

На правах рукописи

НОВИКОВ ПЕТР АНДРЕЕВИЧ



**ОРГАНИЗАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО И МОРСКОГО ТРАНСПОРТА В
ПРИПОРТОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛАХ**

05.22.08 – Управление процессами перевозок

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук



Екатеринбург – 2008

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС) Федеральное агентство железнодорожного транспорта.

Научный руководитель - лауреат государственной премии,
доктор технических наук,
профессор **Козлов Петр Алексеевич**

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор **Бородин Андрей Федорович**
кандидат технических наук,
доцент **Тушин Николай Андреевич**

Ведущее предприятие – ОАО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (ОАО «НИИАС»).

Защита состоится «19» декабря 2008 г. в 10.30 часов на заседании диссертационного совета Д 218.013.01 при Уральском государственном университете путей сообщения» (УрГУПС) по адресу: 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66, ауд. 283. Факс: (343) 358-47-66.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан «18» ноября 2008 г.

Отзывы на автореферат, в двух экземплярах, заверенные гербовой печатью организации, просим направлять в адрес диссертационного совета по почте.

Ученый секретарь диссертационного совета

доктор технических наук, профессор



В.Р. Асадченко

Характеристика работы.

Актуальность проблемы. Проблема взаимодействия железнодорожного и морского транспорта является одной из самых болезненных и она постоянно обсуждается - почему сотни железнодорожных составов простаивают на подходах к портам? Проблема имеет важное теоретическое и практическое значение. Теоретическое – потому что это требует разработки принципов и моделей согласованного развития инфраструктуры и взаимоувязанной технологии, а также моделей управления потоками в соответствии с ритмами погрузки. Практическое – это важно не только для припортовых транспортных узлов, но и для экономически взаимодействующих крупных предприятий. Разработанные принципы эффективного взаимодействия, критерии и методы оптимизации могут быть применены для решения довольно широкого класса практических задач.

Целью диссертационной работы являлось разработка теоретических основ, методов оптимизации и организационных форм, позволяющих в совокупности построить эффективное взаимодействие двух видов транспорта в припортовых транспортных узлах.

Для этого было необходимо **решить следующие задачи:**

- четко структурировать зоны взаимодействия в соответствии с объективными условиями;
- сформулировать задачи для каждой зоны;
- предложить критерии и методы оптимального управления потоками для всех зон;
- разработать методiku расчета рациональных технических и технологических параметров транспортных узлов с помощью имитационных моделей;
- разработать логику процесса взаимодействия на основе предложенных подходов в условиях существующей информационной среды и реальной структуры управления перевозками.

Объектом исследования являлся процесс потокового взаимодействия двух видов транспорта.

Методы исследования. Исследование проводилось с позиций системного подхода. Использовалось имитационное моделирование, теория математической

статистики, линейное программирование (в том числе, оригинальные постановки динамической транспортной задачи).

В своих исследованиях автор опирался на труды отечественных и зарубежных ученых, в том числе В.Н. Образцова, А.П. Петрова, В.М. Акулиничева, А.Э. Александрова, А.П. Батурина, А.Ф.Бородина, Ю.В. Дьякова, И.Б. Сотникова, Е.А. Сотникова, П.А. Козлова, И.Т. Козлова, В.П.Козловой, В.Н.Лившица, И.П.Новиковой, О.В.Осокина, В.А. Персианова, Е.М. Тишкина, Л.П. Тулунова, Н.А.Тушина, В.Г. Шубко, Н.С. Ускова, В.А. Шарова, С.С.Шавзиса, Н.В.Якушева, использовались разработки ведущих научных организаций отрасли.

Научная новизна работы. Впервые сформулирована структура зон взаимодействия, поставлены функциональные задачи и предложены критерии и методы оптимального управления потоками в каждой зоне. Разработан метод расчета согласованного подвода потоков к грузовым терминалам, реализованный в имитационной модели. Создана методика расчета рациональных технических и технологических параметров транспортных узлов на имитационной модели, что необходимо для эффективного взаимодействия.

Практическая значимость исследования. Разработанная логистика процесса взаимодействия на основе предложенных подходов в рамках существующей информационной среды и реальной структуры управления перевозками в ОАО РЖД может быть с успехом применена для улучшения работы припортовых транспортных узлов. Предложенные принципы и методы оптимального управления потоками можно использовать для организации согласованного подвода грузов крупным потребителям. Методика расчета рациональных технических и технологических параметров транспортных узлов с помощью имитационного моделирования может быть полезной при обосновании инвестиций в развитие транспортных узлов.

На защиту выносятся технология рационального взаимодействия двух видов транспорта в стыковом узле и на ближних и дальних подходах, в том числе:

- методика структурирования зон взаимодействия с постановкой функциональных задач;
- критерии и методы управления потоками в зонах, обеспечивающие оптимальное взаимодействие;
- метод расчета согласованного подвода грузов в соответствии с конечными ритмами, реализованный в имитационной модели;

- методика расчета параметров транспортных узлов, обеспечивающих структурное и технологическое согласование взаимодействующих видов транспорта.

Реализация результатов работы.

