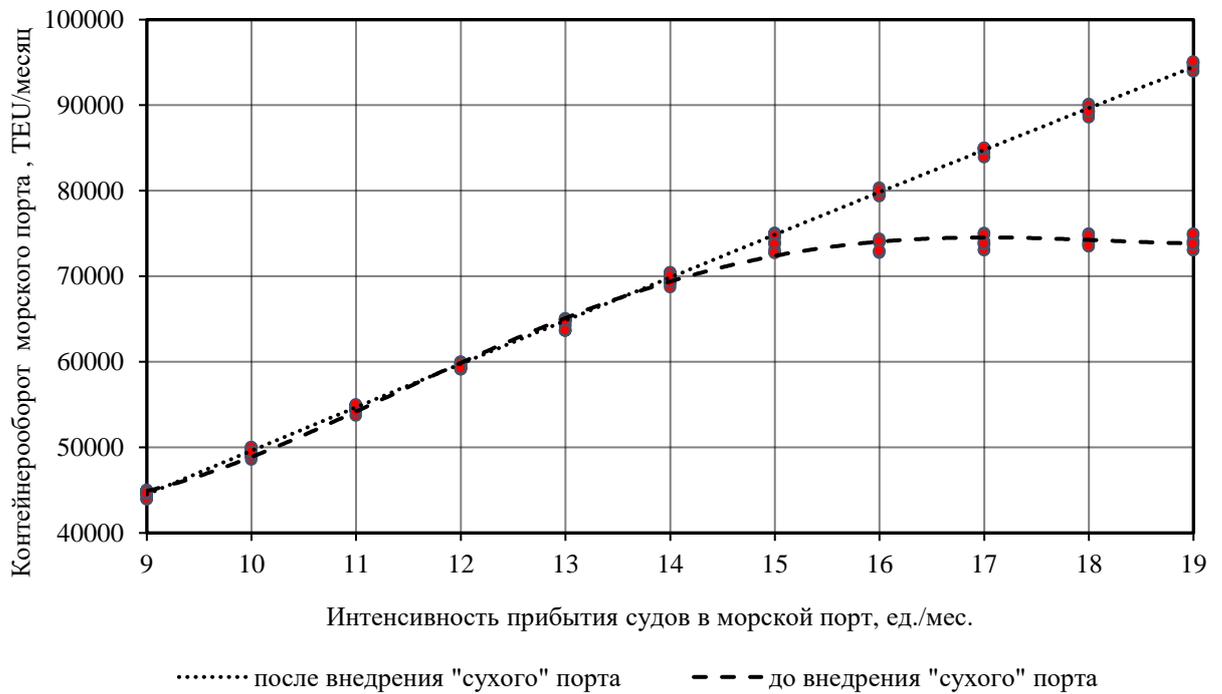


Рисунок 4.12 – Динамика контейнерооборота морского порта «Евуарпорт» до и после введения «сухого» порта

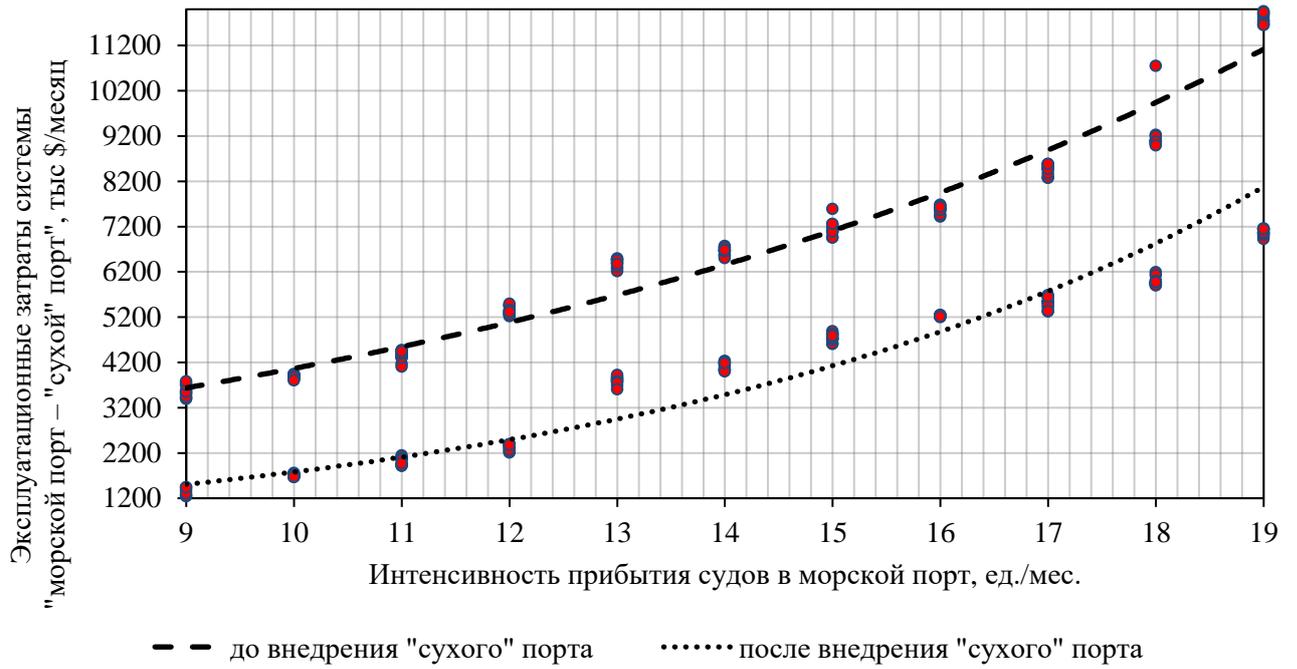


Рисунок 4.13 – Динамика эксплуатационных затрат в системе

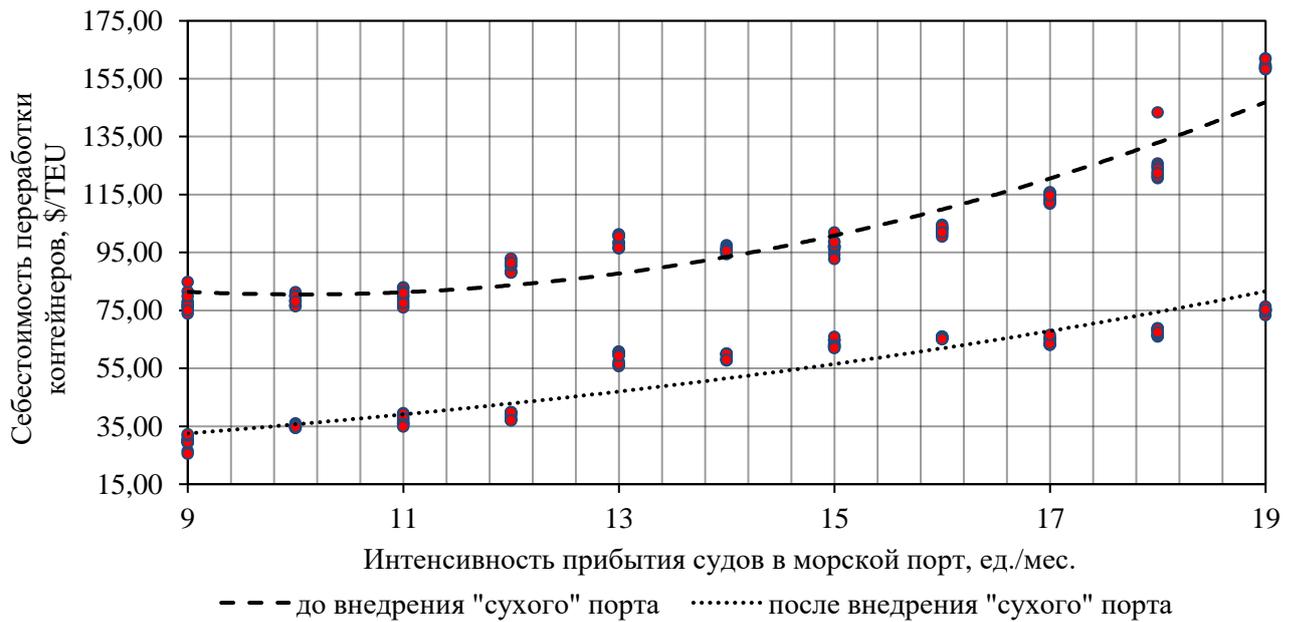


Рисунок 4.14 – Динамика себестоимости переработки контейнеров в системе

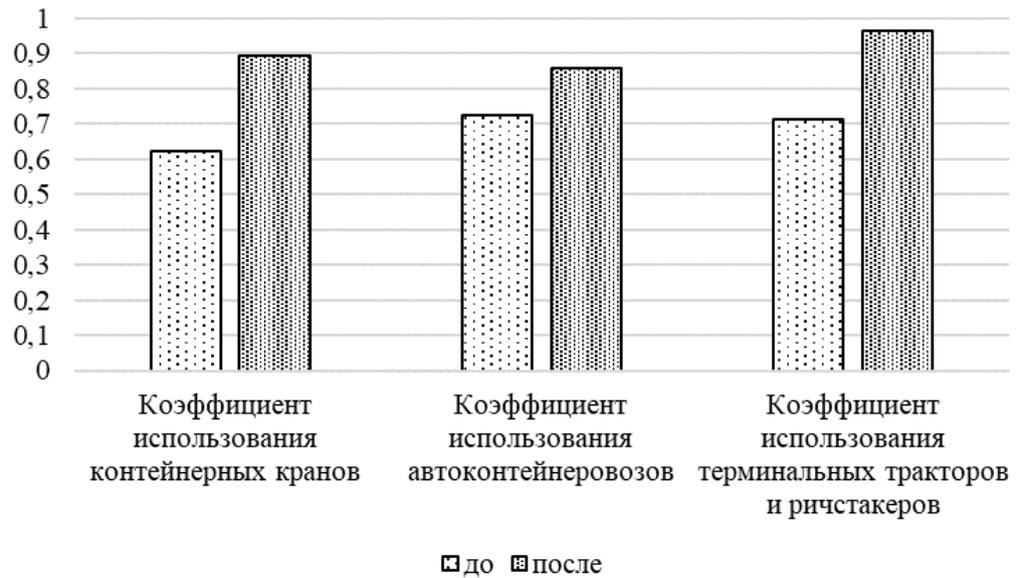


Рисунок 4.15 – Коэффициент использования погрузочно-разгрузочных механизмов в системе до и после внедрения «сухого» порта

После получения оптимальных значений линейных функциональных зависимостей между основными параметрами «сухого» порта был осуществлён поиск оптимальных значений основных параметров «сухого» порта по критерию максимума чисто дисконтированного дохода. По результатам проведённого эксперимента были получены следующие значения параметров «сухого» порта, представленные в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Оптимальные значения основных параметров «сухого» порта (г. Корфез, Турция)

Основные параметры «сухого» порта									
λ	T_{tc}	V	n	K_{ir}	L	E_m	E_f	G_c	O_c
550	37	2600	1750	1,2	11	9	9	76,2	1,23

λ – интенсивность грузопотоков и потоков транспортных средств, TEU/сут.; T_{tc} – пропускная способность транспортных коммуникаций, пар поездов/сут.; V – вместимость контейнерных площадок, TEU; n – перерабатывающая способность «сухого» порта, TEU/сут.; K_{ir} – коэффициент неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств; L – протяжённость трассы между морским и «сухим» портами, км; E_m – вариант размещения «сухого» порта, ед.; E_f – оценка экологического воздействия, ед.; G_c – капитальные затраты на строительство «сухого» порта, млн долл.; O_c – эксплуатационные затраты на функционирование системы «морской порт – «сухой» порт», тыс. долл./мес..

Значение чисто дисконтированного дохода составило $NPV = 87531,11$ тыс. долл.; при тарифе за переработку контейнера в «сухом» порту (г. Корфез, Турция) равному 50 долл./TEU [179].

Более того, при проведении имитационных экспериментов с моделью системы «морской порт – «сухой порт» при различных значениях интенсивности и коэффициента неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств с целью определения для каждого сценария развития припортовой инфраструктуры были получены оптимальные значения основных параметров «сухого» порта. Сценарии развития припортовой инфраструктуры представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Модельные значения основных параметров «сухого» порта

Номер участка	сценарий 1, V= 1 тыс. TEU		сценарий 2, V= 2,5 тыс. TEU		сценарий 3, V= 4 тыс. TEU		сценарий 4, V= 5,5 тыс. TEU	
	L, км	G _c , млн долл.	L, км	G _c , млн долл.	L, км	G _c , млн долл.	L, км	G _c , млн долл.
1	25	116,5	24	117,1	23	119,8	22	124,6
2	21	99,3	20	99,9	19	102,6	18	107,4
3	16	77,8	15	78,4	14	81,1	13	85,95
4	17	82,1	16	82,7	15	85,4	14	90,2
5	13	64,9	12	65,5	11	68,2	10	73,1
6	12	60,6	11	61,2	10	63,9	9	68,7
7	16	77,8	15	78,4	14	81,1	13	85,9
8	12	60,6	11	61,2	10	63,9	9	68,7
9	8	43,4	7	44	6	46,7	5	51,5

Для принятых в модельном эксперименте исходных данных оптимальными для размещения «сухого» порта последовательно оказывались участки 8.1, 8.2, 7.3 и 7.4 (см. рисунок 3.38), то есть модель «выбирала» вариант размещения «сухого» порта, стоящего от морского на минимальном расстоянии. Это расстояние модель стремилась сократить по мере увеличения интенсивности и коэффициента неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств и вместимости площадки «сухого» порта.

Анализ полученных результатов моделирования показал, что сооружение «сухого» порта вблизи г. Корфеза позволит сократить среднее время простоя контейнерных судов в рейде акватории морского порта «Евуарпорт» с 9 до 4 дней, вагона на приёмо-отправочных путях морского терминала – с 9,6 до 2,3 вагоно-часов и контейнера в системе – с 2,4 до 0,95 сут.. Введение в имитационную модель «сухого» порта с оптимальными значениями его основных параметров позволило увеличить контейнерооборот морского порта «Евуарпорт» на 30%, снизить себестоимость переработки контейнеров на 37%, и увеличить коэффициент использования погрузочно-разгрузочных механизмов на 25%. Это происходит в результате сокращения потерь, связанных с простоем транспортных средств (судов, железнодорожного подвижного состава), а также погрузо-разгрузочных механизмов, уменьшения запасов контейнеров и снижения времени их хранения в портах.

Вторым объектом исследования является существующая система «морской порт – «сухой» порт», реализованная между морским контейнерным терминалом «NBCT Ningbo Beilun Container Terminal» (г. Нинбо, КНР), входящим в состав морского порта «Ningbo-Zhoushan» и припортовым терминалом в (г. Иву, КНР). В настоящее время данный морской порт, являющийся одним из крупнейших морских терминалов в мире по контейнерообороту (25 млн TEU/г.) [176], а также незаменимым перегрузочным хабом в логистической цепи концепции «Один пояс-один путь», испытывает длительные задержки контейнерных судов в рейде до 7 дней, образующие значительные очереди в акватории порта «Ningbo-Zhoushan». Одной из причин большого времени простоя судов, по словам одной из крупнейших 3pl компаний в мире «MIQ Logistics», являются погодные условия вблизи расположения морского терминала [163], что, в свою очередь, повышает неравномерность захода контейнерных судов в порт и внутреннюю неравномерность при проведении технологических операций на нем.

На территории морского порта «Ningbo-Zhoushan» располагаются 11 контейнерных терминалов, обрабатывающие контейнерные суда вместимостью до 21413 тыс. TEU. Из 11 контейнерных терминалов, обслуживающих морской порт, 2 имеют портовые железнодорожные станции, обеспечивающие перевозки контейнеров по магистральной сети железных дорог и с которых ежедневно отправляется порядка 12 контейнерных поездов. Место размещения контейнерного терминала представлено на рисунке 4.16.

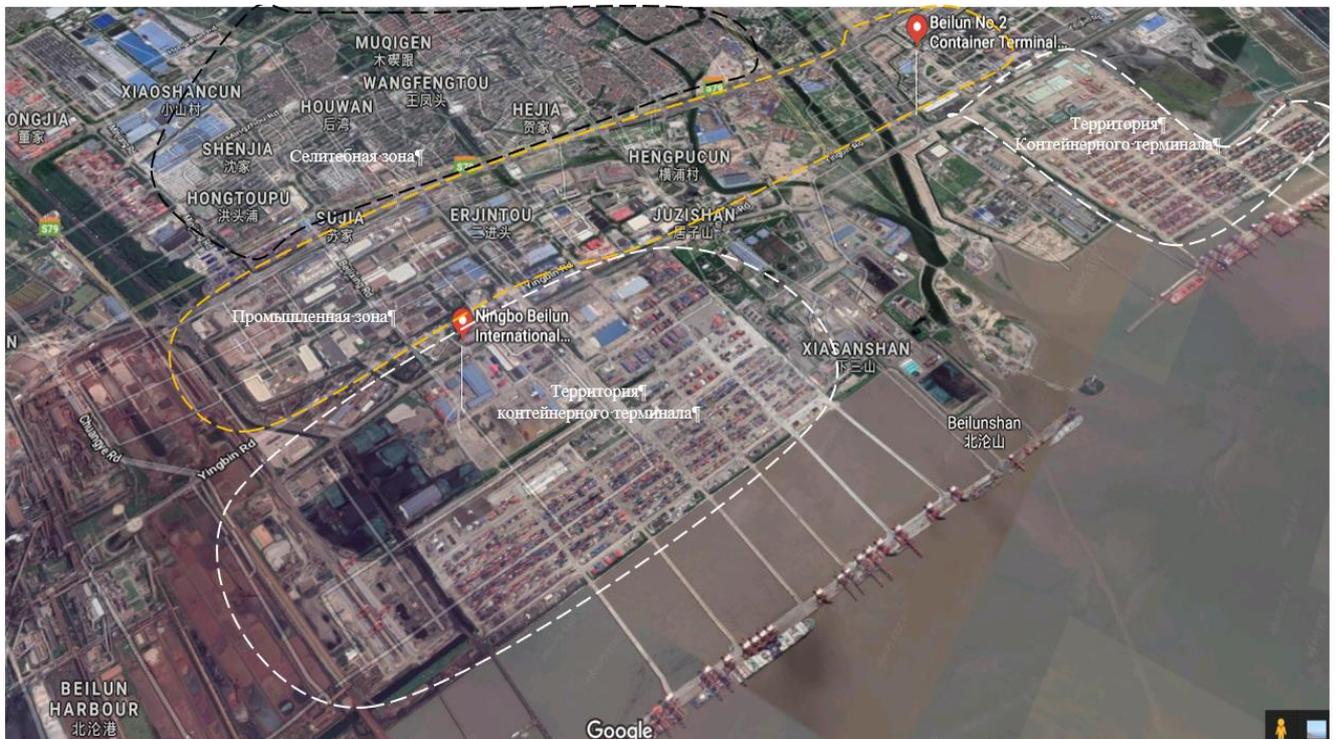


Рисунок 4.16 – План размещения морского контейнерного терминала «NBCT»

Месячная интенсивность контейнерных судозаходов в морской контейнерный терминал «NBCT» оценивалась с использованием веб-сайта «Marinetraffic», предоставляющего информацию о числе судозаходов и вместимости контейнеровозов, представленную в приложении А, таблица А2. Месячная интенсивность входных судозаходов достигает до 10 контейнерных судов средней контейнеровместимостью 10400 TEU [162].

Согласно информации Экономической и социальной комиссии для Азии и Тихого океана (UNESCAP), данный морской порт оперирует совместно с 10 «сухими» портами [223]. Для апробации разработанной методики была взята система «морской контейнерный – терминал «NBCT, г. Нинбо, КНР) – «сухой» порт (г. Иву, КНР)», рисунок 4.17.



Рисунок 4.17 – Размещение «сухого» порта в г. Иву.

Из официального сайта морского контейнерного терминала «NBCT», входящего в состав морского порта, были взяты его технические параметры, представленные в таблице 4.4 [174].

Таблица 4.4 – Основные параметры контейнерного терминала «NBCT»

Параметр	Единица измерений	Значение параметра
Причальная зона		
Количество причалов	ед.	4

Продолжение таблицы 4.4

Суммарная длина причалов	м	1700
Количество SSG кранов	ед.	11
Контейнерный терминал		
Вместимость контейнерной площадки	TEU	42000
Количество RTG кранов	ед.	41
Количество ричстакеров+терминальных тракторов+вилочных погрузчиков	ед.	10+36+3
Длина железнодорожного пути	км	6

По результатам интервью с менеджерами «сухого» порта в г. Иву, представленного в приложении А, рисунок А.1, были получены значения параметров системы «морской порт – «сухой» порт». В настоящее время интенсивность грузопотоков и потоков транспортных средств составляет порядка 3 контейнерных поездов в сутки, пропускная способность транспортных коммуникаций 7 пар поездов в сутки (при наличии двух железнодорожных перегонов, принадлежащих Китайским железным дорогам «China Railway Express» и морскому порту «Ningbo-Zhoushan», имеющим, в свою очередь, железнодорожный разъезд с железнодорожным разъездом), а его удалённость от морского контейнерного терминала «NBCT» составляет 185 км. Вместимость контейнерных площадок «сухого» порта составляет 800 TEU, а его проектная перерабатывающая способность эквивалентна 1650 TEU/сутки. Данный припортовый оснащён двумя ричстакерами, 50 автомобилями-контейнеровозами и 200 платформами, 25 контейнерными кранами, а также четырьмя подъездными путями, капитальные затраты на строительство «сухого» порта составляют 464,3 млн долларов США. Одной из причин строительства «сухого» порта в г. Иву на расстоянии в 185 км от контейнерного терминала «NBCT» является отсутствие свободных площадей вблизи него, а также развитие внутренних районов КНР.

В результате значительной финансовой поддержки от политики государственного-частного партнёрства, широко применяющейся в республике, удалось строительство припортового терминала стоимостью в г. Иву.

Статистические данные о продолжительности технологических операций, проводимых в системе «морской порт – «сухой» порт», были получены в результате проведённых натуральных экспериментов. Погрузочно-разгрузочная операция одной единицы контейнера, проводимая контейнерном краном, составляет в среднем 1,5 мин, а погрузчиками 2,5.

С разработанной имитационной моделью функционирования морского порта были проведены серии экспериментов по определению предельной перерабатывающей способности существующей системы «морской контейнерный терминал «NBCT» – «сухой» порт (г. Иву, КНР)» и предлагаемой системой «морской контейнерный терминал «NBCT» – «сухой» порт», с учётом полученных в рамках исследования оптимальных значений основных параметров

припортового терминала, рисунки 4.18 - 4.27. Интенсивность захода морских судов (контейнеровозов) варьировалась от 5 до 15 судов в месяц при их средней вместимости в 10400 TEU, входного суточного вагонопотока от 100 до 500 ваг./сут. при коэффициенте неравномерности от 1,3 до 2,2. Норма простоя вагона на приёмоотправочных путях морского равна 8,5 часов, контейнера на территории морского терминала - 7 суткам [84; 79]. После определения максимальной перерабатывающей способности существующей системы с использованием разработанной агентной системно-динамической моделью были проведены эксперименты по поиску устойчивости основных параметров «сухого» порта. Функциональные зависимости между основными параметрами «сухого» порта представлены в приложении Б, таблица Б2, результаты динамики изменения основных параметров «сухого» порта – в приложении В, рисунки В11 - В20, оптимальные значения линейных функциональных зависимостей – в Приложении В, таблица В2.

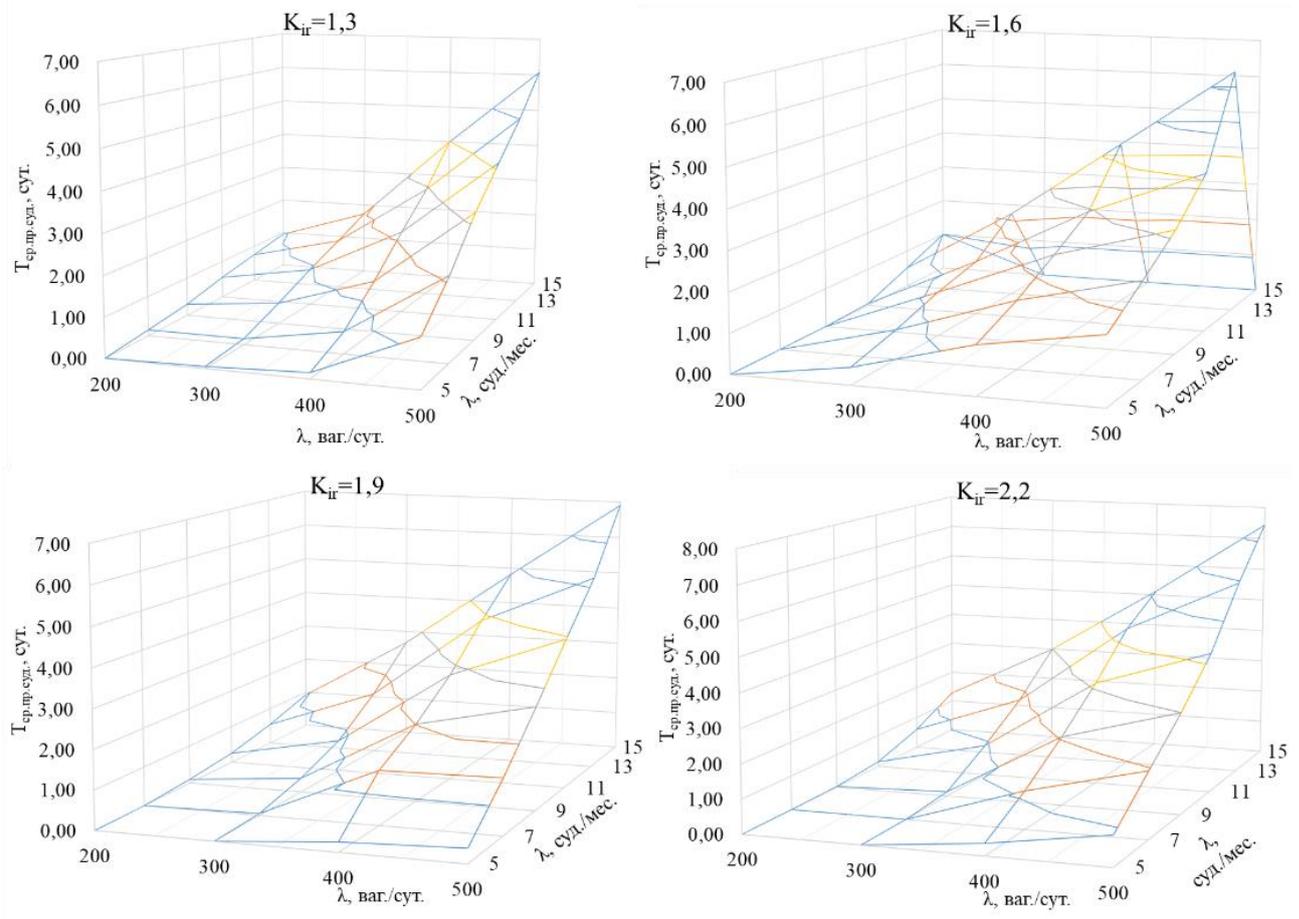


Рисунок 4.18 – Изменение среднего времени простоя судов в системе до оптимизации основных параметров «сухого» порта

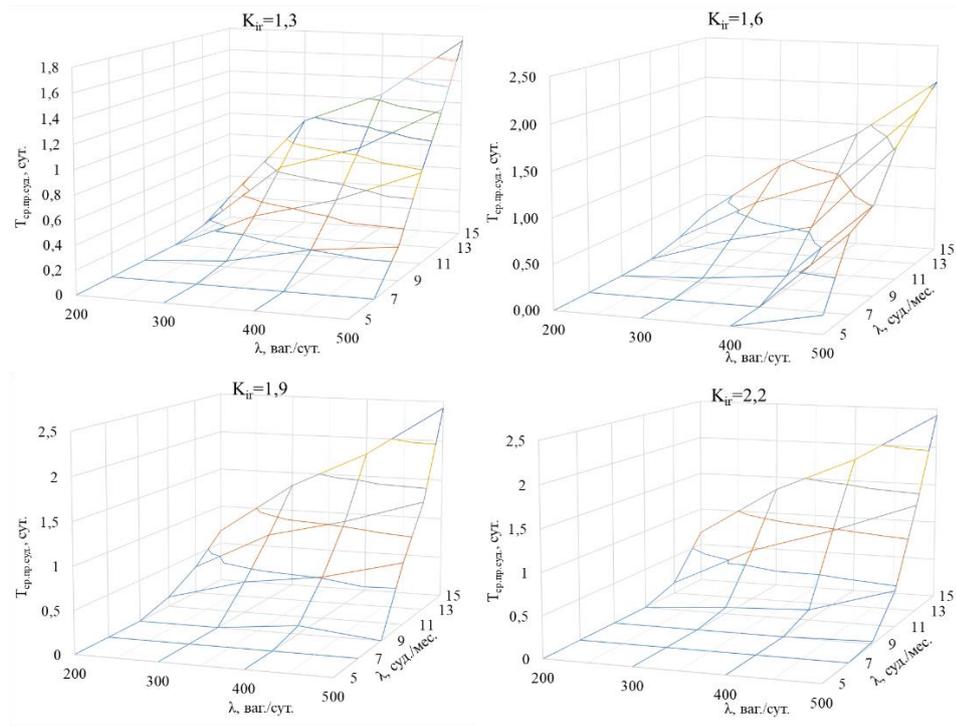


Рисунок 4.19 – Изменение среднего времени простоя судов в системе после оптимизации основных параметров «сухого» порта

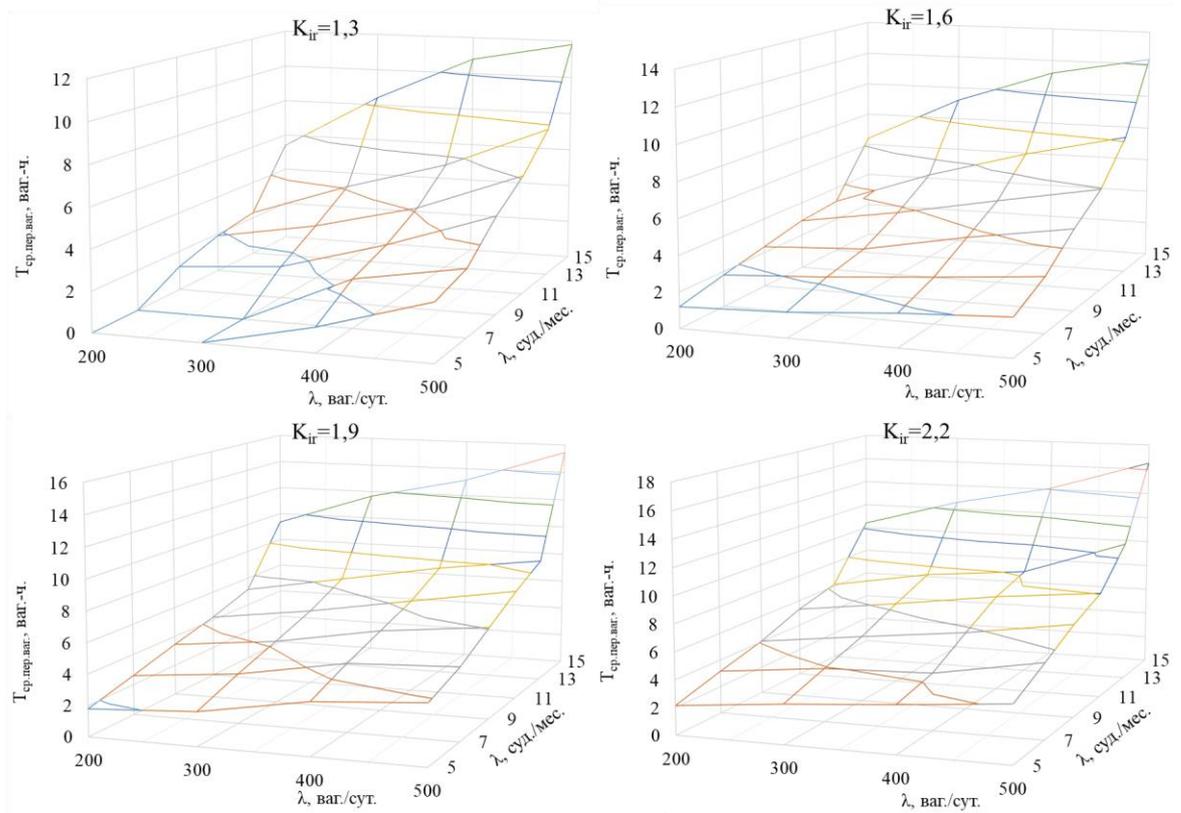


Рисунок 4.20 – Изменение среднего времени перепростоя вагона в системе до оптимизации основных параметров «сухого» порта

