

На правах рукописи



**Ли Тэк Енг**

**РАЗВИТИЕ ПОДСИСТЕМ ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛОВ РЕСПУБЛИКИ  
КОРЕЯ В УСЛОВИЯХ РОСТА КОНТЕЙНЕРОПОТОКА**

2.9.1 –Транспортные и транспортно-технологические системы страны,  
ее регионов и городов, организация производства на транспорте

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Хабаровск – 2024

Диссертация выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения» на кафедре «Технология транспортных процессов и логистика».

**Научный руководитель:** **Король Роман Григорьевич**,  
кандидат технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой «Технология транспортных процессов и логистика» ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения», г. Хабаровск.

**Официальные оппоненты:** **Покровская Оксана Дмитриевна**,  
доктор технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой «Управление эксплуатационной работой» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», г. Санкт-Петербург

**Псеровская Елена Дмитриевна**,  
кандидат технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой «Логистика, коммерческая работа и подвижной состав» ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения», г. Новосибирск

**Ведущая организация:** федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тихоокеанский государственный университет», г. Хабаровск

Защита состоится «17» апреля 2024 г. в 15-15 часов на заседании диссертационного совета Д 44.2.001.02, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения», по адресу: 680021, г. Хабаровск, ул. Серышева, д. 47, ауд. 204.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения» и на сайте <https://dvgups.ru/>.

Автореферат разослан «20» февраля 2024 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
кандидат технических наук, доцент



Каликина Т.Н.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Устойчивое развитие экономических связей между Европой и Азиатско-Тихоокеанским регионом приводит к росту контейнеропотоков. Это в свою очередь увеличивает транспортную загрузку морских портов Республики Корея (РК), которые являются одним из центров зарождения и погашения грузовых потоков на этом направлении (порт Пусан занимает седьмое место в мире по переработке контейнеров). Перспективным направлением является реализация транзитных железнодорожных перевозок через Р. Корея по Транскорейской железнодорожной магистрали, что позволит обеспечить привлечение сухопутного транзита и вовлечение транспортного комплекса Р. Корея в международные перевозки. Такая задача была определена в рамках стратегии «Соединение 9 мостов», заявленной президентом Р. Корея на 3-м Восточном экономическом форуме во Владивостоке в 2017 году.

Для организации международного железнодорожного транзита на направлении «Азия – Европа» необходимо опережающее развитие подсистем транспортных узлов Р. Корея. Функционирование железнодорожной, морской и автотранспортной подсистем в транспортных узлах зависит от организации, эксплуатации, технологии, инфраструктуры, информационных систем и т. д. Эффективность взаимодействия подсистем влияет на обработку транспортных и грузовых потоков в транспортном узле.

Теория и практика взаимодействия различных видов транспорта в транспортных узлах включает множество методов (способов, инструментов), позволяющих перерабатывать возрастающие грузо- и контейнеропотоки. К ним относятся, как организационно-технологические, так и инфраструктурные мероприятия, связанные с большими капиталовложениями. Вместе с тем отсутствует методика, позволяющая определять наиболее эффективные мероприятия в зависимости от различных факторов и приоритетность их применения для обеспечения наилучшего варианта взаимодействия при минимизации затрат на реализацию.

**Степень разработанности темы исследования.** Вопросами повышения эффективности функционирования подсистем транспортных узлов и исследованиями проблем взаимодействия различных видов транспорта в транспортных узлах занимались ученые: Анисимов В.А., Багинова В.В., Балалаев А.С., Бородина Е.В., Вакуленко С.П., Валикова С.С., Владимирская И. П., Воеводин Е.С., Гончарук С.М., Елисеев С.Ю., Ефименко Ю.И., Зубков В.Н., Киселева Е.В., Клепиков В.П., Козлов П.А., Коровяковский Е.К., Куренков П.В.,

Лазарев В.А., Лёвин Б.А., Максимов А.Н., Мамаев Э.А., Миротин Л.Б., Москвичев О.В., Никифорова Г.И., Нестерова Н.С., Новиков П.А., Пазойский Ю.О., Павленко С.С., Петраков Г.П., Покровская О.Д., Прокофьева Е.С., Псеровская Е.Д., Пугачев И.Н., Рахмангулов А.Н., Резер С.М., Соловьев А.А., Степанец В.Е., Тимухина Е.Н., Тушин Н.А., Числов О.Н., Щелкунова И.В., Nur Y.S., Lee E.K., Yang C.H. и др. Их научные работы явились основой формирования методологической базы организации взаимодействия различных видов транспорта в транспортном узле.

Освоение дополнительных объемов контейнеропотока, следующих в международном сообщении через транспортно-логистическую систему Р. Корея требует этапного развития перерабатывающей способности транспортного узла, основанном на комплексном анализе подсистем корейских транспортных узлов.

**Целью** диссертационной работы является разработка научно-методических решений, направленных на развитие подсистем транспортных узлов Республики Корея при увеличении объёмов поступающего контейнеропотока (на примере транспортного узла Пусан).

Цель исследования достигается при решении следующих задач:

1. исследование современного состояния и перспектив развития транспортного комплекса Республики Корея;
2. исследование инфраструктуры и технологии работы транспортного узла Пусан;
3. изучение современных направлений взаимодействия железнодорожного, автомобильного и морского транспорта в транспортных узлах;
4. анализ количественных и качественных параметров взаимодействия видов транспорта в узле Пусан (РК);
5. математическое описание процесса завоза и вывоза контейнеров железнодорожным транспортом с использованием теоретико-множественной модели;
6. разработка имитационной модели оценки перерабатывающей способности элементов транспортного узла при изменении объемов контейнеропотока;
7. разработка мероприятий и технологии функционирования транспортного узла Пусан в условиях увеличения объёмов переработки контейнеропотока.

**Областью исследования** является транспортная система Республики Корея.

**Объектом исследования** является инфраструктурное развитие и технология функционирования транспортного узла Пусан (РК).

**Предмет исследования** – процессы переработки контейнеропотоков в подсистемах транспортного узла Пусан (РК).

Диссертационная работа выполнена в следующих областях исследований паспорта научной специальности 2.9.1 «Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте»: п. 1 «Транспортные системы и сети страны, их структура, комплексное развитие»; п. 6 «Инфраструктура транспортных систем. Организационные структуры управления»; п. 9 «Управление транспортным производством и перевозками в организационно-технических системах».

**Научная новизна** диссертационной работы:

1. на основе анализа состояния подсистем транспортных узлов Республики Корея разработана математическая модель с графоаналитическим представлением взаимосвязи пропускной и перерабатывающей способности объектов транспортных узлов;

2. для решения проблемы перегруженных участков транспортных узлов разработана методика этапного развития перерабатывающей способности транспортного узла, учитывающая зависимость стоимости и сроков реализации мероприятий от оказываемого эффекта по увеличению перерабатывающей способности подсистем транспортного узла, а также разработан алгоритм экономической оценки этапного развития транспортного узла;

3. оценка перерабатывающей способности элементов подсистем транспортного узла в условиях изменения объемов поступающего контейнеропотока произведена с помощью разработанной программы имитационного моделирования;

4. для повышения эффективности взаимодействия различных видов транспорта в транспортных узлах Р. Корея разработана технология функционирования транспортного узла с единым центром управления транспортным узлом.

**Теоретическая значимость работы** состоит в разработке методических рекомендаций по функционированию транспортного узла Пусан в условиях увеличения объемов контейнеров, перевозимых железнодорожным транспортом.