Апробация работы. Основные положения диссертации были доложены на Молодежной научно-практической конференции в рамках Уральской горнопромышленной декады (УГГУ, г. Екатеринбург, 14-23 апреля 2008 г.); XIV Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов (РГППУ, г. Екатеринбург, 22 апреля 2008 г.); Шестой Международной научно-практической конференции «ТелекомТранс-2008» (РГУПС, г. Ростов-на-Дону, 20-22 мая 2008 г.); Всероссийской научно-технической конференции «Транспорт, наука, бизнес: проблемы и стратегия развития» (УрГУПС, г. Екатеринбург, 15-17 октября 2008 г.); XIII Международной научно-практической конференции «Конкурентоспособность в условиях информационного общества: опыт стран БРИК» (Гос. университет управления, г. Москва, 22-24 октября 2008 г.); Всероссийской научно-практической конференции «Транспорт России: проблемы и перспективы – 2008» (г. Москва, 21-23 октября 2008 г.) Всего на 6 конференциях.

Результаты диссертационных исследований были доложены на кафедре «Управление эксплуатационной работой» Уральского государственного университета путей сообщения.

Публикации. Основные положения диссертационной работы опубликованы в 9-ти печатных работах. Общий объем публикаций около 1,25 п.л., из которых автору принадлежит 0,9 п.л. Четыре статьи опубликованы в журналах «Транспорт Урала», «Вестник РГУПС», «Транспорт: наука, техника, управление», входящих в Перечень изданий рекомендованных ВАК для публикации научных результатов диссертаций, остальные статьи опубликованы в сборниках научных трудов.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка и трех приложений. Содержание изложено на 232 машинописных страницах, в том числе включая 75 рисунков на 75 страницах и 4 таблицы на 4 страницах. Библиографический список содержит 101 наименование.

Содержание работы.

Во введении формулируются проблемы взаимодействия и ставится задача исследования.

В главе 1 «Проблемы взаимодействия железнодорожного и морского транспорта и существующие методы его оптимизации» приводится детальный анализ недостатков взаимодействия и существующих подходов к их устранению. Основными причинами задержек составов на подходах к портам следует считать:

- несоответствие уровня развития портовых мощностей и припортовых станций возрастающим объемам внешнеторговых перевозок;
- единые технологические процессы работы портов и станций примыкания не соответствуют современным условиям;
- недостатки во взаимодействии портов, стивидорных компаний, станций примыкания и припортовых дорог из-за отсутствия современных логистических технологий.

Показано, что проблема эффективного взаимодействия включает три взаимосвязанные части – согласование техническое, технологическое и управления. Поэтому необходимо, во-первых, корректно рассчитать параметры взаимодействующих подсистем. Проблема в настоящее время решается весьма упрощенно. Во-вторых, нужно разработать принципы построения управляемой технологии с двух сторон взаимодействия. При этом следует исходить из принципа, что более управляемая технология должна быть с той стороны, в которой объективно возможна большая управляемость. В данном случае, это железнодорожная подсистема, ибо подходящий поток более многоструйный (для погрузки одного судна требуется груз из нескольких сот вагонов).

Для определения параметров узлов необходимо выбрать соответствующие методы расчета. Опыт показывает, что возможности аналитических моделей ограничены тем, что они могут опираться только на формализованные знания. Но основную часть знаний о сложных транспортных системах составляют знания опытного характера или частично-формализованные. Приведенный в диссертационном анализ существующих методов расчета показал, что наиболее адекватным является имитационное моделирование. Оптимизация в этом случае требует наличия встроенных процедур и алгоритмов направленного поиска.

В главе 2 «Теоретические основы рационального взаимодействия» выделены структурные зоны транспортных подсистем, сформулированы принципы эффективного взаимодействия и предложены методы его оптимизации.

Взаимодействие начинается с момента выбора ритма отгрузки грузов назначением в порт и появления судов в прогнозной области. В логистике эти пространства рассматривались без разделения на составляющие. Анализ показал, что их надо структурировать, так как отдельные части существенно отличаются по характеру и задачам взаимодействия. По структурным и функциональным особенностям предлагается выделить по три зоны со стороны морского и железнодорожного транспорта (рис.1).

Зоны дальнего, среднего и ближнего взаимодействия имеют свои особенности, хотя все они должны функционировать как подсистемы одной системы.

Степень управляемости процессов в железнодорожной подсистеме значительно выше, потому что поток разбивается на большее число струй (рис.2). Непосредственное, контактное взаимодействие происходит в ближних зонах. С железнодорожной стороны – это склады и подобранные группы вагонов на припортовой железнодорожной станции. С морской стороны – это суда у причалов под погрузкой. Здесь имеется полная информация о требуемом ритме погрузки и имеется непосредственная возможность управлять грузовыми и технологическими процессами. С морской стороны – это возможность гибко менять режим загрузки различных отсеков судна. С железнодорожной – управление подачей груза под погрузку со складов или из вагонов. Естественно, возможности управления у железнодорожной подсистемы больше.

Задачей взаимодействия ближних зон является обеспечение требуемого ритма погрузки. Критерий взаимодействия следует формулировать как минимум приведенных суммарных задержек в грузовых и технологических операциях

$$\sum_t \sum_i c_i \tau_i(t) + \sum_t \sum_j c_j \tau_j(t) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $\tau_i(t)$ – задержка при выполнении технологической операции i -го типа, начавшейся в момент t ;

c_i - затраты, связанные с единичной задержкой операции i -го типа;

$\delta_j(t)$ - задержка при выполнении грузовой операции j -го типа, начавшейся в момент t ;

C_j - затраты, связанные с единичной задержкой операции j -го типа.

Соотношение величин C_i и C_j выбирается в зависимости от степени «стесненности» железнодорожной станции с помощью имитационных экспериментов. Нерациональное использование технологических возможностей станции приведет, во-первых, к задержке грузовых операций, а, во-вторых, оставит станцию в плохом функциональном состоянии для следующего судна. В качестве метода оптимизации процессов взаимодействия в ближней зоне предлагается разработанный в диссертации *имитационный метод динамического согласования И-МДС* с использованием подробной модели.

