

УДК 656.07:519.8

Г.С. Махуренко

*Одесский национальный морской университет
Одесса, Мечникова 34, 65029*

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

G.S. Makhurenko

*Odessa national maritime university,
Odessa, Mechnikova 34, 65029*

**ORGANIZATION OF EFFECTIVE INTERACTION OF RAIL
AND MARITIME TRANSPORT IN TRANSPORT HUBS**

В статье обсуждается проблема взаимодействия железнодорожного и морского транспорта в транспортных узлах. Основное внимание уделяется «точечному» взаимодействию этих видов транспорта. В основе взаимодействия лежит краткосрочное прогнозирование поступления груза под загрузку судна. На основании корректировки краткосрочных прогнозов корректируется сменно-суточный план обработки судов с использованием компенсационных механизмов в случае нарушения сроков обработки судна.

Ключевые слова: взаимодействие транспорта, транспортный узел, краткосрочное прогнозирование, компенсационные механизмы.

У статті обговорюється проблема взаємодії залізничного і морського транспорту в транспортних вузлах. Основна увага приділяється «точкової» взаємодії цих видів транспорту.

© Махуренко Г.С., 2016

В основі взаємодії лежить короткострокове прогнозування надходження вантажу під завантаження судна. На підставі коригування короткострокових прогнозів коригується змінно-добовий план обробки суден з використанням компенсаційних механізмів у разі порушення термінів обробки судна.

Ключові слова: взаємодія транспорту, транспортний вузол, короткострокове прогнозування, компенсаційні механізми.

The article discusses the problem of interaction of railway and marine transport hubs. The main attention is paid to «point» the interaction of these modes of transport. Interactions is short-term forecasting of receiving the cargo for loading ship.

On the basis of the adjustment of short-term forecasts adjusted shift-daily plan of ship's handling with the use of compensatory mechanisms in case of violation of terms of treatment of the ship.

It should be noted that the problem of effective interaction consists of three interrelated parts – coordination of technical, technological and management. It is therefore necessary, firstly, to correctly calculate the parameters of the interacting subsystems. The problem now is solved very simply. Secondly, you need to conceptualize a manageable technology from two sides of the interaction.

To set the zone of the far, middle and near interactions, which have their own characteristics, although they all must function as a subsystem of one system.

Directly contacting takes place in the nearby areas. With rail side - a group of selected cars in the port railway station. On the sea side - it ships at berth under loading and storage. There is a complete information about the required rhythm pickup and there is a direct opportunity to manage freight and technological processes.

Among the control terminal, it is generally accepted that a high coefficient of use of the terminal should be achieved. Getting

information describing the daily offer an overload of cargo, it is essential in achieving this goal.

For this purpose we developed two models for short-term forecasting, static and dynamic. On the basis of forward-looking information the problem of interaction of the near zones is to ensure the required rhythm of loading. The criterion of interaction is formulated as a minimum total cost of freight and operations

Note that the influence of random and uncertain factors leads to disruption of the planned timing of the processing ship. For such cases has provided provision of financial and material help and appropriate compensatory measures (mechanisms). The article discusses the mechanisms that implement compensatory measures to eliminate the breakdowns. These mechanisms significantly reduce the risk of violations of the standards of treatment of ships and railway cars.

Keywords: *transport cooperation, transport hub, short-term forecasting, compensatory mechanisms.*

Постановка проблеми. 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 согласованного управления потоками в соответствии с ритмами погрузки/выгрузки.

Следует отметить, 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.

Взаимодействие начинается с момента выбора ритма отгрузки грузов назначением в порт и появления судов в прогнозной области. В логистике эти пространства рассматриваются без деления на составляющие. Анализ показывает, что их надо структурировать, так как отдельные части существенно отличаются по характеру и задачам взаимодействия.

Обзор последних исследований и публикаций. Работ, связанных с исследованием взаимодействия железнодорожного и морского транспорта достаточно много. В работе Фуртова Ю.В. [1] рассмотрены вопросы оптимизации выбора характеристик перегрузочного оборудования морского порта в системе его взаимодействия с грузовладельцами и судовладельцами, аналитически установлены оптимальные тарифы и продолжительности перегрузки.

В работе Заборского Л.А. [2] поставлена и решена задача оптимального взаимодействия наземных видов (железнодорожного, автомобильного) и морского транспорта на морском терминальном комплексе в терминах частично-целочисленного программирования. Сформулированная экономико-математическая модель учитывает возможные ситуации, складывающиеся в системе доставки, из-за разного соотношения интенсивности завоза груза в порт и выполнения погрузочных работ.