**Практическая ценность** диссертационной работы заключается в том, что ее результаты позволяют повысить эффективность взаимодействия различных видов транспорта в транспортных узлах. Р. Корея путем этапного развития перерабатывающей способности подсистем транспортных узлов с учетом влияющих факторов, что обеспечит увеличение объемов поступающего контейнеропотока. В перспективе при организации Транскорейской железной

дороги международные контейнерные перевозки будут осуществляться через крупные порты Р. Корея, поэтому диссертационная работа выполнена на примере транспортного узла Пусан.

Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программа оценки перерабатывающей способности элементов транспортного узла при изменении объемов контейнеропотока» № 2022610998 от 13 января 2022 г.

**Методы исследования.** При решении поставленных задач были использованы теории систем и системного анализа, теории массового обслуживания, метод экспертных оценок и моделирование.

**Информационная база исследования:** использовались труды известных зарубежных и российских ученых, а также нормативные и программные документы Правительства Р. Корея по вопросам государственной транспортной политики. Выполнение диссертационной работы основано на отчетных и статистических данных Министерства Республики Корея, экспертных заключениях ученых Корейского Национального транспортного университета и сотрудников компании KORAIL, результатах авторских исследований.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Анализ состояния транспортного комплекса и подсистем транспортных узлов Р. Корея, графоаналитическое представление взаимосвязи пропускной и перерабатывающей способности объектов транспортных узлов;

2. Описание элементов перерабатывающей способности транспортного узла Пусан с помощью теоретико-множественной модели;

3. Имитационное моделирование различных вариантов инфраструктурно-технологического развития транспортного узла Пусан с визуализацией результатов функционирования подсистем транспортного узла при изменении объемов работы;

4. Методика этапного развития перерабатывающей способности транспортного узла с учетом сроков и экономической оценки реализации мероприятий;

5. Структура организационно-технологического управления работой транспортного узла Пусан при наличии единого центра управления транспортным узлом.

**Апробация работы.** Основные результаты исследования доложены на 4 международных (г. Владивосток, г. Москва, г. Хабаровск, г. Сеул) и 7 всероссийских научно-практических конференциях (г. Хабаровск, г. Омск, г. Тюмень), а также на экспертном семинаре (г. Ыйван, Р. Корея).

**Публикации.** Результаты научных исследований представлены в 19 научных публикациях, 7 из которых в журналах перечня ВАК, в том числе свидетельство о регистрации программы для ЭВМ, и 3 в журналах SCOPUS.

**Структура и объём диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы, шести приложений. Общий объём рукописи – 162 страниц, в том числе 133 страницы основного текста, 55 рисунков, 45 таблиц.

## СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Во **введении** обоснованы актуальность темы исследования; степень ее разработанности; цели и задачи; научная новизна; теоретическая и практическая значимость работы; методология исследования; положения, выносимые на защиту; степень достоверности и апробация результатов. На рисунке 1 представлена структура диссертационного исследования.

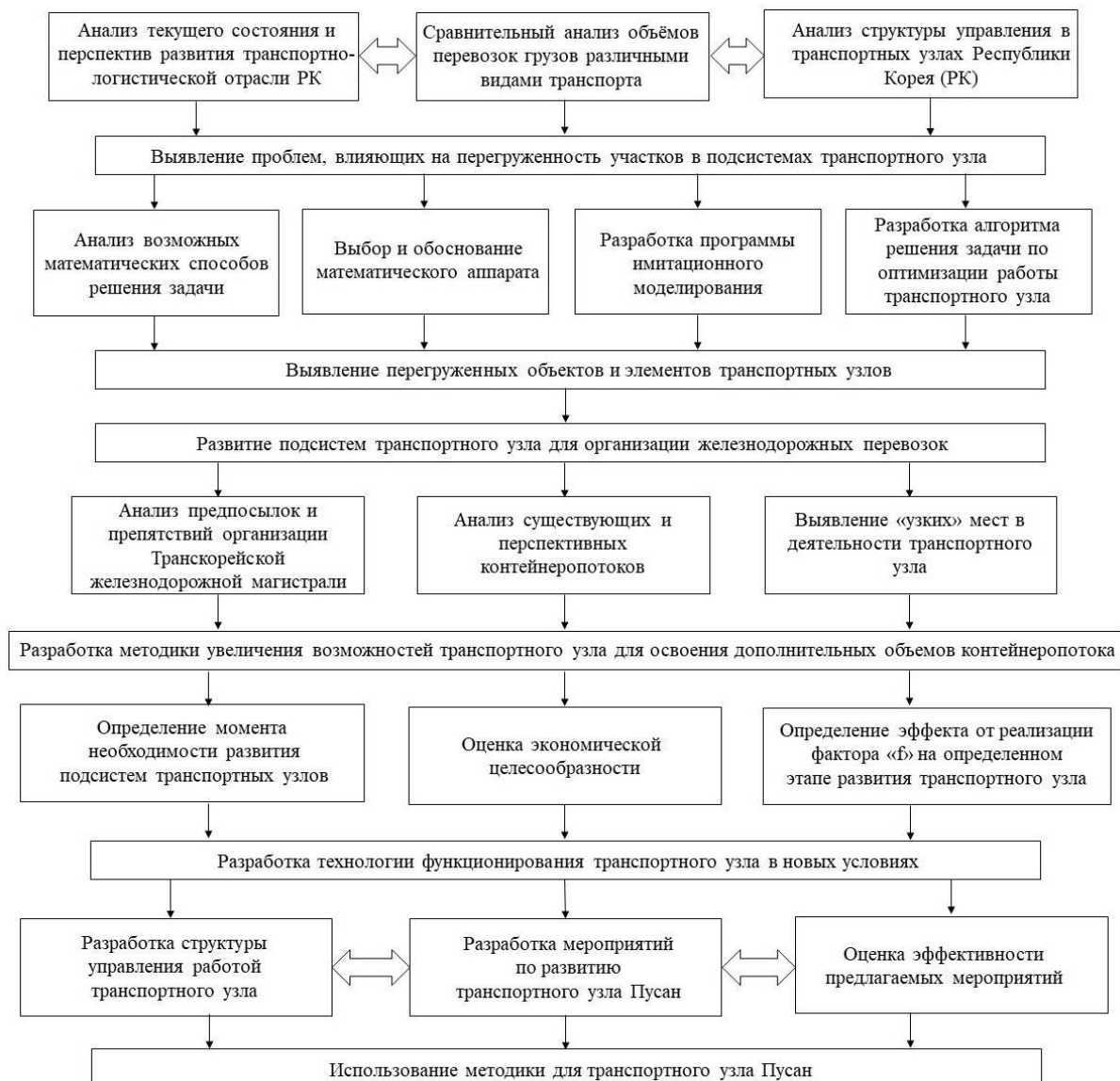


Рисунок 1 – Структура диссертационного исследования

**Первая глава «Исследование современного состояния и перспектив развития транспортного комплекса Республики Корея»** посвящена анализу текущего состояния и перспективам развития транспортно-логистической отрасли Республики Корея, произведен сравнительный анализ грузовых перевозок различными видами транспорта, а также описывается структура управления транспортным узлом Пусан, являющийся лидером по контейнерообороту в Р. Корея.