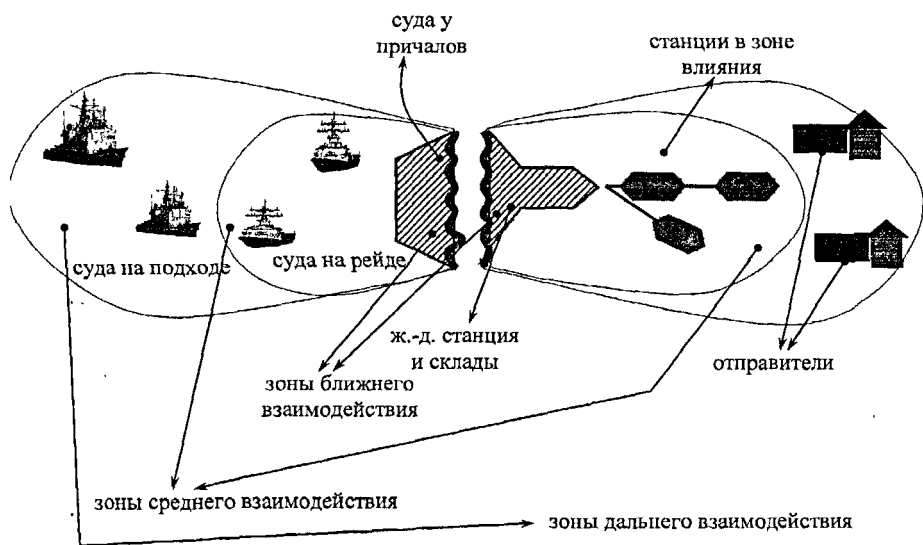


Рис. 1. Структура зон взаимодействия.

Морской транспорт			Железнодорожный транспорт		
Дальняя зона	Средняя зона	Ближняя зона	Ближняя зона	Средняя зона	Дальняя зона
Согласование подвода судов	Управление судами в акватории	Гибкий режим погрузки	Управление подачи вагонов на фронты	Управляемый подвод групп вагонов	Согласованный подвод составов

Рис.2. Размах возможного управления процессами во взаимодействующих системах.

К зонам среднего взаимодействия относятся с морской стороны суда в акватории порта, а с железнодорожной – составы на станциях в зоне ожидания. Зона ожидания – это несколько близлежащих станций, которые используются как некоторый накопитель. Задачей взаимодействия является управляемый подвод судов и составов. Критерием – минимум отклонений от заданного ритма прибытия составов на припортовую станцию и судов к причалам.

$$\sum_t \sum_k c_k \Delta \tau_k(t) + \sum_t \sum_l c_l \Delta \tau_l(t) \rightarrow \min, \quad (2)$$

где $\Delta \tau_k(t)$ – задержка в подводе состава k -го типа, операция подвода началась в момент t ;

c_k – затраты, связанные с единой задержкой состава k -го типа;

$\Delta \tau_l(t)$ – задержка в подаче судна l -го типа к причалу, операция началась в момент t ;

C_l – затраты, связанные с единичной задержкой l -го судна.

Методом оптимизации взаимодействия является имитационный метод динамического согласования И-МДС на укрупненной модели, соотношение величин C_k и C_l выбирается имитационными экспериментами.

С морской стороны к этой зоне относятся суда в прогнозной области (10-20 суток), с железнодорожной – грузопотоки от пунктов погрузки. Здесь невозможно точное управление, так как периоды движения судов и вагонов большие и поэтому совокупность случайных факторов влияет слишком сильно на конечный результат. На подход судов серьезное воздействие оказывают погодные условия. Исследования показывают, что случайный разброс во времени прибытия весьма существенный.

Основная задача вытекает из функциональных особенностей зон дальнего взаимодействия. С железнодорожной стороны это будет обеспечение функциональной готовности буферной зоны. В нее включаются зоны ближнего и среднего взаимодействия, которые непосредственно обеспечивают погрузку очередного судна. Функциональная готовность – это когда груза в буферной зоне (на складах, припортовой станции и станциях в зоне ожидания) достаточно для погрузки судна. Естественно, это нужно рассматривать по всем струям потока. Критерием для управления грузопотоками является минимум отклонения от оптимальной границы линии относительного заполнения буферной зоны (рис.3).

$$\sum_t \sum_{\gamma} (q_{\gamma}(t) - q_{\gamma}^*)^2 \rightarrow \min, \quad (3)$$

где q_{γ}^* – оптимальный запас груза γ -го типа в буферной зоне;

$q_{\gamma}(t)$ – фактическое относительное заполнение буферной зоны в момент t .

Методом оптимизации является строгий метод динамического согласования МДС. Таким образом, три зоны взаимодействия работают как подсистемы в

системах взаимодействия. При этом зоны имеют отличие в задачах взаимодействия, критериях и методах оптимизации (табл.1)

Таблица 1.

Задачи и критерии зон взаимодействия.