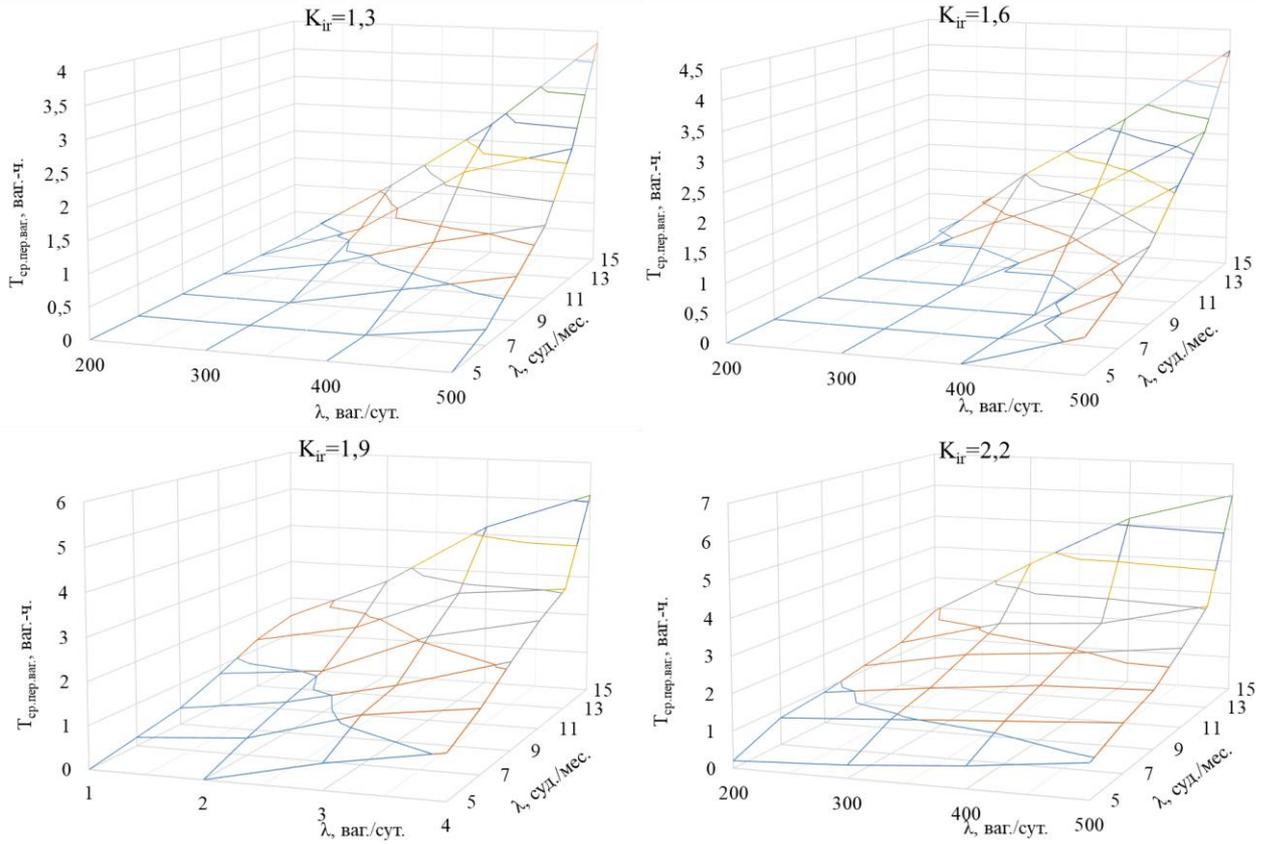


Рисунок 4.21 – Изменение среднего времени перепроста вагона в системе после оптимизации основных параметров «сухого» порта

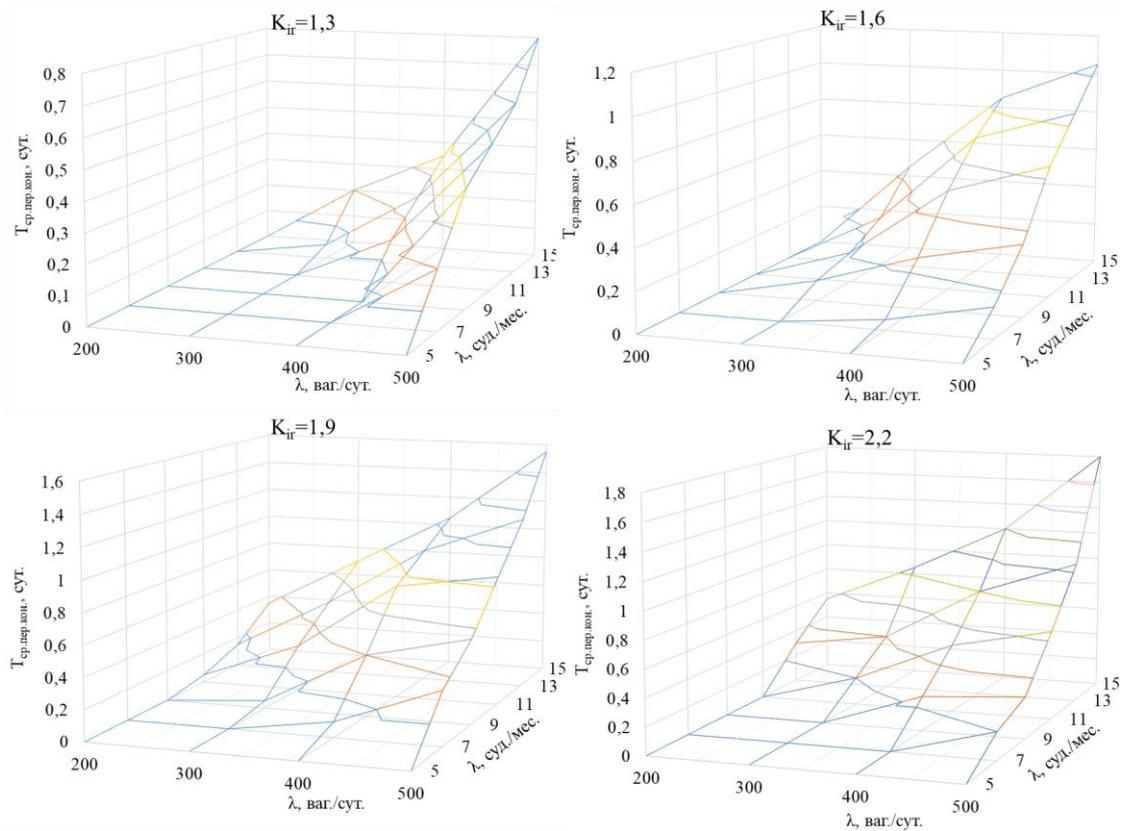


Рисунок 4.22 – Изменение среднего времени перепроста контейнера в системе до оптимизации основных параметров «сухого» порта

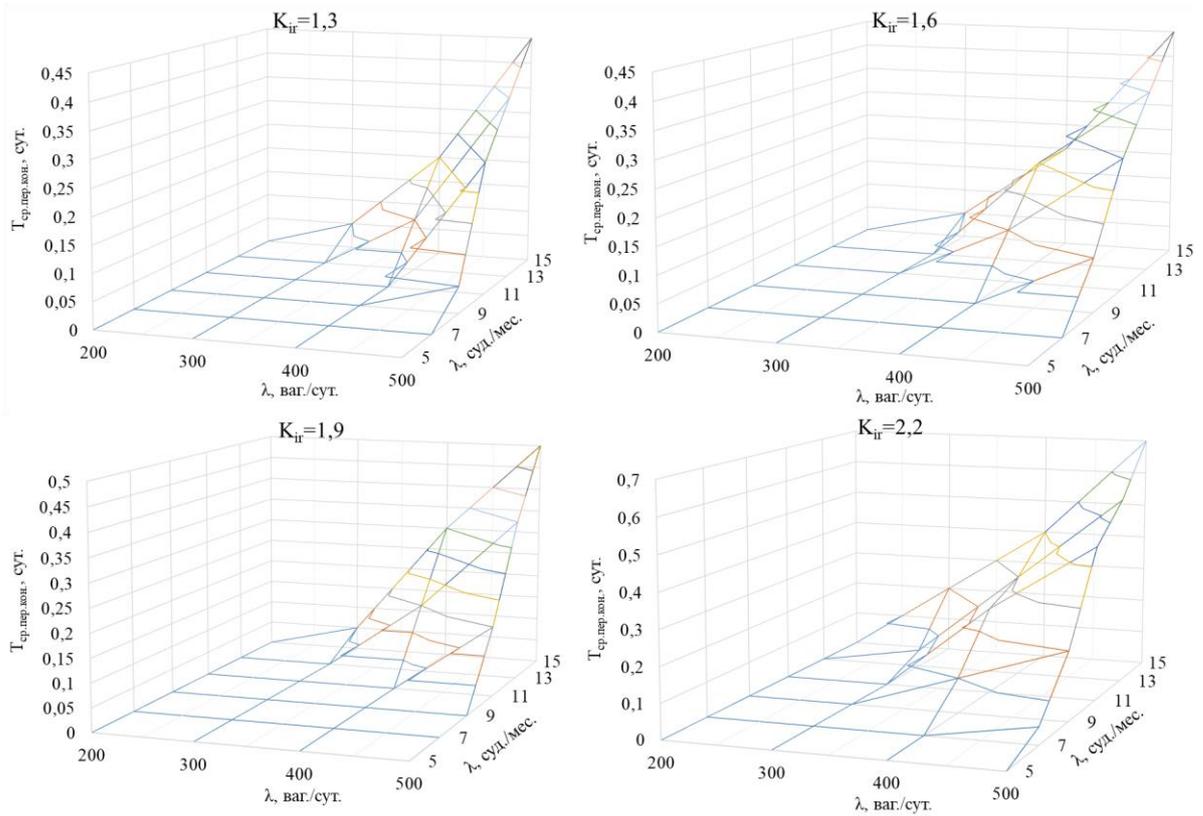


Рисунок 4.23 – Изменение среднего времени перепростоя контейнера в системе после оптимизации основных параметров «сухого» порта

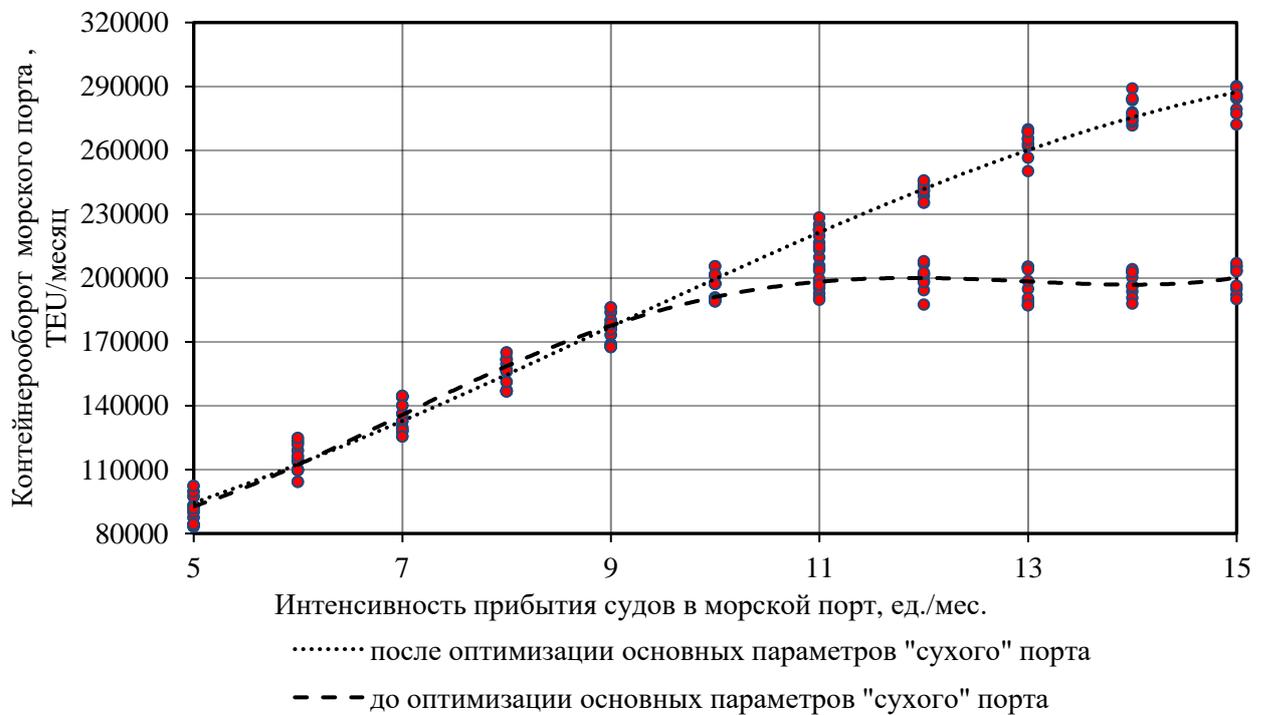


Рисунок 4.24 – Динамика контейнерооборота системы до и после оптимизации основных параметров «сухого» порта

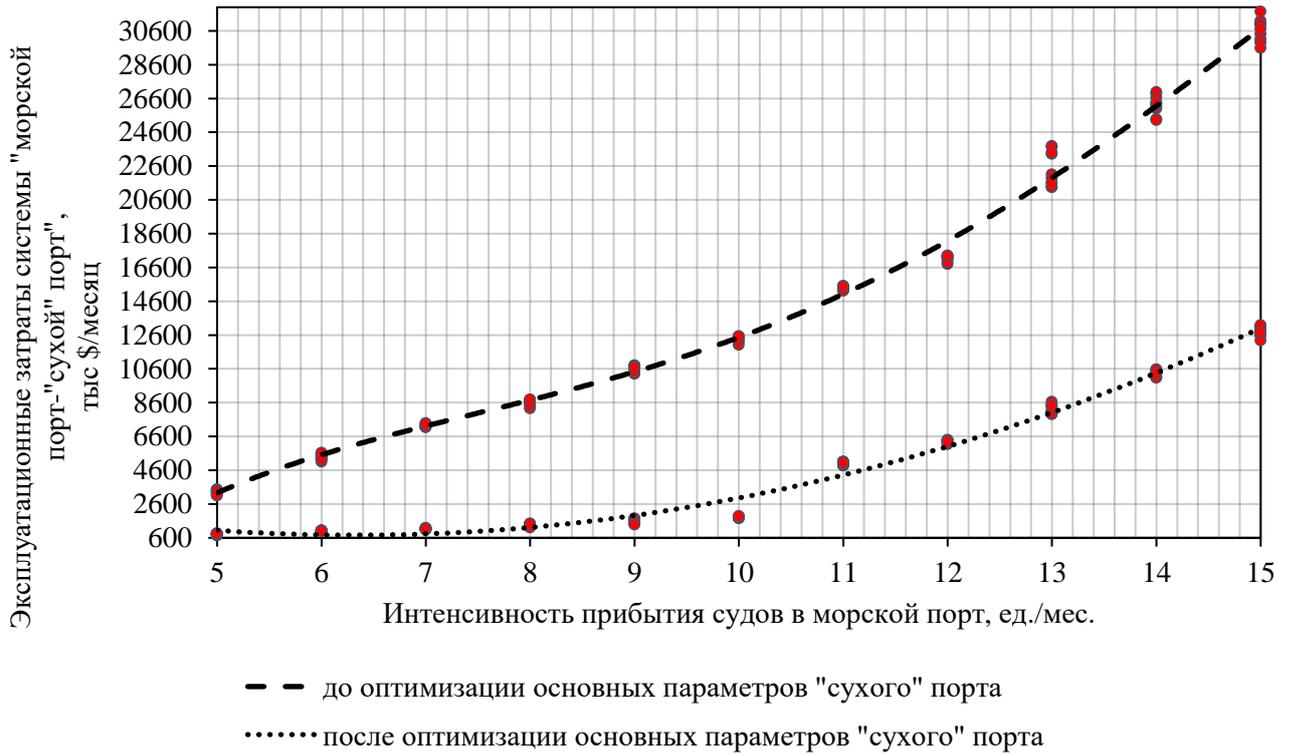


Рисунок 4.25 – Динамика эксплуатационных затрат в системе до и после оптимизации основных параметров «сухого» порта

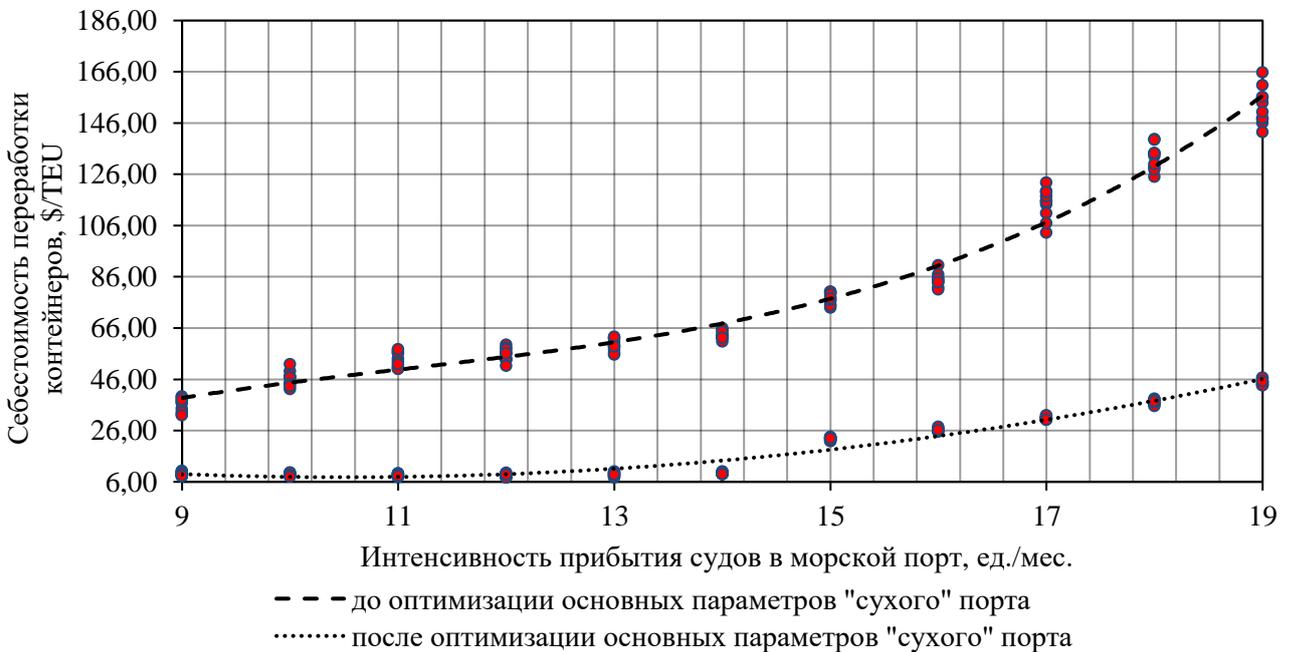


Рисунок 4.26 – Динамика себестоимости переработки контейнеров в системе до и после оптимизации основных параметров «сухого» порта

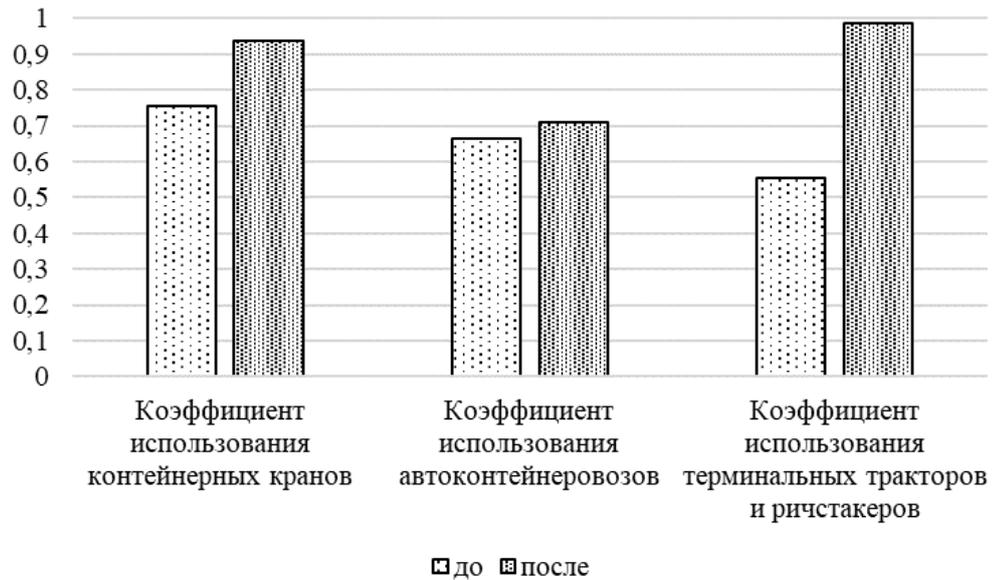


Рисунок 4.27 – Коэффициент использования погрузочно-разгрузочных механизмов в системе до и после оптимизации основных параметров «сухого» порта

После получения оптимальных значений линейных функциональных зависимостей между основными параметрами «сухого» порта, был осуществлён поиск оптимальных значений основных параметров «сухого» порта по максимуму чистого-дисконтированного дохода. По результатам проведённого эксперимента были получены следующие значения параметров «сухого» порта, представленные в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Оптимальные значения основных параметров «сухого» порта (г. Иву, КНР)

Основные параметры «сухого» порта									
λ	T_{tc}	V	n	K_v	L	E_m	E_f	G_c	O_c
300	23	750	1650	1,2	9	9	9	114,65	0,589

λ – интенсивность грузопотоков и потоков транспортных средств, TEU/сут.; T_{tc} – пропускная способность транспортных коммуникаций, пар поездов/сут.; V – вместимость контейнерных площадок, TEU; n – перерабатывающая способность «сухого» порта, TEU/сут.; K_{ir} – коэффициент неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств; L – протяжённость трассы между морским и «сухим» портами, км; E_m – вариант размещения «сухого» порта, ед.; E_f – оценка экологического воздействия, ед.; G_c – капитальные затраты на строительство «сухого» порта, млн долл.; O_c – эксплуатационные затраты на функционирование системы «морской порт – сухой порт», тыс. долл./мес..

Значение чистого-дисконтированного дохода составило $NPV = 21772118,34$ долл. при тарифе за переработку 1 контейнера в «сухом» порту г. Иву равному 44,2 долл./TEU [161].

Более того, при проведении имитационных экспериментов с моделью системы «морской порт – сухой порт» при различных значениях интенсивности и коэффициента неравномерности

грузопотоков и потоков транспортных средств, определялись оптимальные значения припортового для каждого сценария развития припортовой инфраструктуры. Сценарии развития припортовой инфраструктуры представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Модельные значения основных параметров «сухого» порта

Номер участка	сценарий 1, V= 0,4 тыс. TEU		сценарий 2, V= 0,8 тыс. TEU		сценарий 3, V= 1,2 тыс. TEU		сценарий 4, V= 1,6 тыс. TEU	
	L, км	G _c , млн долл.						
1	120	500,7	117	1047,4	114	1021,6	111	995,9
2	107	451,2	104	935,8	101	910,1	98	884,4
3	94	401,7	91	824,3	88	798,6	85	772,8
4	81	352,1	78	712,8	75	687,0	72	661,3
5	68	302,6	65	601,2	62	575,5	59	549,7
6	55	253,1	52	489,7	49	463,9	46	438,2
7	42	203,5	39	378,1	36	352,4	33	326,7
8	29	154,0	26	182,6	23	240,9	20	215,1
9	16	104,5	13	155,1	10,	129,3	7	103,6

Для принятых в модельном эксперименте исходных данных оптимальными для размещения «сухого» порта последовательно оказывались участки 9.1, 8.2, 9.3 и 7.4 (см. рисунок 3.36), то есть модель «выбирала» вариант размещения «сухого» порта, отстающий от морского на минимальное расстояние. Это расстояние модель стремилась сократить по мере увеличения интенсивности и коэффициента неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств, и вместимости площадки «сухого» порта.

Анализ полученных результатов моделирования оптимизации показал, что сооружение «сухого» порта вблизи г. Нинбо позволяет сократить среднее время простоя контейнерных судов в рейде акватории морского порта «Ningbo-Zhoushan» с 7,43 до 2,42 сут., вагона на приёмоотправочных путях морского терминала – с 16,5 до 6,05 вагоно-часов и контейнера в системе – с 1,8 до 0,95 сут.. Введение в имитационную модель «сухого» порта с полученными оптимальными значениями его основных параметров способствует увеличению контейнерооборота морского порта «Ningbo-Zhoushan» на 27%, снижению себестоимости переработки контейнеров на 30% и увеличению коэффициента использования погрузочно-разгрузочных механизмов на 29%.

Таким образом, в результате оптимизационных экспериментов было получено оптимальное месторасположение «сухого» порта г. Иву при вместимости в 750 TEU равное 26 км от контейнерного терминала «NBCT», с пропускной способностью транспортных коммуникаций равной 23 пар поездов/сут., что, в свою очередь, позволило сократить капитальные затраты на строительство «сухого» порта на 75%. Более того, при сохранении

прежней перерабатывающей способности «сухого» порта и увеличении грузопереработки в системе «морской порт – «сухой» порт» после оптимизации основных параметров «сухого» порта увеличился коэффициент использования погрузочно-разгрузочных механизмов на 25-30%.

В таблице 4.7 представлены фактические и расчётные значения основных параметров «сухого» порта г. Иву.

Таблица 4.7 – Фактические и расчётные значения основных параметров «сухого» порта

Основные параметры «сухого» порта									
λ	T_{ic}	V	n	K_{ir}	L	E_m	E_f	G_c	O_c
Фактические значения основных параметров «сухого» порта									
300	7	800	1625	1,3	185	9	5	464,3	7,4
Расчетные значения основных параметров «сухого» порта									
300	23	750	1650	1,2	26	9	9	181,95	3,82

λ – интенсивность грузопотоков и потоков транспортных средств, TEU/сут.; T_{ic} – пропускная способность транспортных коммуникаций, пар поездов/сут.; V – вместимость контейнерных площадок «сухого» порта, TEU; n – перерабатывающая способность «сухого» порта, TEU/сут.; K_{ir} – коэффициент неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств; L – протяжённость трассы между морским и «сухим» портами, км; E_m – вариант размещения «сухого» порта, ед.; E_f – оценка экологического воздействия, ед.; G_c – капитальные затраты на строительство «сухого» порта, млн долл.; O_c – эксплуатационные затраты на функционирование системы «морской порт – «сухой» порт», тыс. долл./мес..

4.3 Оценка экономической эффективности разработанной методики формирования системы «морской порт – «сухой» порт»

Первым объектом оценки экономической эффективности разработанной методики формирования системы является система «морской порт «Evyarport» – «сухой» порт (г. Корфез)». Существующим вариантом является морской порт «Evyarport», предлагаемым - система «морской порт «Evyarport» – «сухой» порт (г. Корфез)». Расчёт экономических показателей выполняется в долларах США, долл.

К капитальным затратам на строительство «сухого» порта относятся:

- сооружение железнодорожного перегона между морским и «сухим» портами, включающего железнодорожный разъезд, а также путевое развитие на территории припортового терминала;
- приобретение земельного участка, проведение планировочных работ на нем, строительство контейнерных площадок;
- строительство зданий и сооружений;

– покупка локомотивов, контейнерных кранов, ричстакеров, автомобильного подвижного состава.

В таблице 4.8 представлен расчёт капитальных затрат на строительство и оснащение «сухого» порта.

Таблица 4.8 – Капитальные затраты на строительство «сухого» порта

Наименование	Единица измерения	Требуемое количество на основе расчётных данных	Стоимость, тыс. долл.	Капитальные затраты, тыс. долл.
Путевое развитие				
Железнодорожной перегон	км	11	4300	47300
Железнодорожный разъезд	ед.	-	-	
Подъездные пути «сухого» порта	км	4	2700	10800
Контейнерная площадка				
Приобретение земельного участка	га	4,9	1200	5937,33
Контейнерная площадка	м ²	33286	0,05	1664,3
Планировочные работы	м ²	4900000	0,02	989,55
Благоустройство участка	м ²	2968666	0,0017	50,46
Перегрузочная техника				
Контейнерные краны	ед.	17	95	1557
Терминальные тракторы+полуприцепы	ед.	10	23	230
Ричстакеры	ед.	4	200	800
Локомотивы	ед.	2	800	1600
Здания и сооружения	м ²	1500	0,465	697,5
Итого				71626,201

Эксплуатационные расходы были рассчитаны до и после введения «сухого» порта.

К эксплуатационным расходам относятся:

- заработная плата с отчислениями;
- затраты на электроэнергию и потребляемое топливо;
- амортизационные отчисления;
- затраты на ремонт основных фондов;
- затраты на простой судов в рейде;
- затраты на перепростой вагонов на приемоотправочных путях системы «морской порт – «сухой» порт»;
- затраты на перепростой контейнера в системе «морской порт – «сухой» порт».

Эксплуатационные затраты рассчитываются по формуле (4.1):

$$C_{\text{экс.}} = C_{\text{з.п.}} + C_{\text{мат.}} + C_{\text{ам.}} + C_{\text{рем.}} + C_{\text{пр.суд.}} + C_{\text{пер.ваг.}} + C_{\text{пер.конт.}}, \quad (4.1)$$

где $C_{з.п.}$ – годовая средняя заработная плата;
 $C_{мат.}$ – расходы на материалы;
 $C_{ам.}$ – расходы на амортизацию;
 $C_{рем.}$ – расходы на ремонт основных фондов;
 $C_{пр.суд.}$ – затраты на простой судов в рейде;
 $C_{пер.ваг.}$ – затраты на перепростой вагонов на приемоотправочных путях системы «морской порт – «сухой» порт»;

$C_{пер.конт.}$ – затраты на перепростой контейнера в системе «морской порт – «сухой» порт»;

Средняя заработная плата в «сухом» порту, включающая оклад, отчисления в пенсионный фонд (20%), социальное страхование (1.9%), страхование от несчастного случая (2.9%) и медицинское страхование (3.1%), составляет 800 долл. и равна средней заработной плате в морском порту «Евуапорт» [179].

Годовая средняя заработная плата рассчитывается по формуле (4.2):

$$C_{з.п.} = C_{ср.} \times N_{чел.} \times 12, \quad (4.2)$$

где $C_{ср.}$ – месячная средняя заработная плата в морском порту «Евуапорт»;

$N_{чел.}$ – количество персонала, работающего в морском порту.

В существующем варианте:

$$C_{з.п.} = 800 \times 700 \times 12 = 6720 \text{ тыс. долл. 0}$$

В предлагаемом:

$$C_{з.п.} = 800 \times 850 \times 12 = 8160 \text{ тыс. долл.}$$

Для расчёта затрат на топливо, расходуемое локомотивами, ричстакерами, терминальными тракторами, а также затрат на электроэнергию, направленную на освещение контейнерной площадки, зданий и эксплуатацию контейнерных кранов, были рассчитаны с использованием работы [49].

В существующем варианте примерный годовой расход материалов составляет:

$$C_{мат.} = 4859,64 \text{ тыс. долл.}$$

В предлагаемом:

$$C_{мат.} = 725,884 \text{ тыс. долл.}$$

Текущий процент амортизационных отчислений по основным фондам составляет: контейнерная площадка (2%), контейнерные краны (5%), терминальные тракторы и полуприцепы (13%), ричстакеры (17), локомотивы (4,5 %), железнодорожный перегон и подъездные пути (4,0%) [63]. При расчёте амортизационных отчислений использовался линейный метод. Ежегодные амортизационные отчисления составят в существующем варианте:

$$C_{\text{ам.}} = 1135,858 \text{ тыс. долл.}$$

В предлагаемом:

$$C_{\text{ам.}} = \frac{(1664,3 \times 2) + (1557 \times 5) + (230 \times 13) + (800 \times 17) + (1600 \times 4,5) + (58100 \times 4)}{100} = 2673,036 \text{ тыс. долл.}$$

Затраты на ремонт и содержание основных фондов:

$$C_{\text{рем.}} = 1452,996 \text{ тыс. долл.}$$

В предлагаемом:

$$C_{\text{рем.}} = 5290,068 \text{ тыс. долл.}$$

Затраты на простой судов в рейде рассчитываются по формуле (4.3):

$$C_{\text{пр.суд.}} = N_{\text{с.м.}} \times T_{\text{ср.пр.суд.}} \times C_{\text{пр.суд.}} \times 12 \quad (4.3)$$

где $N_{\text{с.м.}}$ – среднее количество судов в месяц, простаивающих в рейде;

$T_{\text{ср.пр.суд.}}$ – среднее время простоя судов за месяц;

$C_{\text{пр.суд.}}$ – затраты на простой одного судна (равное 2500 контейнерам) в сутки составляет 90000 долл., где стоимость простоя 1 TEU составляет 36 долл./сут. [77];

12 – количество месяцев, при высокой производительности порта.

Затраты на простой судов в рейде в существующем варианте составили:

$$C_{\text{пр.суд.}} = 5 \times 8,9 \times 90000 \times 12 = 48060 \text{ тыс. долл.}$$

В предлагаемом:

$$C_{\text{пр.суд.}} = 2 \times 4,85 \times 90000 \times 12 = 10476 \text{ тыс. долл.}$$

Затраты на перепростой вагона на приемоотправочных путях системы «морской порт – «сухой» порт» рассчитываются по формуле (4.4):

$$C_{\text{пер.ваг.}} = N_{\text{с.в.}} \times T_{\text{ср.пер.ваг.}} \times C_{\text{пр.ваг.}} \times 365 \quad (4.4)$$

где $N_{\text{с.в.}}$ – среднесуточный вагонопоток;

$T_{\text{ср.пер.ваг.}}$ – среднее время перепростоя вагона на приемоотправочных путях морского порта;

$C_{\text{пр.ваг.}}$ – стоимость перепростоя вагона на путях необщего пользования в Турции [188];

Затраты на перепростой вагонов на приемоотправочных путях в существующем варианте составили:

$$C_{\text{пер.ваг.}} = 100 \times 9,6 \times 0,17 \times 365 = 59,56 \text{ тыс. долл.}$$

В предлагаемом:

$$C_{\text{пер.ваг.}} = 100 \times 2,3 \times 0,17 \times 365 = 14,27 \text{ тыс. долл.}$$

Затраты на перепростой контейнера в системе «морской порт – «сухой» порт» рассчитываются по формуле (4.5):

$$C_{\text{пер.конт.}} = N_{\text{с.конт.}} \times T_{\text{ср.пер.конт.}} \times C_{\text{пр.конт.}} \times 365, \quad (4.5)$$

где $N_{\text{с.конт.}}$ – среднесуточный контейропоток;

$T_{\text{ср.пер.конт.}}$ – среднее время перепростоя контейнера в системе «морской порт – «сухой» порт»;

$C_{\text{пр.конт.}}$ – стоимость перепростоя контейнера (демередж) в морском порту «Evyarport» [136].

Затраты на перепростой контейнера в системе «морской порт – «сухой» порт» в существующем варианте составили:

$$C_{\text{пер.конт.}} = 2440 \times 3 \times 25 \times 365 = 66795 \text{ тыс. долл.}$$

В предлагаемом варианте:

$$C_{\text{пер.конт.}} = 3144 \times 1 \times 25 \times 365 = 28689 \text{ тыс. долл.}$$

Общее число эксплуатационных затрат составляет, в существующем варианте:

$$C_{\text{эксп.сущ.}} = 6720 + 4859,64 + 1135,858 + 1452,996 + 48060 + 59,56 + 66795 = 129083,054 \text{ тыс. долл.}$$

В предлагаемом:

$$C_{\text{эксп.пред.}} = 8160 + 7255,884 + 2673,036 + 5290,068 + 10476 + 14,27 + 28689 = 62558,28 \text{ тыс. долл.}$$

Расчёт себестоимости переработки контейнера рассчитывается по следующей формуле (4.6):

$$C = \frac{\mathcal{E}}{Q} \quad (4.6)$$

где \mathcal{E} – эксплуатационные затраты;

Q – годовой объем переработки.