В Р. Корея железнодорожный транспорт осуществляет в основном пассажирские перевозки, доля грузовых перевозок незначительная по сравнению с автомобильным транспортом. Морской транспорт обеспечивает внешнеторговое сотрудничество Р. Корея с другими странами, поэтому имеет развитую систему морских портов. Порт Пусан является крупнейшим транспортным узлом и включает в себя два морских порта – действующий порт Пусан и Новый порт Пусан. Значительная часть контейнерных перевозок из порта Пусан была передислоцирована в Новый порт Пусан. Припортовая железнодорожная станция расположена в 6 километрах к северу от Нового порта Пусана, станция осуществляет прием и отправку магистральных поездов, формирует передаточные поезда на станцию Букчолсонгжанг, которая примыкает к северному железнодорожному терминалу, и на станцию Намчолсонгжанг, которая обслуживает южный железнодорожный терминал. Схема расположения станций и контейнерных причалов в Новом порту Пусан приведена на рисунке 2.

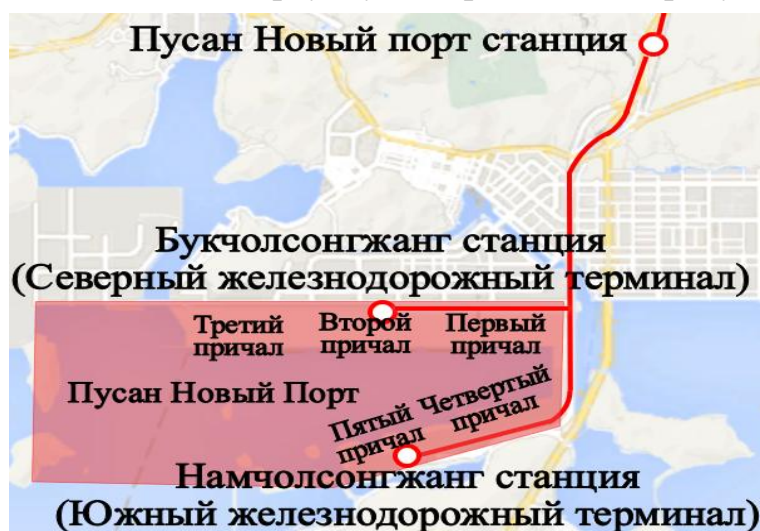


Рисунок 2 – Схема расположения станций и контейнерных причалов в Новом порту Пусан

В настоящее время существует три основных проблемы взаимодействия железнодорожного и морского транспорта в узле Пусан: 1. железнодорожные



станции и причалы морского порта принадлежат разным транспортным компаниям, между ними возникает конкурентная среда, что приводит к неравномерной загрузке транспортной и терминальной инфраструктуры; 2. станция Букчолсонгжанг предназначена для обслуживания трех причалов Нового порта Пусан, но только на втором причале имеется железнодорожный терминал, поэтому для перевозок контейнеров между терминалами используется грузовой автотранспорт; 3. станция Намчолсонгжанг находится за пределами причалов порта Пусан, поэтому также используется внешний транспорт для перемещения контейнеров между четвертым и пятым причалами.

Перспективным направлением развития железнодорожной инфраструктуры является открытие железнодорожного сообщения между Р. Корея и КНДР, что может привести к росту объемов грузовых перевозок, поэтому актуальным исследованием является совершенствование технологического взаимодействия морской и железнодорожной подсистем транспортного узла в условиях увеличения контейнеропотока. На рисунке 3 приведен прогноз ученых и специалистов транспортной отрасли Р. Корея, согласно которому, транспортировка контейнеров из Р. Корея в западном направлении может составить более 54 млн. контейнеров к 2030 году и увеличиться в четыре раза к 2040 году достигнув порядка 200 млн. контейнеров.

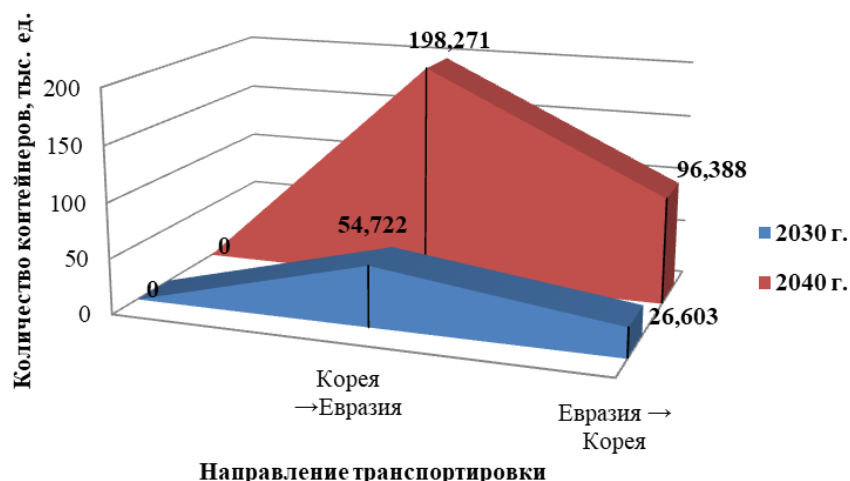


Рисунок 3 – Прогнозные значения объемов контейнерных железнодорожных перевозок на направлении «Республика Корея – Евразия – Республика Корея»

Активизируется деятельность грузоотправителей Р. Корея, так как доставка наземным транспортом будет быстрее и экономически эффективнее. Появится транзит грузов по железной дороге (в обоих направлениях) через транспортный

узел Пусан, что потребует усиления пропускной и перерабатывающей способности всех элементов мультимодальной транспортной сети Р. Корея.

**Во второй главе «Теоретические положения по оптимизации функционирования железнодорожно-морских транспортных узлов»** произведено обоснование математического аппарата для моделирования работы взаимодействия различных видов транспорта в транспортном узле, дана характеристика объекта моделирования, представлены результаты моделирования и произведен их анализ, также описана имитационная модель.

В условиях предстоящего увеличения объёмов работы транспортных узлов по перевалке грузов с железнодорожного транспорта на морской и обратно, потребуется изменения существующей технологии взаимодействия этих двух видов транспорта, а также разработка мероприятий по усилению инфраструктуры железнодорожных станций узла и терминалов морского порта. На рисунке 4 рассмотрена зависимость между перерабатывающей способностью железнодорожного терминала и пропускной способностью припортовой станции, дисбаланс влияет на продолжительность технологических операций с грузопотоком и транспортными средствами.

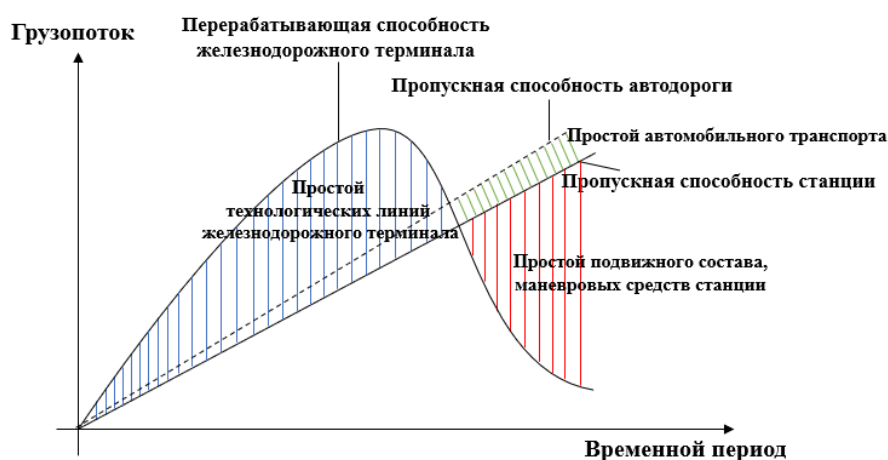


Рисунок 4 – Графическое представление зависимости перерабатывающей способности железнодорожного терминала от пропускной способности станции