Зона	Задача	Критерий	Метод
Дальняя	Согласованный подвод	Функциональная готовность буферной зоны	МДС
Средняя	Управляемый подвод	Минимум отклонений от заданного ритма	И-МДС на укрупненной модели
Ближняя	Обеспечение ритма погрузки	Минимум задержек в грузовых и технологических операциях	И-МДС на подробной модели

Методы оптимизации взаимодействия помогают организовать согласованный подвод потоков. Метод динамического согласования (МДС) позволяет рассчитать ритмы отправления грузов из разных пунктов при заданных ритмах прибытия в пункты назначения с учетом возможностей транспортной инфраструктуры. МДС разработан на базе динамической транспортной задачи с задержками (ДТЗЗ). В ДТЗЗ вводятся корректирующие переменные $\omega_i(t)$ в пунктах производства p_i , означающие уменьшение объема производства $q_i(t)$ и соответственно увеличение $q_i(t-1)$ на величину $\omega_i(t)$ с производственными расходами $c_i(t)$.

В качестве критерия оптимальности принимается минимум транспортных расходов, расходов на хранение и затрат на перестройку производственных программ поставщиков:

$$J_1 + J_2 + J_3 \rightarrow \min, \quad (4)$$

где:

$$J_1 = \sum_{t=0}^T \sum_{\substack{p_i, p_j \in P \\ i \neq j}} c_{ij}(t) \cdot u_{ij}(t) - \text{транспортные расходы}; \quad (5)$$

$$J_2 = \sum_{t=0}^T \sum_{p_i \in P} c_{ii}(t) \cdot u_{ii}(t) - \text{затраты на хранение запасов}; \quad (6)$$

$$J_3 = \sum_{t=0}^T \sum_{p_i \in P} c_i(t) \cdot \omega_i(t) - \text{затраты на корректировку программ производства}. \quad (7)$$

Оптimum находится при ограничениях, задаваемых динамикой запасов у поставщиков и потребителей с учетом корректировки ритмов производства.

Можно согласовывать подвод разных грузов и, меняя стоимости $c_i(t)$ при $\omega_i(t)$, регулировать степень несовпадения ритмов отправления у разных отправителей.

Метод строгой динамической оптимизации *МДС* применим для больших полигонов, где можно абстрагироваться от детального описания структуры и технологии. В буферной зоне этого делать нельзя.

Реализацию *И-МДС* опишем на примере имитационной системы *ИСТРА*. Допустим, необходимо обеспечить заданный ритм погрузки судна. Но грузопоток состоит из нескольких струй – груз со склада, из вагонов со станции и из составов со станций средней зоны. При этом технологические цепочки будут разной длины, однако они в совокупности должны обеспечить ритм погрузки.

Здесь применяется следующий встроенный алгоритм. Вводится понятие индексной операции, которая начинает выполнение технологической операции. Заявки по индексным операциям задаются ритмом погрузки. Эти заявки идут с большим приоритетом. При этом глубина приоритета равна продолжительности выполнения технологической цепочки. Как только индексная заявка попадает в глубину действия приоритета, она переносится вверх очереди и обслуживается первой. После этого оператор проверяет условия включения в очередь одной из заявок начальных операций возможных технологических цепочек. Условия записываются в порядке предпочтительности. Если они выполняются, то включается заявка начальной операции соответствующей технологической

цепочки с временем, сдвинутым назад на время продолжительности цепочки ($-\tau$).

Метод И-МДС работает следующим образом. Пусть задан ритм погрузки судна моментами t_1, t_2, t_3, t_4 и т. д. (рис.3).

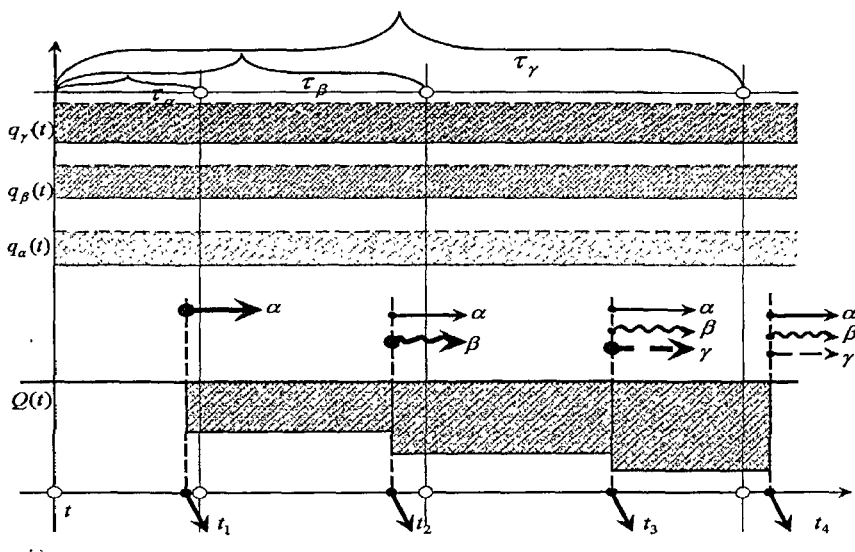


Рис.3. Схема работы и метода И-МДС

Ломаная линия $Q(t)$ будет показывать потребность в грузе с накоплением. Текущее время – то есть время поступления самой ранней заявки в очереди – t . Линии $q_\alpha(t), q_\beta(t)$ и $q_\gamma(t)$ показывают наличие груза в трех местах, например, на складе $q_\alpha(t)$, в вагонах на станции $q_\beta(t)$ и в составах на станции отстоя $q_\gamma(t)$. Пусть продолжительность подачи груза из накопителя q_α будет τ_α , из накопителя $q_\beta \rightarrow \tau_\beta$ и, соответственно, $q_\gamma \rightarrow \tau_\gamma$.