При существующем варианте себестоимость переработки контейнеров составит:

$$C = \frac{129083054}{915490} = 140,99 \text{ долл./TEU}$$

В предлагаемом варианте:

$$C = \frac{62558280}{1653450} = 37,8 \text{ долл./TEU}$$

Годовой экономический эффект от внедрения «сухого» порта рассчитывается по формуле (4.7):

$$\mathcal{E}_\phi = C_{\text{эксп.сущ.}} - C_{\text{эксп.пред.}} \quad (4.7)$$

Годовой экономический эффект от внедрения «сухого» порта составил:

$$\mathcal{E}_\phi = (129083,054 - 62558,28) = 66524,774 \text{ тыс. долл.}$$

Индекс рентабельности инвестиций в строительство «сухого» порта рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum \frac{CF_k}{(1+r)^k} \div \sum \frac{IC_k}{(1+r)^k}, \quad (4.8)$$

где IC_k - капитальные вложения (затраты по реализации проекта);

CF_k - денежный поток (доход от реализации проекта за k-й период),

r - норма дисконта (0,2), k - порядковый номер интервала получения дохода.

Дисконтированный срок окупаемости проекта строительство «сухого» порта рассчитывается по формуле:

$$DPP = \sum_{t=1}^n \frac{CF_k}{(1+r)^t} \geq I_0 \quad (4.9)$$

где n - число периодов (10 лет);

CF_k - денежный поток средств в период k ;

r - коэффициент дисконтирования (0,2);

I_0 - величина исходных инвестиций в нулевой период (при сроке строительства «сухого» порта равному два года).

Срока окупаемости проекта строительства «сухого» порта рассчитывается по формуле (4.10):

$$PP = \frac{IC_k}{P_r}, \quad (4.10)$$

где P_r - годовая чистая прибыль системы «морской порт - «сухой» порт», формула (4.11);

$$P_r = Q \times H_c - C_{\text{эксп.}}, \quad (4.11)$$

где H_c - тариф за переработку 1 единицы TEU в морском порту «Euyapport» (57,97 долл.) [179].

Для расчёта индекса рентабельности инвестиций и дисконтированного срока окупаемости «сухого» порта были выполнены следующие калькуляции, представленные в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Исходные данные для расчёта.

Инвестиции в проект	долл.
0-й год	35813100,5
1-й год	35813100,5
Доход от проекта	
1-й год	0
2-й год	0
3-й год	36898000
4-й год	36898000
5-й год	36898000
6-й год	36898000
7-й год	36898000
8-й год	36898000
9-й год	36898000
10-й год	36898000

Дисконтированные денежные затраты по годам представлены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Дисконтированные инвестиционные вложения по годам

Период	Коэффициент дисконтирования	долл.
0	1	35813100,5
1	0,9091	32557364,091
		68370464,591

Дисконтированные денежные потоки по годам составят, (таблица 4.11).

Таблица 4.11 – Дисконтированные денежные потоки по годам

Период	Коэффициент дисконтирования	A
1	0,9091	0
2	0,8264	0
3	0,7513	27722013,524
4	0,683	25201830,476
5	0,6209	22910754,978
6	0,5645	20827959,071
7	0,5132	18934508,246
8	0,4665	17213189,315
9	0,4241	15648353,923
10	0,3855	14225776,293
CF		162684385,827

где CF – дисконтированный денежный поток нарастающим итогом.

Чистый дисконтированный доход от строительства «сухого» порта рассчитывается по формуле (4.12):

$$NPV = \sum \frac{CF_k}{(1+r)^k} - \sum \frac{IC_k}{(1+r)^k}, \quad (4.12)$$

ЧДД составит:

$$NPV = 162684385,827 - 68370464,591 = 94313,92 \text{ тыс.долл.}$$

Индекс рентабельности инвестиций составит:

$$PI = \frac{162684385,827}{68370464,591} = 2,379$$

В таблице 4.12 представлен расчёт инвестиций и прибыли в период жизненного цикла проекта.

Таблица 4.12 – Расчёт инвестиций и прибыли в период жизненного цикла проекта

Период	PV _t	Нарастающий PV _t	DIC _t	Нарастающий DIC _t
0	0	0	35813100,5	35813100,5
1	0	0	32557364,091	68370464,591
2	0	0		
3	27722013,524	27722013,524		
4	25201830,476	52923844		
5	22910754,978	75834598,978		
6	20827959,071	96662558,049		
7	18934508,246	115597066,296		
8	17213189,315	132810255,611		
9	15648353,923	148458609,533		
10	14225776,293	162684385,827		

Из таблицы 4.12 видно, что капитальные вложения в строительство «сухого» порта равны 68370464.591 долл., а их полное покрытие осуществится после 4 лет. Для уточнения периода окупаемости рассчитаем, за какой период будут покрыты все инвестиционные затраты после 5 года.

Нарастающий период окупаемости составит:

$$DIC_t - PV_5 = 68370464,591 - 52923844 = 15446620,591 \text{ долл.}$$

Интегральный результат за 6 год составит:

$$PV_6 = 22910754,978 \text{ долл. за 365 дней.}$$

$$DPP_2 = \left(\frac{15446620,591}{22910754,978} \right) \times 365 = 246 \text{ дня.}$$

Следовательно, дисконтированный срок окупаемости проекта составит:

$$DPP = DPP_1 + DPP_2 = 4 \text{ года и 246 дней.}$$

Годовая чистая прибыль составит:

$$P_t = (1653450 \times 57,97) - 625582980 = 33292,21 \text{ тыс. долл.}$$

Срок окупаемости проекта составит:

$$PP = \frac{71626,201}{33292,21} = 2,15 \text{ г.}$$

В таблице 4.13 приведены основные технико-экономические показатели работы морского порта «Euvarport» до и после внедрения «сухого» порта.

Таблица 4.13 – Техничко-экономические показатели работы морского порта «Evуарпорт» до и после внедрения «сухого» порта

Наименование показателей	Единица измерения	Значение показателей	
		существующие	предлагаемые
Годовой объем переработки контейнеров	тыс. TEU/г.	915,49	1653,45
Среднее время простоя судов в рейде	сут.	7,2	3,54
Число контейнерных кранов	ед.	34	41
Число ричстакеров		6	10
Терминальные тракторы+вилочные автопогрузчики+автоконтейнеровозы		52+15+58	62+0+0
Локомотивы		-	2
Развернутая длина железнодорожных путей	м	1000	4000
Длина железнодорожного перегона	км	0	11
Вместимость контейнерной площадки	TEU	20000	22600
Численность основного производственного персонала	чел.	700	850
Капитальные затраты:	тыс. долл.	-	71626,201
Эксплуатационные затраты:		129083,054	60152,258
Себестоимость переработки контейнеров	долл./TEU	140,99	37,8
Затраты на простой судов в рейде	тыс. долл./г.	48060	10476
Затраты на перепростой вагонов		59,56	14,27
Затраты на перепростой контейнеров		66795	28689
Годовой экономический эффект			66524,774
Чистый дисконтированный доход			94313,92
Индекс рентабельности			2,379
Дисконтированный срок окупаемости инвестиций	г.		4,8
Срок окупаемости проекта			2,15

Акт о внедрении разработанной методики в управляющую систему морского порта «Evуарпорт» (г. Корфез, Турция) представлен в приложении Г, рисунок Г.1.

Вторым объектом оценки экономической эффективности разработанной методики является система «контейнерный терминал «NBCT» – «сухой» порт». Существующим вариантом является ранее созданная система «морской контейнерный терминал «NBCT» – «сухой» порт (г. Иву, КНР)», реализованная в КНР в 2013 г. Предлагаемым вариантом является расчётный вариант функционирования системы «морской контейнерный терминал «NBCT» – «сухой» порт» с использованием полученных оптимальных значений припортового терминала в рамках настоящего исследования.

В таблице 4.14 представлен расчёт капитальных затрат на строительство и оснащение существующего варианта «сухого» порта (г. Иву, КНР).

Таблица 4.14 – Капитальные расходы на строительство «сухого» порта (существующий вариант)

Наименование	Единица измерения	Требуемое количество	Стоимость, тыс. долл.	Капитальные затраты, (тыс. долл.)
Путевое развитие				
Железнодорожной перегон	км	100*	3,81	381000
Железнодорожный разъезд	ед.	1	2,328	2328
Подъездные пути «сухого» порта	км	4	1,975	7620
Контейнерная площадка				
Приобретение земельного участка	м ²	700350	0,078	54627,3
Контейнерная площадка	м ²	472395	0,023	10865
Планировочные работы	м ²	700350	0,00022	154,077
Благоустройство участка	м ²	700,35	0,00117	819,406
Перегрузочная техника				
Контейнерные краны	ед.	25	35	2375
Тягачи+полуприцепы	ед.	50	46	2300
Ричстакеры	ед.	2	200	400
Локомотивы	ед.	6	600	3600
Здания и сооружения				
Здания и сооружения	м ²	1500	0,465	697,5
Итого				466784

*- длина железнодорожного перегона по проекту 2013 года составила 100 км.

В таблице 4.15 представлен расчёт капитальных затрат на строительство и оснащение предлагаемого (расчётного) варианта «сухого» порта.

Таблица 4.15 – Капитальные расходы на строительство «сухого» порта (предлагаемый вариант)

Наименование	Единица измерения	Требуемое количество	Стоимость, тыс. долл.	Капитальные затраты, (тыс. долл.)
Путевое развитие				
Железнодорожной перегон	км	26	3,81	99060
Железнодорожный разъезд	ед.	1	2,328	2328
Подъездные пути «сухого» порта	км	4	1,975	7620
Контейнерная площадка				
Приобретение земельного участка	м ²	700350	0,078	54627,3
Контейнерная площадка	м ²	443452	0,023	10199
Планировочные работы	м ²	700350	0,00022	154,077
Благоустройство участка	м ²	700,35	0,00117	819,406
Перегрузочная техника				
Контейнерные краны	ед.	25	35	2375
Тягачи+полуприцепы	ед.	50	46	2300
Ричстакеры	ед.	3	200	600
Локомотивы	ед.	2	600	1200
Здания и сооружения				
Здания и сооружения	м ²	1500	0,465	697,5
Итого				181980

Эксплуатационные расходы были рассчитаны для существующей и предлагаемой (расчётной) систем «морской порт – «сухой» порт».

Средняя заработная плата в «сухом» порту, включающая оклад, отчисления в пенсионный фонд (20%), социальное страхование (1,9%), страхование от несчастного случая (2,9%) и медицинское страхование (3,1%), составляет 900 долл. и равна средней заработной плате в контейнерном терминале «NBCT» [176].

Годовая средняя заработная плата рассчитывается по формуле (4.2):

В существующем варианте:

$$C_{з.п.} = 900 \times 700 \times 12 = 5760 \text{ тыс. долл.}$$

В предлагаемом:

$$C_{з.п.} = 900 \times 680 \times 12 = 7344 \text{ тыс. долл.}$$

Для расчёта затрат на топливо, расходуемые локомотивами, ричстакерами, терминальными тракторами, а также затрат на электроэнергию, направленную на освещение контейнерной площадки, зданий и эксплуатацию контейнерных кранов, были рассчитаны с использованием работы [49].

В существующем варианте примерный годовой расход материалов составляет:

$$C_{\text{мат.}} = 18413,328 \text{ тыс. долл.}$$

В предлагаемом:

$$C_{\text{мат.}} = 16711,541 \text{ тыс. долл.}$$

Текущий процент амортизационных отчислений по основным фондам составляет: контейнерная площадка (2%), контейнерные краны (5%), терминальные тракторы и полуприцепы (13%), ричстакеры (17), локомотивы (4,5 %) [63]. Ежегодные амортизационные отчисления составят в существующем варианте:

$$C_{\text{ам.}} = 16508,188 \text{ тыс. долл.}$$

В предлагаемом:

$$C_{\text{ам.}} = 5230,572 \text{ тыс. долл.}$$

Затраты на ремонт и содержание основных фондов:

$$C_{\text{рем.}} = 3196,142 \text{ тыс. долл.}$$

В предлагаемом:

$$C_{\text{рем.}} = 1786,44 \text{ тыс. долл.}$$

Затраты на простой судов в рейде, (10400 контейнеров в судне) в сутки составляет 374400 долл., где стоимость простоя 1 TEU составляет 36 долл./сут. [77] и рассчитываются по формуле (4.3):

$$C_{\text{пр.суд.}} = 5 \times 7,43 \times 374400 \times 12 = 166907,52 \text{ тыс. долл.}$$

В предлагаемом:

$$C_{\text{пр.суд.}} = 2 \times 2,42 \times 374400 \times 12 = 21745,152 \text{ тыс. долл.}$$

Затраты на перепростой вагона на приемоотправочных путях системы «морской порт – «сухой» порт» при стоимости перепростоя вагона на путях необщего пользования равной 12,4 \$/вагоно-час, формула (4.4) [178]:

$$C_{\text{пер.ваг.}} = 500 \times 16,5 \times 12,4 \times 365 = 37399,5 \text{ тыс. долл.}$$

В предлагаемом:

$$C_{\text{пер.ваг.}} = 500 \times 6,05 \times 12,4 \times 365 = 13691,15 \text{ тыс. долл.}$$

Затраты на перепростой контейнера в системе «морской порт – «сухой» порт» в существующем варианте составили при стоимости демереджа равной 27 долл./сут. [185], формула (4.5):

$$C_{\text{пер.конт.}} = 6778 \times 2 \times 27 \times 365 = 133594,38 \text{ тыс. долл.}$$

В предлагаемом:

$$C_{\text{пер.конт.}} = 9482 \times 1 \times 27 \times 365 = 93445,11 \text{ тыс. долл.}$$

Общее число годовых эксплуатационных затрат составляет, в существующем варианте:

$$C_{\text{эксп.}} = 383579,058 \text{ тыс. долл.}$$

В предлагаемом:

$$C_{\text{эксп.}} = 159953,965 \text{ тыс. долл.}$$

Расчёт себестоимости переработки контейнера рассчитывается по формуле (4.6):

В существующем варианте себестоимость переработки контейнеров составит:

$$C = \frac{376019100}{2462652} = 152,6 \text{ долл./TEU}$$

В предлагаемом варианте:

$$C = \frac{159953965}{3421255} = 46,75 \text{ долл./TEU}$$

Годовой экономический эффект от внедрения «сухого» порта рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{\phi} = \mathcal{E} - (K \times \mathcal{E}), \quad (4.11)$$

где \mathcal{E} – экономия от внедрения «сухого» порта;

K – величина капитальных затрат;

E – коэффициент экономической эффективности затрат (0,2).

$$\mathcal{E}_{\phi} = (383579,058 - 159953,965) - (181980 \times 0,2) = 187229,093 \text{ тыс. долл.}$$

Срок окупаемости проекта строительства «сухого» порта рассчитывается по формуле (4.10) при тарифе за переработку 1 единицы TEU в морском порту «Ningbo-Zhoushan» (71,08 долл.) [175].

Для расчёта индекса рентабельности инвестиций и дисконтированного срока окупаемости «сухого» порта были выполнены следующие калькуляции, (таблица 4.16):

Таблица 4.16 – Исходные данные для расчёта

Инвестиции в проект	долл.
0-й год	90990000
1-й год	90990000
Доход от проекта	
1-й год	0
2-й год	0
3-й год	45128200
4-й год	45128200
5-й год	45128200
6-й год	45128200
7-й год	45128200
8-й год	45128200
9-й год	45128200
10-й год	45128200

Дисконтированные денежные затраты по годам представлены в таблице 4.17.

Таблица 4.17 – Дисконтированные денежные затраты по годам

Период	Коэффициент дисконтирования	долл.
0	1	90990000
1	0,9091	82718181,818
		173708181,818

Дисконтированные денежные потоки по годам составят, (таблица 4.18).

Таблица 4.18 – Дисконтированные денежные потоки по годам

Период	Коэффициент дисконтирования	А
1	0,9091	0
2	0,8264	0
3	0,7513	33905484,598
4	0,683	30823167,816
5	0,6209	28021061,651
6	0,5645	25473692,41
7	0,5132	23157902,191
8	0,4665	21052638,356
9	0,4241	19138762,141
10	0,3855	17398874,674
CF		198971583,838

где CF – дисконтированный денежный поток нарастающим итогом.

ЧДД составит:

$$NPV = 198971583,838 - 173708181,818 = 25263402,02 \text{ долл.}$$

Индекс рентабельности инвестиций, рассчитанный по формуле (4.8) составит:

$$PI = \frac{198971583,838}{173708181,818} = 1,145$$

В таблице 4.19 представлен расчёт инвестиций и прибыли в период жизненного цикла проекта.

Таблица 4.19 – Расчёт инвестиций и прибыли в период жизненного цикла проекта

Период	PV _t	Нарастающий PV _t	DIC _t	Нарастающий DIC _t
0	0	0	90990000	90990000
1	0	0	82718181,818	173708181,818
2	0	0		
3	33905484,598	33905484,598		
4	30823167,816	64728652,414		
5	28021061,651	92749714,066		
6	25473692,41	118223406,476		
7	23157902,191	141381308,667		
8	21052638,356	162433947,023		
9	19138762,141	181572709,164		
10	17398874,674	198971583,838		

Из таблицы 4.19 видно, что капитальные вложения в строительство «сухого» порта равны 173708181,818 долл., а их полное покрытие осуществится после 8 лет. Для уточнения периода окупаемости рассчитаем, за какой период будут покрыты все инвестиционные затраты после 3 года.

Нарастающий период окупаемости составит:

$$DIC_t - PV_3 = 173708181,818 - 162433947,023 = 11274234,795 \text{ долл.}$$

Интегральный результат за 9 год составит:

$$PV_9 = 19138762,141 \text{ долл. за 365 дней.}$$

$$DPP_2 = \frac{11274234,795}{19138762,141} = 215 \text{ дней.}$$

Следовательно, дисконтированный срок окупаемости проекта, формула (4.9), составит:

$$DPP = DPP_1 + DPP_2 = 8 \text{ лет } 215 \text{ дней.}$$

Годовая чистая прибыль, формула (4.11), составит:

$$P_t = (3421255 \times 71,08) - 159953965 = 83228,84 \text{ тыс. долл.}$$

Срок окупаемости проекта, формула (4.10), составит:

$$PP = \frac{181980}{83228,84} = 2,18 \text{ г.}$$

В таблице 4.20 приведены основные технико-экономические показатели работы системы «контейнерный терминал «НВСТ» – «сухой» порт».

Таблица 4.20 – Техничко-экономические показатели работы системы «контейнерный терминал «NBCT» – «сухой» порт»

Наименование показателей	Единица измерения	Значение показателей	
		существующие	предлагаемые
Годовой объем переработки контейнеров	тыс. TEU/г.	2400	3421
Среднее время простоя судов в рейде	сут.	5,9	1,6
Число контейнерных кранов	ед.	25	25
Число ричстакеров	ед.	2	2
Общее число локомотивов		6	2
Развёрнутая длина железнодорожных путей	м	4000	8000
Длина железнодорожного перегона	км	100	26
Вместимость контейнерной площадки	TEU	800	750
Численность основного производственного персонала	чел.	700	680
Капитальные затраты:	тыс. долл.	466784	181980
Эксплуатационные затраты:		383579,058	159953,965
Себестоимость переработки контейнеров	долл./TEU	152,6	46,75
Затраты на простой судов в рейде	тыс. долл.	166907,52	21745,152
Затраты на перепростой вагонов		37399,5	13691,15
Затраты на перепростой контейнеров		133594,38	93445,11
Годовой экономический эффект			187229,093
Чистый дисконтированный доход			25263402,02
Индекс рентабельности			1,145
Дисконтированный срок окупаемости инвестиций	г.		8,7
Срок окупаемости проекта			2,18

Таким образом, наиболее эффективное функционирование системы «контейнерный терминал «NBCT» – «сухой» порт» достигается на основе использования разработанной методики формирования формирования системы «морской порт – «сухой» порт», при размещении «сухого» порта на расстоянии в 26 км и годовом экономическом эффекте равным 94,943 млн долл.. Акт внедрении разработанной методики в стратегию развития контейнерного терминала «NBCT Ningbo Beilun Container Terminal» представлен в приложении Г, рисунок Г.2.

Выводы к главе 4

1. Разработана методика формирования системы «морской порт – «сухой» порт». Использование методики портовыми менеджерами, а также проектными институтами позволит определять оптимальные значения основных параметров «сухого» порта на разных стадиях проектирования припортового терминала, что существенно снизит суммарные затраты на строительство и функционирование системы.

2. Разработанная методика апробирована на примерах морского порта «Evуарпорт» (г. Корфез, Турция) и системы «морской контейнерный терминал «NBCT (г. Нинбо, КНР)» – «сухой» порт», входящих в состав международных транспортных коридоров «Север-Юг» и «Восток-Запад».

3. Разработанная агентная системно-динамическая имитационная модель основных параметров «сухого» порта позволила определить оптимальные значения коэффициентов линейных функциональных зависимостей между основными параметрами «сухого» порта. Полученные значения коэффициентов были использованы для поиска оптимальных усреднённых значений основных параметров «сухих» портов в Турции и КНР при максимуме чистого дисконтированного дохода – 15952,2 и 277699,4 тыс. долл..

4. Полученные оптимальные значения основных параметров «сухих» портов были использованы при построении агентной дискретно-событийной имитационной модели функционирования системы «морской порт – «сухой» порт». В результате проведения сравнительных модельных экспериментов установлено, что введение «сухого» порта в имитационную модель позволяет снизить простой морских судов-контейнеровозов в рейде для условий морского порта «Evуарпорт» с 9 до 4 дней, морского контейнерного терминала «NBCT» с 7,43 до 2,42; перепростой вагонов на путях необщего пользования системах «морского порт – «сухой» порт» с 9,6 до 2,3 вагоно-часов и с 16,5 до 6,05 вагоно-часов; контейнеров в системах с 2,4 до 0,95 сут. и с 1,8 до 0,95 сут., соответственно. Это, в свою очередь, позволило увеличить контейнерооборот морских терминалов на 21 и 74 тыс. TEU и снизить себестоимость переработки контейнера с 158 до 73 долл./TEU и с 143 до 44 долл./TEU, соответственно.

5. Выполнена оценка экономической эффективности использования разработанной методики формирования системы «морской порт – «сухой» порт» для условий морского порта «Evуарпорт» и морского контейнерного терминала «NBCT». В результате сокращения потерь, связанных с простоем транспортных средств (судов, железнодорожного подвижного состава), а также погрузо-разгрузочных механизмов, снижения времени хранения контейнеров в системах, годовой экономический эффект от внедрения «сухого» порта для условий морских контейнеров

терминалов «Еуарпорт» и «NBCT» составил 66524,774 и 187229,093 тыс. долл. при дисконтированном сроке окупаемости инвестиций в 4,8 и 8,7 лет, соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выполненный анализ состояния и тенденций развития морских портов Российской Федерации как элементов международных транспортных коридоров показал, что в результате развития торгово-экономических связей между странами Европы и КНР и увеличения объёмов экспортных поставок в 2,75 раза в течение последних трёх лет, возрастает спрос на сухопутные перевозки, что, в свою очередь, требует наличия международных наземных транспортных коридоров на направлении Восток-Запад, в том числе через территорию Российской Федерации, обладающую значительным транзитным потенциалом. Установлено, что начальными и конечными пунктами международных транспортных коридоров, в том числе и сухопутных, как правило, являются морские порты. Однако, несмотря на увеличение спроса на грузовые перевозки в мировой транспортной системе за последние три года на 12,6 млн TEU, наблюдается малозначительное увеличение контейнерооборота крупнейших морских портов мира в среднем на 0,5 - 2 %.

2. Определено, что одной из основных причин отставания роста контейнерооборота крупнейших морских портов мира от спроса на грузовые перевозки является недостаток их пропускных, перерабатывающих способностей и вместимостей, возникающих из-за ограничений, связанных с их расположением в границах селитебных зон.

3. Одним из основных решений по повышению пропускной и перерабатывающей способностей морских портов является создание системы их транспортного обслуживания, включающей в себя интермодальные терминалы класса «сухой» порт. Выявлены проблемы функционирования систем транспортного обслуживания и морских терминалов, основной из которых является недостаточная согласованность технологии работы морских портов с перевозочным процессом внешнего транспорта. Это, в свою очередь, приводит к росту неравномерности прибывающих в порт грузопотоков, простоем транспортных средств и контейнеров (в среднем по портам РФ до 5-7 дней), необходимости использования судов большей контейнеровместимости, а также увеличению запасов и вместимости складов морских портов.

4. Современным решением по увеличению пропускной и перерабатывающей способностей морских портов в условиях территориальных ограничений, обеспечению согласованной работы транспорта и морского порта, а также снижению экологической нагрузки на припортовую территорию является создание припортового терминала, который в международной практике получил название «сухой» порт. Обзор теоретических исследований в области применения «сухих» портов показал, что в качестве основного параметра этого терминала отечественные и зарубежные учёные выделяют расстояние между морским и «сухим»

портами. В результате исследования установлено, что, помимо влияния фактора удлинения маршрута между морскими и «сухими» портами на объём инвестиционных затрат, расстояние между терминалами влияет на неравномерность прибытия транспортных средств, вместимость и потребный уровень технической оснащённости «сухих» порта, место размещения «сухого» порта, характеризующееся объёмом планировочных работ, а также на экологичность районов размещения морского и припортового терминалов. Анализ отечественного и зарубежного опыта развития «сухих» портов, выполняющих различные функции в зависимости от их месторасположения, показал, что концепция «сухих» портов широко применяется по всему миру. Однако, в Российской Федерации в настоящее время система припортовых терминалов находится на стадии развития, в течение последних пяти лет с 2015 года в России был построен лишь один припортовый терминал класса «сухой» порт.

5. Проведённое исследование факторов, влияющих на функционирование «сухих» портов, показало, что «сухие» порты являются сложными системами, состоящими из множества взаимосвязанных элементов, выполняющих большое число функций. Функции элементов «сухого» порта характеризуется множеством параметров. Установлено, что на параметры элементов припортового терминала влияет изменение параметров входных и выходных грузопотоков, обусловленное воздействием внешних факторов, таких как социальный, инфраструктурный, экономический и экологический и прочие факторы. Проведённое исследование влияния выбранных факторов на параметры «сухого» порта позволило выявить связи между параметрами припортового терминала. Недостаточно проработанным является вопрос количественной оценки связей между параметрами «сухого» порта.

6. Выполненный анализ связей между параметрами «сухих» портов позволил выдвинуть гипотезу о взаимосвязи между отдельными параметрами «сухого» порта или парами параметров. Подтверждение данной гипотезы основано на изучении связей между параметрами «сухих» портов, описываемых в исследованиях припортовой инфраструктуры. Установлено, что в основном изучены связи между отдельными параметрами «сухого» порта, отсутствует системный подход к исследованию совокупности параметров. Кроме того, в основном изучены прямые связи между параметрами «сухого» порта. Недостаточно изученным является вопрос исследования обратных связей между параметрами припортового терминала. На основе проведённого анализа была выдвинута гипотеза о необходимости и достаточности использования для управления развитием системы «морской порт – «сухой» порт» ограниченного набора основных параметров «сухого» порта.

7. Для качественного доказательства выдвинутой гипотезы об основных параметрах «сухого» порта выполнено исследование прямых и обратных взаимосвязей и систематизация параметров припортовых терминалов, позволившее разработать систему основных параметров

«сухих» портов. Предлагаемая система основных параметров «сухого» порта состоит из следующих параметров: интенсивность грузопотоков и потоков транспортных средств, TEU/сут.; коэффициент неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств; протяжённость трассы маршрута между морским и «сухим» портами, км; пропускная способность транспортных коммуникаций, пар поездов/сут.; V , вместимость контейнерных площадок, TEU; перерабатывающая способность «сухого» порта, TEU/сут.; вариант размещения «сухого» порта, ед.; оценка экологического воздействия, ед.; капитальные затраты на строительство «сухого» порта, млн руб.; эксплуатационные затраты на функционирование системы «морской порт – «сухой» порт», тыс. руб./мес. Данную систему основных параметров «сухих» порта предлагается применять для оценки эффективности создаваемого «сухого» порта на этапе его стратегического планирования, когда принимаются основные инвестиционные решения.

8. Для количественного исследования взаимосвязей между основными параметрами «сухого» порта и определения корректности основных параметров «сухого» порта в целом предлагается использование имитационного моделирования. Разработана системно-динамическая модель, позволяющая определять оптимальные значения параметров «сухого» порта, при которых достигается состояние устойчивости системы, которую они образуют. В качестве критерия устойчивости предложено использовать величину суммарной дисперсии значений исследуемых основных параметров, рассчитываемой в течение периода моделирования. Для оценки корректности разработанной системы основных параметров «сухих» портов разработана математическая модель системы основных параметров «сухого» порта.

9. Разработан комплекс комбинированных имитационных моделей оптимизации основных параметров «сухого» порта и функционирования системы «морской порт – «сухой» порт». Комплекс моделей позволяет определять сбалансированные значения параметров, при которых достигается эффективное функционирование системы «морской порт – «сухой» порт».

10. Создана агентная системно-динамическая модель основных параметров «сухого» порта и реализован разработанный алгоритм корректировки линейных функциональных зависимостей между ними. В результате проведения экспериментов достигнута устойчивость между основными параметрами «сухого» порта, получены оптимальные значения линейных функциональных зависимостей между ними. Полученные оптимальные значения коэффициентов для линейных функциональных зависимостей между основными параметрами «сухого» порта использованы при поиске оптимальных значений основных параметров, обеспечивающих получение максимума чистого дисконтированного дохода от внедрения припортового терминала.

11. Построена агентная дискретно-событийная модель функционирования системы «морской порт – «сухой» порт». В результате проведения серий экспериментов установлено, что

введение «сухого» порта в имитационную модель позволяет снизить простой морских судов-контейнеровозов в среднем на 44%, перепростой вагонов на путях необщего пользования в системе на 39% и контейнеров на 50%, соответственно.

12. Разработана методика формирования системы «морской порт – «сухой» порт», состоящая из следующих этапов: определение линейных функциональных зависимостей между основными параметрами «сухого» порта; построение агентной системно-динамической модели основных параметров «сухого» порта и корректировка коэффициентов линейных функциональных зависимостей между основными параметрами припортового терминала; расчёт оптимальных значений основных параметров «сухого» порта по критерию максимума чистого дисконтированного дохода от функционирования припортового терминала; построение агентной дискретно-событийной модели функционирования системы «морской порт – «сухой» порт»; проведение имитационных экспериментов с разработанной имитационной моделью при различных значениях интенсивности и коэффициента неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств для повышения точности расчёта значений основных параметров припортового терминала. Использование разработанной методики портовыми менеджерами, а также проектными институтами позволит определять оптимальные значения основных параметров «сухого» порта на разных стадиях проектирования припортового терминала с целью снижения суммарных затрат на строительство и функционирование системы «морской порт – «сухой» порт».

13. Выполнена апробация разработанной методики на примерах морского терминала «Evuarport» (г. Корфез, Турция), не имеющего «сухого» порта, а также на действующей системе «морской порт – «сухой» порт», включающей в себя морской порт «NBCT Ningbo Beilun Container Terminal» и «сухой» порт в городе Иву (КНР). Для морского порта «Evuarport» предложено создание тылового терминала на расстоянии в 11 км, что позволило уменьшить среднее время простоя контейнеров и транспортных средств на 53%, себестоимость переработки контейнера – на 37%, а также увеличить контейнерооборот морского порта на 30%. Для действующей на территории КНР системы «морской порт – «сухой» порт» рассмотрен вариант сокращения расстояния между терминалами со 185 до 26 километров. Такое размещение «сухого» порта обеспечивает сокращение капитальных затрат на строительство припортового терминала с 464,3 до 181,95 млн долларов США, главным образом, в результате уменьшения расчётной вместимости «сухого» порта с 800 до 750 TEU при сохранении величины грузооборота. Расчётный срок окупаемости инвестиционных затрат в обоих случаях не превышает 2 лет.

ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ

1. **Агентный подход** – это подход к построению имитационных моделей на основе описания функциональной структуры исследуемых систем совокупностью взаимодействующих друг с другом агентов, обладающих индивидуальным поведением.
2. **Адекватность модели** – совпадение свойств (функций/параметров/характеристик и т. п.) модели и соответствующих свойств моделируемого объекта.
3. **Вариант размещения «сухого» порта** – это основной параметр «сухого» порта, характеризующий затраты на проведение планировочных работ участка предполагаемого размещения «сухого» порта.
4. **Вместимость «сухого» порта** – это основной параметр «сухого» порта, характеризующий количество одновременно хранящихся контейнеров на площадках припортового терминала.
5. **Коэффициент неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств** – это показатель, характеризующий колебания величины интенсивности входящего грузопотока в систему «морской порт – «сухой» порт», зависящий от влияния внешних факторов.
6. **Генеральный план** – важнейшая составляющая часть проекта, содержащая комплексное решение вопросов планировки, застройки, реконструкции, благоустройства и иных видов градостроительного освоения территорий.
7. **Демередж** – заранее оценённые убытки (возмещение), подлежащие, в соответствии с договором о фрахте, возмещению в размере определенной дневной ставки за каждый день разгрузки или погрузки судна после того, как истекло время стоянки.
8. **Дискретно-событийный подход** – подход к построению имитационных моделей на основе описания динамических процессов исследуемых систем при помощи последовательности событий, выполнение которых происходит через определенные (дискретные) интервалы времени.
9. **Имитационное моделирование** – метод исследования структуры, функционирования и поведения сложных систем на основе постановки экспериментов с компьютерной программой, описывающей основные свойства данных систем.
10. **Интенсивность грузопотоков и потоков транспортных средств** – это основной параметр «сухого» порта, характеризующий число контейнеров, проходящих за единицу времени через систему «морской порт – «сухой» порт».
11. **Капитальные затраты на строительство «сухого» порта** – это основной параметр «сухого» порта, характеризующий величину затрат на приобретение погрузочно-разгрузочных механизмов в «сухом» порту, строительство ж.д. сообщения и отдельных пунктов между

морским и «сухим» портами и контейнерных площадок в «сухом» порту, затраты на проведение планировочных работ и благоустройство участка.

12. **Контейнерный терминал** – находится на территории железнодорожной станции, включает в себя саму специально спроектированную контейнерную площадку, погрузочно-разгрузочное оборудование, служебные помещения и персонал, предназначенные для осуществления операций, связанных с прибытием и отправлением, погрузкой, выгрузкой, сортировкой и временным хранением контейнеров, а также с их завозом и вывозом, техническим обслуживанием, выполнением коммерческих операций

13. **Контейнерооборот морского порта** – количество контейнеров в TEU, прошедших через порт за определенный промежуток времени (год, месяц, сутки).