В соответствии с работой Владимирской И.П. и Козлова П.А. [3] взаимодействие морского и железнодорожного транспорта начинается с момента выбора ритма отгрузки грузов назначением в порт и появления судов в прогнозной области. В логистике это пространство рассматривалось без деления на составляющие. Анализ показал, что их надо структурировать, так как отдельные части существенно отличаются по характеру и задачам взаимодействия. Необходимо четко выделить зоны взаимодействия, сформулировать задачи, определить критерии и выбрать методы оптимизации взаимодействия.

В работе Казакова А.Л., Маслова А.М. [4] описана математическая модель и с ее помощью исследуются параметры транспортного потока, входящего на грузовую станцию. Делаются выводы о характере колебаний входящего транспортного потока и даются рекомендации по учету этих колебаний при проектировании и эксплуатации грузовых станций общего пользования.

В работах Новикова П.А. [5-6] рассматриваются вопросы рационального взаимодействия железнодорожного и морского транспорта в припортовых транспортных узлах и принципы и модели оптимизации взаимодействия железнодорожного и морского транспорта.

Проблема взаимодействия железнодорожного и морского транспорта в припортовых транспортных узлах – одна из самых болезненных и постоянно обсуждаемых. Бывают периоды, когда «брошенными» на подходах к портам оказываются более 200 составов. На совместных совещаниях руководителей двух видов транспорта стандартными претензиями являются несоответствие технического развития стыковой подсистемы и неправильный подвод транспортных средств с противоположной стороны.

Во второй работе 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.

Задачи исследования. Задача исследования связана с рассмотрением условий ближайшей зоны взаимодействия; формулировкой критерия и методов оптимального управления потоками в ближайшей зоне взаимодействия и разработкой логистики процесса взаимодействия на основе краткосрочного прогнозирования и использования компенсационных механизмов в условиях нарушения графиков грузовых работ.

Основной материал исследования. В соответствии с работой [6] предлагается выделить по три зоны взаимодействия со стороны морского и железнодорожного транспорта (рис.1).

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 подачей вагонов на фронты	Управляемый подвод групп вагонов	Согласованный подвод составов

Рис. 1. Структура зон взаимодействия

Зоны дальнего, среднего и ближнего взаимодействия имеют свои особенности, хотя все они должны функционировать как подсистемы одной системы. На рисунке заштрихованная область определяет объем задач управления в морской и железнодорожных зонах ответственности. Объем процессов управления в железнодорожной подсистеме обычно выше, потому что транспортный поток разбивается на большее число струй.

Непосредственное контактное взаимодействие происходит в ближних зонах. С железнодорожной стороны – это подобранные группы вагонов на припортовой железнодорожной станции.

С морской стороны – это суда у причалов под погрузкой и склад. 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 трюмов судна. С железнодорожной – управление подачей груза на склад или на судно.

Среди управляющих терминалом, вообще принято, что должен быть достигнут высокий коэффициент использования терминала. Получение информации, описывающей ежедневное предложение на перегрузку груза, имеет существенное значение в достижении этой цели. Точное предсказание ожидаемого предложения в определенный день позволило бы управляющему терминалом делать разумное распределение погрузочно-разгрузочного оборудования.

Грузовые перевозки, связанные с различными судами, имеют различные характеристики поступления по причинам, связанным, прежде всего с отдельной практикой деловых отношений и географической ориентацией рейсов. В результате модель поступления грузов, связанная с определенным судном, заходящим в порт, должна быть адаптирована для использования в планировании операций.

Экспортные грузы, предназначенные для определенных судов, поступают на терминал в течение нескольких дней до прибытия судна. По прибытию судна грузы импорта разгружаются и хранятся, и затем вывозятся из терминала в течение нескольких дней. Соединяя информацию о движении всех судов, может быть определен полный спрос на услуги терминала в течение любого определенного дня.

Общая структура моделирования представлена на рис. 2. Как показано на этом рисунке были разработаны две модели, статическая и динамическая. Эти две модели и их соответствующие требования к данным описаны подробно ниже.

Статическое моделирование, оценивая ежедневные проценты грузовых перемещений, связывается с определенным судном.