Вводим индексные операции типа α, β, γ , с заявками ξ_α, ξ_β и ξ_γ , которые все имеют наивысший приоритет и глубину действия приоритета,

соответственно, τ_α, τ_β и τ_γ . Каждая из них может запускать технологическую цепочку подвода груза с отрицательным временем, равным времени подачи, то есть $(-\tau_\alpha), (-\tau_\beta), (-\tau_\gamma)$. Итак, для каждого момента погрузки t_1, t_2, t_3 и т. д. задаются заявки по трем индексным операциям - $\xi_\alpha, \xi_\beta, \xi_\gamma$. Однако, в момент t_1 мы видим заявку ξ_α лишь одной операции - α , потому что ξ_β и ξ_γ были рассмотрены в предыдущее время с опережением. В момент t_2 есть две заявки ξ_α и ξ_β , потому что обе они не могли быть обслужены ранее. Заявка ξ_β «вошла» в глубину действия приоритета лишь в момент t_2 а заявка ξ_α еще не вошла вообще. В момент времени t_3 и далее будут представлены заявки всех типов индексных операций.

Таким образом, в момент t рассматриваются заявка ξ_α для момента t_1 , заявка ξ_β для момента t_2 и заявка ξ_γ для момента t_3 .

Алгоритм действий здесь следующий.

Момент t_1 . Проверяется условие, достаточно ли груза в накопителе $q_\alpha(t_1)$, чтобы запустить заявку y_α начальной операции технологической цепочки подачи груза из накопителя q_α

$$Q(t_1) \leq q_\alpha(t_1) \Rightarrow y_\alpha(t_1 - \tau_\alpha) \quad (8)$$

Если да, то в очередь включается заявка операции y_α с отрицательным сдвигом $(-\tau_\alpha)$, чтобы груз был подведен к моменту t_1 .

Если нет, то заявка не включается. Однако, в данном алгоритме это маловероятно, ибо в таком случае на предыдущих этапах рассмотрения груз был бы подведен из накопителя q_β или q_γ .

Момент t_2 . Для обеспечения погрузки в момент t_2 проверяется достаточность груза в накопителях q_α и q_β , так как за время опережения τ_β груз может быть подведен в промежутке

$$(t, t + \tau_\beta)$$

$$(Q(t_2) \leq q_\alpha(t_2) \Rightarrow y_\alpha(t_2 - \tau_\alpha) \vee ((Q(t_2) > q_\alpha(t_2)) \wedge Q(t_2) \leq (q_\alpha(t_2) + q_\beta(t_2))) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (y_\alpha(t_2 - \tau_\alpha), y_\beta(t_2 - \tau_\beta)). \quad (9)$$

Если в накопителе q_α груза достаточно, то включается лишь операция $y_\alpha(t_2 - \tau_\alpha)$, если же нет, то добавляется и операция $y_\beta(t_2 - \tau_\beta)$ для подвода груза из накопителя q_β .

Момент t_3 . Здесь рассматривается и заявка ξ_γ , так как она попадает в глубину действия своего приоритета. Условием ее срабатывания, включающего подвод груза из накопителя q_γ , будет недостаток груза в накопителях $q_\alpha(t_3)$ и $q_\beta(t_3)$ для обеспечения потребности $Q(t_3)$.

Таким образом, при смещении текущего момента t рассматриваются индексные заявки, попадающие в глубину действия своего приоритета. Алгоритм запускает подвод груза непосредственно к моментам потребности в нем, при этом очередность рассмотрения задает предпочтительность подвода из ближайших мест. Применение метода И-МДС может стать эффективным способом совершенствования технологических процессов в припортовых транспортных узлах.

Эффективное взаимодействие предполагает максимизацию динамических резервов. Транспорт принимает потоки от отправителей в одном ритме и должен выдавать их в другом. В рыночной экономике возрастает динамика экономических, а, значит, и транспортных связей, и колебания тех и других ритмов. Управление грузопотоками, вагоно- и поездопотоками заменяет по функции резервы вагонов, путей и складов. То есть управление замещает резервы. Динамические резервы возникают при гибком взаимодействии потоков и подсистем.

Для согласованной работы важное значение имеет корректное прогнозирование транспортных потоков в зоны взаимодействия. В диссертации сделан анализ существующих методик, показано, что риск ошибок весьма велик. В качестве средства снижения неопределенностей можно рассматривать подход, разработанный аналитическим центром ВНИИЖТа. Здесь вместо опросов и экспертных оценок предлагается программный комплекс, позволяющий моделировать глубокие взаимосвязи в экономике страны, а также связи между экономикой и транспортом.

В главе 3 «Методика расчета технических и технологических параметров припортовой станции (узла)» формулируется двойственная функция узла как совокупного канала и бункера, вводится понятие оптимальной структуры и предлагается методика ее расчета на имитационной модели.

Характер работы в припортовом транспортном узле в значительной мере определяется техническими и технологическими параметрами взаимодействующих подсистем. Так как более «гибкой», адаптивной является железнодорожная подсистема, то более важным представляется рассчитать параметры железнодорожного узла (или припортовой станции).

Коротко говоря, технические параметры – это пропускная и перерабатывающая способность устройств, а технологические – уровень их полезного использования и величина межоперационных простоев при взаимодействии потока и структуры. Остальные параметры являются, по сути, производными от указанных. Но узел не только пропускает потоки. Он является еще и своеобразным демпфером. Погрузка судна – это своего рода стрессовая ситуация. И экстремальный поток обеспечивается из резервов, накопленных на складах и резервных путях. Так что соотношение мощности устройств по переработке потоков (каналов) и емкости тех или иных демпферов (бункеров) играет важную роль. Рационально построенная структура предполагает гармонию этих свойств, настроенных на поток с конкретными параметрами, тем более, что управление в узле позволяет увеличивать свойства бункера без ухудшения функции канала. При отлаженной технологии элементы структуры – каналы и бункера – имеют вполне определенные пропускные способности и емкости, конечно, для потока с заданными характеристиками. Совокупная пропускная способность узла D будет зависеть от:

- пропускной способности каналов d_{ij} ;
- вместимости бункеров q_i .