14. **Коэффициент неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств** – это основной параметр «сухого» порта, характеризующий колебания величины интенсивности входящих и проходящих через систему «морской – «сухой» порт» грузопотоков.

15. **Критерий оптимизации** – значение количественного показателя или правило (соотношение), характеризующие экстремум (максимум или минимум) целевой функции системы.

16. **Международный транспортный коридор** – часть национальной или международной транспортной системы, которая обеспечивает значительные международные грузовые и пассажирские перевозки между отдельными географическими районами, включает в себя подвижной состав и стационарные устройства всех видов транспорта, работающего на данном направлении, а также совокупность технологических, организационных и правовых условий осуществления этих перевозок.

17. **Морской рейд** – часть акватории порта или пристани вне судового хода, отведённая для стоянки судов, формирования и расформирования составов, бортовой перевалки грузов, погрузки, снабжения и бункеровки судов.

18. **Оперативный уровень управления «сухим» портом** – обеспечивает решение многократно повторяющихся задач и операций и быстрое реагирование на изменения значений параметров интенсивности и коэффициента неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств.

19. **Оптимизационный эксперимент** – поиск значений параметров, при которых достигается оптимальное значение целевой функции.

20. **Основной параметр «сухого» порта** – параметр, характеризующийся основной частью капитальных затрат при строительстве «сухого» порта и эксплуатационных затрат при функционировании системы «морской порт – «сухой» порт».

21. **Оценка экологического воздействия** – это основной параметр «сухого» порта, характеризующий, объёмы выбросов CO₂, шумозагрязнения, твёрдых бытовых отходов при функционировании системы «морской порт – «сухой» порт».

22. **Перерабатывающая способность «сухого» порта** – это основной параметр «сухого» порта, характеризующий величину равной максимальному числу элементов грузопотока, которое может быть переработано в «сухом» порту за определенный период времени.

23. **Период адаптации системы основных параметров «сухого» порта** – это временной промежуток времени, за который система основных параметров «сухого» порта достигает устойчивости за счёт достижения функции саморегулирования, обусловленной взаимосвязями между основными параметрами припортового терминала.

24. **Пропускная способность морского порта** – наибольшее количество грузов определенной категории, которое порт может погрузить на суда и выгрузить в течение года при определенной продолжительности навигации, заданных нормах производительности труда и прогрессивной технологии перегрузочных работ.

25. **Пропускная способность транспортных коммуникаций** – это основной параметр «сухого» порта, характеризующий наибольшее число пар поездов установленной массы, которое может быть пропущено в единицу времени (сутки, час) в зависимости от имеющихся постоянных технических средств, типа и мощности подвижного состава и принятых методов организации движения поездов по железнодорожному перегону, связывающему морской и «сухой» порты.

26. **Протяжённость трассы маршрута между морским и «сухим» портами** – это основной параметр «сухого» порта, характеризующий длину транспортного сообщения между морским и «сухим» портами.

27. **Система «морской порт – «сухой» порт** – это совокупность элементов морского и «сухого» портов, причалов, контейнерных площадок, складов временного хранения грузов, погрузочно-разгрузочных механизмов и грузовых фронтов, транспортных коммуникаций закономерно связанных между собой и единым технологическим процессом, направленных на увеличение пропускной и перерабатывающей способностей морского порта.

28. **Система основных параметров «сухого» порта** – совокупность параметров, закономерно связанных друг с другом в единое целое и максимально влияющих на технико-экономические показатели «сухого» порта, при котором изменение одного из значений параметров влияет на значения других параметров, входящих в систему.

29. **Системно-динамический подход к построению имитационных моделей** – это способ обобщённого представления динамических процессов в сложных системах, основанный на выделении основных потоков и исследовании их взаимовлияния и взаимозависимости.

30. **Ситуационный план** – схематический план размещения проектируемого объекта относительно ближайших населённых мест, основных дорог, водоёмов, линий электропередачи, других сооружений и особенностей местности.

31. **Стратегический уровень управления «сухим» портом** – обеспечивает выработку управленческих решений, направленных на достижение долгосрочных стратегических целей развития припортового терминала.

32. **«Сухой» порт** – совокупность складов временного хранения (СВХ), вспомогательных зданий, сооружений, автомобильных и железнодорожных путей, площадок, расположенных за пределами территории морского порта, связанных между собой и портом единым технологическим процессом и электронной информационной системой для совершения грузовых операций с товарами и их временным хранением под таможенным контролем.

33. **Транспортные коммуникации** – объекты транспортной инфраструктуры, по которым проходят транспортные потоки.

34. **Устойчивость системы основных параметров «сухого» порта** – способность системы основных параметров «сухого» порта сохранять текущее состояние при влиянии внешних факторов на значения интенсивности и неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств.

35. **Эксплуатационные затраты на функционирование системы «морской порт - «сухой» порт»** – это основной параметр «сухого» порта, характеризующий величину затрат на материально-технические ресурсы и заработную плату сотрудников, амортизационные отчисления ремонт и содержание основных средств, простой морских судов и подвижного состава, простой контейнеров в системе, экологические штрафы.

36. **SWOT-анализ** – метод стратегического планирования, заключающийся в выявлении факторов внутренней и внешней среды организации и разделении их на четыре категории: Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы).

37. **TEU** – условная единица измерения количественной стороны транспортных потоков, пропускной способности контейнерных терминалов или вместимости грузовых транспортных средств. Эквивалентна размерам ISO-контейнера длиной 20 футов (6,1 м).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акулиничев, В.М. Железнодорожные станции и узлы промышленного транспорта: учебник для студентов вузов ж.-д. транспорта [Текст] / В.М. Акулиничев. – Москва: Транспорт, 1986. – 351 с.
2. Алиев, Т.М. - "Экономический пояс Евразийской интеграции". Доклад о путях реализации проекта сопряжения интеграции Евразийского экономического союза и Экономического пояса «Шёлкового пути» [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://eurasian-movement.ru/wp-content/uploads/2015/11/eurasian_integration_economic_belt_rus.pdf (дата обращения: 10.09.2019).
3. Апатцев, В.И., Левин, С.Б., Николашин, В.М., Сеницына, А.С., Шайкин, В.И. Логистические транспортно-грузовые системы: учеб. для студентов трансп. вузов. – М. : Академия, 2003. – 304 с.
4. Ахмедов, Р.Р. Современный аспект проблемы взаимодействия железнодорожного и морского транспорта в припортовых транспортных узлах (на примере Санкт – Петербургского морского торгового порта) [Текст] / Р.Р. Ахмедов // Современные научные исследования и инновации. – 2013. № 28. <http://web.snauka.ru/issues/2013/08/26196>.
5. Бабина, О.И. Системно-динамическое моделирование промышленного предприятия по производству бетона. [Текст] / О.И. Бабина, Ю.И. Толуев // Бизнес-информатика. – 2011. – Т. 16. № 2. С. 20–30.
6. Балалаев, А.С. Логистика взаимодействия железнодорожного и морского транспорта при внешнеторговых перевозках [Текст] / А.С. Балалаев, П.В. Куренков // Логистика сегодня. – 2010. № 4. С. 204–215.
7. Бородин, А.Ф. Проблемы комплексного развития железнодорожной инфраструктуры в припортовых транспортных узлах [Текст] / А.Ф. Бородин // Транспорт Российской Федерации. – Т. 71. № 4. С. 45–50.
8. Вербило, О.М. Пути повышения пропускных способностей портовых контейнерных терминалов [Текст] / О.М. Вербило // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2015. – Т. 7. № 1. С. 137–144.
9. Галин, А.В. Сухие порты как часть транспортной инфраструктуры. Направления развития [Текст] / А.В. Галин // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2014. № 2. С. 87–92.
10. Герами, В.Д., Колик, А.В. Управление транспортными системами. Транспортное обеспечение логистики: учебник и практикум для академического бакалавриата [Текст] / В. Д. Герами, А. В. Колик. – М: Юрайт, 2015. – 512 с.

11. Гомбосэд, Г.С. Оптимизация расположения контейнеров на приграничных терминалах [Текст] / Г.С. Гомбосэд, Маликов О.Б. // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2013. – Т. 35. № 2. С. 54–59.
12. Графова, Г.Ф. Чистый доход и чистый дисконтированный доход - показатели оценки эффективности инвестиционного проекта [Текст] / Г.Ф. Графова. – 2006. – Т. 4. № 91. С. 113–115.
13. Гудков, В.А. Логистические модели систем обработки грузовых контейнеров [Текст] / В.А. Гудков, М.С. Турпищева, Е.Р. Нурғалиев // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2012. – Т. 54. № 2.
14. Гусев, С.А. Проблемы определения местоположения склада [Текст] / С.А. Гусев // Логистика. – 2011. № 2. С. 53–55.
15. Гусейнов, Р.Р. Техничко-экономическое обоснование сфер эффективного применения железнодорожных станций, обслуживающих контейнерный терминал [Текст] / Р.Р. Гусейнов // Наука и техника транспорта. – 2014. – Т. 4. С. 108–109.
16. Духанов, А.В. Имитационное моделирование сложных систем: курс лекций [Текст] / А.В. Духанов, О.Н. Медведева. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2010. – 115 с.
17. Дыбская, В.В., Сергеев, В.И. Организационно-управленческое моделирование логистических центров [Текст] / Дыбская, В.В., Сергеев, В.И. // Логистика и управление цепями поставок. – 2011. – Т. 47. С. 13–21.
18. Единые комплексные нормы выработки и времени на погрузочно-разгрузочные работы, выполняемые в морских портах. – Москва: НИИ труда Государственного комитета СССР по труду и социальным вопросам, 1989. – 218 с.
19. Елисеев, С.Ю. Разработка принципов технологического взаимодействия смежных видов транспорта в транспортных узлах на основе создания координационно-логистических центров [Текст] / С.Ю. Елисеев // Логистика и управление цепями поставок. – Т. 33. № 4. С. 20–32.
20. Железнодорожная инфраструктура в России, проблемы и их решения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://treg.ru/zheleznodorozhnaya-infrastruktura-v-rossii> (дата обращения: 21.12.2019).
21. Законность строительства «сухого порта» Василия Анисимова оспорили в суде [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.rbc.ru/business/23/04/2018/5adda28c9a79475c31ccc3e1>.
22. Инвестиционная активность в портовой отрасли России [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.morvesti.ru/analytics/detail.php?ID=61791> (дата обращения: 21.12.2019).

23. Кайгородцев, А.А. Развитие "сухих" портов в современной транспортно-логистической системе [Текст] / А.А. Кайгородцев, И.А. Русинов // *Transport Business in Russia*. – 2017. – Т. 5. С. 105–106.
24. Калпин, А.Г. Безопасные порты и причалы погрузки или выгрузки в договоре фрахтования морских судов [Текст] / А.Г. Калпин // *Право. Журнал Высшей школы экономики*. – 2010. № 2. С. 47–56.
25. Камышова, Ю.И. О рациональном распределении железнодорожных грузопотоков между портами Азово-Черноморского бассейна в обозримой перспективе [Текст] / Ю.И. Камышова, В.Н. Зубков // *Инженерный вестник Дона*. – 2015. – Т. 2. № 2. С. 1–14.
26. Кириллова, А.Г. Мультимодальные контейнерные и контрейлерные перевозки: монография. – Москва: ВИНТИ, 2011. – 259 с.
27. Клименко, В.В. Моделирование логистической инфраструктуры транспортного узла [Текст] / В.В. Клименко, А.Н. Морозов, О.Д. Проценко // *Логистика и управление цепями поставок*. – 2014. № 1. С. 21–29.
28. Козлов, П.А., Тушин, Н.А., Слободянюк, И.Г. Макромоделирование железнодорожных станций и узлов [Текст] / Козлов, П.А., Тушин, Н.А., Слободянюк, И.Г. // *Наука и техника транспорта*. – 2015. № 2. С. 82–88.
29. Кокурин, И.М. Оценка методом имитационного моделирования возможности освоения прогнозируемых объемов перевозок грузов по железнодорожной линии, обслуживающей морской порт [Текст] / И.М. Кокурин, В.С. Тимченко // *Вестник транспорта Поволжья*. – 2014. – Т. 6. С. 39–44.
30. Колик, А.В. Принципы специализации и интеграции в развитии интермодальных терминалов [Текст] / А.В. Колик, В.Д. Герами // *Российский Экономический Интернет-Журнал*. – 2016. – Т. 4. С. 1–13.
31. Копылова Олеся Александровна. Методика оценки вариантов размещения региональных логистических центров [Текст]: дисс. ... канд. тех. наук: 05.22.01. – Магнитогорск, 2014. – 189 с.
32. Копылова, О.А. Применение метода системной динамики для исследования факторов размещения элементов транспортно-логистической инфраструктуры [Текст] / О.А. Копылова // *Современные проблемы транспортного комплекса России*. – 2012. № 2. С. 92–97.
33. Корнилов С.Н. Основы логистики [Текст] / С.Н. Корнилов, А.Н. Рахмангулов, Б.Ф. Шаульский. – Учеб. пособие. Москва: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2016. – 302 с.

34. Коровяковский, Е.К. Проблемы развития системы логистических центров на железнодорожном транспорте [Текст] / Е.К. Коровяковский // Логистические системы в глобальной экономике. – 2013. – Т. 1. № 3. С. 121–125.
35. Король Роман Григорьевич. Взаимодействие различных видов транспорта в транспортном узле при наличии терминала «сухой порт» (на примере Владивостокского транспортного узла) [Текст]: дисс. ... канд. тех. наук: 05.22.01. – Хабаровск, 2015. – 179 с.
36. Король, Р.Г. Технология функционирования Владивостокского транспортного узла при наличии мультимодального терминала "сухой порт" [Текст] / Р.Г. Король, А.С. Балалаев // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2014. – Т. 27. № 5. С. 92–101.
37. Кочнева Дарья Ивановна. Повышение эффективности функционирования региональной контейнерной транспортно-логистической системы [Текст]: дисс. ... канд. тех. наук: 05.22.01. – Екатеринбург, 2012. – 150 с.
38. Коэффициент дисконтирования [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://utmagazine.ru/posts/11442-koefficient-diskontirovaniya> (дата обращения: 21.11.2019).
39. Кузнецов, А.Л. Буферная роль морского терминала и оценка размера его склада [Текст] / А.Л. Кузнецов // Морские порты. – 2012. – Т. 10. № 111. С. 52–56.
40. Кузнецов, А.Л. Имитационное моделирование работы порта с учетом дифференцированных метеоусловий [Текст] / А.Л. Кузнецов, В.А. Погодин, Я.Б. Спасский. – 2011. – Т. 63. № 1. С. 3–8.
41. Кузнецов, А.Л. Обоснование концепции "сухого" порта [Текст] / А.Л. Кузнецов, В.Н. Щербакова-Слюсаренко // Транспортное дело России. – 2013. С. 77–80.
42. Кузьмин Дмитрий Владимирович. Организация региональной сети контрейлерных терминалов [Текст]: дисс. ... канд. тех. наук: 05.22.01. – Москва, 2015. – 152 с.
43. Левицкий, И.Е. Совершенствование переработки местных вагонопотоков в железнодорожных узлах [Текст] / И.Е. Левицкий // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. – 2008. С. 104–107.
44. Логистические процессы и морские магистрали II [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.traceca-org.org/fileadmin/fm-dam/TAREP/65ta/Master_Plan/MPRU.pdf (дата обращения: 10.02.2019).
45. Лукинский, В.С., Стримовская, А.В. Выбор вариантов цепей поставок в мультимодальном сообщении [Текст] / Лукинский, В.С., Стримовская, А.В. // Мир транспорта. – 2016. – Т. 62. № 1. С. 80–89.

46. Лычкина, Н.Н. Стратегическое развитие и динамические модели цепей поставок: поиск эффективных модельных конструкций [Текст] / Н.Н. Лычкина // Инновационные технологии в логистике и управлении цепями поставок. – 2015. С. 133–144.
47. Ляпунов, А.М. Общая задача об устойчивости движения [Текст] / А.М. Ляпунов. – Москва: Книга по Требованию, 2014. – 388 с.
48. Маликов, О.Б. Определение запасов и емкости складов в цепях поставок [Текст] / О.Б. Маликов // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2017. – Т. 14. № 1. С. 149–156.
49. Маликов, О.Б. Определение себестоимости контейнеро-операции на приграничном терминале [Текст] / О.Б. Маликов, Г.С. Гомбосэд // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2013. – Т. 3. № 1. С. 91–96.
50. Маликов, О.Б. Проектирование контейнерных терминалов [Текст] / О.Б. Маликов, Е.К. Коровяковский, Ю.В. Коровяковская. – Санкт-Петербург: ПГУПС, 2015. – 54 с.
51. Малыхин, М.О. Моделирование процесса обращения контейнерных поездов в структуре сухого порта с применением технологии «блок-трейн» [Текст] / М.О. Малыхин, А.В. Кириченко // Транспорт Российской Федерации. – 2015. – Т. 56. № 1. С. 34–36.
52. Миротин, Л.Б. Системный анализ в логистике [Текст] / Л.Б. Миротин, Ы.Э. Ташбаев. – Москва: Экзамен, 2004. – 479 с.
53. Мишкурлов Павел Николаевич. Динамическая оптимизация параметров вагонопотоков в промышленных транспортных системах [Текст]: дисс. ... канд. тех. наук: 05.22.01. – Магнитогорск, 2016. – 168 с.
54. Морозов, В.Н. Развитие контейнерных перевозок и логистических терминалов в международных транзитных сообщениях [Текст] / В.Н. Морозов // Железнодорожный транспорт. – 2009. № 12. С. 7–11.
55. Муравьев, Д.С. Выбор метода расчета основных параметров «сухих» портов [Текст] / Д.С. Муравьев, А.Н. Рахмангулов // Сборник научных трудов SWorld. – 2012. – Т. 1. № 4. С. 51–55.
56. Муравьев, Д.С. Использование имитационного моделирования для оценки перерабатывающей способности морских портов и обоснования необходимости сооружения «сухого» порта [Текст] / Д.С. Муравьев, А.Н. Рахмангулов, П.Н. Мишкурлов // Современные проблемы транспортного комплекса. – 2013. – Т. 4. С. 66–72.
57. Муравьев, Д.С. Особенности построения имитационной модели технологии работы морского порта в системе AnyLogic [Текст] / Д.С. Муравьев, А.Н. Рахмангулов // Проблемы и перспективы развития Евроазиатских транспортных систем: матер. пятой Междунар. науч.-практ. конфер. – 2013. № 5. С. 207–209.

58. Муравьев, Д.С. Особенности транспортного обслуживания металлургических предприятий комбинированным автомобильным и морским транспортом (на примере ММК Metallurji, г. Искендерун, Турция) [Текст] / Д.С. Муравьев, А.Н. Рахмангулов // Сборник научных трудов SWorld. – 2012. – Т. 4. № 2. С. 16–20.
59. Муравьев, Д.С. Проблемы развития морских портов России [Текст] / Д.С. Муравьев // Молодежь. Наука. Будущее: сб. науч. тр. студентов. – 2012. – Т. 10. № 1.
60. Муравьев, Д.С. Сценарный подход развития морской портовой инфраструктуры с использованием имитационного моделирования [Текст] / Д.С. Муравьев // Проблемы инфраструктуры транспортного комплекса: материалы Международной научно-технической конференции. – 2015. С. 108–112.
61. Никифорова, Г.И. Символическая модель взаимодействия железнодорожного и морского транспорта при передаче контейнеропотока [Текст] / Г.И. Никифорова. – 2005. № 1. С. 24–29.
62. Николаева, А.И. Логистические методы и технологии организации функционирования сухих портов [Текст] / А.И. Николаева, В.В. Багинова // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2011. № 1. С. 49–58.
63. Нормы амортизации основных средств. Консультант Плюс [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.consultant.ru/law/podborki/normy_amortizacii_osnovnyh_sredstv/ (дата обращения: 12.12.2019).
64. О состоянии внешней торговли в январе-июле 2017 года, Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.gks.ru/bgd/free/b04_03/IssWWW.exe/Stg/d02/191.htm (дата обращения: 12.03.2019).
65. Объекты СЭЗ "Хоргос - Восточные ворота" готовы к дальнейшей эксплуатации [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://tengrinews.kz/kazakhstan_news/obyektyi-sez-horgos-vostochnyie-vorota-gotovy-dalneyshey-304587/ (дата обращения: 22.12.2019).
66. Основы транспортного бизнеса. / Сост. О.В. Муленко. – Ростов н/Д: Библиограф, 2017. – 125 с.
67. Павленко, С.С. Моделирование технологического взаимодействия морских и тыловых контейнерных терминалов [Текст] / С.С. Павленко // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2015. – Т. 6. № 34. С. 59–71.
68. Пазойский, Ю.О., Кобзев, В.А., Старшов, И.П., Рудановский, В.М. К вопросу о движении вагона по уклону железнодорожного пути [Текст] / Пазойский, Ю.О., Кобзев, В.А., Старшов, И.П., Рудановский, В.М. // Бюллетень транспортной информации. – 2018. – Т. 272. № 2. С. 35–37.

69. Панова Юлия Николаевна. Обоснование этапности развития тыловых контейнерных терминалов [Текст]: дисс. ... канд. тех. наук: 05.22.08. – Санкт-Петербург, 2012. – 148 с.
70. Панова, Ю.Н. Факторы строительства тыловых контейнерных терминалов [Текст] / Ю.Н. Панова, Е.К. Коровяковский // ВЕСТНИК ТОГУ. – 2012. – Т. 24. № 1. С. 103–112.
71. Панова, Ю.Н. Экологические аспекты внедрения тыловых терминалов [Текст] / Ю.Н. Панова, Е.К. Коровяковский, Т.С. Титова. – 2011. № 3. С. 15–23.
72. Панова, Ю.Н. Этапность развития контейнерных терминалов при растущих объемах работы [Текст] / Ю.Н. Панова, Е.К. Коровяковский, Г.М. Грошев // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2011. – Т. 4. С. 7–15.
73. Персианов, В.А., Сакульева, Т.Н. Сущность системного подхода и его применение на транспорте [Текст] / Персианов, В.А., Сакульева, Т.Н. – 2014. № 12. С. 64–66.
74. Поспелов, А.М. Организация работы контейнерного пункта [Текст] / А.М. Поспелов. – Екатеринбург: УрГУПС, 2007. – 50 с.
75. Почему торговые сети упорно теряют миллиарды? / Отраслевой портал logistics.ru. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.logistics.ru/retail/news/pochemu-torgovye-seti-uporno-teryaayut-milliardy> (дата обращения: 19.01.2020).
76. Правила оформления чертежей и текстовых документов объектов строительства морского транспорта. Раздел I. Общие положения. – Москва: В/О "Мортехинформреклама", 1989. – 68 с.
77. Практическая логистика. Морские перевозки. «Эффективная» стоимость [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.hvac-school.ru/vestnik_ano/vestnik_ano_ukc_universitet_28/prakticheskaja_logistika_morskie_1/ (дата обращения: 10.02.2020).
78. Прирост мощности морских портов РФ в 2017 году составит 22 млн тонн – Максим Соколов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://portnews.ru/news/250868/> (дата обращения: 21.10.2019).
79. Проект "сухой" порт г. Артем [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://overlandport.ru/> (дата обращения: 12.11.2019).
80. Прокофьева, Т.А. Логистическая инфраструктура международных транспортных коридоров: кластерный подход к управлению [Текст] / Т.А. Прокофьева // Мир транспорта. – 2015. – Т. 9. № 1. С. 50–57.
81. Рахмангулов, А.Н. Оценка направлений развития систем «морской порт – „сухой” порт» методом имитационного моделирования [Текст] / А.Н. Рахмангулов, Д.С. Муравьев // Вестник уральского государственного университета путей сообщения. – 2016. – Т. 31. № 3. С. 54–72.

82. Рахмангулов, А.Н. Развитие морской портовой инфраструктуры региона на основе «сухих портов» [Текст] / А.Н. Рахмангулов, Д.С. Муравьев // Экономика региона. – 2016. – Т. 12. № 3. С. 924–936.
83. Резер, С.М. - "Развитие контейнеризации и логистики грузовых перевозок в интермодальных сообщениях" [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://log-biz.com/data/documents/Rezer.pdf>.
84. Резер, С.М. Контейнеризация грузовых перевозок [Текст] / С.М. Резер. – Москва: ВИНТИ, 2012. – 678 с.
85. Рудская, Е.Н. Логистические модели международных портов: опыт формирования и развития [Текст] / Е.Н. Рудская, М.С. Орехова // Вектор экономики. – Т. 12. № 6. С. 1–18.
86. Русинов, И.А. Оптимизация работы контейнерных терминалов [Текст] / И.А. Русинов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. – 2010. – Т. 198. № 22. С. 31–36.
87. Рыбин, П.К., Ершиков, Н.В., Комовкина, Н.С., Путилина, Д.В. Анализ структуры поездопотоков и вагонопотоков, поступающих в адрес российских портов финского залива [Текст] / Рыбин, П.К., Ершиков, Н.В., Комовкина, Н.С., Путилина, Д.В. – 2018. № 3. С. 478–486.
88. Семенов Константин Михайлович. Планирование обработки грузов в морских портах и терминалах на основе дискретно-событийного имитационного моделирования [Текст]: дисс. ... канд. тех. наук: 05.22.19. – Калининград, 2014. – 173 с.
89. Скутин Александр Иванович. Выбор направления трассы железной дороги в сложных условиях равнинной местности [Текст]: дисс. ... канд. тех. наук: 05.22.03. – Москва, 1984. – 185 с.
90. Смехов, А.А. Основы транспортной логистики: учеб. для вузов ж.-д. трансп. – Москва: Транспорт, 1995. – 196 с.
91. Стратегия развития морской портовой инфраструктуры до 2030 года [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.rosmorport.ru/media/File/StatePrivate_Partnership/strategy_2030.pdf (дата обращения: 12.12.2019).
92. Терминалы контейнерные. СП 316.1325800.2017. – Москва, 2017. – 108 с.
93. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.morflot.ru/files/files/Транспортная%20стратегия%20до%202030%20года.pdf> (дата обращения: 12.12.2019).
94. Увеличение загрузки мощностей перегрузочных комплексов в российских портах [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.tks.ru/logistics/2016/05/06/0009> (дата обращения: 04.01.2020).

95. Угрюмов, А.И. Неравномерность движения поездов [Текст] / А. И. Угрюмов. – Москва: Транспорт, 1968. – 112 с.
96. Устинов, В.В. Взаимодействие морских портов со смежными видами транспорта [Текст] / В.В. Устинов // Транспортное дело России. – 2010. С. 122–124.
97. Фридрихсон, О.В. Формирование системы переработки контейнерного потока [Текст] / О.В. Фридрихсон, С.Н. Корнилов // Современные проблемы транспортного комплекса. – 2012. № 2. С. 131–137.
98. Числов, О.Н., Безусов, Д.С. Транспортно-технологические модели припортовых железнодорожных станций [Текст] / Числов, О.Н., Безусов, Д.С. // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщений. – 101-110. – Т. 68. № 4. С. 101–110.
99. Шабельников, В.А. Анализ и разработка методов прогнозирования тенденций изменений грузопотока в транспортной системе [Текст] / В.А. Шабельников, А.А. Сычев // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. – 2007. № 6. С. 56–57.
100. Шмулевич, М.И., Стариков, М.И. Особенности нормирования маневровой работы в имитационной модели транспорта [Текст] / Шмулевич, М.И., Стариков, М.И. // Мир транспорта. – 2015. – Т. 13. № 5. С. 198–2012.
101. Шполянская, А.А. Основные проблемы морских грузовых портов России и пути их решения [Текст] / А.А. Шполянская // SCI-ARTICLE.RU. – 2014. – Т. 7. 1-2.
102. Шуравина, Е.Н. Проблемы современной транспортной системы России [Текст] / Е.Н. Шуравина // Вестник СамГУ. – 2011. – Т. 90. С. 58–62.
103. Щербакова-Слюсаренко Виктория Николаевна. Планирование использования и распределения операционных ресурсов тылового контейнерного терминала на основе моделирования логистических и технологических процессов [Текст]: дисс. ... канд. тех. наук: 05.22.19. – Санкт-Петербург, 2015. – 179 с.
104. Щербина, Е.В. Устойчивое развитие поселений и урбанизированных территорий [Текст] / Е.В. Щербина, Д.Н. Власов, Н.В. Данилина. – Москва: НИУ МГСУ, 2016. – 128 с.
105. Ярыгин, О.Н. Системная динамика как основа современной управленческой компетентности [Текст] / О.Н. Ярыгин, А.А. Коростелев // Актуальные проблемы экономики и права. – 2012. № 2. С. 196–205.
106. ОАО "РЖД". Инструкция по расчёту наличной пропускной способности железных дорог [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://static.scbist.com/scb/uploaded/1_1388200132.pdf (дата обращения: 21.12.2019).
107. "В Южном бассейне не хватает контейнерных терминалов" – С. Резер [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.rzd-partner.ru/wate-transport/news/na-chernom-more-ne-khvataet-konteinernykh-terminalov---s--rezer/> (дата обращения: 03.04.2019).

108. Abourraja, M.N. A Multi-Agent Based Simulation Model for Rail–Rail Transshipment [Текст] / M.N. Abourraja, M. Oudani, M.Y. Samiri, D. Boudebous, A. El Fazziki, M. Najib, A. Bouain, N. Rouky // *IEEE Access*. – 2017. – Т. 5. С. 13142–13156.
109. Andersson, D. Developing Dry Ports Through the Use of Value-Added Services [Текст] / D. Andersson, V. Roso // *Lecture Notes in Logistics*. – 2015. – Т. 1. С. 191–203.
110. Audigier, M. Risk Analysis of Port Facilities [Текст] / M. Audigier, S. Kiremidjian, S. Chiu, S. King // *World Conference on Earthquake Engineering*. – 2000. С. 1–8.
111. Bask, A. Development of seaport–dry port dyads [Текст] / A. Bask, V. Roso, D. Andersson, E. Hämmäläinen // *Journal of Transport Geography*. – 2014. – Т. 39. С. 85–95.
112. Becker, A. Climate change impacts on international seaports [Текст] / A. Becker, S. Inoue, M. Fischer, B. Schwegler // *Climatic Change*. – 2012. – Т. 110. 1-2. С. 5–29.
113. Beresford, A. A study of dry port development in China [Текст] / A. Beresford, S. Pettit, Q. Xu, S. Williams // *Maritime Economics & Logistics*. – 2012. – Т. 14. № 1. С. 73–98.
114. Bergqvist, R. Developing Large-Scale Dry Ports—The Case of Arriyadh [Текст] / R. Bergqvist // *Journal of Transportation Technologies*. – 2013. – Т. 03. № 03. С. 194–203.
115. Bergqvist, R. Establishing intermodal terminals [Текст] / R. Bergqvist, G. Falkemark, J. Woxenius // *World Review of Intermodal Transportation Research*. – 2010. – Т. 3. № 3. С. 285.
116. Bergqvist, R. Evaluating road–rail intermodal transport services – a heuristic approach [Текст] / R. Bergqvist // *International Journal of Logistics Research and Applications*. – 2008. – Т. 11. № 3. С. 179–199.
117. Black, J. Issues in Dry Port Location and Implementation in Metropolitan Areas: The Case of Sydney, Australia [Текст] / J. Black, V. Roso, E. Marušić, N. Brnjac // *Transactions on Maritime Science*. – 2018. – Т. 7. № 1. С. 41–50.
118. Brooks, M.R. Port investment and container shipping markets: Roundtable summary and conclusions [Текст] / M.R. Brooks, T. Pallis, S. Perkins // *International Transport Forum Discussion Paper*. – 2014. № 3. С. 1–34.
119. Crainic, T.G. Modeling dry-port-based freight distribution planning [Текст] / T.G. Crainic, P. Dell’Olmo, N. Ricciardi, A. Sgalambro // *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. – 2015. – Т. 55. С. 518–534.
120. Crainic, T.G. Optimizing Dry-Port-Based Freight Distribution Planning [Текст] / T.G. Crainic, P. Dell’Olmo, N. Ricciardi, A. Sgalambro // *CIRRELT*. – 2014. С. 1–26.
121. Cullinane, K. The Contribution of the Dry Port Concept to the Extension of Port Life Cycles. // *Handbook of Terminal Planning* / Jürgen W. Böse. – New York, NY: Springer New York, 2011. С. 359–379.

122. Cullinane, K. The dry port concept – Theory and practice [Текст] / K. Cullinane, R. Bergqvist, G. Wilmsmeier // *Maritime Economics & Logistics*. – 2012. – Т. 14. № 1. С. 1–13.
123. Davis, J. Environmental considerations for port and harbor developments [Текст] / S. MacKnight J. Davis. – Washington: International Maritime Organization, 1990. – 126 с.
124. DeMarco, A. System Dynamics Simulation: an Application to Regional Logistics Policy Making [Текст] / A. DeMarco, C. Rafele. – 2007. – Т. 1. № 4. С. 255–262.
125. Djanatliev, A. Hybrid simulation with loosely coupled system dynamics and agent-based models for Prospective Health Technology Assessments. // 2012 Winter Simulation Conference - (WSC 2012). / Под ред. IEEE Staff. – Berlin, Germany: IEEE, 12/9/2012 - 12/12/2012. С. 1–12.
126. Do, N.-H. A consideration for developing a dry port system in Indochina area [Текст] / N.-H. Do, K.-C. Nam, Q.-L.N. Le // *Maritime Policy & Management*. – 2011. – Т. 38. № 1. С. 1–9.
127. Drewry-Maritime research and consulting services. Ports and Terminals. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.drewry.co.uk/maritime-advisors-sector/sector/ports-and-terminals> (дата обращения: 21.01.2019).
128. European Conference of Ministers of Transport, Organisation for Economic Co-operation and Development. Transport links between Europe & Asia [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/06europe-asia.pdf> (дата обращения: 19.02.2019).
129. Everett, S. Port reform in Australia [Текст] / S. Everett, R. Robinson // *Maritime Policy & Management*. – 1998. – Т. 25. № 1. С. 41–62.
130. Feng, X. A Location-Allocation Model for Seaport-Dry Port System Optimization [Текст] / X. Feng, Y. Zhang, Y. Li, W. Wang // *Discrete Dynamics in Nature and Society*. – 2013. – Т. 2013. № 4. С. 1–9.
131. Flood of empty container returns delays LA-LB recovery [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.joc.com/port-news/port-productivity/flood-empty-container-returns-delays-la-lb-recovery_20190318.html (дата обращения: 04.03.2019).
132. Forrester, J.W. System dynamics—the next fifty years [Текст] / J.W. Forrester // *System Dynamics Review*. – 2007. – Т. 23. 2-3. С. 359–370.
133. Frazzon, E.M. Smart port-hinterland integration: conceptual proposal and simulation-based analysis in Brazilian ports [Текст] / E.M. Frazzon, J.M. Constante, Y. Triska, J.V.D.S. Albuquerque, J.M. Moya, L.D.S. Silva, A.M. Valente // *International Journal of Integrated Supply Management*. – 2019. – Т. 12. № 4. С. 334.
134. Fu, M. Port and Economy Relationship Analysis by System Dynamics [Текст] / M. Fu // *Third International Conference on Transportation Engineering*. – 2008. С. 9–20.
135. Gambardella, L.M. Agent-based Planning and Simulation of Combined Rail/Road Transport [Текст] / L.M. Gambardella, A.E. Rizzoli, P. Funk // *SIMULATION*. – 2016. – Т. 78. № 5. С. 293–303.