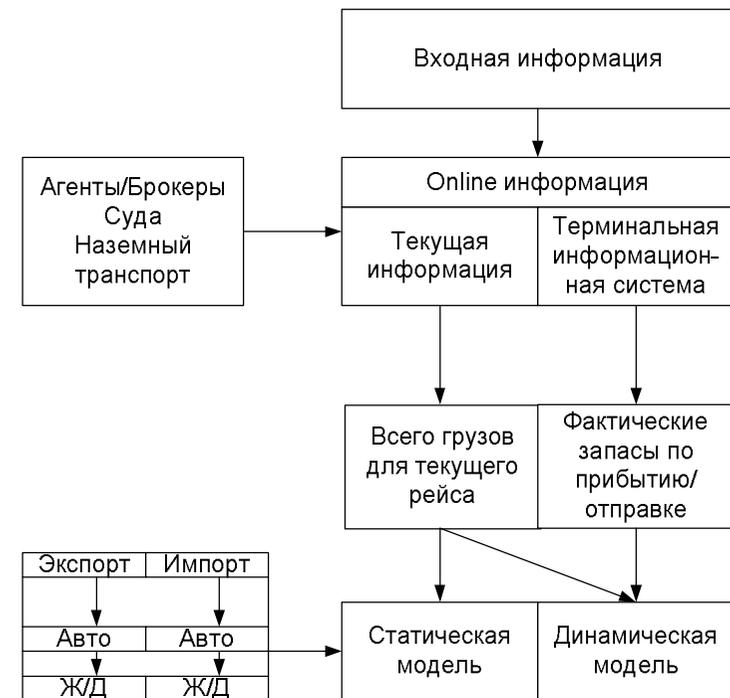


Рис. 2. Структура моделирования при краткосрочном прогнозе

Для каждого рейса судна используется логистическая информация, чтобы вычислить долю (P_i) прибытия груза экспорта, в день i до окончания грузовых работ по судну, согласно

$$P_i = \frac{h_i}{\sum_{i=0}^k h_i}, i = k, k-1, \dots, 0.$$

где h_i объем груза в день i , и k является модельным горизонтом, указывая, сколько дней до отбытия судна рассматривается в анализе. В этом случае полученная модель представляет функцию плотности вероятности, выражающую условную вероятность ($P_i [x = i | 0 \leq i \leq k]$) того, какая доля объема груза поступит в день i до запланированной даты окончания грузовых работ для заданного модельного горизонта в k дней.

Умножение полученных вероятностей на полное ожидаемое число экспорта (E_T) обеспечивает оценку (e_i) ежедневного уровня спроса на услуги порта до поступления судна. Таким образом, $e_i = P_i \cdot E_T$.

Вторая модель использует в своих интересах оперативную информацию, доступную терминалам, связанным с использованием различных видов транспорта. Это возможно посредством получения (on-line) взаимосвязанной информации о процессах поступления/отбытия грузов на терминале. В течение любого дня все операции движения входа/выхода записаны подробно в информационных файлах. У менеджера терминала есть полная информация об объеме груза, который имеется на складской площадке.

Поэтому, запрашивая текущий запас для определенного рейса, легко оценить объем экспортного груза, (R_i), который придет в порт после дня i и будет храниться до прихода судна. В день i общий объем груза, связанный с определенным рейсом, который уже прибыл на терминал (A_i), оценивается как сумма объемов груза, поступающих каждый день n , $i < n \leq k$

$$A_i = \sum_{n=i+1}^k a_n,$$

тогда

$$R_i = E_T - A_i, \quad i = 1, 2, \dots, k.$$

Таким образом, встает вопрос о прогнозной оценке доли экспортных грузов P_m поступающих каждый день m ($0 \leq m \leq i$),

при условии учета фактических поставок, имевших место в предыдущие (предшествующие) дни.

Рис. 3 демонстрирует эту концепцию. Нижняя часть рисунка показывает временной (модельный) горизонт для экспортного рейса.