Перерабатывающая способность транспортного узла Пусан определяется следующими факторами:

$$F_{\text{пер}}^{\text{узел}} = [ \sum_{n=1}^3 F_{\text{пр}}^n, \sum_{n=1}^6 F_{\text{по-раз}}^n, \sum_{n=1}^2 F_{\text{пло}}^n, If, Ef ] \quad (1)$$

где  $F_{\text{пр}}^n = \{ N_{\text{тр}}^n, D_{\text{тр}}^n, S_{\text{тр}}^n, WT_{\text{тр}}^n, N_{\text{ворот}}^2, PT_{\text{ворот}}^2 \}$ , ( $n=1,2,3$ ) пропускная способность системы «станция – порт»,  $N_{\text{тр}}^n$  - количество транспортных средств,  $D_{\text{тр}}^n$  - расстояние перемещения транспортных средств по маршруту,  $S_{\text{тр}}^n$  - скорость

движения транспортных средств,  $WT_{\text{тр}}^n$  - время простоя транспортных средств в ожидании технологических и грузовых операций,  $N_{\text{ворот}}^2$  - количество пунктов пропуска автотранспорта на территории порта,  $PT_{\text{ворот}}^2$  - затраты времени автотранспорта для проезда контрольно-пропускного пункта (КПП) порта,  $F_{\text{пр}}^1$  - пропускная способность элемента «причал порта – железнодорожная площадка»,  $F_{\text{пр}}^2$  - пропускная способность автомобильного пункта пропуска,  $F_{\text{пр}}^3$  - пропускная способность железнодорожной станции;  $F_{\text{пог-раз}}^n = \{N_{\text{кр}}^n, C_{\text{кр}}^n, S_{\text{кр}}^n, P_{\text{кр}}^n, N_{\text{грф}}^n, L_{\text{грф}}^n, C_{\text{грф}}^n, DE_{\text{грф}}^n\}$ , ( $n=1,2,3,4$ ) перерабатывающая способность подъемно-транспортного оборудования,  $N_{\text{кр}}^n$  - количество подъемно-транспортного оборудования,  $C_{\text{кр}}^n$  - грузоподъемность подъемно-транспортного оборудования,  $S_{\text{кр}}^n$  - технико-эксплуатационное состояние подъемно-транспортного оборудования,  $P_{\text{кр}}^n$  - производительность подъемно-транспортного оборудования,  $N_{\text{грф}}^n$  - количество грузовых фронтов,  $L_{\text{грф}}^n$  - длина грузового фронтов,  $C_{\text{грф}}^n$  - вместимость грузового фронтов,  $DE_{\text{грф}}^n$  - емкость площадок причала,  $F_{\text{по-раз}}^1$  - перерабатывающая способность подъемно-транспортного оборудования элемента технологической линии «судно-причал»,  $F_{\text{по-раз}}^2$  - перерабатывающая способность подъемно-транспортного оборудования элемента технологической линии «причал-автотранспорт»,  $F_{\text{по-раз}}^3$  - перерабатывающая способность подъемно-транспортного оборудования элемента технологической линии «автотранспорт – железнодорожный терминал»,  $F_{\text{по-раз}}^4$  - перерабатывающая способность подъемно-транспортного оборудования элемента технологической линии «железнодорожный терминал - железнодорожный транспорт»;  $F_{\text{пло}}^n = \{A_{\text{пло}}^n, UA_{\text{пло}}^n, N_{\text{эт}}^n, P_{\text{кон}}^n, RT_{\text{кон}}^n\}$ , ( $n=1,2$ ) - перерабатывающая способность контейнерной площадки,  $A_{\text{пло}}^n$  - площадь терминала,  $UA_{\text{пло}}^n$  - фактическая вместимость терминала,  $N_{\text{эт}}^n$  - количество этапов переработки контейнеров,  $P_{\text{кон}}^n$  - технология складирования контейнеров,  $RT_{\text{кон}}^n$  - срок хранения контейнера,  $F_{\text{сох}}^1$  - перерабатывающая способность контейнерного терминала морского порта,  $F_{\text{сох}}^2$  - перерабатывающая способность контейнерного терминала железнодорожного терминала;  $IF = \{N_{\text{рд}}, N_{\text{р}}, T_{\text{там}}, WT_{\text{тех}}\}$  - внутренние факторы, влияющие на перерабатывающую способность транспортного узла,  $N_{\text{рд}}$  - количество рабочих дней,  $N_{\text{р}}$  - количество работников,  $T_{\text{там}}$  - время прохождения таможенных процедур или карантина внешнеторговых грузов,  $WT_{\text{тех}}$  - технические задержки (ремонт, обслуживание и т. п.);  $EF = \{W, ES_{\text{вну}}, ES_{\text{мир}}\}$  - внешние факторы, влияющие на перерабатывающую способность транспортного узла,  $W$  - задержка обработки транспорта и снижение производительности системы из-за погодных условий,  $ES_{\text{вну}}$  - сокращение объема грузопотока из-за ухудшения внутренней

экономической ситуации,  $ES_{\text{мир}}$  - сокращение объема грузопотока из-за ухудшения экономической ситуации в мире. Описанные факторы классифицированы по категориям – организационно-технологическая группа, техническая и инфраструктурная группы, и сведены в таблицу 1.

Таблица 1 - Классификация факторов, составляющих перерабатывающую способность транспортного узла Пусан

Организационно-технологические	Технические	Инфраструктурные
$WT_{\text{тр}}^n, S_{\text{тр}}^n, PT_{\text{ворот}}^2, S_{\text{кр}}^n, P_{\text{кр}}^n, P_{\text{кон}}^n, PT_{\text{кон}}^n, N_{\text{эт}}^n, N_{\text{рд}}, N_{\text{р}}, T_{\text{там}}, WT_{\text{тех}}$	$N_{\text{тр}}^n, N_{\text{кр}}^n, C_{\text{кр}}^n$	$D_{\text{тр}}^n, N_{\text{ворот}}^2, N_{\text{грф}}^n, L_{\text{грф}}^n, C_{\text{грф}}^n, DE_{\text{грф}}^n, A_{\text{пло}}^n, UA_{\text{пло}}^n$

Развитие перерабатывающей способности транспортного узла целесообразно рассматривать поэтапно, начиная с организационно-технологических решений, которые требуют меньше финансовых затрат и времени на реализацию, затем переходить к воплощению технических и инфраструктурных мероприятий.

В транспортном узле обработка контейнеров происходит путем взаимодействия различных элементов подсистем транспортного узла, соответственно развитие элементов должно осуществляться параллельно, а не индивидуально. Оптимизация параметров работы одного из элементов системы не оказывает существенного влияния на эффективность функционирования всей системы, поэтому необходимо осуществлять развитие нескольких факторов одновременно. Взаимозависимость факторов на этапах развития перерабатывающей способности транспортного узла представлена на рисунке 5.