Рационально построенная структура S обеспечивает заданную совокупную пропускную способность и требуемую емкость при наименьших затратах. Как правило, это предполагает максимизацию динамических резервов R .

Таким образом, задача ставится как:

$$\text{определить} \quad F = \sum_i \sum_j d_{ij} \cdot c_{ij} + \sum_l q_l \cdot c_l \rightarrow \min \quad (10)$$

при ограничениях

$$D \geq D^*, Q \geq Q^* \quad (11)$$

D^* и Q^* – заданные совокупные пропускные способности и емкости;

где d_{ij} – пропускной способности каналов;

q_l – вместимости бункеров.

Существующая практика проектирования узлов показывает, что значительно переоценивается надежность их технологической основы – прогноза потоков и расчета технических и технологических параметров. При этом ошибки в расчете технических параметров приведут к неправильному расчету капитальных затрат, а ошибки в расчете технологических параметров – к ошибке в оценке текущих затрат проектируемой транспортной системы. Возникает опасность ошибочного определения параметров из-за неправильного выбора метода и методологии расчета.

Избежать полного перебора вариантов в имитационной системе *ИСТРА* позволяют особенности построения моделей и специально разработанный метод ускорения процесса оптимизации, так называемый имитационный спуск. Имитационная система *ИСТРА* позволяет кратчайшим путем двигаться к выравниваю задержек в узле, ибо структуры с явно выраженными «узкими местами» не эффективны.

Итак, процессом оптимизации будет движение по траектории от одного множества задержек к другому и, наконец, к рациональному:

$$\{t_{зад_1}\}_1 \rightarrow \{t_{зад_1}\}_2 \rightarrow \dots \rightarrow \{t_{зад_1}\}_{opt}$$

То есть существует рациональный уровень задержек в системе и рациональное их распределение по структуре, дальше которого двигаться нет смысла (рис.4).

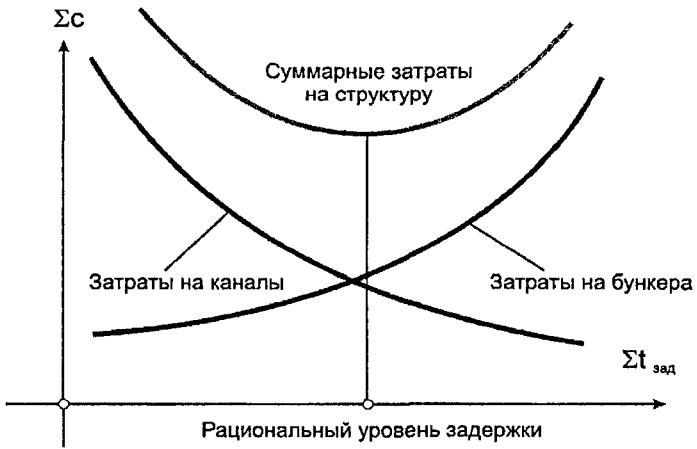


Рис.4. Зависимость затрат на структуру от уровня задержек

Задача оптимизации структуры ставится следующим образом. Определить структуру узла, при которой суммарные затраты на создание сети каналов с необходимой пропускной способностью и множества бункеров с необходимой емкостью и затраты на пропуск потоков были бы минимальными. Определяется

$$\begin{aligned}
 C = & \sum_i \sum_j \sum_t d_{ij} \cdot c_{ij}(t) + \sum_l \sum_t q_l \cdot c_l(t) + \\
 & + \sum_i \sum_j \sum_t u_{ij}(t) \cdot c_{ij}^* + \sum_l \sum_t q_l(t) \cdot c_l^* \rightarrow \min \quad \text{при ограничениях:} \\
 & \forall k | \theta_k \geq \bar{\theta}, \quad (12)
 \end{aligned}$$

где d_{ij} - пропускная способность канала q_l - вместимость бункера (ваг.);

$u_{ij}(t)$ - поток по каналу d_{ij} в момент t ;

$q_l(t)$ - остаток вагонов в бункере в момент t ;

c_{ij} - капитальные затраты на канал, приведенные к пропуску единицы потока в единицу времени;

c_i - капитальные затраты на бункер, приведенные к задержке единицы потока на единицу времени;

c_{ij}^* - эксплуатационные затраты на пропуск единицы потока в канале d_{ij} ;

c_i^* - эксплуатационные затраты, связанные с задержкой единицы потока на единицу времени в бункере q_i ;

θ_k - объемный показатель работы узла, полученный в эксперименте на модели;

$\bar{\theta}_k$ - заданный уровень k -го объемного показателя.

В ходе моделирования, естественно, не исключается содержательный анализ результатов каждого эксперимента.

Глава 4 «Логистическая организация согласованного подвода грузов» посвящена реализации предложенных основ эффективного взаимодействия в условиях существующей информационной среды и структурного построения системы управления.

Анализ показал, что существующая «ручная» технология поддерживается развитой информационной средой. Однако выбор решений при постоянно возникающих случайных факторах осуществляется вручную. Процесс принятия решений далек от оптимального и реальное взаимодействие существенно отклоняется от ожидаемого. Внедрение предложенных оптимизирующих процедур может значительно снизить стыковые проблемы.