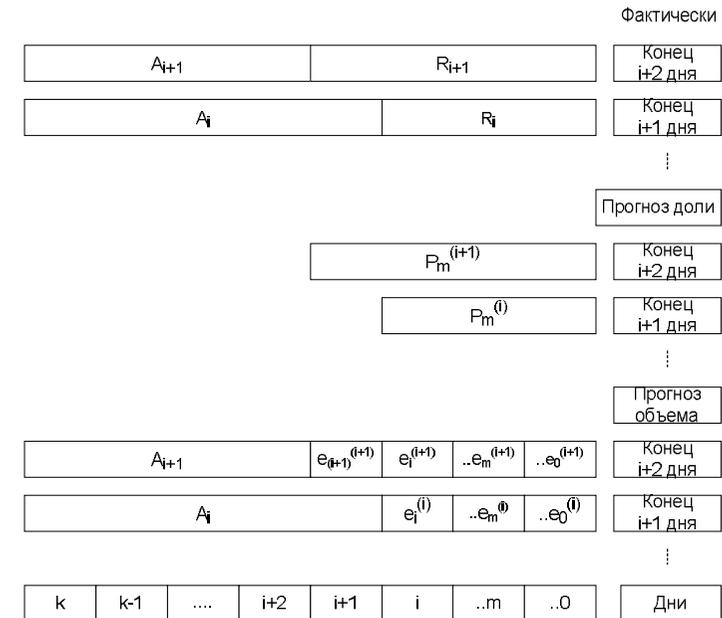


Рис.3. Концепция динамической модели

Предсказания выполняются в течение k дней до прибытия судна, которое приходит в день 0 . Верхняя часть рисунка показывает фактический объем груза, который поступил (A_i) или еще не поступил (R_i) в конце $i+1$ дня (перед днем i).

Средняя часть рисунка показывает прогноз доли (процента) экспортного объема груза ($P_m^{(i)}$), скорректированных для каждого m -го дня ($0 \leq m \leq i$), при условии фактических поставок в предыдущие дни.

Например, в конце дня $i+1$ число оставшихся поставок (R_i), которое произойдет, начиная с i -го дня, известно, $R_i = (E_T - A_i)$.

Корректировка доли (процентов) объема груза, который, как ожидается, поступит в каждый день m ($0 \leq m \leq i$), могут быть выполнены следующим образом:

$$P_m^{(i)} = P_m^{(i+1)} \cdot \frac{R_i^{\text{факт}}}{R_i^{\text{ожид.}}} = P_m^{(i+1)} \cdot \frac{R_i}{R_{i+1} - e_{i+1}}.$$

Здесь $P_m^{(i+1)}$ – доля (процент) объема груза, поступившего в день m ($0 \leq m \leq i+1$), рассчитанная на предыдущем шаге ($i+1$). $R_i^{\text{факт}} = R_i$ – фактический остаток поступления груза на шаге i , $R_i^{\text{ожид.}} = R_{i+1} - e_{i+1}$ – ожидаемый остаток поступления грузов на шаге i , e_{i+1} – ожидаемое поступление грузов на $i+1$ -ом шаге, $e_{i+1} = P_{i+1} * E_T$, R_{i+1} – фактический остаток поступления грузов на шаге $i+1$.

Откорректированные доли умножаются на полное ожидаемое число экспортных грузов E_T , чтобы оценить новый ожидаемый ежедневный спрос. Нижняя часть рисунка концепции показывает оцениваемый ежедневный спрос. Например, e_m^i – ожидаемый спрос в течение дня m , начиная с начала дня i . Аналогичный подход используется для грузов импорта.

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

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

где $\Delta_i(t)$ – задержка при выполнении грузовой 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 технологической 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 и порта с помощью имитационных экспериментов. Нерациональное использование технологических возможностей станции и порта приведет, во-первых, к задержке грузовых операций, а, во-вторых, оставит станцию и порт в плохом функциональном состоянии для следующего судна.

Процесс рабочего хода обработки судна состоит из скоординированного выполнения нескольких этапов, которые могут быть связаны с людьми и требуют доступа к разнородным и распределенным системам [7].

После составления плана проекта обработки судна начинается выполнение запланированных работ. Стивидор (диспетчер) должен внимательно следить за ходом работ, чтобы вовремя заметить несоответствие между планом и фактическими результатами выполнения работ. Отклонения от плана опасны тем, что они могут привести к задержке сроков окончания обработки судна, превышению бюджета или неполной реализации запланированных задач.

Процесс отслеживания заключается в сборе фактических данных о ходе выполнения работ и последующем сравнении фактических данных с плановыми. При этом в зависимости от потребностей стивидорной компании могут сравниваться календарный, бюджетный и ресурсный планы обработки судна, то есть во время отслеживания можно определять, насколько плану проекта соответствует выполнение работ, расход средств и загрузка ресурсов.