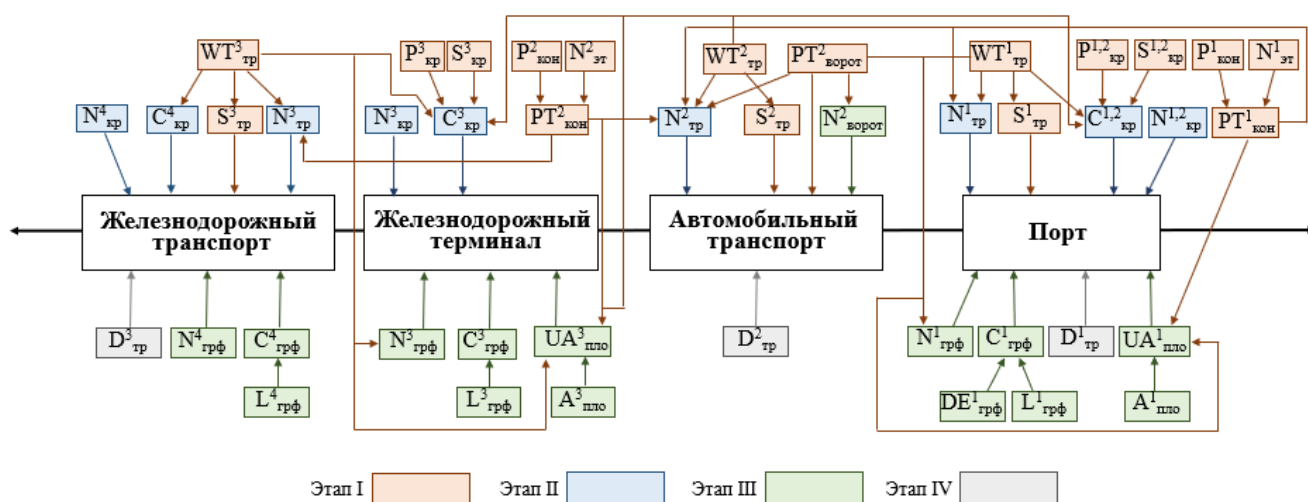


Рисунок 5 – Взаимозависимость факторов на этапах развития перерабатывающей способности транспортного узла

Для оценки влияния различных факторов на функционирование и загруженность подсистем транспортного узла была разработана программа оценки перерабатывающей способности элементов транспортного узла при изменении объемов контейнеропотока. Моделирование осуществляется на основе временных параметров работы взаимодействующих элементов транспортного узла: дата и время прибытия судов, передаточных поездов и внешних автомобилей, продолжительность выполнения грузовых операций с контейнерами на каждом этапе обработки, срок хранения контейнеров на площадках, технологическое время на перемещение контейнеров внутритерминальными автомобилями. На рисунке 6 визуализирован технологический процесс обработки контейнеров в транспортном узле Пусан.

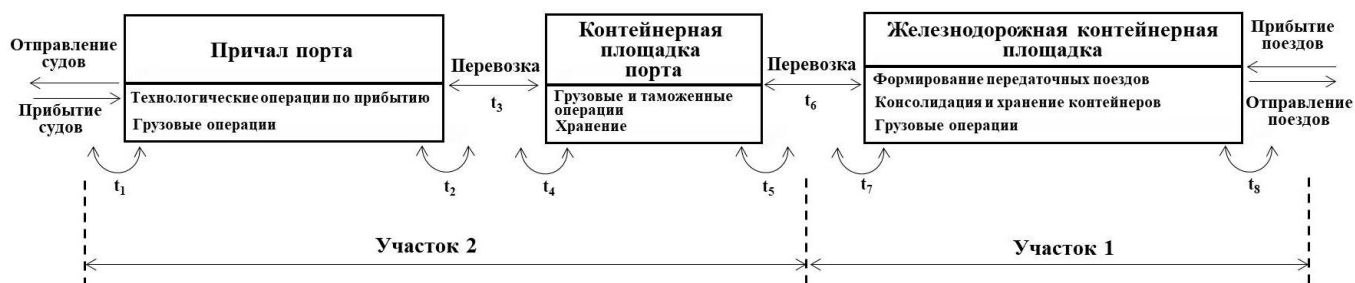


Рисунок 6 – Технологическая схема работы транспортного узла Пусан ( $t_1$  – время грузовых операций с судами;  $t_2$  – время грузовых операций с внутритерминальным автотранспортом на причале порта;  $t_3$  – продолжительность перемещения контейнеров внутритерминальным автотранспортом с грузового фронта причала на контейнерную площадку порта;  $t_4$  – время грузовых операций с внутритерминальным автотранспортом на контейнерной площадке порта;  $t_5$  – время грузовых операций на контейнерной площадке порта с внешними и внутритерминальными автомобилями;  $t_6$  – продолжительность перевозки контейнеров внутритерминальными автомобилями с контейнерной площадки порта на железнодорожную контейнерную площадку;  $t_7$  – время грузовых операций с внутритерминальным автотранспортом на железнодорожной контейнерной площадке;  $t_8$  – время грузовых операций с железнодорожным подвижным составом (в программе единицей модельного времени является минута)

В условиях увеличения объемов железнодорожных контейнерных перевозок и соответствующего развития железнодорожной подсистемы транспортного узла Пусан было произведено моделирование работы транспортного узла Пусан по пяти сценариям, представленным в таблице 2.

Таблица 2 - Входные данные и результаты имитационного моделирования работы железнодорожной подсистемы транспортного узла Пусан

Сценарий моделирования	1	2	3	4	5
Описание моделирования	существующее инфраструктурное оснащение		увеличение объемов обработки контейнеров		
	существующие объемы обработки контейнеропотока	увеличение объемов обработки контейнеров	организационно-технологические изменения (1-этап)	реализация технических решений (2-этап)	инфраструктурное усиление (3-этап)
Состав передаточного поезда, ваг.	33				
Количество поездов, поезд./сут.	20	40			
Время работы контейнерного терминала, ч.	20		24		
Количество подъемно-транспортных механизмов, ед.	4			6	
Количество грузовых фронтов, ед.	5				6
Емкость контейнерного терминала, конт.-мест	580				700
Среднесуточная загрузка контейнерного терминала, %	1,0	68,1	55,9	36,9	59,1
Обработано вагонов, ваг./сут.	660	950	1065	1220	1320
Обработано контейнеров, конт./сут.	1320	1900	2130	2440	2640
Обработано автомобилей, авт./сут.	1320	1505	1806	2226	2226

Результаты имитационного моделирования работы железнодорожной подсистемы транспортного узла Пусан показывают зависимость объемов обработки поступающего транспортного и контейнерного потока от последовательной реализации организационно-технологических, технических и

инфраструктурных мероприятий с учетом синергетического эффекта и экономической оценки.

В третьей главе «Разработка методики этапного развития перерабатывающей способности транспортного узла» разработана методика увеличения перерабатывающей способности транспортного узла для освоения дополнительного контейнеропотока, рассмотрены «узкие» места в деятельности транспортного узла, а также проанализирован существующий и перспективный контейнеропоток транспортного узла Пусан.

Для оптимизации инвестиций в развитие транспортного узла, на рисунке 7 мероприятия распределены на отдельные временные элементы  $T_n$  с учетом объема входящих контейнеров, масштабов развития и экономической обоснованности.