На этапе планирования погрузки строится прогноз подхода грузов к порту от всех станций отправления. Информационная среда вполне достаточна для организации эффективного взаимодействия. Логистическое управление грузопотоками может быть реализовано с помощью вертикали логистических центров. Структурное обеспечение логистического процесса, в основном, соответствует структуре управления перевозками в ОАО «РЖД». Действительно, центральный логистический центр будет курировать дальнюю зону взаимодействия, дорожный вместе с организующимися сейчас ЦУМРами – среднюю, а логистический

центр транспортного узла – ближнюю. Получив эффективный аппарат автоматизированной оптимизации процесса подвода грузов и организации погрузки, логистические центры могут значительно улучшить процесс взаимодействия двух видов транспорта.

В главе 5 «Исследование эффективности согласованного взаимодействия» проведена экспериментальная (на модели) проверка влияния предложенной технологии на показатели работы узла. Был выбран Новороссийский порт, который является важнейшим для России на Черном море. Основу транспортного узла составляет ст. Новороссийск. Поэтому важно корректно рассчитать ее технико-технологические параметры и выбрать рациональную технологию работы.

На модели работа узла воспроизводилась в течение 10 суток, а потом результаты усреднялись. При этом имитировались три ситуации: «неуправляемая» работа (то есть управляемая, но без применения оптимизирующих процедур), с применением метода МДС, с применением метода И-МДС. Согласование технологий отражается на всех показателях работы (в диссертации приводится подробный анализ результатов). При согласовании возрастает производительность станции и существенно падают простои вагонов (рис.5). Это происходит, в основном, из-за снижения задержек при выполнении операций (рис.6).

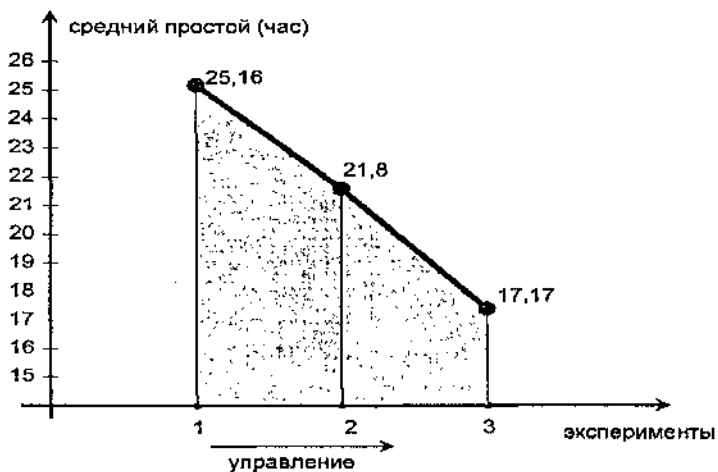


Рис.5. Снижение времени нахождения вагонов на станции за счет применения методов МДС и И-МДС.

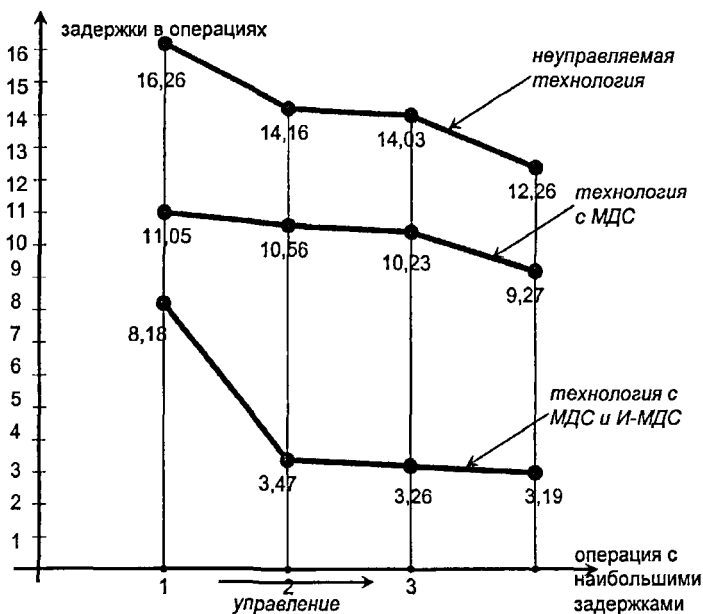


Рис.6. Уменьшение задержек при выполнении операций.

Если рассмотреть устройства, вызывающие наибольшие задержки, то особенно эффективным является метод *И-МДС*. Это и естественно, так как он непосредственно выстраивает технологические цепочки по конечным ритмам. Существенно меняется характер использования устройств и, в первую очередь, путей. Уменьшается занятость межоперационными простоями и возрастает полезная занятость технологическими операциями. Таким образом, применение согласования технологий с помощью методов *МДС* и *И-МДС* значительно улучшают все параметры взаимодействия.

Заключение.

В диссертации разработаны научные основы эффективного взаимодействия двух важнейших видов транспорта, что позволит снизить простои вагонов и судов, повысить полезное использование терминалов, путей, локомотивов и складов, а также оптимизировать управление потоками.

При этом получены следующие результаты:

1. Обоснована необходимость и сформулированы принципы структурирования пространства взаимодействия, предложена

структура зон и функции каждой для рассматриваемой проблемы. Отсутствие четкой структуры не позволяло построить эффективную технологию взаимодействия и приводило к неоправданно огромным простоям тысяч вагонов, а также судов, нерациональному использованию путей, локомотивов, терминалов и т. д.