136. General demurrage tariffs in Turkey [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://turkon.com/images/download/demurajtarifeleri.pdf> (дата обращения: 06.11.2018).
137. Germany's Seaports. Connecting Europe with the World [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.zds-seehaefen.de/wp-content/uploads/2015/08/20110405_Germanys_Seaports_ENG_GTAI.pdf (дата обращения: 02.04.2019).
138. Global and regional challenges on. Capacity Building Workshop on Strengthening Integrated Intermodal Transport Connectivity for Southeast and SouthSouthwest Asia [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.unescap.org/sites/default/files/ESCAP_Global%26Regional%20issues%20Port%20Development.pdf (дата обращения: 22.03.2019).
139. Global container growth forecast to rebound [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.joc.com/maritime-news/global-container-growth-forecast-rebound_20190425.html (дата обращения: 22.11.2019).
140. Haigermoser, A. Road and track irregularities [Текст] / A. Haigermoser, B. Luber, J. Rauh, G. Gräfe // *Vehicle System Dynamics*. – 2015. – Т. 53. № 7. С. 878–957.
141. Hanaoka, S. Promoting intermodal freight transport through the development of dry ports in Asia [Текст] / S. Hanaoka, M.B. Regmi // *IATSS Research*. – 2011. – Т. 35. № 1. С. 16–23.
142. Harding, A.S. The impact of irregular ship arrivals on liner terminals [Текст] / A.S. Harding, S.C. Ryder // *Maritime Policy & Management*. – 1978. – Т. 5. № 4. С. 333–335.
143. Henttu, V. Financial and environmental impacts of hypothetical Finnish dry port structure [Текст] / V. Henttu, O.-P. Hilmola // *Research in Transportation Economics*. – 2011. – Т. 33. № 1. С. 35–41.
144. Hervás-Peralta, M. Improving the Performance of Dry and Maritime Ports by Increasing Knowledge about the Most Relevant Functionalities of the Terminal Operating System (TOS) [Текст] / M. Hervás-Peralta, S. Poveda-Reyes, G. Molero, F. Santarremigia, J.-P. Pastor-Ferrando // *Sustainability*. – 2019. – Т. 11. № 6. С. 1648.
145. International Energy Association. Energy Technology Perspectives [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/etp2010.pdf> (дата обращения: 21.02.2019).
146. International Railway Gazette. Indian Railways tries double-stack service [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.railwaygazette.com/news/single-view/view/indian-railways-tries-double-stack-service.html> (дата обращения: 09.04.2019).

147. International trade in goods [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/International_trade_in_goods (дата обращения: 03.01.2020).
148. Jeevan, J. Determining the influential factors of dry port operations [Текст] / J. Jeevan, S.-I. Chen, S. Cahoon // *Maritime Economics & Logistics*. – 2017. – Т. 7. С. 1.
149. Jeevan, J. Exploring seaport - dry ports dyadic integration to meet the increase in container vessels size [Текст] / J. Jeevan, V. Roso // *Journal of Shipping and Trade*. – 2019. – Т. 4. № 1. С. 191.
150. Jeevan, J. Preparation of dry ports for a competitive environment in the container seaport system [Текст] / J. Jeevan, N. Salleh, K.B. Loke, A.H. Saharuddin // *International Journal of e-Navigation and Maritime Economy*. – 2017. – Т. 7. С. 19–33.
151. Jeevan, J. The Challenges of Malaysian Dry Ports Development [Текст] / J. Jeevan, S.-I. Chen, E.-s. Lee // *The Asian Journal of Shipping and Logistics*. – 2015. – Т. 31. № 1. С. 109–134.
152. Johan Woxenius. Development of small-scale intermodal freight transportation in a systems context [Текст]: Thesis for doctor of philosophy, Chalmers University of Technology. – Göteborg, 1998. – 253 с.
153. Jurjević, M. The Operational Planning Model of Transshipment Processes in the Port [Текст] / M. Jurjević, S. Hess // *PROMET - Traffic&Transportation*. – 2016. – Т. 28. № 2.
154. Khaslavskaya, A. Outcome-Driven Supply Chain Perspectives on Dry Ports [Текст] / A. Khaslavskaya, V. Roso // *Sustainability*. – 2019. – Т. 11. № 5. С. 1492.
155. Korovyakovsky, E. Dynamics of Russian dry ports [Текст] / E. Korovyakovsky, Y. Panova // *Research in Transportation Economics*. – 2011. – Т. 33. № 1. С. 25–34.
156. Kovacs, G. Factors influencing implementation of a dry port [Текст] / G. Kovacs, V. Roso // *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. – 2008. – Т. 38. № 10. С. 782–798.
157. Lättilä, L. Hinterland operations of sea ports do matter [Текст] / L. Lättilä, V. Henttu, O.-P. Hilmola // *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. – 2013. – Т. 55. С. 23–42.
158. Li, C.-L. Loading and unloading operations in container terminals [Текст] / C.-L. Li, V. G.L // *IIE Transactions*. – 2004. – Т. 36. № 4. С. 287–297.
159. Lingegård, S. Life-cycle Cost Strategies for Harbors – A Case Study [Текст] / S. Lingegård, M. Lindahl, A. Syberg // *Procedia CIRP*. – 2015. – Т. 30. С. 317–322.
160. Lloyd's Loading List. China box congestion spreads to other ports [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.lloydsloadinglist.com/freight-directory/news/China-box-congestion-spreads-to-other-ports/69180.htm#.WvUs84jRCUk> (дата обращения: 12.03.2019).

161. Local Surcharges. Ningbo [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.oocl.com/china/eng/localinformation/localsurcharges/ningbo/Pages/default.aspx?site=china&lang=eng> (дата обращения: 03.11.2019).
162. Marine Traffic. Ningbo Port. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ports/1250/China_port:NINGBO (дата обращения: 11.11.2019).
163. MIQ Logistics. Shanghai and Ningbo Port Delays. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.miq.com/resources/news/article/shanghai-and-ningbo-port-delays/> (дата обращения: 02.04.2019).
164. Monios, J. Port-centric logistics, dry ports and offshore logistics hubs [Текст] / J. Monios, G. Wilmsmeier // *Maritime Policy & Management*. – 2012. – Т. 39. № 2. С. 207–226.
165. Monios, J. Spatial and institutional characteristics of inland port development in China [Текст] / J. Monios, Y. Wang // *GeoJournal*. – 2013. – Т. 78. № 5. С. 897–913.
166. Muravev, D. A Novel Integrated Provider Selection Multicriteria Model: The BWM-MABAC Model [Текст] / D. Muravev, N. Mijic // *Decision Making: Applications in Management and Engineering*. – 2020. – Т. 3. № 1. С. 60–78.
167. Muravev, D. Comparing model development in discrete event simulation on Ro-Ro terminal example [Текст] / D. Muravev, S. Aksoy, A. Rakhmangulov, V. Aydogdu // *International Journal of Logistics Systems and Management*. – 2016. – Т. 24. № 3. С. 283–297.
168. Muravev, D. Environmental Factors' Consideration at Industrial Transportation Organization in the «Seaport – Dry port» System [Текст] / D. Muravev, A. Rakhmangulov // *Open Engineering*. – 2016. – Т. 6. № 1. С. 476–484.
169. Muravev, D. Location Optimization of CR Express International Logistics Centers [Текст] / D. Muravev, H. Hu, H. Zhou, D. Pamucar // *Symmetry*. – 2020. – Т. 12. № 1. С. 143.
170. Muravev, D. Multi-agent optimization of the intermodal terminal main parameters by using AnyLogic simulation platform: Case study on the Ningbo-Zhoushan Port [Текст] / D. Muravev, H. Hu, A. Rakhmangulov, P. Mishkurov // *International Journal of Information Management*. – 2020. С. 102133.
171. Muravev, D. Multi-agent simulation of the balanced main parameters of the logistics centers [Текст] / D. Muravev, H. Hu, A. Rakhmangulov, L. Dai // *IFAC-PapersOnLine*. – 2019. – Т. 52. № 13. С. 1057–1062.
172. Muravev, D. The Introduction to System Dynamics Approach to Operational Efficiency and Sustainability of Dry Port's Main Parameters [Текст] / D. Muravev, A. Rakhmangulov, H. Hu, H. Zhou // *Sustainability*. – 2019. – Т. 11. № 8. С. 2413.

173. Nguyen, L.C. A Multi-Criteria Approach to Dry Port Location in Developing Economies with Application to Vietnam [Текст] / L.C. Nguyen, T. Notteboom // *The Asian Journal of Shipping and Logistics*. – 2016. – Т. 32. № 1. С. 23–32.
174. Ningbo Beilun Container Terminal. Terminal overview. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.nbct.com.cn/about/equipment.html> (дата обращения: 22.02.2019).
175. Ningbo Local Charges [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.ontime-express.com/fileadmin/user_upload/Documenten/PDF/1_Office_locations_documents/NGB_-_Standard_Tariffs.pdf (дата обращения: 12.03.2019).
176. Ningbo-Zhoushan. Port overview [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.nbport.com.cn/gfww/gsjsgk2/> (дата обращения: 04.03.2019).
177. Notteboom, T. The relationship between seaports and the intermodal hinterland in light of global supply chains. // *Port Competition and Hinterland Connections*: OECD Publishing, 2009. С. 25–75.
178. Official website of China Railway Express Company [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.china-railway.com.cn/english/businesses/freight/> (дата обращения: 13.12.2018).
179. Official website of Container terminal "Evyapport" [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.evyapport.com/EN/container-terminal.php> (дата обращения: 12.02.2019).
180. Official website of CPLEX Optimizer [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.ibm.com/analytics/cplex-optimizer> (дата обращения: 14.12.2018).
181. Official website of Evyapport. Equipment park. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.evyapport.com/en.php> (дата обращения: 13.01.2019).
182. Official website of Khorgos Gateway [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.khorgosgateway.kz/sections/%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%B8%D1%84%D1%8B> (дата обращения: 02.11.2019).
183. Pegin, N. National Arctic Transport Line [Текст] / N. Pegin // *Arctic and North*. – 2016. – Т. 23. № 2. С. 32–40.
184. Ploberger, C. One Belt, One Road – China's new grand strategy [Текст] / C. Ploberger // *Journal of Chinese Economic and Business Studies*. – 2017. – Т. 15. № 3. С. 289–305.
185. Port freetime. Charges [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.anl.com.au/static/demdet/attachments/asia-tariff-for-east-west-agencies.pdf> (дата обращения: 12.01.2020).
186. Progressive Railroading. Feds solicit comments for Long Beach port's on-dock rail project [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.progressiverailroading.com/intermodal/news/Feds-solicit-comments-for-Long-Beach-ports-on-dock-rail-project--58001> (дата обращения: 07.10.2019).

187. Qiu, Y. A system dynamics model for simulating the logistics demand dynamics of metropolitans [Текст] / Y. Qiu, X. Shi, C. Shi // *Journal of Industrial Engineering and Management*. – 2015. – Т. 8. № 3.
188. Rail Charges [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.tcddtasimacilik.gov.tr/files/3/yuk/tarife.pdf> (дата обращения: 21.11.2019).
189. Rakhmangulov, A. An Optimal Management Model for Empty Freight Railcars in Transport Nodes [Текст] / A. Rakhmangulov, N. Osintsev, D. Muravev, A. Legusov // *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*. – 2019. – Т. 2. № 1.
190. Rakhmangulov, A. Green Logistics: A System of Methods and Instruments-Part 2 [Текст] / A. Rakhmangulov, A. Sladkowski, N. Osintsev, D. Muravev. – 2018. – Т. 65. № 1. С. 49–55.
191. Rakhmangulov, A. Green Logistics: Element of the Sustainable Development Concept. Part 1 [Текст] / A. Rakhmangulov, A. Sladkowski, N. Osintsev, D. Muravev // *Naše more*. – 2017. – Т. 64. № 3. С. 120–126.
192. Rakhmangulov, A. Optimal Placement Method of RFID Readers in Industrial Rail Transport for Uneven Rail Traffic Volume Management [Текст] / A. Rakhmangulov, D. Muravev, P. Mishkurov // *Open Engineering*. – 2016. – Т. 6. № 1. С. 125.
193. Rakhmangulov, A.N. The multi-agent simulation model of the parameters in the elements of supply chains [Текст] / A.N. Rakhmangulov, N.A. Osintsev, O.A. Kopylova, D. Muravev, J.G. Jin // *Proceedings XI International Scientific Conference Transport Problems 2019*. – 2019. С. 571–584.
194. Rodrigue, J.-P. Dry ports in European and North American intermodal rail systems [Текст] / J.-P. Rodrigue, T. Notteboom // *Research in Transportation Business & Management*. – 2012. – Т. 5. С. 4–15.
195. Rodrigue, J.-P. The geography of transport systems [Текст] / J.P. Rodrigue, C., Comtois., B. Slack. – 4 изд. – London, New York: Routledge Taylor & Francis Group, 2017. – 439 с.
196. Rosa, A. Innovative ideas and design of an integrated dry port and seaport system [Текст] / A. Rosa, R. Roscelli // *UNESCAP Transport and Communications Bulletin for Asia and the Pacific*. – 2010. № 78. С. 82–102.
197. Roso, V. A review of dry ports [Текст] / V. Roso, K. Lumsden // *Maritime Economics & Logistics*. – 2010. – Т. 12. № 2. С. 196–213.
198. Roso, V. Dry Ports and Logistics Platforms. // *Encyclopedia of Maritime and Offshore Engineering* / John Carlton, Paul Jukes, Yoo Sang Choo. – Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2017. С. 1–10.
199. Roso, V. Evaluation of the dry port concept from an environmental perspective [Текст] / V. Roso // *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. – 2007. – Т. 12. № 7. С. 523–527.

200. Roso, V. Inland Intermodal Terminals Location Criteria Evaluation: The Case of Croatia [Текст] / V. Roso, N. Brnjac, B. Abramovic // *Transportation Journal*. – 2015. – Т. 54. № 4. С. 496.
201. Roso, V. Sustainable intermodal transport via dry ports - importance of directional development [Текст] / V. Roso // *World Review of Intermodal Transportation Research*. – 2013. – Т. 4. 2/3. С. 140.
202. Roso, V. The dry port concept [Текст] / V. Roso, J. Woxenius, K. Lumsden // *Journal of Transport Geography*. – 2009. – Т. 17. № 5. С. 338–345.
203. Roso, V. The dry port concept: moving seaport activities inland? [Текст] / V. Roso, K. Lumsden // *Transport and Communications Bulletin for Asia and the Pacific*. – 2009. – Т. 78. С. 87–101.
204. Roso, V. The emergence and significance of dry ports [Текст] / V. Roso // *World Review of Intermodal Transportation Research*. – 2009. – Т. 2. № 4. С. 296.
205. Roso, V., Woxenius, J., Olandersson, G. Organisation of Swedish dry port terminals [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.gu.se/digitalAssets/1344/1344736_2006_meddelande_123_-_sustaccess_-_dry_ports_in_sweden.pdf (дата обращения: 21.01.2020).
206. Roy, D. Modeling and Design of Container Terminal Operations [Текст] / D. Roy, M.B.M. de Koster // *ERIM Report Series Research in Management*. – 2014. С. 1–11.
207. SAFETY4SEA. German seaports increase the volume of cargo in 2018 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://safety4sea.com/german-seaports-increase-the-volume-of-cargo-in-2018/> (дата обращения: 16.12.2019).
208. Selvi, V. Comparative Analysis of Ant Colony and Particle Swarm Optimization Techniques [Текст] / V. Selvi, D.R. Umarani // *International Journal of Computer Applications*. – 2010. – Т. 5. № 4. С. 1–6.
209. Shepherd, S.P. A review of system dynamics models applied in transportation [Текст] / S.P. Shepherd // *Transportmetrica B: Transport Dynamics*. – 2014. – Т. 2. № 2. С. 83–105.
210. Slack, B. Satellite terminals [Текст] / B. Slack // *Journal of Transport Geography*. – 1999. – Т. 7. № 4. С. 241–246.
211. Śładkowski, A. Transport Systems and Delivery of Cargo on East–West Routes [Текст] / A. Rakhmangulov, A. Śładkowski, N. Osintsev, O. Kopylova, N. Dyorina. – Cham: Springer International Publishing, 2018. – Т. 155. – 66 с.
212. Song, L. Port infrastructure investment and regional economic growth in China [Текст] / L. Song, M. van Geenhuizen // *Transport Policy*. – 2014. – Т. 36. С. 173–183.
213. Study On Infrastructure Capacity Reserves For Combined Transport By 2015. Prepared for International Union of Railways Combined Transport Group (UIC-GTC) [Электронный ресурс] –

Режим доступа: https://uic.org/IMG/pdf/2015_combinedtransport_study_capacity_report.pdf (дата обращения: 11.03.2019).

214. Sun, F. Improvement of Rail-sea Multimodal Transport with Dry Port Construction [Текст] / F. Sun // *Science Journal of Business and Management*. – 2017. – Т. 5. № 2. С. 78.

215. Tadić, S. Planning an Intermodal Terminal for the Sustainable Transport Networks [Текст] / S. Tadić, M. Krstić, V. Roso, N. Brnjac // *Sustainability*. – 2019. – Т. 11. № 15. С. 4102.

216. Taneja, P. Flexibility in Port Planning and Design [Текст] / P. Taneja, H. Ligteringen, W.E. Walker // *European Journal of Transport and Infrastructure Research*. – 2012. – Т. 12. № 1. С. 66–87.

217. Technical memorandum: Technical and Economic Feasibility [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://ceaa.gc.ca/050/documents/p80100/120740E.pdf> (дата обращения: 04.03.2019).

218. The Role of Kazakhstan in the Development of the Programme 'One Belt and One Road' [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.slideshare.net/ciltinternational/the-role-of-kazakhstan-in-the-development-of-the-programme-one-belt-and-one-road (дата обращения: 02.09.2019).

219. Trade statistics for international business development [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.trademap.org> (дата обращения: 02.09.2019).

220. Tran, N.K. An empirical study of fleet expansion and growth of ship size in container liner shipping [Текст] / N.K. Tran, H.-D. Haasis // *International Journal of Production Economics*. – 2015. – Т. 159. С. 241–253.

221. UNCTAD. Review of Maritime Transport [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2019_en.pdf (дата обращения: 21.01.2020).

222. UNESCAP. Стратегии и вопросы, касающиеся развития «сухих портов» [Электронный ресурс] – Режим доступа: [www.unescap.org/sites/default/files/pre-ods/E_ESCAP_DP_WG\(1\)_2_R.pdf](http://www.unescap.org/sites/default/files/pre-ods/E_ESCAP_DP_WG(1)_2_R.pdf) (дата обращения: 11.01.2019).

223. Unescap. Development of International Dry Port in China. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.unescap.org/sites/default/files/China_EGM%20Dry%20Ports_2017.pdf (дата обращения: 04.09.2019).

224. Vasco, R. Intermodal Freight Transportation. Forces shaping the freight transport sector [Текст] / M. Rosário R. Vasco. – Netherlands: Elsevier, 2019. – 254 с.

225. Ville Henttu. Improving cost-efficiency and reducing environmental impacts of intermodal transportation with dry port concept – major rail transport corridor in baltic sea region [Текст]: Thesis for the degree of Doctor of Science, Lappeenranta University of Technology. – Lappeenranta, 2015. – 231 с.

226. Vinokurov, E. Belt and Road Transport Corridors: Barriers and Investments [Текст] / E. Vinokurov. – Saint Petersburg: EDB Centre for Integration Studies, 2018. – 44 с.

227. Violeta Roso. The dry port concept [Текст]: Thesis for doctor of philosophy, Chalmers University of Technology. – Göteborg, 2009. – 158 с.
228. Wardhani Pudji Rahmanto. Kandangan dry port project: an option of solution for congestion: case of Lamong Bay Terminal (Surabaya, Indonesia) [Текст]: Master Thesis, World Maritime University. – Malmö, 2016. – 76 с.
229. Wei, H. The role of dry port in hub-and-spoke network under Belt and Road Initiative [Текст] / H. Wei, Z. Sheng, P.T.-W. Lee // *Maritime Policy & Management*. – 2017. – Т. 45. № 3. С. 370–387.
230. What stands behind the congestion at Chinese major ports? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://port.today/chinese-major-ports-congestion>.
231. Wooldridge, C.F. Environmental Management Of Port Operations - The Ports Sector's Response To The European Dimension [Текст] / C.F. Wooldridge, B.S. Tselentis, D. Whitehead. – 1998. – Т. 39. С. 1–16.
232. World Shipping Council. Top 50 world container ports [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.worldshipping.org/about-the-industry/global-trade/top-50-world-container-ports> (дата обращения: 25.04.2019).
233. World's largest container ship completes first voyage from Asia to Europe [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.msc.com/sur/press/press-releases/2019-august/world-s-largest-container-ship-completes-first-voy> (дата обращения: 20.12.2019).
234. Yang, H. Sea-Port Operational Efficiency [Текст] / H. Yang, K. Lin, O.R. Kennedy, B. Ruth // *Journal of Service Science and Management*. – 2011. – Т. 04. № 03. С. 391–399.
235. Zelinka, I. Evolutionary Algorithms, Swarm Dynamics and Complex Networks. – Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2018. – Т. 26. – 336 с.
236. Zimmer, R.N. Designing intermodal terminals for efficiency [Текст] / R.N. Zimmer // *Transportation Research Board*. – 1996. № 459. С. 99–109.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(рекомендуемое)

Статистические данные об интенсивности грузопотоков и потоков транспортных средств

Таблица А.1 – Месячные данные об интенсивности контейнерных судозаходов в морской порт «Evyapport»



EVYAPPORT

Ulaştırma Araştırmaları Merkezi ve

Mühendislik Yönetimi Enstitüsü

Şangay Jiao Tong Üniversitesi

800 Dongchuan Yolu

Şangay 200240 Çin

22 Mayıs 2018

EVYAPPORT GELEN KONTEYNER GEMİLERİ AYLIK VERİ TABLOSU

1.07.2017-30.07.2017 tarih aralığında Evyapport gelen konteyner gemileri aylık veri tablosu aşağıda verilmiştir.

GEMİ ADI	ITHALAT			IHRACAT		
	ADETİ		TONAJI	ADETİ		TONAJI
	20	40		20	40	
MSC BETTINA	218	563	37 004.814	521	410	15 410.287
SEAGO PIRAEUS	112	133	5.219.629	43	215	4.958.890
MAERSK GANGES	39	93	2 437 890	-	-	-
MSC NITA	-	-	-	-	-	11 916 890
ROZA A	145	50	4 624 683	54	89	2 894 113
NEVZAT KALKAVAN	1	20	405 173	34	53	1 689 413
ALI AGA	22	-	51 040	-	5	20 400
LISBON	183	364	7 636 276	-	-	-
MSC ELEONORA	56	24	1 759 963	1	22	2 729 420
CMA CGM TAGE	243	347	7 872 608	253	276	6 371 046
GREAT	-	-	-	105	355	7 867 515
MAERSK BOGOR	13	97	1 923 634	-	9	228 925
MICHEL A	118	108	4 384 642	134	54	1 472 539
CLARE A	-	81	404 773	44	62	2 217 560
KNOOS M	-	-	-	-	75	300 000
SEDEF	17	103	1 412 874	30	26	1 142 725
MATILDE A	33	51	883 696	40	45	1 834 690
ANTWERP	26	58	1 664 505	12	27	658 080
MSC GENOVA	488	551	26 902 245	597	329	14 034 960
XIN YAN TAI	18	247	5 154 582	89	207	6 117 489
MEDONTARIO	24	76	1 407 053	9	30	590 383
SAFMARINE BAYETE	-	5	141 368	151	272	8 202 837
IBRAHIM DEDE	2	21	436 231	21	25	876 184
ANGELA	70	35	1 360 624	11	34	940 018
PIERRE A	13	148	3 622 020	61	76	2 497 197
SEAGO ISTANBUL	129	148	3 622 020	42	132	2 497 197
MAERSK ELGIN	39	116	2 856 185	-	-	-
KRETA	5	14	408 579	11	8	335 146
CANOPUS	-	-	-	-	-	-
CMA CGM	377	273	10 136 689	231	185	4 291 307

ARKANSAS						
MSC SENA	27	74	2 421 997	2	30	5 592 200
MAERSK GANGES	-	-	-	114	411	8 880 370
BOTTENVIK	-	13	96 407	15	41	630 937
TOMRIZ A	170	42	3 611 843	45	79	2 453 922
MARTHA A	2	89	-	46	25	1 849 130
KING BASIL	1	47	713 643	10	75	1 317 993
MAERSK BINTAN	70	77	3 032 438	-	3	69 250
LOUISA SCHULTE	50	-	112 275	31	60	1 435 234
CMA CGM RHONE	183	293	7 320 094	154	188	3 658 192
JOHN LUKAS DEDE	10	53	1 015 472	15	89	1 147 100
E.R.AUCKLAND	7	53	1 075 437	16	18	442 515
BURAK BAYRAKTAR	20	65	304 800	41	40	1 470 139
CANOPUS	-	-	-	-	-	7 169 023
WANDA A	65	115	3 591 416	233	67	1 877 152
MAERSK AHAM	15	89	1 492 348	11	8	269 310
ECLIPS	41	13	1 025 419	41	37	1 348 644
AGIOS DIMITRIOS	180	145	8 480 150	86	196	5 806 853
MSC DANIT	692	403	30 277 264	655	304	13 007 219
INGA A	-	-	-	48	41	175 6189
MUSTAFA DAYI	6	31	543 926	26	35	1 177 300
SEAGO FELIXSTOWE	95	330	7 500 602	56	169	4 501 374
MAERSK INOUS	50	418	4 663 964	-	-	-
MAERSK ELGIN	-	-	-	130	400	295 6185
GS DISCOVERY	45	50	2 348 346	-	6	2 947 648
CHRISTINA A	68	74	2 935 909	51	106	2 959 224
CAFER DEDE	3	28	447 761	21	46	1 311 906
SEDEF	42	30	477 515	10	7	468 202
CANOPUS	-	-	-	-	-	5 678 086
ANGELA	3	4	193 246	13	78	1 600 531
MARIO A	29	90	2 291 028	85	64	1 183 187
MAERSK BATAM	43	51	1 714 016	2	4	117 875
MAERSK BOGOR	1	24	653 004	176	250	9 017 534
BFP GALAXY	2	40	567 917	-	-	-
AS PEGASUS	147	74	4 733 902	-	-	-
MSC IRENE	696	574	38 239 758	637	484	18 150 411
ANTWERP	19	31	844 811	12	30	802 763
KAPTAN AYTAC A	20	20	124 326	24	73	1 771 425
JOHN LUKAS DEDE	9	1	1 432 899	12	61	1 295 627
UASAC BUDIYAN	27	313	8 762 734	69	246	5 937 738
MAERSK BINTAN	1	20	827 470	139	164	6 424 963
KING BASIL	43	75	395 430	27	71	1 906 326
BOTTENVIK	3	39	454 345	7	36	943 707
SEAGO BREMERHAVEN	122	222	7 257 047	41	180	4 634 713
MEDONTARIO	22	55	1 330 818	15	24	553 352
MAERSK DANUBE	52	356	4 454 701	-	-	-
MED TEKIRDAG	-	-	-	-	-	3 672 540

YANKI A	3	41	847 986	34	80	2 776 240
MSC DON GIOVANNI	13	80	2 112 037	-	2	4 426 602
SASKIA A	7	45	360 829	32	35	1 207 958
AYSE A	2	10	207 073	17	15	670 691
MAERSK INDUS	-	-	-	94	375	7 563 042
SAFMARINE BENGUELA	*	56	1 301 045	-	5	87 857
ROZA A	105	106	3 829 016	54	106	2 835 181
CANOPUS	-	-	-	-	-	5 203 878
MEDKON M	-	-	-	120	-	240 000
ANGELA	3	25	327 327	30	33	780 445
CMA CGM LITANI	257	233	6 835 632	536	470	12 799 571
ECLIPS	34	67	8 755 397	57	64	2 914 102
CLAIRE A	63	3	294 554	42	67	2 100 455
E.R.AUCKLAND	11	7	454 522	9	31	852 108
KAAN KALKAVAN	5	25	2 017 661	23	80	1 905 198
XIN FU ZHOU	13	125	2 514 211	209	191	0 606 907
MEDKON M	-	-	-	120	-	240 000
MUSTAFA DAYI	60	116	1 537 048	19	85	1 960 078
MICHEL A	127	70	3 195 075	116	71	2 321 257
MSC RAVENNA	917	674	39 123 207	633	467	13 688 320
ALIAGA	-	-	-	130	-	286 000
CHARLOTTE SCHULTE	44	130	2 935 066	-	-	-
SEAGO ANTWERP	119	203	6 630 729	44	146	4 156 530
BOTTENVIK	3	14	1 390 372	13	40	2 663 484
MAERSK AHRAM	26	74	1 490 402	20	14	311 740
MSC MEDITERRANEAN	34	33	1 622 901	2	29	3 822 269
MAERSK BATAM	-	30	640 502	131	272	7 834 140
MAERSK DANUBE	-	-	-	107	395	9 017 105
MSC NITA	-	-	-	-	-	6 100 996
MAERSK BUTON	33	106	2 075 319	1	2	62 706
SEDEF	12	26	489 196	9	34	782 139
	7 886	10 456	376 127 059	8 494	10 416	382 669 002
	18 342			18 910		KABOTAJ ADET
	28 798			25 326		KABOTAJ TEU
	37 252					KABOTAJTOPLAM ADET
TOTAL	58 124					KAPOTAJ TOPLAM TEU

Evyap Deniz İşletmeciliği Lojistik ve İnşaat A.Ş.

Telefon: +90 262 528 87 47 ; Faks: +90 262 528 87 40

Adres: Kirazlıyalı Mah. 1 Mayıs Cad. No:1

Körfez- Kocaeli/ TÜRKİYE

Center of Transportation Studies and
 Institute of Engineering Management
 Shanghai Jiao Tong University
 800 Dongchuan Road
 Shanghai 200240 China

December 12th, 2018

CASE STUDY INTERVIEW ON THE MAIN PARAMETERS OF THE DRY PORT

In order to carry the research on the main parameters of the dry ports (Yiwu, Shangrao, Yingtan, Nanchang, Shaoxing, Jinhua,) operating with Ningbo-Zhoushan seaport and further to publish the papers in international scientific journals, the manager of Beilun container terminal, Genfa Luo, Executive director and general manager of INTL Landport Group, 1595184476@qq.com, answered the following questions:

Q1) what is the (λ) daily intensity of trains arriving to the intermodal terminals?

A1) Yiwu - 3 daily trains; Shangrao - 1 daily train; Yingtan - 1 daily train; Nanchang - 3 daily trains; Shaoxing - 2 daily trains; Jinhua - 5 daily trains

Q2) what is the (K_{ir}) irregularity of vehicle arrivals at the intermodal terminals?

A2) the irregularity can be evaluated by the monthly intensity of vehicle arrivals to the intermodal terminals.

Q3) what is the approximate (L) distance between Ningbo-Zhoushan seaport and intermodal terminals and (T_{ic}) throughput of transport communications?

A3) Yiwu: $L = 185$ km, $T_{ic} = 12$ pairs of trains daily; Shangrao: $L = 533$ km, $T_{ic} = 9$ pairs of trains daily; Yingtan: $L = 660$ km, $T_{ic} = 7$ pairs of trains daily; Nanchang: $L = 545$ km, $T_{ic} = 8$ pairs of trains daily; Shaoxing: $L = 185$ km, $T_{ic} = 12$ pairs of trains daily; Jinhua: $L = 545$ km, $T_{ic} = 8$ pairs of trains daily

Note: the throughput of transport communications (rail hauls) is estimated by the following formula:

$$T_{ic} = \frac{(1440 - t_{tech})\alpha_n}{T_p} = (1440 - t_{tech})\alpha_n / (\sum t_x + \tau_a + \tau_b),$$

where t_{tech} is the duration of the daily planned repair and construction works, min; α_n is coefficient taking into account the reliability of the handling equipment (infrastructure and rolling stock); T_p is the schedule period of trains movement, min; $\sum t_x$ is total running time of a pair of trains on the rail haul including their dispersal and deceleration; τ_a, τ_b is the station time intervals on passing loops.

Q4) what are both storage (V) and throughput capacities (n) of intermodal terminals?

A4) Yiwu: $V = 800$ TEU, $n = 450$ TEU/day; Shangrao: $V = 650$ TEU, $n = 275$ TEU/day; Yingtan: $V = 700$ TEU, $n = 270$ TEU/day; Nanchang: $V = 1000$ TEU, $n = 650$ TEU/day; Shaoxing: $V = 7500$ TEU, $n = 350$ TEU/day; Jinhua: $V = 5000$ TEU, $n = 450$ TEU/day

Q4) what are the values of both location (E_m) and environmental parameter (n) at intermodal terminals?

A4) In order to evaluate the (E_m) location of intermodal terminals, scholars are welcome to submit their questions to the accounting department. This department could provide information on the grading costs of the requested sites. The environmental parameter could be evaluated through the number of trucks waiting on terminal gates. This data could be personally collected by providing natural measurement.

Q5) what are the values of (G_c) general and (O_c) operating costs of intermodal terminals?

A5) Yiwu - 461.35 million US dollars; Shangrao - 14.35 million US dollars; Yingtan - 14.92 million US dollars; Nanchang - 223.33 million US dollars; Shaoxing - 150.32 million US dollars; Jinhua - 223.33 million US dollars.