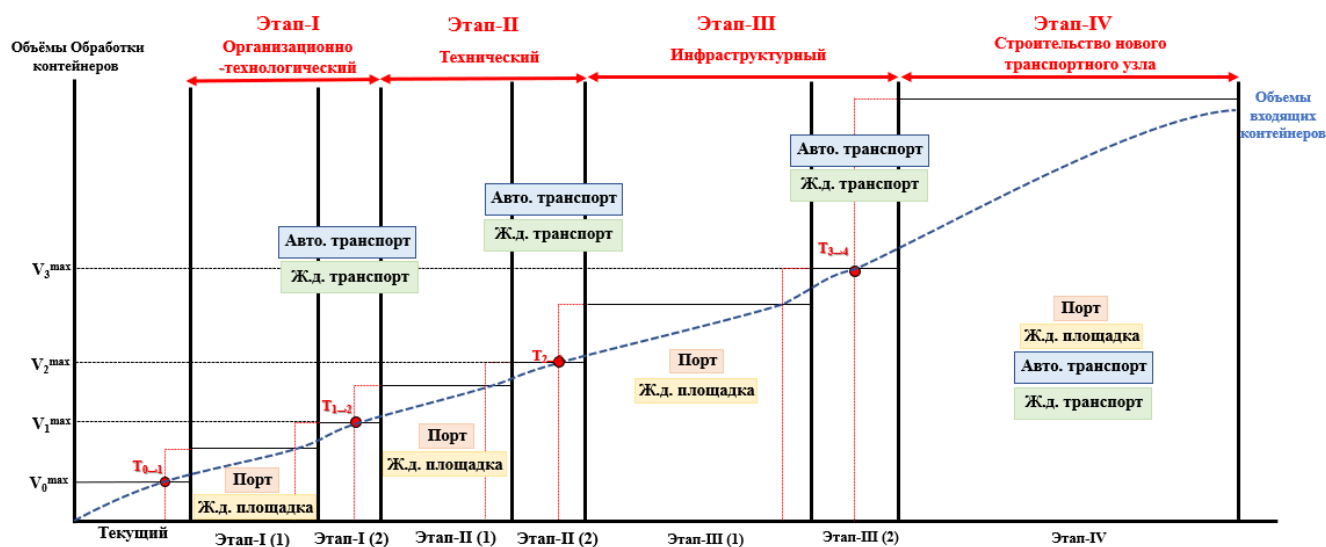


Рисунок 7 – Графическое представление этапности развития транспортного узла

Развитие перерабатывающей способности транспортного узла для освоения поступающего контейнеропотока в определённый временной период рассматривается, как переход от текущего этапа ( $n-1$ ) к следующему этапу ( $n$ ) при выполнении следующих условий:

$$T_{(n-1) \rightarrow n} = \begin{cases} \text{Max}(F_{\text{пер}(n-1)}^{\text{уча.}}) < V_{n-1}^{\text{max}} \\ V_{n-1}^{\text{max}} < V_{n-1}^{\text{пас}} \\ V_{n-1}^{\text{обр}} \rightarrow \text{Макс} \end{cases} \quad (2)$$

где  $V_{n-1}^{\text{max}}$  — максимальные суточные объемы обработки контейнеров на  $n-1$ -м этапе ( $n=1,2,3,4$ ), конт./сут.;  $n-1$  — этап, предшествующий этапу развития перерабатывающей способности элементов транспортного узла;  $V_{n-1}^{\text{пас}}$  — поступающие суточные объемы контейнеров на  $n-1$ -м этапе ( $n=1,2,3,4$ ), конт./сут.;

$\text{Max}(F_{\text{пер}(n-1)}^{\text{уча.}})$  – максимальная перерабатывающая способность участка в транспортных узлах (участок: судно-причал, причал - внутренний транспорт, контейнерная площадка порта, железнодорожный терминал) на  $n$ -1м этапе ( $n=1,2,3,4$ ), конт./сут.;  $V_{n-1}^{\text{обп}}$  – время обработки контейнеров на участке транспортного узла, мин.

Экономический эффект от повышения объемов переработки контейнеров в транспортном узле при этапном развитии перерабатывающей способности элементов подсистем транспортного узла  $E_n^f$ :

$$E_n^f = \left[ \left\{ (V_n^{\text{макс}(f)} - V_{n-1}^{\text{макс}}) \times c_{1TEU}^{\text{benefit}} \right\} + c_{n-1}^{\text{lost}} \right] - c_n^f \quad (3)$$

где  $V_n^{\text{макс}(f)}$  – максимальные суточные объемы переработки контейнеров при развитии фактора « $f$ » на « $n$ » этапе ( $n=1,2,3,4$ );  $c_{1TEU}^{\text{benefit}}$  – доход от обработки контейнера, у.е./конт.

Эффект от реализации фактора « $f$ » на определенном этапе развития транспортного узла:

$$\rho_{nv}^{Ef} = \frac{E_n^f}{\sum_{f=1}^k E_n^f} \quad (4)$$

$\rho_{nv}^{Ef}$  имеет значение от 0 до 1. Реализация фактора с наибольшим значением среди всех факторов  $n$ -го этапа развития транспортного узла имеет наибольший эффект увеличения перерабатывающей способности транспортного узла относительно затрат. Эффект от реализации всех факторов  $n$ -го этапа развития транспортного узла:

$$\sum_{f=1}^k \rho_{nv}^{Ef} = 1 \quad (n = 1,2,3,4 \text{ и } v = 1,2,3 \dots 7,8) \quad (5)$$

Факторы с высоким значением  $\rho_{nv}^{E,f}$  должны реализовываться на каждом этапе в первую очередь, что позволит значительно увеличить перерабатывающую способность транспортного узла с максимальным эффектом относительно финансовых вложений.

**В четвертой главе «Разработка технологии функционирования транспортного узла Пусан в новых условиях»** разработана структура управления работой транспортного узла Пусан, предложены мероприятия по освоению контейнеропотока и описан подход к оценке эффективности мероприятий.

В качестве организационно-технологических мероприятий по развитию перерабатывающей способности транспортного узла Пусан рассматривается совершенствование технологии работы подъемно-транспортного оборудования и



сокращение непроизводительных перемещений, совершенствование способов размещения контейнеров и сокращение сроков их хранения на площадке:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Макс}(WT_{\text{тр}}^{1,2,3}, PT_{\text{ворот}}^2) \rightarrow \text{Мин}(B_{\text{ожж.}}^{\text{тр}}) \\ \text{Мин}(S_{\text{тр}}^{1,2,3}) \rightarrow \text{Мин}(B_{\text{дви.}}^{\text{тр}}) \end{array} \right\} \rightarrow \text{Мин}(B_{\text{общ.}}^{\text{тр}}) \quad (6)$$

$$\therefore \frac{24}{\text{мин}(B_{\text{общ.}}^{\text{тр}})} \times N_{\text{тр}} \rightarrow \text{Макс}(N_{\text{тр}}^{\text{доп.}}) \quad (7)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Макс}(S_{\text{кр}}^{1,2,3}) \rightarrow \text{Мин}(B_{\text{раб.}}^{\text{кр}}) \\ \text{Макс}(P_{\text{кон}}^{1,2}, PT_{\text{кон}}^{1,2}, N_{\text{эт}}^{1,2}) \rightarrow \text{Макс}(V_{\text{пло.}}) \end{array} \right\} \rightarrow \text{Макс}(P_{\text{кр}}^n) \quad (8)$$

$$\therefore \text{Макс}(P_{\text{кр}}^n) \times N_{\text{кр}} \rightarrow \text{Макс}(N_{\text{кр}}^{\text{доп.}}) \quad (9)$$