2. Сформулированы критерии и предложены методы оптимизации управления потоками в различных зонах с учётом их объективно выполняемых функций. Показано, что критерии и методы оптимизации будут разными в различных зонах. Это позволяет построить рациональную структурированную технологию.
3. Разработан оригинальный метод автоматизированного расчёта режима согласованного подвода грузов к терминалам, реализованный в имитационной модели. Метод может быть использован в качестве оптимизирующего блока в АСУ транспорта припортовых узлов. Здесь пересекаются и взаимодействуют многоструйные потоки в условиях значительной неравномерности. Поэтому здесь необходима гибкая, адаптивная технология. Диспетчеру трудно (практически невозможно) «проиграть» в уме возможные варианты развития событий и выбрать рациональные варианты. Необходимы автоматизированные оптимизирующие процедуры. Ими могут служить предложенные в диссертации методы *МДС* и *И-МДС*.
4. Разработана методика расчёта технических и технологических параметров транспортных узлов с помощью имитационного моделирования, что необходимо для построения гармоничной инфраструктуры и согласованной технологии взаимодействующих видов транспорта. Предложены специальные процедуры, ускоряющие процесс оптимизации.
5. Предложен способ реализации разработанных подходов для реального объекта с анализом информационной среды и существующей структуры управления перевозками. Показано, что информационная среда достаточно развита для построения АСУ припортовых транспортных узлов, чтобы создать автоматизированно управляемую технологию на базе предложенных методов. Существующая структура управления перевозками может обеспечить внедрение разработанной технологии.

6. Проведено исследование эффективности предложенной технологии взаимодействия с помощью экспериментов на подробной имитационной модели. Расчеты показали, что с применением методов МДС и И-МДС существенно улучшаются параметры взаимодействия двух видов транспорта в транспортном узле – сокращаются межоперационные простои, улучшается использование путей, локомотивов, терминалов и т.п. Существенно сокращается время нахождения вагонов в узле.
7. Внедрение четко структурированных, гибких, автоматизированно управляемых технологий на базе корректно выбранных критериев и методов оптимизации может существенно улучшить взаимодействие железнодорожного и морского транспорта и сократить непроизводительные простои транспортных средств.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Новиков, П.А. Принципы и модели оптимизации взаимодействия железнодорожного и морского транспорта [Текст] / А.Э. Александров, П.А. Новиков // Транспорт: наука, техника, управление. - Научный информационный сборник.- 2008 .- №9.- С. 14-16. – **входит в перечень ВАК.**
2. Новиков, П.А. Рациональное взаимодействие железнодорожного и морского транспорта в припортовых транспортных узлах [Текст] // Транспорт Урала – научно-технический журнал.– Екатеринбург: УрГУПС.– 2008.– №2 (17) – С. 72-75.– **входит в перечень ВАК.**
3. Новиков, П.А. Имитационный метод динамического согласования (И-МДС) как аппарат оптимизации сложных технологических процессов на транспорте [Текст] // Транспорт Урала – научно-технический журнал.- Екатеринбург: УрГУПС.- 2008.- №3 (18).- С. 10-12 – **входит в перечень ВАК**
4. Новиков, П.А. Применение системы имитационного моделирования для расчета рациональной технической структуры и технологии промышленных транспортных систем [Текст] / А.Э. Александров, П.А. Новиков. // Вестник РГУПС.– Ростов н/Д.– 2008.– № 3. – С. 76-80.- – **входит в перечень ВАК**
5. Новиков, П.А. Эффективность согласования технологий взаимодействия железнодорожного и морского транспорта в припортовых транспортных узлах [Текст] // Материалы Уральской горнопромышленной декады, 14-23 апреля 2008 г. – Екатеринбург: УГТУ, 2008 – С. 333

6. Новиков, П.А. Имитационный метод динамического согласования технологических процессов в транспортных процессах [Текст] // Телекоммуникационные и информационные технологии на транспорте России: Аннотации докладов Шестой Международной научно-практической конференции «ТелекомТранс-2008». – Ростов н/Д.– 2008- С. 13-15.
7. Новиков, П.А. Имитационная модель управляемой технологии транспортной системы [Текст] // Инновационные технологии в педагогике и на производстве / Сб. материалов XIV Всерос.науч.-практ. конф. мол. ученых и специалистов, Екатеринбург, 22 апр. 2008 г. – Екатеринбург: РГТПУ, 2008, С. 101-103.
8. Новиков, П.А. Согласованное взаимодействие железнодорожного и морского транспорта в припортовых транспортных узлах [Текст] / И.П. Владимирская, П.А. Новиков // Сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции "Транспорт России: проблемы и перспективы - 2008", 21-23 октября. – М., 2008.- С. 43–42
9. Новиков, П.А. Информационные технологии на транспорте в рыночной экономике [Текст] / Козлов П.А., Новиков П.А. // Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Транспорт, наука, бизнес: проблемы и стратегия развития», посв. 130-летию Сверд. ж.д.: Сб.научн.тр. – Екатеринбург: УрГУПС. – 2008 г. – С.290.

НОВИКОВ ПЕТР АНДРЕЕВИЧ

**ОРГАНИЗАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО И МОРСКОГО ТРАНСПОРТА В
ПРИПОРТОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛАХ**

05.22.08 – Управление процессами перевозок

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66, УрГУПС
Редакционно-издательский отдел

Бумага писчая №1	Подписано в печать 12.11.08г.	Усл. печ. л. 16
Тираж 100 экз.	Формат 60 x 90 1/16	Заказ 328