Since the data on operating costs is private, we encouraged you to provide feasibility study. All required variables will be provided on time.

Interviewer:
 Hengshuo Zhou, master student,
 Sino-US Global Logistics Institute,
 Shanghai Jiao Tong University,
 China 200030; 13956851083@sjtu.edu.cn



Рисунок А.1 – Результаты интервьюирования работников «сухого» порта (г. Иву, КНР)

Таблица А.2 – Месячные данные об интенсивности контейнерных судозаходов в морской порт «Ningbo-Zhoushan»

Center of Transportation Studies and
Institute of Engineering Management
Shanghai Jiao Tong University
800 Dongchuan Road
Shanghai 200240 China
January 15th, 2019

Historical data on the Ningbo Port from 1.12.2018 to 31.12.2018.

MMSI	PORT NAME	SHIPNAME	TYPE	TEU	TIMESTAMP	MOVE TYPE	DRAUGHT (METERx10)
351255000	NINGBO	WISDOM GRACE	Container Ship	1032	20.12.2018	0	73
351255000	NINGBO	WISDOM GRACE	Container Ship	1032	20.12.2018	1	74
351255000	NINGBO	WISDOM GRACE	Container Ship	1032	07.12.2018	0	68
351255000	NINGBO	WISDOM GRACE	Container Ship	1032	07.12.2018	1	77
636013437	NINGBO	DERBY D	Container Ship	4253	20.12.2018	1	107
636013437	NINGBO	DERBY D	Container Ship	4253	19.12.2018	0	91
413329850	NINGBO	HAI FENG LIAN XING	Container Ship	847	25.12.2018	0	82
413329850	NINGBO	HAI FENG LIAN XING	Container Ship	847	26.12.2018	1	77
413329850	NINGBO	HAI FENG LIAN XING	Container Ship	847	13.12.2018	1	79
413329850	NINGBO	HAI FENG LIAN XING	Container Ship	847	12.12.2018	0	77
413329850	NINGBO	HAI FENG LIAN XING	Container Ship	847	05.12.2018	1	77
413329850	NINGBO	HAI FENG LIAN XING	Container Ship	847	04.12.2018	0	75
477424600	NINGBO	CSCL MARS	Container Ship	13300	01.12.2018	1	108
563053300	NINGBO	MAERSK HAMBURG	Container Ship	15226	09.12.2018	1	110
563053300	NINGBO	MAERSK HAMBURG	Container Ship	15226	08.12.2018	0	90
212276000	NINGBO	YM SEATTLE	Container Ship	4253	26.12.2018	1	119
212276000	NINGBO	YM SEATTLE	Container Ship	4253	26.12.2018	0	119
255805590	NINGBO	MOL GARLAND	Container Ship	5605	07.12.2018	1	116
255805590	NINGBO	MOL GARLAND	Container Ship	5605	06.12.2018	0	116
477947100	NINGBO	MOL GROWTH	Container Ship	5605	26.12.2018	0	114
477947100	NINGBO	MOL GROWTH	Container Ship	5605	27.12.2018	1	125
212531000	NINGBO	NORDPANTHER	Container Ship	1730	21.12.2018	0	72
212531000	NINGBO	NORDPANTHER	Container Ship	1730	21.12.2018	1	84
636012808	NINGBO	YM UTMOST	Container Ship	8200	06.12.2018	1	133
636012808	NINGBO	YM UTMOST	Container Ship	8200	05.12.2018	0	114
538005888	NINGBO	YM UNISON	Container Ship	8208	19.12.2018	1	127

477181200	NINGBO	MOL BELLWETHER	Container Ship	10000	22.12.2018	0	128
477181200	NINGBO	MOL BELLWETHER	Container Ship	10000	23.12.2018	1	138
235068051	NINGBO	COSCO HAMBURG	Container Ship	5618	16.12.2018	1	115
235068051	NINGBO	COSCO HAMBURG	Container Ship	5618	15.12.2018	0	107
477314700	NINGBO	YM WINNER	Container Ship	13892	15.12.2018	1	143
477314700	NINGBO	YM WINNER	Container Ship	13892	14.12.2018	0	133
538005313	NINGBO	PEGASUS TERA	Container Ship	1009	28.12.2018	1	77
538005313	NINGBO	PEGASUS TERA	Container Ship	1009	27.12.2018	0	77
538005313	NINGBO	PEGASUS TERA	Container Ship	1009	13.12.2018	1	82
538005313	NINGBO	PEGASUS TERA	Container Ship	1009	13.12.2018	0	82
538005313	NINGBO	PEGASUS TERA	Container Ship	1009	07.12.2018	1	81
538005313	NINGBO	PEGASUS TERA	Container Ship	1009	06.12.2018	0	82
413141000	NINGBO	XIN SHAN TOU	Container Ship	4250	01.12.2018	1	118
413141000	NINGBO	XIN SHAN TOU	Container Ship	4250	01.12.2018	0	123
477959200	NINGBO	COSCO THAILAND	Container Ship	8500	24.12.2018	0	95
477959200	NINGBO	COSCO THAILAND	Container Ship	8500	25.12.2018	1	90
413762000	NINGBO	TIAN XING HE	Container Ship	5089	17.12.2018	0	137
413762000	NINGBO	TIAN XING HE	Container Ship	5089	18.12.2018	1	88
416260000	NINGBO	WAN HAI 202	Container Ship	1315	23.12.2018	1	83
416260000	NINGBO	WAN HAI 202	Container Ship	1315	23.12.2018	0	93
416260000	NINGBO	WAN HAI 202	Container Ship	1315	04.12.2018	1	81
416260000	NINGBO	WAN HAI 202	Container Ship	1315	04.12.2018	0	81
256884000	NINGBO	ALULA	Container Ship	13296	21.12.2018	1	120
256884000	NINGBO	ALULA	Container Ship	13296	21.12.2018	0	111
563034900	NINGBO	MAERSK HIDALGO	Container Ship	15226	11.12.2018	1	121
563034900	NINGBO	MAERSK HIDALGO	Container Ship	15226	10.12.2018	0	99
413455950	NINGBO	XIN MING ZHOU 22	Container Ship	1100	21.12.2018	1	67
413455950	NINGBO	XIN MING ZHOU 22	Container Ship	1100	20.12.2018	0	60
413455950	NINGBO	XIN MING ZHOU 22	Container Ship	1100	18.12.2018	1	65
413455950	NINGBO	XIN MING ZHOU 22	Container Ship	1100	18.12.2018	0	58
413455950	NINGBO	XIN MING ZHOU 22	Container Ship	1100	17.12.2018	1	58
413455950	NINGBO	XIN MING ZHOU 22	Container Ship	1100	17.12.2018	0	70
413455950	NINGBO	XIN MING ZHOU 22	Container Ship	1100	14.12.2018	1	80
413455950	NINGBO	XIN MING ZHOU 22	Container Ship	1100	13.12.2018	0	60
413455950	NINGBO	XIN MING ZHOU 22	Container Ship	1100	01.12.2018	0	75
413455950	NINGBO	XIN MING ZHOU 22	Container Ship	1100	02.12.2018	1	77
564238000	NINGBO	JITRA BHUM	Container Ship	1498	20.12.2018	1	88
564238000	NINGBO	JITRA BHUM	Container Ship	1498	20.12.2018	0	89

636091527	NINGBO	NORTHERN DIAMOND	Container Ship	3534	17.12.2018	1	104
636091527	NINGBO	NORTHERN DIAMOND	Container Ship	3534	15.12.2018	0	97
538005474	NINGBO	HYUNDAI HOPE	Container Ship	13154	04.12.2018	1	114
538005474	NINGBO	HYUNDAI HOPE	Container Ship	13154	02.12.2018	0	114
538005627	NINGBO	HYUNDAI DRIVE	Container Ship	13154	24.12.2018	0	100
538005627	NINGBO	HYUNDAI DRIVE	Container Ship	13154	25.12.2018	1	101
228348900	NINGBO	CMA CGM NORMA	Container Ship	9415	19.12.2018	0	102
228348900	NINGBO	CMA CGM NORMA	Container Ship	9415	19.12.2018	1	120
372241000	NINGBO	EVER STEADY	Container Ship	7024	12.12.2018	1	131
372241000	NINGBO	EVER STEADY	Container Ship	7024	12.12.2018	0	110
370587000	NINGBO	HENRY HUDSON BRIDGE	Container Ship	8212	31.12.2018	0	116
636092599	NINGBO	HAMMONIA SAPPHIRE	Container Ship	4800	13.12.2018	0	100
636011275	NINGBO	YM GREEN	Container Ship	5512	05.12.2018	1	113
636011275	NINGBO	YM GREEN	Container Ship	5512	04.12.2018	0	109
351453000	NINGBO	SUNNY DAISY	Container Ship	1000	25.12.2018	0	74
351453000	NINGBO	SUNNY DAISY	Container Ship	1000	26.12.2018	1	74
351453000	NINGBO	SUNNY DAISY	Container Ship	1000	04.12.2018	1	78
351453000	NINGBO	SUNNY DAISY	Container Ship	1000	02.12.2018	0	74
219018864	NINGBO	MADISON MAERSK	Container Ship	18270	11.12.2018	1	104
219018864	NINGBO	MADISON MAERSK	Container Ship	18270	10.12.2018	0	100
538005842	NINGBO	AL NASRIYAH	Container Ship	14500	05.12.2018	0	106
538005842	NINGBO	AL NASRIYAH	Container Ship	14500	06.12.2018	1	122
477829700	NINGBO	OOCL SOUTHAMPTON	Container Ship	8063	08.12.2018	0	109
477829700	NINGBO	OOCL SOUTHAMPTON	Container Ship	8063	09.12.2018	1	88
636014968	NINGBO	YM PORTLAND	Container Ship	4444	09.12.2018	0	85
636014968	NINGBO	YM PORTLAND	Container Ship	4444	09.12.2018	1	82
235050802	NINGBO	TOKYO TOWER	Container Ship	1708	31.12.2018	1	70
235050802	NINGBO	TOKYO TOWER	Container Ship	1708	30.12.2018	0	66
235050802	NINGBO	TOKYO TOWER	Container Ship	1708	09.12.2018	1	68
235050802	NINGBO	TOKYO TOWER	Container Ship	1708	09.12.2018	0	71
413145000	NINGBO	XIN BEI LUN	Container Ship	4250	21.12.2018	1	118
413145000	NINGBO	XIN BEI LUN	Container Ship	4250	20.12.2018	0	126
413146000	NINGBO	XIN CHANG SHA	Container Ship	4250	27.12.2018	0	128
413146000	NINGBO	XIN CHANG SHA	Container Ship	4250	28.12.2018	1	120
351965000	NINGBO	KUO LUNG	Container Ship	1405	27.12.2018	0	71
351965000	NINGBO	KUO LUNG	Container Ship	1405	28.12.2018	1	71
351965000	NINGBO	KUO LUNG	Container Ship	1405	13.12.2018	1	71
351965000	NINGBO	KUO LUNG	Container Ship	1405	13.12.2018	0	67

212463000	NINGBO	CAPE MONTEREY	Container Ship	2190	15.12.2018	1	85
212463000	NINGBO	CAPE MONTEREY	Container Ship	2190	14.12.2018	0	81
356391000	NINGBO	EVER DEVELOP	Container Ship	4211	22.12.2018	0	98
356391000	NINGBO	EVER DEVELOP	Container Ship	4211	22.12.2018	1	98
441875000	NINGBO	PANCON SUCCESS	Container Ship	1009	20.12.2018	0	80
441875000	NINGBO	PANCON SUCCESS	Container Ship	1009	22.12.2018	1	80
441875000	NINGBO	PANCON SUCCESS	Container Ship	1009	29.12.2018	0	74
441875000	NINGBO	PANCON SUCCESS	Container Ship	1009	29.12.2018	1	75
441875000	NINGBO	PANCON SUCCESS	Container Ship	1009	14.12.2018	0	83
441875000	NINGBO	PANCON SUCCESS	Container Ship	1009	14.12.2018	1	77
441875000	NINGBO	PANCON SUCCESS	Container Ship	1009	08.12.2018	1	74
441875000	NINGBO	PANCON SUCCESS	Container Ship	1009	08.12.2018	0	84
441875000	NINGBO	PANCON SUCCESS	Container Ship	1009	01.12.2018	1	82
567304000	NINGBO	VIRA BHUM	Container Ship	2588	14.12.2018	1	105
567304000	NINGBO	VIRA BHUM	Container Ship	2588	13.12.2018	0	106
248139000	NINGBO	CAROLINA TRADER	Container Ship	2782	12.12.2018	1	77
248139000	NINGBO	CAROLINA TRADER	Container Ship	2782	12.12.2018	0	73
353764000	NINGBO	MANCHESTER BRIDGE	Container Ship	13900	01.12.2018	1	119
353764000	NINGBO	MANCHESTER BRIDGE	Container Ship	13900	01.12.2018	0	113
352804000	NINGBO	NYK ATHENA	Container Ship	6492	11.12.2018	1	122
352804000	NINGBO	NYK ATHENA	Container Ship	6492	10.12.2018	0	111
636016106	NINGBO	ENSENADA	Container Ship	4492	26.12.2018	1	124
355449000	NINGBO	SITC TOKYO	Container Ship	847	10.12.2018	1	76
355449000	NINGBO	SITC TOKYO	Container Ship	847	10.12.2018	0	72
235102677	NINGBO	EVER LENIENT	Container Ship	8452	31.12.2018	0	107
563709000	NINGBO	SHUNTIEN	Container Ship	2082	04.12.2018	1	90
563709000	NINGBO	SHUNTIEN	Container Ship	2082	04.12.2018	0	88
636092147	NINGBO	CMA CGM ALASKA	Container Ship	12600	20.12.2018	1	120
636092147	NINGBO	CMA CGM ALASKA	Container Ship	12600	20.12.2018	0	120
563039700	NINGBO	MAERSK HANOI	Container Ship	15226	25.12.2018	1	130
563039700	NINGBO	MAERSK HANOI	Container Ship	15226	23.12.2018	0	108
565290000	NINGBO	KAMA BHUM	Container Ship	1498	26.12.2018	1	90
565290000	NINGBO	KAMA BHUM	Container Ship	1498	25.12.2018	0	90
565290000	NINGBO	KAMA BHUM	Container Ship	1498	04.12.2018	1	74
565290000	NINGBO	KAMA BHUM	Container Ship	1498	04.12.2018	0	82
477690800	NINGBO	COSCO FUZHOU	Container Ship	3534	14.12.2018	1	107
477690800	NINGBO	COSCO FUZHOU	Container Ship	3534	14.12.2018	0	99

477203700	NINGBO	SITC YANTAI	Container Ship	1100	18.12.2018	1	78
477203700	NINGBO	SITC YANTAI	Container Ship	1100	17.12.2018	0	78
352542000	NINGBO	EVER SAFETY	Container Ship	7024	07.12.2018	0	103
352542000	NINGBO	EVER SAFETY	Container Ship	7024	08.12.2018	1	116
352725000	NINGBO	EVER SALUTE	Container Ship	7024	30.12.2018	1	138
352725000	NINGBO	EVER SALUTE	Container Ship	7024	29.12.2018	0	116
218284000	NINGBO	KUALA LUMPUR EXPRESS	Container Ship	8606	10.12.2018	0	123
218284000	NINGBO	KUALA LUMPUR EXPRESS	Container Ship	8606	11.12.2018	1	132
413055000	NINGBO	XIN CHONG QING	Container Ship	4051	10.12.2018	1	116
413055000	NINGBO	XIN CHONG QING	Container Ship	4051	10.12.2018	0	124
477276600	NINGBO	OOCL CANADA	Container Ship	8825	02.12.2018	1	98
477276600	NINGBO	OOCL CANADA	Container Ship	8825	01.12.2018	0	115
353467000	NINGBO	DOLPHIN II	Container Ship	5095	20.12.2018	1	103
353467000	NINGBO	DOLPHIN II	Container Ship	5095	20.12.2018	0	97
248278000	NINGBO	MIRAMARIN	Container Ship	6572	23.12.2018	1	107
248278000	NINGBO	MIRAMARIN	Container Ship	6572	21.12.2018	0	106
477093600	NINGBO	CSCL OSAKA	Container Ship	908	27.12.2018	0	74
477093600	NINGBO	CSCL OSAKA	Container Ship	908	27.12.2018	1	72
477093600	NINGBO	CSCL OSAKA	Container Ship	908	20.12.2018	0	76
477093600	NINGBO	CSCL OSAKA	Container Ship	908	20.12.2018	1	79
477093600	NINGBO	CSCL OSAKA	Container Ship	908	13.12.2018	1	73
477093600	NINGBO	CSCL OSAKA	Container Ship	908	12.12.2018	0	71
477093600	NINGBO	CSCL OSAKA	Container Ship	908	06.12.2018	0	71
477093600	NINGBO	CSCL OSAKA	Container Ship	908	06.12.2018	1	70
413760000	NINGBO	IIAN BAO HE	Container Ship	5089	31.12.2018	0	106
538006111	NINGBO	TASMAN	Container Ship	5468	19.12.2018	1	143
538006111	NINGBO	TASMAN	Container Ship	5468	18.12.2018	0	132
564768000	NINGBO	WAN HAI 306	Container Ship	2226	18.12.2018	1	105
564768000	NINGBO	WAN HAI 306	Container Ship	2226	17.12.2018	0	91
636014603	NINGBO	GSL AFRICA	Container Ship	2450	20.12.2018	1	106
636014603	NINGBO	GSL AFRICA	Container Ship	2450	20.12.2018	0	102
564865000	NINGBO	BARRY TRADER	Container Ship	2190	27.12.2018	0	75
564865000	NINGBO	BARRY TRADER	Container Ship	2190	27.12.2018	1	76
422031500	NINGBO	SHAHRAZ	Container Ship	6572	04.12.2018	1	129
422031500	NINGBO	SHAHRAZ	Container Ship	6572	04.12.2018	0	126
566981000	NINGBO	KOTA GANDING	Container Ship	2800	24.12.2018	1	114
566981000	NINGBO	KOTA GANDING	Container Ship	2800	22.12.2018	0	110

636016856	NINGBO	EMIRATES DANA	Container Ship	6539	29.12.2018	0	121
636016856	NINGBO	EMIRATES DANA	Container Ship	6539	30.12.2018	1	133
636017577	NINGBO	MSC REEF	Container Ship	11258	20.12.2018	1	125
636017577	NINGBO	MSC REEF	Container Ship	11258	19.12.2018	0	125
357104000	NINGBO	MAERSK ESMERALDAS	Container Ship	194	04.12.2018	0	120
357104000	NINGBO	MAERSK ESMERALDAS	Container Ship	194	05.12.2018	1	142
636091347	NINGBO	NORTHERN DEFENDER	Container Ship	3400	06.12.2018	0	111
636091347	NINGBO	NORTHERN DEFENDER	Container Ship	3400	06.12.2018	1	116
477617700	NINGBO	OOCL SEOUL	Container Ship	8063	27.12.2018	0	122
477617700	NINGBO	OOCL SEOUL	Container Ship	8063	30.12.2018	1	122
477738500	NINGBO	OOCL LONDON	Container Ship	8063	17.12.2018	1	94
477738500	NINGBO	OOCL LONDON	Container Ship	8063	15.12.2018	0	107
477738600	NINGBO	OOCL LUXEMBOURG	Container Ship	8063	23.12.2018	1	88
477738600	NINGBO	OOCL LUXEMBOURG	Container Ship	8063	22.12.2018	0	107
271044643	NINGBO	MCC QINGDAO	Container Ship	1730	06.12.2018	1	83
271044643	NINGBO	MCC QINGDAO	Container Ship	1730	06.12.2018	0	77
232009365	NINGBO	CRYSTAL ARROW	Container Ship	1020	28.12.2018	0	74
232009365	NINGBO	CRYSTAL ARROW	Container Ship	1020	28.12.2018	1	67
232009365	NINGBO	CRYSTAL ARROW	Container Ship	1020	07.12.2018	0	65
232009365	NINGBO	CRYSTAL ARROW	Container Ship	1020	08.12.2018	1	73
477154700	NINGBO	COSCO SHIPPING GEMINI	Container Ship	20100	04.12.2018	0	148
477154700	NINGBO	COSCO SHIPPING GEMINI	Container Ship	20100	06.12.2018	1	154
567005000	NINGBO	ITHA BHUM	Container Ship	1498	28.12.2018	0	95
567005000	NINGBO	ITHA BHUM	Container Ship	1498	29.12.2018	1	91
567005000	NINGBO	ITHA BHUM	Container Ship	1498	07.12.2018	0	81
567005000	NINGBO	ITHA BHUM	Container Ship	1498	07.12.2018	1	89
566118000	NINGBO	KOTA NIPAH	Container Ship	1810	01.12.2018	0	90
566118000	NINGBO	KOTA NIPAH	Container Ship	1810	01.12.2018	1	90
219646000	NINGBO	MATHILDE MAERSK	Container Ship	18000	15.12.2018	1	124
229007000	NINGBO	JEBEL ALI	Container Ship	13296	05.12.2018	1	140
229007000	NINGBO	JEBEL ALI	Container Ship	13296	05.12.2018	0	133
538002823	NINGBO	CAPE FULMAR	Container Ship	1440	29.12.2018	0	82
538002823	NINGBO	CAPE FULMAR	Container Ship	1440	29.12.2018	1	96
538002823	NINGBO	CAPE FULMAR	Container Ship	1440	09.12.2018	1	93
538002823	NINGBO	CAPE FULMAR	Container Ship	1440	09.12.2018	0	84

412746000	NINGBO	TIAN FU HE	Container Ship	5089	28.12.2018	0	106
412746000	NINGBO	TIAN FU HE	Container Ship	5089	28.12.2018	1	93
412746000	NINGBO	TIAN FU HE	Container Ship	5089	11.12.2018	1	95
412746000	NINGBO	TIAN FU HE	Container Ship	5089	10.12.2018	0	119
477698600	NINGBO	COSCO DENMARK	Container Ship	13360	16.12.2018	1	120
477698600	NINGBO	COSCO DENMARK	Container Ship	13360	15.12.2018	0	102
538007378	NINGBO	MOL TRUST	Container Ship	20150	14.12.2018	1	146
538007378	NINGBO	MOL TRUST	Container Ship	20150	13.12.2018	0	138
477004700	NINGBO	COSCO VENICE	Container Ship	4253	19.12.2018	1	101
477004700	NINGBO	COSCO VENICE	Container Ship	4253	17.12.2018	0	105
565334000	NINGBO	KOTA SATRIA	Container Ship	3900	18.12.2018	1	106
565334000	NINGBO	KOTA SATRIA	Container Ship	3900	17.12.2018	0	102
354751000	NINGBO	ORCA I	Container Ship	5095	01.12.2018	0	127
354751000	NINGBO	ORCA I	Container Ship	5095	02.12.2018	1	127
235009850	NINGBO	EVER SIGMA	Container Ship	7024	18.12.2018	1	133
235009850	NINGBO	EVER SIGMA	Container Ship	7024	17.12.2018	0	117
477478800	NINGBO	YM WORLD	Container Ship	13892	09.12.2018	1	138
477478800	NINGBO	YM WORLD	Container Ship	13892	08.12.2018	0	123
477271900	NINGBO	MOL BRAVO	Container Ship	10000	09.12.2018	0	122
477271900	NINGBO	MOL BRAVO	Container Ship	10000	10.12.2018	1	132
636091610	NINGBO	LAS VEGAS	Container Ship	5100	26.12.2018	0	107
636091610	NINGBO	LAS VEGAS	Container Ship	5100	27.12.2018	1	121
636016704	NINGBO	YM EXCELLENCE	Container Ship	4500	14.12.2018	1	104
636016704	NINGBO	YM EXCELLENCE	Container Ship	4500	11.12.2018	0	104
247190800	NINGBO	ITAL LIRICA	Container Ship	5090	20.12.2018	1	125
247190800	NINGBO	ITAL LIRICA	Container Ship	5090	20.12.2018	0	107
538007467	NINGBO	TR ATHOS	Container Ship	2700	05.12.2018	0	104
538007467	NINGBO	TR ATHOS	Container Ship	2700	05.12.2018	1	103
477139100	NINGBO	COSCO SHIPPING TAURUS	Container Ship	20119	11.12.2018	0	144
477139100	NINGBO	COSCO SHIPPING TAURUS	Container Ship	20119	12.12.2018	1	154
352757000	NINGBO	MSC ZOE	Container Ship	18400	01.12.2018	1	122
477770300	NINGBO	MAERSK SALINA	Container Ship	8400	08.12.2018	0	115
477770300	NINGBO	MAERSK SALINA	Container Ship	8400	09.12.2018	1	134
428011000	NINGBO	ZIM HAIFA	Container Ship	5000	20.12.2018	0	117
428011000	NINGBO	ZIM HAIFA	Container Ship	5000	20.12.2018	1	124
232010196	NINGBO	ORIENTAL ARROW	Container Ship	1020	21.12.2018	1	71
232010196	NINGBO	ORIENTAL ARROW	Container Ship	1020	21.12.2018	0	64

255805676	NINGBO	MAERSK YANGTZE	Container Ship	5752	14.12.2018	1	112
255805676	NINGBO	MAERSK YANGTZE	Container Ship	5752	13.12.2018	0	105
636014221	NINGBO	ZIM SAN DIEGO	Container Ship	7500	31.12.2018	0	114
477077700	NINGBO	COSCO HAIFA	Container Ship	4253	05.12.2018	1	118
477077700	NINGBO	COSCO HAIFA	Container Ship	4253	04.12.2018	0	111
422039200	NINGBO	ARTENOS	Container Ship	2478	07.12.2018	1	92
422039200	NINGBO	ARTENOS	Container Ship	2478	06.12.2018	0	75
636013694	NINGBO	YM EMINENCE	Container Ship	4252	21.12.2018	1	110
636013694	NINGBO	YM EMINENCE	Container Ship	4252	20.12.2018	0	100
477150700	NINGBO	G.ACE	Container Ship	2401	29.12.2018	0	82
477150700	NINGBO	G.ACE	Container Ship	2401	29.12.2018	1	100
372765000	NINGBO	SITC HONGKONG	Container Ship	907	24.12.2018	1	0
372765000	NINGBO	SITC HONGKONG	Container Ship	907	31.12.2018	0	0
372765000	NINGBO	SITC HONGKONG	Container Ship	907	23.12.2018	0	0
372765000	NINGBO	SITC HONGKONG	Container Ship	907	12.12.2018	1	0
372765000	NINGBO	SITC HONGKONG	Container Ship	907	15.12.2018	1	74
372765000	NINGBO	SITC HONGKONG	Container Ship	907	13.12.2018	0	74
372765000	NINGBO	SITC HONGKONG	Container Ship	907	05.12.2018	1	70
372765000	NINGBO	SITC HONGKONG	Container Ship	907	05.12.2018	0	0
372765000	NINGBO	SITC HONGKONG	Container Ship	907	01.12.2018	0	77
354654000	NINGBO	EVER GOLDEN	Container Ship	20388	01.12.2018	0	113
354654000	NINGBO	EVER GOLDEN	Container Ship	20388	04.12.2018	1	114
413171000	NINGBO	XIN FEI ZHOU	Container Ship	8530	22.12.2018	1	125
413171000	NINGBO	XIN FEI ZHOU	Container Ship	8530	21.12.2018	0	104
413171000	NINGBO	XIN FEI ZHOU	Container Ship	8530	18.12.2018	1	91
413171000	NINGBO	XIN FEI ZHOU	Container Ship	8530	18.12.2018	0	92
538005838	NINGBO	AL MURABBA	Container Ship	14500	11.12.2018	0	122
538005838	NINGBO	AL MURABBA	Container Ship	14500	12.12.2018	1	122
271044570	NINGBO	MCC NANJING	Container Ship	0	10.12.2018	1	87
271044570	NINGBO	MCC NANJING	Container Ship	0	09.12.2018	0	87
248274000	NINGBO	HYUNDAI HONOUR	Container Ship	0	11.12.2018	1	118
248274000	NINGBO	HYUNDAI HONOUR	Container Ship	0	09.12.2018	0	108
255805942	NINGBO	CONTI CRYSTAL	Container Ship	0	25.12.2018	1	105
255805942	NINGBO	CONTI CRYSTAL	Container Ship	0	23.12.2018	0	105
219155000	NINGBO	MAERSK EVORA	Container Ship	0	11.12.2018	0	125
219155000	NINGBO	MAERSK EVORA	Container Ship	0	12.12.2018	1	137
564264000	NINGBO	KOTA SETIA	Container Ship	0	22.12.2018	0	101
564264000	NINGBO	KOTA SETIA	Container Ship	0	24.12.2018	1	105

209241000	NINGBO	TINA I	Container Ship	0	10.12.2018	0	106
228067900	NINGBO	CMA CGM BOUGAINVILLE	Container Ship	16000	06.12.2018	1	120
228067900	NINGBO	CMA CGM BOUGAINVILLE	Container Ship	16000	05.12.2018	0	106
256603000	NINGBO	AIN SNAN	Container Ship	13296	18.12.2018	1	104
256603000	NINGBO	AIN SNAN	Container Ship	13296	15.12.2018	0	110
212790000	NINGBO	CSL ATLANTIC	Container Ship	0	07.12.2018	1	106
212790000	NINGBO	CSL ATLANTIC	Container Ship	0	06.12.2018	0	103
369296000	NINGBO	MANUKAI	Container Ship	2600	17.12.2018	1	95
369296000	NINGBO	MANUKAI	Container Ship	2600	17.12.2018	0	95
563361000	NINGBO	KOTA CEPAT	Container Ship	6606	20.12.2018	1	118
563361000	NINGBO	KOTA CEPAT	Container Ship	6606	20.12.2018	0	109
563361000	NINGBO	KOTA CEPAT	Container Ship	6606	09.12.2018	0	90
563361000	NINGBO	KOTA CEPAT	Container Ship	6606	10.12.2018	1	83
416429000	NINGBO	YM HAWK	Container Ship	1500	27.12.2018	0	61
416429000	NINGBO	YM HAWK	Container Ship	1500	27.12.2018	1	76
412633000	NINGBO	TIAN JIN HE	Container Ship	5089	10.12.2018	0	102
412633000	NINGBO	TIAN JIN HE	Container Ship	5089	11.12.2018	1	98
249414000	NINGBO	ZIM SAO PAOLO	Container Ship	4253	01.12.2018	1	111
477585400	NINGBO	SITC ZHEJIANG	Container Ship	1800	20.12.2018	1	79
477585400	NINGBO	SITC ZHEJIANG	Container Ship	1800	20.12.2018	0	87
356706000	NINGBO	ITAL MELODIA	Container Ship	4300	28.12.2018	0	85
356706000	NINGBO	ITAL MELODIA	Container Ship	4300	29.12.2018	1	86
538004612	NINGBO	EAGLE	Container Ship	2824	20.12.2018	1	76
538004612	NINGBO	EAGLE	Container Ship	2824	19.12.2018	0	75
636091716	NINGBO	NORTHERN PRECISION	Container Ship	4600	28.12.2018	1	87
636091716	NINGBO	NORTHERN PRECISION	Container Ship	4600	28.12.2018	0	93
355563000	NINGBO	YM WELLBEING	Container Ship	0	29.12.2018	0	109
355563000	NINGBO	YM WELLBEING	Container Ship	0	30.12.2018	1	124
255805573	NINGBO	JOGELA	Container Ship	4800	11.12.2018	1	115
255805573	NINGBO	JOGELA	Container Ship	4800	10.12.2018	0	100
357874000	NINGBO	EVER USEFUL	Container Ship	5652	05.12.2018	1	111
357874000	NINGBO	EVER USEFUL	Container Ship	5652	05.12.2018	0	97
566235001	NINGBO	WAN HAI 271	Container Ship	1805	28.12.2018	0	70
566235001	NINGBO	WAN HAI 271	Container Ship	1805	29.12.2018	1	71
247188100	NINGBO	ITAL LIBERA	Container Ship	5090	07.12.2018	0	97
247188100	NINGBO	ITAL LIBERA	Container Ship	5090	08.12.2018	1	103

477390300	NINGBO	SEASPAN ZAMBEZI	Container Ship	10000	23.12.2018	1	138
477390300	NINGBO	SEASPAN ZAMBEZI	Container Ship	10000	22.12.2018	0	134
477464400	NINGBO	COSCO ISTANBUL	Container Ship	4250	04.12.2018	1	101
477464400	NINGBO	COSCO ISTANBUL	Container Ship	4250	04.12.2018	0	106
636015183	NINGBO	YM MASCULINITY	Container Ship	6589	25.12.2018	0	93
636015183	NINGBO	YM MASCULINITY	Container Ship	6589	26.12.2018	1	91
477220400	NINGBO	MSC ANTALYA	Container Ship	9400	16.12.2018	0	104
477220400	NINGBO	MSC ANTALYA	Container Ship	9400	17.12.2018	1	122
212790000	NINGBO	CSL ATLANTIC	Container Ship	5047	07.12.2018	1	106
212790000	NINGBO	CSL ATLANTIC	Container Ship	5047	06.12.2018	0	103
538006766	NINGBO	ASIATIC DAWN	Container Ship	915	09.12.2018	1	70
538006766	NINGBO	ASIATIC DAWN	Container Ship	915	08.12.2018	0	70
566730000	NINGBO	WAN HAI 513	Container Ship	4500	04.12.2018	0	101
566730000	NINGBO	WAN HAI 513	Container Ship	4500	05.12.2018	1	107
566828000	NINGBO	WAN HAI 515	Container Ship	4680	08.12.2018	1	101
566828000	NINGBO	WAN HAI 515	Container Ship	4680	07.12.2018	0	88
413452480	NINGBO	XIN FENG NINGBO	Container Ship	2227	22.12.2018	1	87
413452480	NINGBO	XIN FENG NINGBO	Container Ship	2227	21.12.2018	0	117
413452480	NINGBO	XIN FENG NINGBO	Container Ship	2227	13.12.2018	1	74
413452480	NINGBO	XIN FENG NINGBO	Container Ship	2227	12.12.2018	0	117
636014222	NINGBO	ZIM ROTTERDAM	Container Ship	9262	18.12.2018	1	116
636014222	NINGBO	ZIM ROTTERDAM	Container Ship	9262	17.12.2018	0	124
413443320	NINGBO	HENG RUN DA 21	Container Ship	424	23.12.2018	0	72
413443320	NINGBO	HENG RUN DA 21	Container Ship	424	24.12.2018	1	52
413443320	NINGBO	HENG RUN DA 21	Container Ship	424	11.12.2018	1	52
413443320	NINGBO	HENG RUN DA 21	Container Ship	424	09.12.2018	0	72
636013697	NINGBO	YM ENHANCER	Container Ship	4250	08.12.2018	1	113
636013697	NINGBO	YM ENHANCER	Container Ship	4250	08.12.2018	0	94
218774000	NINGBO	HAMBURG EXPRESS	Container Ship	13000	01.12.2018	1	138
477014400	NINGBO	SEASPAN VANCOUVER	Container Ship	4253	23.12.2018	0	101
477014400	NINGBO	SEASPAN VANCOUVER	Container Ship	4253	24.12.2018	1	114
538005841	NINGBO	LINAH	Container Ship	14500	19.12.2018	1	117
538005841	NINGBO	LINAH	Container Ship	14500	18.12.2018	0	102
636092863	NINGBO	AS PENELOPE	Container Ship	0	04.12.2018	0	89
636092863	NINGBO	AS PENELOPE	Container Ship	0	04.12.2018	1	105
477002300	NINGBO	KMTC TAIPEIS	Container Ship	0	21.12.2018	1	99
477002300	NINGBO	KMTC TAIPEIS	Container Ship	0	20.12.2018	0	93