где  $WT_{\text{тр}}^n$  – время простоя транспортных средств в ожидании технологических и грузовых операций,  $S_{\text{тр}}^n$  – скорость движения транспортных средств (маршруты движения: причал порта – железнодорожный терминал,  $n=1$ ; причал порта – терминал порта,  $n=2$ ; пути железнодорожной станции,  $n=3$ );  $S_{\text{кр}}^n$  – технико-эксплуатационное состояние подъемно-транспортного оборудования;  $P_{\text{кр}}^n$  – производительность подъемно-транспортного оборудования (зоны работы:  $n=1$ , судно-причал;  $n=2$ , причал-автотранспорт;  $n=3$  автотранспорт – железнодорожный терминал);  $P_{\text{кон}}^n$  – технология складирования контейнеров;  $PT_{\text{кон}}^n$  – срок хранения контейнера;  $N_{\text{эт}}^n$  – количество этапов переработки контейнеров ( $n=1$ , контейнерные терминалы морского порта;  $n=2$ , железнодорожный терминал);  $PT_{\text{ворот}}^2$  – затраты времени автотранспорта для проезда контрольно-пропускного пункта (КПП) порта;  $N_{\text{тр}}^{\text{доп.}}$  – доступное количество транспортных средств;  $N_{\text{тр}}$  – количество транспортных средств.

В работе предложена организация Центра управления транспортным узлом, который координирует взаимодействие участников транспортного процесса в порту Пусан. Согласно рисунку 8, Центр управления транспортным узлом осуществляет прямой информационный обмен оперативными данными с администрацией порта Пусан, компанией KORAIL, терминалами ICD («сухие порты») и таможенными органами, что позволяет исключить дублирование задач при управлении и обработке информационных потоков, поступающих от нескольких субъектов, а также повысить эффективность организации мультимодальных перевозок.



Рисунок 8 – Предлагаемая схема движения информационных потоков в транспортном узле Пусан с единым центром управления

На втором этапе развития перерабатывающей способности транспортного узла Пусан внимание уделяется количеству и производительности подъемно-транспортного оборудования для терминалов железной дороги и порта, а также количеству транспортных средств для перемещения контейнеров с железнодорожной площадки на терминалы порта и обратно:

$$\text{Макс}(N_{\text{тр}}^{1,2,3}) \rightarrow \text{Макс}(N_{\text{тр}}^{\text{кон}}) \quad (10)$$

$$\text{Макс}(N_{\text{кр}}^{1,2,3,4}) \rightarrow \text{Макс}(N_{\text{кр}}^{\text{кон}}) \quad (11)$$

$$\text{Макс}(C_{\text{кр}}^{1,2,3,4}) \rightarrow \text{Мин}(V_{\text{общ.}}^{\text{кр}}) \rightarrow \text{Макс}(N_{\text{кр}}^{\text{кон}}) \quad (12)$$

где  $N_{\text{тр}}^n$  – количество транспортных средств (маршруты движения:  $n=1, n=2, n=3$ );  $N_{\text{кр}}^n$  – количество подъемно-транспортного оборудования;  $C_{\text{кр}}^n$  – грузоподъемность подъемно-транспортного оборудования, (зоны работы:  $n=1, n=2, n=3, n=4$ ).

Третий этап развития перерабатывающей способности транспортного узла Пусан включает усиление инфраструктуры морского порта, автотранспорта и путевого развития железнодорожной подсистемы транспортного узла:

$$\text{Макс}(N_{\text{грф}}^{3,4}, L_{\text{грф}}^{3,4}) \rightarrow \text{Макс}(C_{\text{грф}}) \rightarrow \text{Макс}(F_{\text{пог-раз}}^{\text{ЖД}}) \quad (13)$$

$$\text{Макс}(A_{\text{пло}}^{1,2}, UA_{\text{пло}}^{1,2}) \rightarrow \text{Макс}(F_{\text{сох}}) \quad (14)$$

$$\text{Макс}(N_{\text{ворот}}^2) \rightarrow \text{Макс}(F_{\text{про}}^{\text{ворот}}) \quad (15)$$

$$\text{Макс}(N_{\text{грф}}^1, L_{\text{грф}}^1, C_{\text{грф}}^1, DE_{\text{грф}}^1) \rightarrow \text{Макс}(PPP) \rightarrow \text{Макс}(F_{\text{пог-раз}}^{\text{причал}}) \quad (16)$$

где  $N_{\text{грф}}^n$  – количество грузовых фронтов;  $L_{\text{грф}}^n$  – длина грузового фронтов;  $DE_{\text{грф}}^n$  – емкость площадок причала;  $C_{\text{грф}}^n$  – вместимость грузового фронта, ед. транспорта;  $PPP$  – зона (процент) причала для обслуживания;  $F_{\text{пог-раз}}^n$  – перерабатывающая способность подъемно-транспортного оборудования, где «n» – место размещения оборудования (зоны работы:  $n=1, n=2, n=3, n=4$ );  $N_{\text{ворот}}^2$  – количество пунктов пропуска автотранспорта на территории порта.

Четвёртый этап развития перерабатывающей способности транспортного узла предполагает создание нового порта с подведением железных и автомобильных дорог или организация «сухого» порта. Этот этап возможен только в условиях ограниченности территориального развития существующих подсистем транспортного узла.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Основные научные и практические результаты исследования, полученные в соответствии с поставленными в диссертации целью и задачами, а также выводы и предложения автора заключаются в следующем:

1. В рамках исследования произведен анализ современного состояния инфраструктуры, технологии работы и перспектив развития транспортного узла Пусан. Удельный вес завоза и вывоза контейнеров железнодорожным транспортом в порт Пусан (включая Новый порт Пусана) составляет не более 6%. После организации Транскорейской железнодорожной магистрали путем соединения железных дорог Р. Корея и КНДР ключевую роль будет играть транспортный узел Пусан. За счёт роста объёма железнодорожных перевозок ожидается увеличение объемов перевалки контейнеров в порту Пусан. Существующая инфраструктура и технологические процессы железнодорожного транспорта имеют ограничения для освоения предстоящего объёма перевозок.

2. Проведено исследование процессов взаимодействия различных видов транспорта в транспортном узле. Эффективное взаимодействие зависит от перерабатывающей и пропускной способности каждой подсистемы транспортного узла. Произведен анализ и систематизация параметров, влияющих на процесс взаимодействия видов транспорта в транспортном узле Пусан. Выявлены факторы, влияющие на перерабатывающую способность транспортного узла Пусан, и формализованы с помощью теоретико-множественной модели.

3. Выявлена и математически выражена корреляция между каждым фактором и процессами обработки контейнеров и транспортных средств в узле. Представлено математическое описание процесса переработки и перевозки контейнеров железнодорожным транспортом для бесперебойного обслуживания транспортного узла.

4. Разработана программа имитационного моделирования и представлены результаты моделирования работы железнодорожной подсистемы транспортного узла Пусан в условиях увеличения количества прибывающих поездов и изменения параметров функционирования подсистемы. При реализации организационно-технологических мероприятий (увеличение времени работы терминала, сокращение времени ожидания технологических операций для автотранспорта) моделирование показало снижение загруженности контейнерного терминала на 12,2%, на грузовом фронте обработка составила 1065 вагонов (+8,7%). При реализации технических решений (увеличение количества подъемно-транспортных механизмов, сокращение времени на выполнение операций подъемно-транспортными механизмами, увеличение количества внутритерминального транспорта) загруженность терминала снизилась на 31,2%, обработка вагонов на грузовом фронте увеличилась на 20,5%, составив 1220 вагонов. При инфраструктурном усилении (увеличение количества грузовых фронтов, расширение площади терминала) загруженность терминала снизилась на 9%, обработка вагонов на грузовом фронте увеличилась на 28%, достигнув 1320 вагонов. Для эффективной обработки всего объема поступающего контейнеропотока и транспортных средств необходимо инфраструктурное развитие с увеличением емкости контейнерного терминала, что требует значительных капитальных вложений.