255806034	NINGBO	NORTHERN JASPER	Container Ship	0	26.12.2018	0	105
255806034	NINGBO	NORTHERN JASPER	Container Ship	0	27.12.2018	1	105
538007702	NINGBO	KOTA GEMBIRA	Container Ship	0	04.12.2018	0	85
538007702	NINGBO	KOTA GEMBIRA	Container Ship	0	05.12.2018	1	102
372932000	NINGBO	MCC CEBU	Container Ship	0	25.12.2018	0	73
372932000	NINGBO	MCC CEBU	Container Ship	0	26.12.2018	1	84
255806152	NINGBO	MAERSK WIESBADEN	Container Ship	0	07.12.2018	1	87
255806152	NINGBO	MAERSK WIESBADEN	Container Ship	0	06.12.2018	0	75
636018541	NINGBO	CMA CGM MISSISSIPPI	Container Ship	0	05.12.2018	1	112
374008000	NINGBO	MSC NAOMI	Container Ship	8800	06.12.2018	1	107
374008000	NINGBO	MSC NAOMI	Container Ship	8800	05.12.2018	0	107
477139200	NINGBO	MOUNT NICHOLSON	Container Ship	1730	21.12.2018	1	67
477139200	NINGBO	MOUNT NICHOLSON	Container Ship	1730	21.12.2018	0	67
636012252	NINGBO	YM WEALTH	Container Ship	5551	30.12.2018	0	111
636012252	NINGBO	YM WEALTH	Container Ship	5551	31.12.2018	1	123
636014224	NINGBO	TIANJIN	Container Ship	10062	05.12.2018	1	111
636014224	NINGBO	TIANJIN	Container Ship	10062	04.12.2018	0	105
211433000	NINGBO	COLOMBO EXPRESS	Container Ship	8235	12.12.2018	1	128
211433000	NINGBO	COLOMBO EXPRESS	Container Ship	8235	11.12.2018	0	116
351566000	NINGBO	ISEACO FORTUNE	Container Ship	1405	02.12.2018	0	76
351566000	NINGBO	ISEACO FORTUNE	Container Ship	1405	04.12.2018	1	83
357051000	NINGBO	MSC DANIT	Container Ship	13200	14.12.2018	1	131
357051000	NINGBO	MSC DANIT	Container Ship	13200	13.12.2018	0	118
477845600	NINGBO	COSCO ITALY	Container Ship	13386	22.12.2018	0	110
477845600	NINGBO	COSCO ITALY	Container Ship	13386	23.12.2018	1	130
431260000	NINGBO	MANHATTAN BRIDGE	Container Ship	13900	15.12.2018	1	120
431260000	NINGBO	MANHATTAN BRIDGE	Container Ship	13900	15.12.2018	0	126
219861000	NINGBO	MILAN MAERSK	Container Ship	19630	13.12.2018	1	109
219861000	NINGBO	MILAN MAERSK	Container Ship	19630	12.12.2018	0	105
414304000	NINGBO	TIAN SHUN HE	Container Ship	5800	28.12.2018	0	130
414304000	NINGBO	TIAN SHUN HE	Container Ship	5800	29.12.2018	1	119
414304000	NINGBO	TIAN SHUN HE	Container Ship	5800	07.12.2018	1	128
414304000	NINGBO	TIAN SHUN HE	Container Ship	5800	06.12.2018	0	134
255805572	NINGBO	JADRANA	Container Ship	4800	13.12.2018	1	115
255805572	NINGBO	JADRANA	Container Ship	4800	12.12.2018	0	97
413149000	NINGBO	XIN WEI HAI	Container Ship	4250	13.12.2018	1	98
413149000	NINGBO	XIN WEI HAI	Container Ship	4250	12.12.2018	0	117
413380050	NINGBO	XIN OU 21	Container Ship	2470	06.12.2018	1	80

413380050	NINGBO	XIN OU 21	Container Ship	2470	05.12.2018	0	116
305127000	NINGBO	LANTAU BEACH	Container Ship	1049	06.12.2018	1	77
305127000	NINGBO	LANTAU BEACH	Container Ship	1049	06.12.2018	0	72
566941000	NINGBO	KOTA GADANG	Container Ship	2824	10.12.2018	1	112
566941000	NINGBO	KOTA GADANG	Container Ship	2824	10.12.2018	0	101
636016231	NINGBO	SWANSEA	Container Ship	6622	29.12.2018	0	103
636016231	NINGBO	SWANSEA	Container Ship	6622	29.12.2018	1	110
636016850	NINGBO	PETROHUE	Container Ship	6539	04.12.2018	1	114
636016850	NINGBO	PETROHUE	Container Ship	6539	02.12.2018	0	116
366576000	NINGBO	RJ PFEIFFER	Container Ship	2019	10.12.2018	1	96
366576000	NINGBO	RJ PFEIFFER	Container Ship	2019	10.12.2018	0	92
566796000	NINGBO	APL TEMASEK	Container Ship	13892	21.12.2018	0	115
566796000	NINGBO	APL TEMASEK	Container Ship	13892	22.12.2018	1	120
636017000	NINGBO	MONGOOSE HUNTER	Container Ship	4922	10.12.2018	1	128
636017000	NINGBO	MONGOOSE HUNTER	Container Ship	4922	09.12.2018	0	134
636091739	NINGBO	TESSA	Container Ship	5527	17.12.2018	1	126
636091739	NINGBO	TESSA	Container Ship	5527	16.12.2018	0	116
353111000	NINGBO	SINO BRIDGE	Container Ship	4738	25.12.2018	0	100
353111000	NINGBO	SINO BRIDGE	Container Ship	4738	26.12.2018	1	100
566942000	NINGBO	WAN HAI 517	Container Ship	4500	23.12.2018	0	100
566942000	NINGBO	WAN HAI 517	Container Ship	4500	23.12.2018	1	110
413064000	NINGBO	XIN YAN TIAN	Container Ship	5668	04.12.2018	1	121
413064000	NINGBO	XIN YAN TIAN	Container Ship	5668	02.12.2018	0	110
636090921	NINGBO	MP THE EDELMAN	Container Ship	5060	15.12.2018	1	88
636090921	NINGBO	MP THE EDELMAN	Container Ship	5060	14.12.2018	0	96
220129000	NINGBO	COLUMBINE MAERSK	Container Ship	8648	17.12.2018	1	107
220129000	NINGBO	COLUMBINE MAERSK	Container Ship	8648	14.12.2018	0	105
563487000	NINGBO	CARL SCHULTE	Container Ship	5400	21.12.2018	1	118
563487000	NINGBO	CARL SCHULTE	Container Ship	5400	20.12.2018	0	118
228315600	NINGBO	CMA CGM CHRISTOPHE COLOMB	Container Ship	13344	08.12.2018	1	119
228315600	NINGBO	CMA CGM CHRISTOPHE COLOMB	Container Ship	13344	07.12.2018	0	127
220008000	NINGBO	JOSEPHINE MAERSK	Container Ship	2833	12.12.2018	0	104
220008000	NINGBO	JOSEPHINE MAERSK	Container Ship	2833	13.12.2018	1	99
357101000	NINGBO	COSCO FUKUYAMA	Container Ship	4506	30.12.2018	0	105
357101000	NINGBO	COSCO FUKUYAMA	Container Ship	4506	31.12.2018	1	115
357101000	NINGBO	COSCO FUKUYAMA	Container Ship	4506	02.12.2018	1	116
357101000	NINGBO	COSCO FUKUYAMA	Container Ship	4506	01.12.2018	0	111

538090149	NINGBO	OCTAVIA	Container Ship	5028	24.12.2018	1	124
538090149	NINGBO	OCTAVIA	Container Ship	5028	23.12.2018	0	127
371939000	NINGBO	UNI FORTUNA	Container Ship	3450	30.12.2018	0	107
477006600	NINGBO	MILD TEMPO	Container Ship	1100	24.12.2018	1	68
477006600	NINGBO	MILD TEMPO	Container Ship	1100	29.12.2018	0	73
477006600	NINGBO	MILD TEMPO	Container Ship	1100	31.12.2018	1	68
477006600	NINGBO	MILD TEMPO	Container Ship	1100	22.12.2018	0	81
477006600	NINGBO	MILD TEMPO	Container Ship	1100	15.12.2018	0	80
477006600	NINGBO	MILD TEMPO	Container Ship	1100	16.12.2018	1	69
477006600	NINGBO	MILD TEMPO	Container Ship	1100	09.12.2018	1	71
477006600	NINGBO	MILD TEMPO	Container Ship	1100	08.12.2018	0	80
477006600	NINGBO	MILD TEMPO	Container Ship	1100	01.12.2018	1	71
477006600	NINGBO	MILD TEMPO	Container Ship	1100	01.12.2018	0	73
219034000	NINGBO	MANCHESTER MAERSK	Container Ship	19630	19.12.2018	1	112
219034000	NINGBO	MANCHESTER MAERSK	Container Ship	19630	18.12.2018	0	112
563002100	NINGBO	MAERSK SIRAC	Container Ship	1808	12.12.2018	1	93
563002100	NINGBO	MAERSK SIRAC	Container Ship	1808	10.12.2018	0	94
413977000	NINGBO	DONG FANG FU	Container Ship	1032	25.12.2018	0	64
413977000	NINGBO	DONG FANG FU	Container Ship	1032	28.12.2018	1	64
413977000	NINGBO	DONG FANG FU	Container Ship	1032	18.12.2018	1	68
413977000	NINGBO	DONG FANG FU	Container Ship	1032	17.12.2018	0	76
413977000	NINGBO	DONG FANG FU	Container Ship	1032	10.12.2018	1	67
413977000	NINGBO	DONG FANG FU	Container Ship	1032	10.12.2018	0	75
413977000	NINGBO	DONG FANG FU	Container Ship	1032	01.12.2018	0	64
413977000	NINGBO	DONG FANG FU	Container Ship	1032	02.12.2018	1	65
255805657	NINGBO	VENETIA	Container Ship	4178	29.12.2018	0	89
255805657	NINGBO	VENETIA	Container Ship	4178	29.12.2018	1	96
351726000	NINGBO	STELLAR WINDSOR	Container Ship	1577	31.12.2018	1	96
351726000	NINGBO	STELLAR WINDSOR	Container Ship	1577	30.12.2018	0	84
477056400	NINGBO	COSCO OCEANIA	Container Ship	10020	19.12.2018	1	138
477056400	NINGBO	COSCO OCEANIA	Container Ship	10020	18.12.2018	0	138
477542900	NINGBO	CSCL MANZANILLO	Container Ship	2546	04.12.2018	1	98
477542900	NINGBO	CSCL MANZANILLO	Container Ship	2546	02.12.2018	0	92
228353600	NINGBO	CMA CGM OTELLO	Container Ship	8488	05.12.2018	0	96
228353600	NINGBO	CMA CGM OTELLO	Container Ship	8488	06.12.2018	1	70
372829000	NINGBO	EVER SUMMIT	Container Ship	7024	04.12.2018	1	131
372829000	NINGBO	EVER SUMMIT	Container Ship	7024	04.12.2018	0	114

372038000	NINGBO	HUMBER BRIDGE	Container Ship	8212	22.12.2018	1	101
372038000	NINGBO	HUMBER BRIDGE	Container Ship	8212	21.12.2018	0	110
636091525	NINGBO	NORTHERN DECISION	Container Ship	3534	11.12.2018	1	115
636091525	NINGBO	NORTHERN DECISION	Container Ship	3534	10.12.2018	0	112
477652300	NINGBO	COSCO ENGLAND	Container Ship	13360	30.12.2018	1	110
477652300	NINGBO	COSCO ENGLAND	Container Ship	13360	28.12.2018	0	105
412275000	NINGBO	LING YUN HE	Container Ship	1702	04.12.2018	1	78
412275000	NINGBO	LING YUN HE	Container Ship	1702	02.12.2018	0	105
356481000	NINGBO	SUNNY ACACIA	Container Ship	1000	25.12.2018	1	74
356481000	NINGBO	SUNNY ACACIA	Container Ship	1000	24.12.2018	0	81
356481000	NINGBO	SUNNY ACACIA	Container Ship	1000	10.12.2018	1	75
356481000	NINGBO	SUNNY ACACIA	Container Ship	1000	10.12.2018	0	82
636014031	NINGBO	AVRA C	Container Ship	1037	30.12.2018	0	84
636014031	NINGBO	AVRA C	Container Ship	1037	30.12.2018	1	85
219863000	NINGBO	MONACO MAERSK	Container Ship	19630	06.12.2018	1	114
219863000	NINGBO	MONACO MAERSK	Container Ship	19630	05.12.2018	0	118
636016928	NINGBO	SM VANCOUVER	Container Ship	5468	17.12.2018	1	100
636016928	NINGBO	SM VANCOUVER	Container Ship	5468	14.12.2018	0	103
413453650	NINGBO	XIN MING ZHOU 20	Container Ship	1100	20.12.2018	0	70
413453650	NINGBO	XIN MING ZHOU 20	Container Ship	1100	20.12.2018	1	81
413453650	NINGBO	XIN MING ZHOU 20	Container Ship	1100	13.12.2018	1	80
413453650	NINGBO	XIN MING ZHOU 20	Container Ship	1100	13.12.2018	0	68
413453650	NINGBO	XIN MING ZHOU 20	Container Ship	1100	06.12.2018	1	79
413453650	NINGBO	XIN MING ZHOU 20	Container Ship	1100	05.12.2018	0	72
477518600	NINGBO	MOL BRIGHTNESS	Container Ship	10000	04.12.2018	1	127
477518600	NINGBO	MOL BRIGHTNESS	Container Ship	10000	01.12.2018	0	101
477311600	NINGBO	COSCO COLOMBO	Container Ship	4249	13.12.2018	0	96
477311600	NINGBO	COSCO COLOMBO	Container Ship	4249	14.12.2018	1	119
477067900	NINGBO	OOCL UTAH	Container Ship	8528	29.12.2018	0	107
477067900	NINGBO	OOCL UTAH	Container Ship	8528	31.12.2018	1	97
538007468	NINGBO	TR PORTHOS	Container Ship	2700	22.12.2018	1	82
538007468	NINGBO	TR PORTHOS	Container Ship	2700	19.12.2018	0	83
566894000	NINGBO	KOTA MACHAN	Container Ship	3560	21.12.2018	1	106
566894000	NINGBO	KOTA MACHAN	Container Ship	3560	21.12.2018	0	90
566894000	NINGBO	KOTA MACHAN	Container Ship	3560	14.12.2018	1	82
566894000	NINGBO	KOTA MACHAN	Container Ship	3560	14.12.2018	0	82
636016203	NINGBO	ZIM INDIA	Container Ship	4250	12.12.2018	1	100
636016203	NINGBO	ZIM INDIA	Container Ship	4250	12.12.2018	0	96

538007643	NINGBO	GH LESTE	Container Ship	3426	25.12.2018	0	92
538007643	NINGBO	GH LESTE	Container Ship	3426	25.12.2018	1	100
228316800	NINGBO	CMA CGM AMERIGO VESPUCCI	Container Ship	13344	29.12.2018	0	117
228316800	NINGBO	CMA CGM AMERIGO VESPUCCI	Container Ship	13344	30.12.2018	1	124
566858000	NINGBO	KOTA LEMBAH	Container Ship	4335	16.12.2018	0	92
566858000	NINGBO	KOTA LEMBAH	Container Ship	4335	17.12.2018	1	97
477518400	NINGBO	KOTA LEKAS	Container Ship	4800	25.12.2018	1	108
477518400	NINGBO	KOTA LEKAS	Container Ship	4800	24.12.2018	0	98
413695760	NINGBO	DONG FANG QIANG	Container Ship	2000	16.12.2018	1	94
413695760	NINGBO	DONG FANG QIANG	Container Ship	2000	15.12.2018	0	94
413965000	NINGBO	TIAN LI HE	Container Ship	5089	24.12.2018	0	94
413965000	NINGBO	TIAN LI HE	Container Ship	5089	25.12.2018	1	96
538003810	NINGBO	MOL MATRIX	Container Ship	6724	02.12.2018	0	102
538003810	NINGBO	MOL MATRIX	Container Ship	6724	04.12.2018	1	105
636019086	NINGBO	SM NINGBO	Container Ship	0	22.12.2018	0	102
636019086	NINGBO	SM NINGBO	Container Ship	0	24.12.2018	1	101
255806125	NINGBO	AS CLEMENTINA	Container Ship	0	31.12.2018	0	100
255806125	NINGBO	AS CLEMENTINA	Container Ship	0	15.12.2018	1	95
255806125	NINGBO	AS CLEMENTINA	Container Ship	0	14.12.2018	0	95
566456000	NINGBO	SIMA GISELLE	Container Ship	0	09.12.2018	1	92
566456000	NINGBO	SIMA GISELLE	Container Ship	0	09.12.2018	0	89
219646000	NINGBO	MATHILDE MAERSK	Container Ship	18000	14.12.2018	0	103
219646000	NINGBO	MATHILDE MAERSK	Container Ship	18000	08.12.2018	1	95
219646000	NINGBO	MATHILDE MAERSK	Container Ship	18000	08.12.2018	0	107
219974000	NINGBO	JENS MAERSK	Container Ship	2833	26.12.2018	0	98
219974000	NINGBO	JENS MAERSK	Container Ship	2833	26.12.2018	1	108
477107200	NINGBO	COSCO PACIFIC	Container Ship	10000	24.12.2018	1	125
477107200	NINGBO	COSCO PACIFIC	Container Ship	10000	23.12.2018	0	120
636013699	NINGBO	YM ETERNITY	Container Ship	4250	27.12.2018	0	99
636013699	NINGBO	YM ETERNITY	Container Ship	4250	28.12.2018	1	114
636013699	NINGBO	YM ETERNITY	Container Ship	4250	04.12.2018	1	74
636013699	NINGBO	YM ETERNITY	Container Ship	4250	02.12.2018	0	94
412714000	NINGBO	TIAN AN HE	Container Ship	5089	23.12.2018	1	88
412714000	NINGBO	TIAN AN HE	Container Ship	5089	22.12.2018	0	94
412714000	NINGBO	TIAN AN HE	Container Ship	5089	04.12.2018	1	90
412714000	NINGBO	TIAN AN HE	Container Ship	5089	04.12.2018	0	118
373183000	NINGBO	MSC DEILA	Container Ship	14000	01.12.2018	1	133

218441000	NINGBO	MSC LIVORNO	Container Ship	14000	02.12.2018	1	134
218441000	NINGBO	MSC LIVORNO	Container Ship	14000	01.12.2018	0	120
538008134	NINGBO	CAP SAN LAZARO	Container Ship	0	01.12.2018	1	130
636018394	NINGBO	SM QINGDAO	Container Ship	0	10.12.2018	1	85
636018394	NINGBO	SM QINGDAO	Container Ship	0	09.12.2018	0	81
636017175	NINGBO	IRENES WARWICK	Container Ship	0	01.12.2018	1	118
477118600	NINGBO	COSCO SHIPPING RHINE	Container Ship	0	15.12.2018	1	127
477118600	NINGBO	COSCO SHIPPING RHINE	Container Ship	0	14.12.2018	0	107
538007483	NINGBO	HYUNDAI UNITY	Container Ship	0	13.12.2018	1	115
538007483	NINGBO	HYUNDAI UNITY	Container Ship	0	13.12.2018	0	112
477021200	NINGBO	KOTA GAYA	Container Ship	0	17.12.2018	1	104
477021200	NINGBO	KOTA GAYA	Container Ship	0	17.12.2018	0	93
636017726	NINGBO	MSC ERICA	Container Ship	0	24.12.2018	0	112
636017726	NINGBO	MSC ERICA	Container Ship	0	25.12.2018	1	112
212289000	NINGBO	NORDPUMA	Container Ship	1700	24.12.2018	1	79
212289000	NINGBO	NORDPUMA	Container Ship	1700	24.12.2018	0	73
212289000	NINGBO	NORDPUMA	Container Ship	1700	04.12.2018	0	67
212289000	NINGBO	NORDPUMA	Container Ship	1700	04.12.2018	1	67
477010600	NINGBO	SINOTRANS KAOHSIUNG	Container Ship	1900	16.12.2018	1	80
477010600	NINGBO	SINOTRANS KAOHSIUNG	Container Ship	1900	15.12.2018	0	73
229949000	NINGBO	ST.JOHN	Container Ship	1700	20.12.2018	1	86
229949000	NINGBO	ST.JOHN	Container Ship	1700	20.12.2018	0	81
353346000	NINGBO	SITC KOBE	Container Ship	831	16.12.2018	1	70
353346000	NINGBO	SITC KOBE	Container Ship	831	15.12.2018	0	70
247185200	NINGBO	ITAL LAGUNA	Container Ship	5090	17.12.2018	1	109
247185200	NINGBO	ITAL LAGUNA	Container Ship	5090	15.12.2018	0	90
477958800	NINGBO	MAERSK ATLANTIC	Container Ship	1092	20.12.2018	1	75
477958800	NINGBO	MAERSK ATLANTIC	Container Ship	1092	19.12.2018	0	69
413453290	NINGBO	HE YANG	Container Ship	834	31.12.2018	0	86
413453290	NINGBO	HE YANG	Container Ship	834	24.12.2018	1	86
413453290	NINGBO	HE YANG	Container Ship	834	23.12.2018	0	87
413453290	NINGBO	HE YANG	Container Ship	834	09.12.2018	0	78
413453290	NINGBO	HE YANG	Container Ship	834	09.12.2018	1	78
218565000	NINGBO	LEVERKUSEN EXPRESS	Container Ship	13000	02.12.2018	1	112
218565000	NINGBO	LEVERKUSEN EXPRESS	Container Ship	13000	02.12.2018	0	106

564575000	NINGBO	THALASSA AVRA	Container Ship	13800	24.12.2018	1	137
564575000	NINGBO	THALASSA AVRA	Container Ship	13800	22.12.2018	0	137
413166000	NINGBO	XIN TAI CANG	Container Ship	4250	24.12.2018	1	114
413166000	NINGBO	XIN TAI CANG	Container Ship	4250	23.12.2018	0	128
413456130	NINGBO	XIN MING ZHOU 26	Container Ship	1042	19.12.2018	0	77
413456130	NINGBO	XIN MING ZHOU 26	Container Ship	1042	22.12.2018	1	77
413456130	NINGBO	XIN MING ZHOU 26	Container Ship	1042	14.12.2018	1	77
413456130	NINGBO	XIN MING ZHOU 26	Container Ship	1042	13.12.2018	0	60
413456130	NINGBO	XIN MING ZHOU 26	Container Ship	1042	16.12.2018	1	63
413456130	NINGBO	XIN MING ZHOU 26	Container Ship	1042	16.12.2018	0	71
413456130	NINGBO	XIN MING ZHOU 26	Container Ship	1042	08.12.2018	1	65
413456130	NINGBO	XIN MING ZHOU 26	Container Ship	1042	07.12.2018	0	71
538007628	NINGBO	NAVIOS AMARANTH	Container Ship	4250	04.12.2018	1	113
538007628	NINGBO	NAVIOS AMARANTH	Container Ship	4250	04.12.2018	0	96
248268000	NINGBO	HYUNDAI RESPECT	Container Ship	0	20.12.2018	1	121
248268000	NINGBO	HYUNDAI RESPECT	Container Ship	0	19.12.2018	0	119
413702170	NINGBO	WAN FU DA	Container Ship	0	16.12.2018	1	65
413702170	NINGBO	WAN FU DA	Container Ship	0	15.12.2018	0	101
563017800	NINGBO	MAERSK HONG KONG	Container Ship	0	04.12.2018	1	131
563017800	NINGBO	MAERSK HONG KONG	Container Ship	0	02.12.2018	0	118
477849500	NINGBO	SITC MACAO	Container Ship	0	26.12.2018	0	82
477849500	NINGBO	SITC MACAO	Container Ship	0	27.12.2018	1	88
248925000	NINGBO	APL CHINA	Container Ship	0	06.12.2018	1	86
248925000	NINGBO	APL CHINA	Container Ship	0	05.12.2018	0	90
563004900	NINGBO	EVER STRONG	Container Ship	0	23.12.2018	1	134
563004900	NINGBO	EVER STRONG	Container Ship	0	23.12.2018	0	117
248207000	NINGBO	MAERSK JAIPUR	Container Ship	0	07.12.2018	1	99
248207000	NINGBO	MAERSK JAIPUR	Container Ship	0	07.12.2018	0	91
636092696	NINGBO	RHL CONSCIENTIA	Container Ship	0	19.12.2018	0	98
636092696	NINGBO	RHL CONSCIENTIA	Container Ship	0	20.12.2018	1	111
477010500	NINGBO	KOTA GABUNG	Container Ship	0	31.12.2018	0	96
477010500	NINGBO	KOTA GABUNG	Container Ship	0	05.12.2018	1	114
477010500	NINGBO	KOTA GABUNG	Container Ship	0	05.12.2018	0	110
209241000	NINGBO	TINA I	Container Ship	0	10.12.2018	1	111
477430400	NINGBO	MCC NINGBO	Container Ship	0	19.12.2018	1	82
477430400	NINGBO	MCC NINGBO	Container Ship	0	19.12.2018	0	78
477137700	NINGBO	SITC KANTO	Container Ship	0	10.12.2018	0	89
477137700	NINGBO	SITC KANTO	Container Ship	0	11.12.2018	1	91

477430100	NINGBO	YM WELCOME	Container Ship	0	21.12.2018	1	140
477430100	NINGBO	YM WELCOME	Container Ship	0	20.12.2018	0	127
255805869	NINGBO	MSC GIULIA	Container Ship	0	04.12.2018	1	126
255805869	NINGBO	MSC GIULIA	Container Ship	0	04.12.2018	0	134
636018097	NINGBO	SM MUMBAI	Container Ship	0	29.12.2018	0	84
636018097	NINGBO	SM MUMBAI	Container Ship	0	31.12.2018	1	86
636092871	NINGBO	MP THE MCGINEST	Container Ship	0	05.12.2018	1	88
636092871	NINGBO	MP THE MCGINEST	Container Ship	0	04.12.2018	0	81
255805810	NINGBO	UBENA	Container Ship	0	01.12.2018	1	85
219836000	NINGBO	MADRID MAERSK	Container Ship	0	23.12.2018	1	118
219836000	NINGBO	MADRID MAERSK	Container Ship	0	22.12.2018	0	113
636018541	NINGBO	CMA CGM MISSISSIPPI	Container Ship	0	04.12.2018	0	99
563032700	NINGBO	MAERSK SAIGON	Container Ship	0	09.12.2018	1	95
563032700	NINGBO	MAERSK SAIGON	Container Ship	0	08.12.2018	0	86
255806127	NINGBO	AS SOPHIA	Container Ship	0	19.12.2018	1	88
255806127	NINGBO	AS SOPHIA	Container Ship	0	18.12.2018	0	80
256968000	NINGBO	CMA CGM COLUMBIA	Container Ship	0	16.12.2018	1	119
256968000	NINGBO	CMA CGM COLUMBIA	Container Ship	0	15.12.2018	0	111
636016106	NINGBO	ENSENADA	Container Ship	4492	25.12.2018	0	114
636014219	NINGBO	ZIM NINGBO	Container Ship	7500	12.12.2018	1	116
636014219	NINGBO	ZIM NINGBO	Container Ship	7500	11.12.2018	0	112
565771000	NINGBO	KOTA SEJATI	Container Ship	3900	31.12.2018	0	106
566282000	NINGBO	KOTA SELAMAT	Container Ship	3900	10.12.2018	1	112
566282000	NINGBO	KOTA SELAMAT	Container Ship	3900	10.12.2018	0	108
218776000	NINGBO	NEW YORK EXPRESS	Container Ship	13000	30.12.2018	0	115
218776000	NINGBO	NEW YORK EXPRESS	Container Ship	13000	31.12.2018	1	121
636016306	NINGBO	SYMI 1	Container Ship	9000	09.12.2018	0	129
636016306	NINGBO	SYMI 1	Container Ship	9000	09.12.2018	1	138
219324000	NINGBO	SALLY MAERSK	Container Ship	8160	23.12.2018	1	109
219324000	NINGBO	SALLY MAERSK	Container Ship	8160	21.12.2018	0	109
428010000	NINGBO	ZIM BARCELONA	Container Ship	4814	07.12.2018	1	122
428010000	NINGBO	ZIM BARCELONA	Container Ship	4814	06.12.2018	0	125
477464800	NINGBO	SITC OSAKA	Container Ship	1103	12.12.2018	1	80
477464800	NINGBO	SITC OSAKA	Container Ship	1103	11.12.2018	0	84
255805563	NINGBO	WIELAND	Container Ship	4771	05.12.2018	0	100
255805563	NINGBO	WIELAND	Container Ship	4771	06.12.2018	1	93
477769600	NINGBO	YM WINDOW	Container Ship	0	25.12.2018	0	126
477769600	NINGBO	YM WINDOW	Container Ship	0	26.12.2018	1	126

636092697	NINGBO	RHL CONSTANTIA	Container Ship	0	14.12.2018	1	101
636092697	NINGBO	RHL CONSTANTIA	Container Ship	0	14.12.2018	0	91
477027100	NINGBO	SITC HANSHIN	Container Ship	0	08.12.2018	1	81
477027100	NINGBO	SITC HANSHIN	Container Ship	0	07.12.2018	0	94
567571000	NINGBO	JARU BHUM	Container Ship	0	23.12.2018	0	77
567571000	NINGBO	JARU BHUM	Container Ship	0	23.12.2018	1	90
567571000	NINGBO	JARU BHUM	Container Ship	0	01.12.2018	1	83
567571000	NINGBO	JARU BHUM	Container Ship	0	01.12.2018	0	71
538005844	NINGBO	AL MASHRAB	Container Ship	0	31.12.2018	0	117
636018529	NINGBO	MCC SEOUL	Container Ship	0	24.12.2018	0	80
636018529	NINGBO	MCC SEOUL	Container Ship	0	25.12.2018	1	91
636017244	NINGBO	CHARLIE	Container Ship	0	18.12.2018	1	95
636017244	NINGBO	CHARLIE	Container Ship	0	17.12.2018	0	89
477172700	NINGBO	COSCO SHIPPING LIBRA	Container Ship	0	31.12.2018	0	142
636092831	NINGBO	SITC MAKASSAR	Container Ship	0	31.12.2018	0	79
636092831	NINGBO	SITC MAKASSAR	Container Ship	0	31.12.2018	1	93
477233800	NINGBO	SITC SENDAI	Container Ship	0	26.12.2018	0	80
477233800	NINGBO	SITC SENDAI	Container Ship	0	27.12.2018	1	76
209087000	NINGBO	CAPE PIONEER	Container Ship	0	06.12.2018	0	95
209087000	NINGBO	CAPE PIONEER	Container Ship	0	07.12.2018	1	90
636092829	NINGBO	AS LEONA	Container Ship	0	25.12.2018	1	76
636092829	NINGBO	AS LEONA	Container Ship	0	23.12.2018	0	81
636092829	NINGBO	AS LEONA	Container Ship	0	08.12.2018	1	60
636092829	NINGBO	AS LEONA	Container Ship	0	06.12.2018	0	52
412705880	NINGBO	XIN LONG YUN 86	Container Ship	0	08.12.2018	1	81
412705880	NINGBO	XIN LONG YUN 86	Container Ship	0	08.12.2018	0	111
374289000	NINGBO	MSC SARA ELENA	Container Ship	0	15.12.2018	1	102
374289000	NINGBO	MSC SARA ELENA	Container Ship	0	14.12.2018	0	99
636092793	NINGBO	COCHRANE	Container Ship	0	27.12.2018	1	124
636092793	NINGBO	COCHRANE	Container Ship	0	26.12.2018	0	115
249322000	NINGBO	CMA CGM JACQUES JUNIOR	Container Ship	0	30.12.2018	0	113
636092879	NINGBO	RDO FAVOUR	Container Ship	0	13.12.2018	0	101
636092879	NINGBO	RDO FAVOUR	Container Ship	0	13.12.2018	1	102
311000785	NINGBO	IRENES ROSE	Container Ship	0	24.12.2018	1	104
311000785	NINGBO	IRENES ROSE	Container Ship	0	24.12.2018	0	104
636092854	NINGBO	TORRES STRAIT	Container Ship	0	12.12.2018	1	83
636092854	NINGBO	TORRES STRAIT	Container Ship	0	12.12.2018	0	80