5. По мере увеличения объемов перевозок и потока входящих контейнеров перерабатывающая способность элементов транспортного узла достигает своего предела. Одни элементы еще имеют определенный резерв перерабатывающей способности, другие уже не способны принимать транспорт и обрабатывать груз, поэтому этапное развитие транспортного узла является экономически оправданным. Модель экономической оценки этапного развития перерабатывающей способности транспортного узла направлена на предотвращение чрезмерного инвестирования путем комплексного учета объемов обработки дополнительного контейнеропотока, получаемых выгод и затрат на реализацию мероприятий, а также за счет первоочередного развития факторов с высокой эффективностью.

**Перспективы дальнейших научных исследований** заключаются в прогнозировании объемов перевозки контейнеров железнодорожным транспортом в условиях организации Транскорейской железнодорожной магистрали, разработке технологии транспортировки транзитного контейнеропотока через транспортно-логистическую инфраструктуру Дальнего Востока России и изучение вопросов организации «сухих» портов на Корейском полуострове для оптимизации континентальных железнодорожных перевозок.

**ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ опубликованы в 19 работах, в том числе: публикации в изданиях, рекомендованных ВАК России:**

1. Ли, Т. Е. Развитие транспортного узла Пусан для организации транскорейских железнодорожных перевозок / Т. Е. Ли, Р. Г. Король // Известия Транссиба. – 2021. – №1 (45). – С. 122-133.

2. Ли, Т. Е. Обоснование этапности развития транспортного узла Пусан (Республика Корея) в условиях роста объема перевозок / Т. Е. Ли, Р. Г. Король // Транспорт Урала. – 2021. – №4 (71). – С. 52-57.

3. Ли, Т. Е. Проблемы формирования и перспективы развития транспортных логистических цепей в Республике Корея / Т. Е. Ли, Р. Г. Король // Вестник транспорта Поволжья. – 2021. – №6 (90). – С. 48-57.

4. Ли, Т. Е. Вопросы интеграции Транскорейской и континентальной железных дорог / Т. Е. Ли, Р. Г. Король // Мир транспорта. – 2022. – Т. 20. – №2 (99). – С. 83-92.

5. Ли, Т. Е. Имитационное моделирование и оценка перерабатывающей способности элементов транспортного узла Пусан / Т. Е. Ли, Р. Г. Король // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2022. – № 3 (75). – С. 171-180.

6. Ли, Т. Е. Оценка эффективности этапного развития транспортного узла Пусан / Т. Е. Ли, Р. Г. Король // Вестник РГУПС. – 2023. – № 2 (90). – С. 217-230.

7. Программа оценки перерабатывающей способности элементов транспортного узла при изменении объемов контейнеропотока / Р. Г. Король, Т. Е. Ли // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – 2022. – № 2022610998.

**Публикации в изданиях SCOPUS:**

8. Lee, T. Y. The role of the Busan port in the formation of the Asian Transport Network / T. Y. Lee, R. G. Korol // Transportation Research Procedia. – 2022. – №61. – pp. 384-387.

9. Lee, T. Y. Prospects for the development of the Busan port in the context of the integration of Korean peninsula / T. Y. Lee, R. G. Korol // Smart Innovation, Systems and Technologies. – 2022. – pp. 171-178.

10. Lee, T. Y. Methods of technical interaction to increase cargo flows of railway in the Busan transport hub / R. G. Korol, T. Y. Lee // AIP Conference Proceedings. – 2023. – pp. 020043 1-9.

**Публикации в материалах международных конференций:**

11. Ли, Т. Е. Роль транспортного узла Пусан в обеспечении функционирования международного транспортного коридора Азиатско-Тихоокеанский регион – Европа / А. С. Балалаев, Ч. В. Чжин, Т. Е. Ли // Международной конференции «Инновационные технологии развития транспортной отрасли». – Хабаровск: ДВГУПС, – 2019.

12. Lee, T. Y. The role of Busan transportation hub to secure operation for the international transport corridor of the Asian-Pacific region and Europe / A. S. Balalaev, T. Y. Lee, A. V. Doronichev // International Seminar «The vision and strategy for railway and Economy Community of East Asia». – Seoul: Korea National University of Transportation. – 2019.

**Публикации в других изданиях:**

13. Ли, Т. Е. Значение транспортного узла Пусан для транспортного комплекса Республики Корея // Экономика, инновации и научные исследования в транспортном комплексе региона: проблемы и перспективы развития. – Хабаровск: ДВГУПС, 2017. – С. 185-188.

14. Ли, Т. Е. Современное состояние и перспективы развития железнодорожного транспорта в Республике Корея / Т. Е. Ли, А. С. Балалаев // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. – Хабаровск: ДВГУПС, 2018. – №4 (17) – С. 16-19.

15. Ли, Т. Е. Современное состояние и перспективы развития автомобильного транспорта в Республике Корея / Т. Е. Ли, А. С. Балалаев // Научно-техническое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – Хабаровск: ДВГУПС, 2018. – №1 – С. 52-58.

16. Ли, Т. Е. Современное состояние и перспективы развития морского транспорта в Республике Корея // Научно-техническое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – Хабаровск: ДВГУПС, 2019. – №1 – С. 87-93.

17. Ли, Т. Е. Исследование существующих грузопотоков транспортного узла Пусан / Т. Е. Ли, А. С. Балалаев // Научно-техническое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – Хабаровск: ДВГУПС, 2020. – №1 – С. 37-42.

18. Ли, Т. Е. Основные направления освоения перспективных мультимодальных перевозок в транспортном узле Пусан / А. С. Балалаев, Ч. В. Чжин, Т. Е. Ли // Логистической аудит транспорта и цепей поставок: материалы

III международной научно-практической конференции. – Тюмень: ТИУ, 2020. – С. 255-260.

19. Ли, Т. Е. Исследование привлекательности видов транспорта на основе критериев предпочтения клиентов / Т. Е. Ли, А. С. Балалаев // Образование, транспорт, инновации, строительство: сборник материалов III национальной научно-практической конференции. – Омск: СибАДИ, 2020. – С. 243-247.

**Личный вклад соискателя.** Основные положения и результаты исследований самостоятельно получены автором. Статьи [13, 16] подготовлены единолично. Личный вклад автора в работах, опубликованных в соавторстве: [1-12, 14, 15, 17-19] – постановка задач исследований, проведение расчетов, обработка и обобщение полученных результатов.

**Ли Тэк Енг**

## **РАЗВИТИЕ ПОДСИСТЕМ ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛОВ РЕСПУБЛИКИ КОРЕЯ В УСЛОВИЯХ РОСТА КОНТЕЙНЕРОПОТОКА**

2.9.1 –Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте

Автореферат диссертации  
на соискание ученой степени кандидата технических наук

---

Подписано к печати 16.02.2024

Формат 60×90 1/16

Заказ № \_\_\_\_ Объем п.л.

Тираж 100 экз.

---

680021, Хабаровск, ул. Серышева, д. 47, Изд-во: ДВГУПС