353136000	NINGBO	EVER GIVEN	Container Ship	0	17.12.2018	0	108
353136000	NINGBO	EVER GIVEN	Container Ship	0	18.12.2018	1	94
538005846	NINGBO	UMM QARN	Container Ship	0	24.12.2018	0	106
538005846	NINGBO	UMM QARN	Container Ship	0	25.12.2018	1	125
636018236	NINGBO	E.R.AMSTERDAM	Container Ship	0	05.12.2018	1	127
636018236	NINGBO	E.R.AMSTERDAM	Container Ship	0	05.12.2018	0	116
636016985	NINGBO	MAIRA XL	Container Ship	0	20.12.2018	1	109
636016985	NINGBO	MAIRA XL	Container Ship	0	19.12.2018	0	109
636018471	NINGBO	NAVIOS FELICITAS	Container Ship	0	05.12.2018	1	103
636018471	NINGBO	NAVIOS FELICITAS	Container Ship	0	04.12.2018	0	98
636092775	NINGBO	COPIAPO	Container Ship	0	14.12.2018	0	129
636092775	NINGBO	COPIAPO	Container Ship	0	15.12.2018	1	133
636017768	NINGBO	KMTC LAEM CHABANG	Container Ship	0	17.12.2018	1	77
636017768	NINGBO	KMTC LAEM CHABANG	Container Ship	0	15.12.2018	0	76
477043200	NINGBO	COSCO SHIPPING VOLGA	Container Ship	0	10.12.2018	1	120
477043200	NINGBO	COSCO SHIPPING VOLGA	Container Ship	0	09.12.2018	0	107
416020000	NINGBO	KUO CHANG	Container Ship	0	31.12.2018	0	68
416020000	NINGBO	KUO CHANG	Container Ship	0	23.12.2018	1	71
416020000	NINGBO	KUO CHANG	Container Ship	0	23.12.2018	0	81
416020000	NINGBO	KUO CHANG	Container Ship	0	14.12.2018	1	76
416020000	NINGBO	KUO CHANG	Container Ship	0	14.12.2018	0	74
416020000	NINGBO	KUO CHANG	Container Ship	0	07.12.2018	0	71
416020000	NINGBO	KUO CHANG	Container Ship	0	07.12.2018	1	72
477333900	NINGBO	COSCO SHIPPING THAMES	Container Ship	0	04.12.2018	1	124
477333900	NINGBO	COSCO SHIPPING THAMES	Container Ship	0	02.12.2018	0	103
636017686	NINGBO	MSC LEANNE	Container Ship	0	29.12.2018	0	109
636017686	NINGBO	MSC LEANNE	Container Ship	0	31.12.2018	1	129
636012253	NINGBO	YM FOUNTAIN	Container Ship	5551	11.12.2018	0	114
636012253	NINGBO	YM FOUNTAIN	Container Ship	5551	12.12.2018	1	123
372724000	NINGBO	HAMBURG BRIDGE	Container Ship	8212	14.12.2018	0	99
372724000	NINGBO	HAMBURG BRIDGE	Container Ship	8212	16.12.2018	1	97
416464000	NINGBO	YM UNICORN	Container Ship	8626	31.12.2018	0	112
636090902	NINGBO	CIMBRIA	Container Ship	2826	25.12.2018	1	99
636090902	NINGBO	CIMBRIA	Container Ship	2826	24.12.2018	0	96
477207300	NINGBO	CSCL CALLAO	Container Ship	2546	12.12.2018	0	104

353136000	NINGBO	EVER GIVEN	Container Ship	0	17.12.2018	0	108
353136000	NINGBO	EVER GIVEN	Container Ship	0	18.12.2018	1	94
538005846	NINGBO	UMM QARN	Container Ship	0	24.12.2018	0	106
538005846	NINGBO	UMM QARN	Container Ship	0	25.12.2018	1	125
636018236	NINGBO	E.R.AMSTERDAM	Container Ship	0	05.12.2018	1	127
636018236	NINGBO	E.R.AMSTERDAM	Container Ship	0	05.12.2018	0	116
636016985	NINGBO	MAIRA XL	Container Ship	0	20.12.2018	1	109
636016985	NINGBO	MAIRA XL	Container Ship	0	19.12.2018	0	109
636018471	NINGBO	NAVIOS FELICITAS	Container Ship	0	05.12.2018	1	103
636018471	NINGBO	NAVIOS FELICITAS	Container Ship	0	04.12.2018	0	98
636092775	NINGBO	COPIAPO	Container Ship	0	14.12.2018	0	129
636092775	NINGBO	COPIAPO	Container Ship	0	15.12.2018	1	133
636017768	NINGBO	KMTC LAEM CHABANG	Container Ship	0	17.12.2018	1	77
636017768	NINGBO	KMTC LAEM CHABANG	Container Ship	0	15.12.2018	0	76
477043200	NINGBO	COSCO SHIPPING VOLGA	Container Ship	0	10.12.2018	1	120
477043200	NINGBO	COSCO SHIPPING VOLGA	Container Ship	0	09.12.2018	0	107
416020000	NINGBO	KUO CHANG	Container Ship	0	31.12.2018	0	68
416020000	NINGBO	KUO CHANG	Container Ship	0	23.12.2018	1	71
416020000	NINGBO	KUO CHANG	Container Ship	0	23.12.2018	0	81
416020000	NINGBO	KUO CHANG	Container Ship	0	14.12.2018	1	76
416020000	NINGBO	KUO CHANG	Container Ship	0	14.12.2018	0	74
416020000	NINGBO	KUO CHANG	Container Ship	0	07.12.2018	0	71
416020000	NINGBO	KUO CHANG	Container Ship	0	07.12.2018	1	72
477333900	NINGBO	COSCO SHIPPING THAMES	Container Ship	0	04.12.2018	1	124
477333900	NINGBO	COSCO SHIPPING THAMES	Container Ship	0	02.12.2018	0	103
636017686	NINGBO	MSC LEANNE	Container Ship	0	29.12.2018	0	109
636017686	NINGBO	MSC LEANNE	Container Ship	0	31.12.2018	1	129
636012253	NINGBO	YM FOUNTAIN	Container Ship	5551	11.12.2018	0	114
636012253	NINGBO	YM FOUNTAIN	Container Ship	5551	12.12.2018	1	123
372724000	NINGBO	HAMBURG BRIDGE	Container Ship	8212	14.12.2018	0	99
372724000	NINGBO	HAMBURG BRIDGE	Container Ship	8212	16.12.2018	1	97
416464000	NINGBO	YM UNICORN	Container Ship	8626	31.12.2018	0	112
636090902	NINGBO	CIMBRIA	Container Ship	2826	25.12.2018	1	99
636090902	NINGBO	CIMBRIA	Container Ship	2826	24.12.2018	0	96
477207300	NINGBO	CSCL CALLAO	Container Ship	2546	12.12.2018	0	104

256771000	NINGBO	CZECH	Container Ship	9000	02.12.2018	1	121
351621000	NINGBO	BAOHANG	Container Ship	1157	13.12.2018	1	74
351621000	NINGBO	BAOHANG	Container Ship	1157	12.12.2018	0	74
356984000	NINGBO	MOL TRUTH	Container Ship	0	07.12.2018	1	138
356984000	NINGBO	MOL TRUTH	Container Ship	0	06.12.2018	0	134
372979000	NINGBO	KOTA GEMAR	Container Ship	0	10.12.2018	1	94
372979000	NINGBO	KOTA GEMAR	Container Ship	0	09.12.2018	0	84
413415730	NINGBO	YONG YUE 7	Container Ship	679	29.12.2018	0	65
413415730	NINGBO	YONG YUE 7	Container Ship	679	30.12.2018	1	60
413415730	NINGBO	YONG YUE 7	Container Ship	679	14.12.2018	1	66
413415730	NINGBO	YONG YUE 7	Container Ship	679	14.12.2018	0	67
355185000	NINGBO	MSC GISELLE	Container Ship	9400	21.12.2018	1	113
355185000	NINGBO	MSC GISELLE	Container Ship	9400	20.12.2018	0	113
413439580	NINGBO	MING HAO	Container Ship	0	25.12.2018	1	69
413439580	NINGBO	MING HAO	Container Ship	0	23.12.2018	0	67
413439580	NINGBO	MING HAO	Container Ship	0	21.12.2018	0	60
413439580	NINGBO	MING HAO	Container Ship	0	22.12.2018	1	67
413439580	NINGBO	MING HAO	Container Ship	0	14.12.2018	1	67
413439580	NINGBO	MING HAO	Container Ship	0	13.12.2018	0	106
413439580	NINGBO	MING HAO	Container Ship	0	04.12.2018	1	67
413439580	NINGBO	MING HAO	Container Ship	0	02.12.2018	0	108
636017569	NINGBO	MSC DITTE	Container Ship	0	06.12.2018	1	110
636017569	NINGBO	MSC DITTE	Container Ship	0	05.12.2018	0	102
636017684	NINGBO	MSC MIRJAM	Container Ship	0	08.12.2018	1	126
636017684	NINGBO	MSC MIRJAM	Container Ship	0	07.12.2018	0	112
477194600	NINGBO	COSCO SHIPPING ANDES	Container Ship	0	08.12.2018	1	114
477194600	NINGBO	COSCO SHIPPING ANDES	Container Ship	0	07.12.2018	0	112
374962000	NINGBO	SITC SEMARANG	Container Ship	0	12.12.2018	1	81
374962000	NINGBO	SITC SEMARANG	Container Ship	0	12.12.2018	0	75
636017516	NINGBO	MSC MIRJA	Container Ship	0	31.12.2018	0	121
636019088	NINGBO	SM YANTIAN	Container Ship	0	29.12.2018	0	100
636019088	NINGBO	SM YANTIAN	Container Ship	0	30.12.2018	1	92
538007806	NINGBO	INSIGHT	Container Ship	0	26.12.2018	0	99
538007806	NINGBO	INSIGHT	Container Ship	0	26.12.2018	1	92
538007806	NINGBO	INSIGHT	Container Ship	0	07.12.2018	1	95
538007806	NINGBO	INSIGHT	Container Ship	0	07.12.2018	0	92
477948800	NINGBO	YM WARMTH	Container Ship	0	08.12.2018	1	118

477948800	NINGBO	YM WARMTH	Container Ship	0	08.12.2018	0	117
477948500	NINGBO	SITC KAWASAKI	Container Ship	0	23.12.2018	0	82
477948500	NINGBO	SITC KAWASAKI	Container Ship	0	24.12.2018	1	85
636018038	NINGBO	ASKLIPIOS	Container Ship	0	16.12.2018	0	110
636018038	NINGBO	ASKLIPIOS	Container Ship	0	17.12.2018	1	125
TOTAL TEU				3525737			

Lionel Seah
Inside Sales Representative

email lionel.seah@marinetraffic.com

tel +65 9099 1808

skype live:lionel.seah



Продолжение таблицы Б.1

Параметр	λ	Kir	L	Ttc	Em	V	n	Ef	Gc	Oc
$y=F(x)$	$-(11x+550)$	$0,04x$		$1x+1$	$-(0,18x+10)$	$-(52x+2600)$	$-(85x+1750)$	$0,18x$	$4,530x$	$18,267x$
L									Стоимость строительства 1 км железнодорожного пути в Турции, составляет 4,530 млн долл..	Эксплуатационные затраты состоят из амортизационных отчислений, затрат на содержание пути, затрат на силовую энергию (дизельное топливо для локомотива). Затраты на 1 км: – амортизационные отчисления, 16,8 тыс. долл. – затраты на содержание 1 км железнодорожного пути, 1,45 тыс. долл. – затраты на дизельное топливо поездным локомотивом, 0,017 тыс. долл. за 1 км.
$y=F(x)$	$8,82x+100$	$-(0,4x+2)$	$0,99x+1$		$-(0,19x+10)$	$49x+150$	$33x+50$	$0,18x+1$	$4,530x$	$5,77x$
Ttc										Эксплуатационных затрат на содержание однопутного перегона с железнодорожным разъездом
$y=F(x)$	$-(61,1x+550)$	$0,22x$	$-(5,44x+50)$	$-(5,1x+51)$		$-(260x+2600)$	$-(175x+1750)$	$x+1$	-	-
Em										
$y=F(x)$	$0,31x+100$	$-(0,0007x+2)$	$-(0,019x+50)$	$0,02x+1$	$-(0,003x+10)$		$0,68x+100$	$0,003x+1$	$0,003x$	$0,0238x$
V									Суммарные затраты: 1. Стоимость участка: $49400 \text{ м}^2 * 120 \text{ долл./м}^2 = 5,937 \text{ млн долл.}$ 2. Строительство контейнерной площадки: $33,286 \text{ тыс. м}^2 * 50 \text{ долл.} = 1,664 \text{ млн долл.}$ 3. Планировочные работы: $49400 \text{ м}^3 * 120 \text{ долл.} = 0,989 \text{ млн долл.}$ Итого: 8,626 млн долл..	Суммарные затраты: 1. Освещение: $33,286 \text{ тысяч м}^2 * 3 \text{ Вт/м}^2 * 0,001 * 0,08 \text{ долл.} = 79,2 \text{ долл./ч, или } 28,512 \text{ тыс. долл./мес.}$ 2. Амортизационные отчисления: 33280 долл./мес. Итого: 61,792 тыс. долл./мес..

Продолжение таблицы Б.1

Параметр	λ	Kir	L	Ttc	Em	V	n	Ef	Gc	Oc
$y=F(x)$	$0,27x+100$	$-(0,0011+2)$	$-(0,028x+50)$	$0,03x+1$	$-$ $(0,005x+10)$	$1,48x+150$		$0,005x+1$	$0,002x$	$0,45x$
n									Суммарные затраты: 1. Контейнерный кран: 17 ед.*95000 долл. =1,557 млн долл.; 2. Ричстакер: 4 ед.*20000 долл. =800000 долл.; 3. Терминальные тракторы и полуприцепы 10 ед.*23000 долл.=230000 долл.; 4. Локомотивы: 2 ед. *800000 долл.=1600000; Итого: 4,187 млн долл..	Затраты на электроэнергию: Контейнерный кран: 200кВт*0,85*0,08 долл./кВт-ч = 13,6 долл./ч. Всего: 17 единиц*660 ч/мес. *13,6 долл./час = 152,592 долл./месяц. Затраты на дизельное топливо локомотивами и ричстакерами: 15 л/час*0,85*0,78 долл./литр = 9,945 долл./час. Всего: 6 единиц*660 часов в месяц*9,945 долл./ч.=39282 долл.. Амортизационные отчисления: 66.012 тысяч долл. Затраты на содержание техники:104,756 тыс. долл. Затраты на заработную плату: 600 человек*800 долл.=480 тыс. долл.. Итого: 796 000 долл..
$y=F(x)$	$-(61,1x+550)$	$-(0,22x)$	$-(5,44x+50)$	$-(5,1x+51)$		$-(260x+2600)$	$-$ $(175x+1750)$	$x+1$	$0,9x$	$1,584x$
Ef									Затраты на благоустройство участка «сухого» порта: 15000 м *0,6 долл./м ³ *1000 м = 9 млн долл..	Ричстакер: 20 кг CO ₂ /час; Терминальный трактор: 10 кг CO ₂ /час; Итого: (4 единицы*20 кг CO ₂ /час*660 часов/месяц)+(10 единицы*10 кг CO ₂ /час*660 часов/месяц) =(52800+66000)*120 долл./тн = 14256 долл.
$y=F(x)$										
Gc			$-(0,22x)$	$-(0,22x)$		$-(333,3x)$	$-(500x)$	$-(1,11x)$		
oc	$-(71432x)$		$-(0,054x)$	$-(0,17x)$		$-(42,01x)$	$-(2,22x)$	$-(0,63x)$		

Продолжение таблицы Б.2

Параметр	λ	Kir	L	Ttc	Em	V	n	Ef	Gc	Oc
$y=F(x)$	$-(1,62x+300)$	$0,01x$		$1x+7$	$-(0,1x+10)$	$-(4,32x+800)$	$-(8,91x+1650)$	$0,04x+1$	$3,81x$	$14,15x$
L									Стоимость строительства 1 км железнодорожного пути в Китае на момент строительства «сухого» порта (2013 г.), составляет 3,81 млн долл..	Эксплуатационные затраты состоят из амортизационных отчислений, затрат на содержание пути, затрат на силовую энергию (дизельное топливо для локомотива). Затраты на 1 км: – амортизационные отчисления, 12,7 тыс. долл.. – затраты на содержание 1 км железнодорожного пути, 1,45 тыс. долл.. – затраты на дизельное топливо поездным локомотивом, 0,017 тыс. долл. за 1 км. Итого: 14,15 тыс. долл. в месяц.
$y=F(x)$	$10,52x+100$	$-(0,07x+2)$	$6,81x+1$		$-(0,47x+10)$	$34,2x+150$	$81,5x+100$	$0,47x+1$	$3,81x$	$12,7x$
Ttc										
$y=F(x)$	$-(33,3x+300)$	$0,22x$	$-(20,55x+185)$	$-(2,88x+26)$		$-(8,88x+800)$	$-(183,3x+1650)$	$x+1$	$-$	$-$
Em										
$y=F(x)$	$0,25x+100$	$-(0,0025x+2)$	$-(0,23x+185)$	$0,023x+7$	$-(0,012x+10)$		$1,89x+100$	$0,011x+1$	$0,02x$	$0,118x$
V									Суммарные затраты: 1. Стоимость участка: $0,7 \text{ тыс. м}^2 * 78 \text{ долл.} = 5,462 \text{ млн долл.}$ 2. Строительство контейнерной площадки: $472395 \text{ м}^2 * 23 \text{ долл.} = 10,86 \text{ млн долл.}$ 3. Планировочные работы: $0,7 \text{ тыс. м}^3 * 0,23 \text{ долл.} = 0,161 \text{ млн долл.}$ Итого: 16,48 млн долл..	Суммарные затраты: 1. Освещение: $47,23 \text{ тыс. м}^2 * 3 \text{ Вт/м}^2 * 0,001 * 0,15 \text{ долл.} = 212 \text{ долл./ч, или } 76,3 \text{ тыс. долл./мес.}$ 2. Амортизационные отчисления: 18100 долл.. Итого: 94,4 тыс. долл. в месяц.

Продолжение таблицы Б.2

Параметр	λ	Kir	L	Ttc	Em	V	n	Ef	Gc	Oc
$y=F(x)$	0,12+100	-(0,001+2)	-(0,11x+185)	0,012x+7	-(0,006x+10)	0,41x+150		0,005x+1	0,002x	0,44x
n									Суммарные затраты: 1. Контейнерный кран: 17 ед.*35000 долл. =0,875 млн долл.; 2. Ричстакер: 4 ед.*20000 \$ = 0,8 млн долл.; 3. Автомобили-контейнеровозы: 50 ед. *46000 долл. =2,3 млн долл.; 4. Локомотивы: 2 ед. *800000 долл.=1,6 млн долл.; Итого: 5,575 млн долл..	Затраты на электроэнергию: Контейнерный кран: 200кВт*0,85*0,15 долл./кВт-ч = 25,5 долл./ч. Всего: 25 ед.*660 ч/мес. *25,5 долл./ч = 420,75 тыс. долл./мес.. Затраты на дизельное топливо локомотивами и ричстакерами: 15 л/ч*0,85*0,78 долл./л = 9,945 долл./ч. Всего: 4 ед.*660 ч *9,945 долл./ч= 26,2 тыс долл.. Амортизационные отчисления: 253 тыс. долл.. Затраты на содержание техники: 2,013 тыс. долл. Затраты на заработную плату: 30 человек*900 долл.=27 тыс. долл.. Итого: 728,95 тыс. долл..
$y=F(x)$	-(30x+300)	-(0,22x)	-(18,5x+185)	- (2,6x+51)		-(80x+2600)	-(165x+1650)	x+1	0,042x	4,59x
Ef									Затраты на благоустройство участка в радиусе 1 км размещения «сухого» порта: 0,7 тысяч м ² *0,6 долл./м ³ *1000 м = 420 тыс. долл..	Ричстакер: 20 кг CO ₂ /ч; Терминальный трактор: 10 кг CO ₂ /ч; Итого: (4 ед.*20 кг CO ₂ /ч*660 ч/мес.)+(50 ед.*10 кг CO ₂ /ч*660 ч/мес.)=(52800+330000)*120 долл./т = 45936 долл..
$y=F(x)$										
Gc			-(0,26x)	-(0,26x)		-(50x)	-(500x)	-(23, 8x)		
Oc	-(0,07x)		-(0,07x)	-(0,072x)		-(8,47x)	-(2,27x)	-(0,217x)		

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Результаты экспериментов на построенной системно-динамической имитационной модели

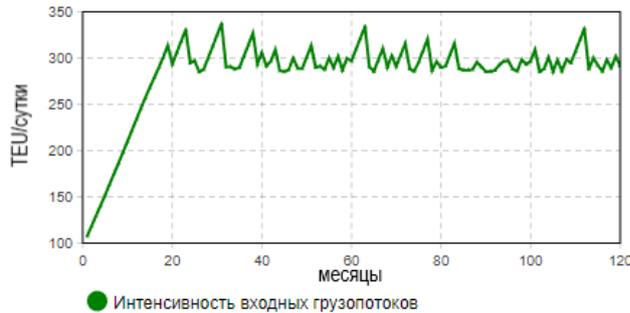


Рисунок В.1 – Динамика изменения интенсивности грузопотоков и потоков транспортных средств



Рисунок В.2 – Динамика изменения коэффициента неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств



Рисунок В.3 – Динамика изменения протяжённость трассы между морским и «сухим» портами

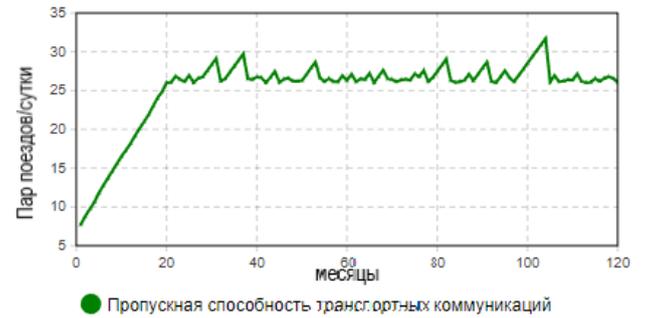


Рисунок В.4 – Динамика изменения пропускной способности транспортных коммуникация

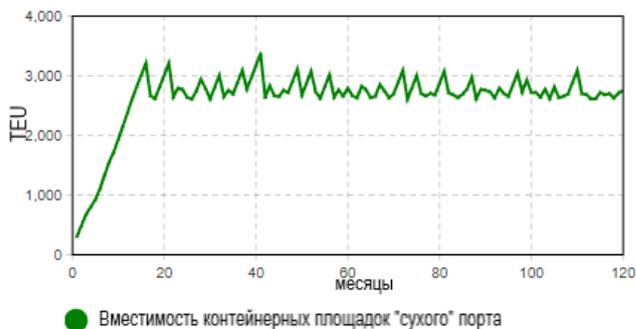


Рисунок В.5 – Динамика изменения вместимости «сухого» порта

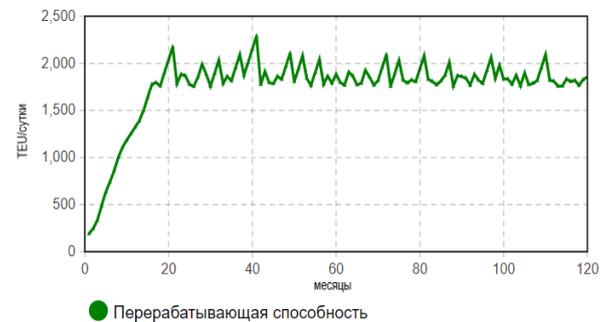


Рисунок В.6 – Динамика изменения перерабатывающей способности «сухого» порта



Рисунок В.7 – Динамика изменения варианта размещения «сухого» порта



Рисунок В.8 – Динамика изменения экологического параметра «сухого» порта



Рисунок В.9 – Динамика изменения капитальных затрат на строительство «сухого» порта

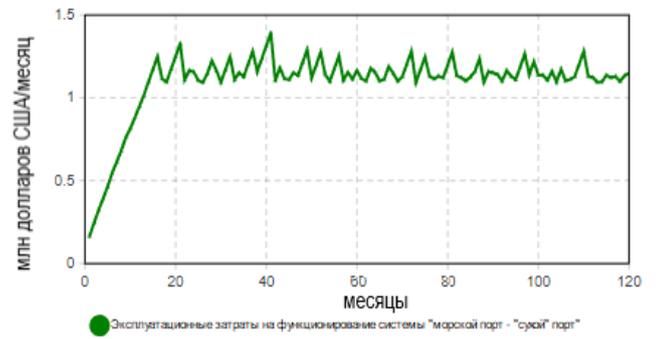


Рисунок В.10 – Динамика изменения эксплуатационных затрат на функционирование «сухого» порта

Таблица В.1 – Коэффициенты линейных функциональных зависимостей (Корфез, Турция)

λ	T_{ic}	V	n	K_{ir}	L	E_m	E_f	G_c	O_c
	0.065	1.25	0.74	0.002	0.05	0.018	0.017	0	$14^{-5}x+10$
8.2		44	28	0.36	0.23	0.17	0.18	91	0.11
0.28	0.01		0.58	0.0005	0.015	0.002	0.003	0.011	0.0236
0.26	0.02	1.36		0.0009	0.026	0.005	0.004	0.0015	0.003
274	49	1125	743		23	4.2	4.2	0	0
11	1	49	82	0.02		0.15	0.13	4530	18.2
62.2	4.8	255	173	0.11	1.44		1	0	0
60.5	4.8	248	169	0.18	1.15	1		4.98	0.0012
0	0.25	48	485	0	0.13	0	0.21		0
0.07	0.72	8.2	2.2	0	0.02	0	0.185	0	

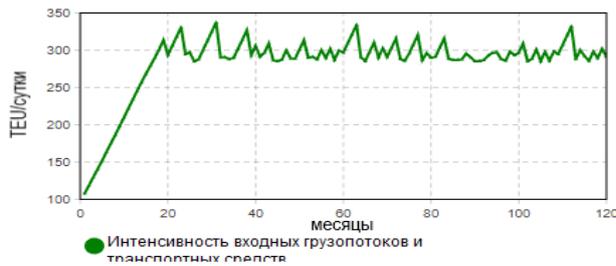


Рисунок В.11 – Динамика изменения интенсивности грузопотоков и потоков транспортных средств

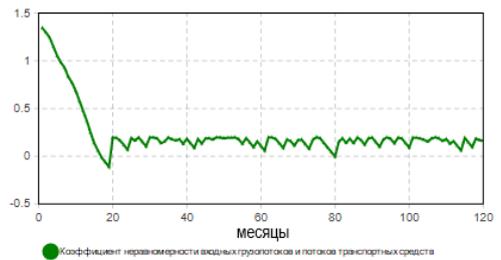


Рисунок В.12 – Динамика изменения коэффициента неравномерности грузопотоков и потоков транспортных средств

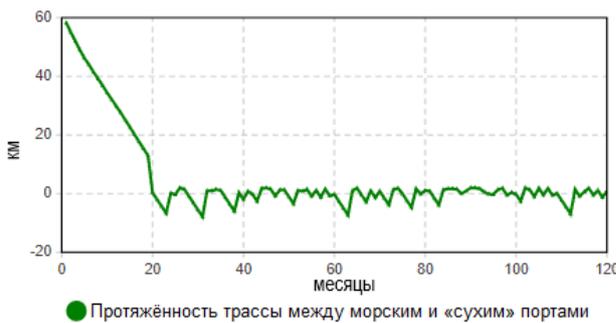


Рисунок В.13 – Динамика изменения протяжённость трассы между морским и «сухим» портами



Рисунок В.14 – Динамика изменения пропускной способности транспортных коммуникация

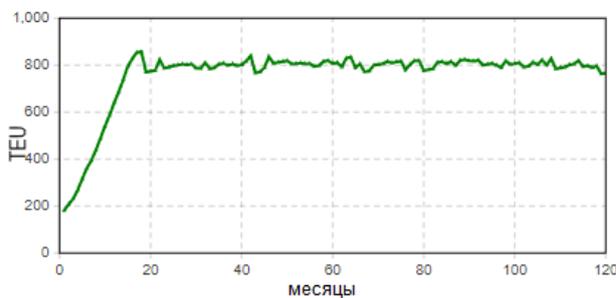


Рисунок В.15 – Динамика изменения вместимости «сухого» порта

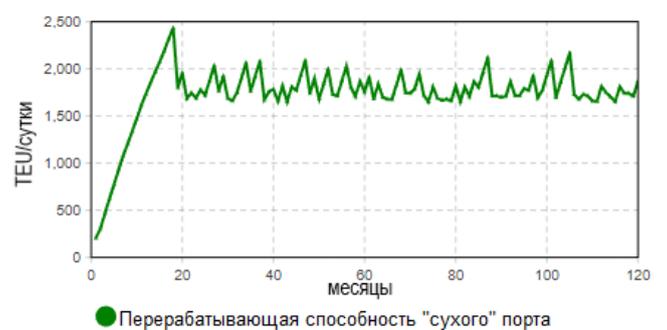


Рисунок В.16 – Динамика изменения перерабатывающей способности «сухого» порта

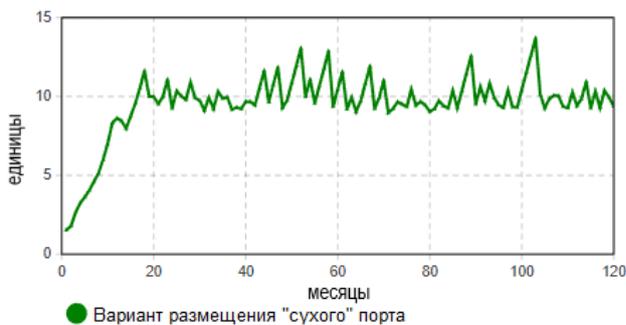


Рисунок В.17 – Динамика изменения места размещения «сухого» порта

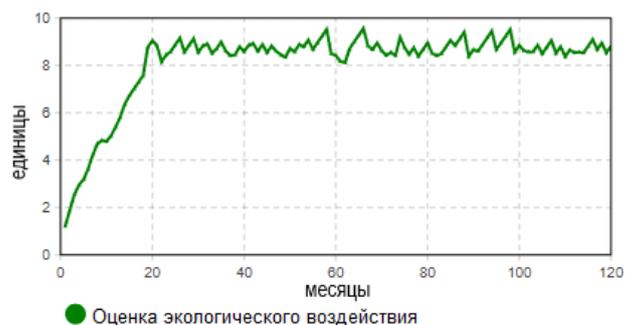


Рисунок В.18 – Динамика изменения экологического параметра «сухого» порта



Рисунок В.19 – Динамика изменения капитальных затрат на строительство «сухого» порта

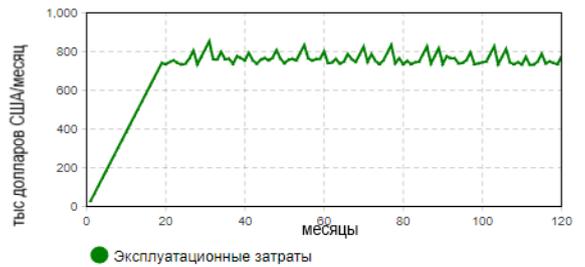


Рисунок В.20 – Динамика изменения эксплуатационных затрат на функционирование «сухого» порта

Таблица В.2 – Коэффициенты линейных функциональных зависимостей (Иву, КНР)

λ	T_{ic}	V	n	K_{ir}	L	E_m	E_f	G_c	O_c
	0,065	1,25	0,74	0,002	0,05	0,018	0,017	0	0,01
8,2		44	28	0,36	0,23	0,17	0,18	91	0,11
0,28	0,01		0,58	0,0005	0,015	0,002	0,003	0,011	0,00027
0,26	0,02	1,36		0,0009	0,026	0,005	0,004	0,0015	0,003
274	49	1125	743		23	4,2	4,2	0	0
11	1	49	82	0,02		0,15	0,13	4530	18,2
62,2	4,8	255	173	0,11	1,44		1	0	0
60,5	4,8	248	169	0,18	1,15	1		4,98	0,0012
0	0,0002	315	485	0	0,0002	0	0,18		0
54	0,0001	3425	2485	0	0,052	0	624,23	0	

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Акты внедрения разработанной методики формирования системы «морской порт – «сухой» порт»



EVYAPPORT

Ülkenin, bölgelerinin ve şehirlerinin ulaştırma ve ulaştırma teknolojik sistemleri ile ulaştırmada üretim organizasyonu alanında Rusya Ulaştırma Üniversitesi D 218.005.09 numaralı tez komitesine

SERTİFİKA

Limanın geliştirilmesine yönelik akademik çalışmanın uygulanması üzerine «Evyapport»
(İstanbul, Türkiye)

Bu belge ile, Nosov Magnitogorsk Devlet Teknik Üniversitesi Lojistik ve Taşımacılık Sistemleri Bölümü araştırma asistanı Dmitri Muravev'in yürüttüğü Uluslararası Taşımacılık Koridorlarının Elemanları Olarak Ana Kuru Liman Parametrelerinin Seçimi ve Hesaplanması üzerine yapılan bir çalışmanın sonuçlarının, Evyapport tesislerinin geliştirilmesine dahil edildiği tasdik olunur.

Özellikle, Dmitri Muravev tarafından geliştirilen liman - kuru liman sisteminin çalışma modeli Evyapport'un üretim kapasitesini değerlendirmek için uygulanmıştır. Bu model, konteyner elleçleme maliyetimizin % 11 oranında azalmasını sağlamıştır.

Ayrıca, Dmitri Muravev tarafından geliştirilen kuru liman ana parametrelerinin optimal değerlerini belirleme yaklaşımının uygulanması yıllık net kârı 32,4 milyon ABD doları artırmıştır.

Evyap Deniz İşletmeciliği Lojistik ve İnşaat A.Ş.
Telefon: +90 262 528 87 47 ; Faks: +90 262 528 87 40
Adres: Kirazlıyalı Mah. 1 Mayıs Cad. No:1
Körfez- Kocaeli/ TÜRKİYE

Рисунок Г.1 – Акт внедрения разработанной методики в управляющую систему морского порта «Evyapport» (г. Корфез, Турция)



To dissertation committee D218.005.09 of Russian University of Transport with the major Transport and transport-technological systems of the country, its regions and cities, organization of production in transport

CERTIFICATE

On the implementation of academic study into the development of the
«Ningbo Beilun Container Terminal» (Ningbo, Zhejiang Province, P.R. China)

This is to certify that results of a study on Selection and Calculation of the Main Parameters of the Seaport – Dry Port System carried out by Dmitri Muravev, research assistant of the Logistics and Transportation Systems Department at the Nosov Magnitogorsk State Technical University have been implemented into the development of the Ningbo Beilun Container Terminal facilities.

In particular, the simulation model of the operation of seaport – dry port system developed by Dmitri Muravev and was applied to evaluate the throughput capacity of the container terminal. This model allowed us to reduce the container handling cost by 57%.

Moreover, the application of the approach to determine the optimal values of the main dry port's parameters developed by Dmitri Muravev increased the annual net profit by 94.9 mln US dollars.

Ningbo Beilun Container Terminal
Tel.: +86 574 97808;
Address: 178, North Pole Star Road, Beilun, Ningbo
Ningbo, Zhejiang Province, P.R. China



Рисунок Г.2 – Акт внедрения разработанной методики в стратегию развития контейнерного терминала «NBCT Ningbo Beilun Container Terminal»