Главная цель отслеживания проекта – вовремя обнаружить отклонения (в любом из перечисленных аспектов) факти-

ческого хода работ от запланированных и соответствующим образом провести корректировку плана проекта обработки судна. Для этого нужно собирать данные о ходе выполнения работ и сравнивать их с данными базового плана обработки судна. Чтобы такое сравнение было возможным, перед началом выполнения работ нужно зафиксировать базовый план, с которым в дальнейшем будут сравниваться его фактические состояния. Кроме того, до начала отслеживания нужно определить, какие из аспектов (календарный, бюджетный или ресурсный) плана проекта вы собираетесь контролировать, поскольку от этого зависит выбор методики отслеживания.

Предположим, что влияние случайных и неопределенных факторов привело к нарушению запланированных сроков завершения различных этапов проекта. Для таких случаев главный диспетчер предусматривает финансовые и материальные резервы и соответствующие компенсационные меры (мероприятия). Механизмы, реализующие компенсационные мероприятия с целью ликвидации срывов, будем называть компенсационными механизмами. Такие механизмы значительно снижают риски обработки судна.

Рассмотрим пример компенсационного механизма, направленного на ликвидацию отставания и восстановление в сроках реализации обработки судна.

Целью восстановления является приведение неисправного процесса обратно в какое-то приемлемое состояние. Компенсация общих рабочих процессов является довольно сложной процедурой. Во-первых, рабочий процесс может иметь сложную структуру, и выполнение процесса может создать довольно сложный контроль зависимости потоков данных между деятельностью процесса. Сетевой график рабочего процесса может включать в себя ветвление, одновременное выполнение мероприятий и других сложных зависимостей управления. В результате, определение объема компенсации (т.е., какая деятельность должна быть компенсирована) для общего рабочего процесса становится нетривиальной задачей.

Во-вторых, рабочий процесс, как правило, включает в себя несколько независимых систем – грузы, технологии ПРР, оборудование и людей. Деятельность в процессе выполнения, как правило, сложных операций разнообразна.

Таким образом, деятельность может быть очень дорогой, при выполнении компенсации. Поэтому очень важно свести к минимуму объем компенсации, чтобы избежать ненужных затрат.

Из определения общей постановки задачи, для составления календарного плана обработки судна необходимо решить следующие задачи:

- определить перечень работ, которые необходимо выполнить для достижения результатов проекта;
- установить последовательности выполнения работ и взаимосвязи между работами;
- установить время продолжительности работ, необходимое для выполнения каждой отдельной работы;
- определить ресурсы, необходимые для выполнения работ;
- составить график выполнения работ в принятой постановке.

Рассмотрим регулирующую (компенсационную) задачу сокращения продолжительности обработки судна i -й технологической линией на заданную величину Δ_i .

Опишем сначала частный случай, когда каждая ТЛ – разрабатывает и представляет центру мероприятия по сокращению продолжительности производственного цикла. В агрегированном виде эти мероприятия можно описать зависимостью $c_{ij}(\tau_{ij})$ затрат, требуемых на сокращение продолжительности операции i -й технологической линии на j -м трюме на величину τ_{ij} . Рассмотрим механизм решения поставленной задачи, в котором величина финансирования мероприятий по сокращению продолжительности проекта прямо пропорциональна величине τ_{ij} сокращения продолжительности операции, то есть $c_{ij}(\tau_{ij}) = \lambda_{ij}\tau_{ij}$, где λ_{ij} – величина финансирования, выделяемая на сокращение вре-

мени работы T_{ij} в единицу времени. В этом случае имеем задачу [8]

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j \in J_i} \lambda_{ij} \tau_{ij}(t) \rightarrow \min \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J_i} \tau_{ij} = \Delta_i(t), i = \overline{1, n} \quad \tau_{ij} (+) \quad (3)$$

$$\tau_{ij} \geq 0, i=1,2,\dots,n, j=1,2,\dots,m \quad \tau_{ij} (+) \quad (4)$$

Целевая функция (2) минимизирует затраты на сокращение продолжительности работы технологических линии на судне с момента t . Уравнение (3) определяет время сокращения работы T_{ij} на заданную величину $\Delta_i(t)$. Условие (4) представляет ограничение на неотрицательность переменных решения.

Фактически величина

$$Z_i(t) = \sum_{j \in J_i} \lambda_{ij} \tau_{ij}(t) = c_i \Delta_i(t).$$

определяет первую составляющую критерия (1). Аналогично критерии взаимодействия транспорта и предложены компенсационные механизмы управления потоками с учётом нарушения нормативов определяется и вторая составляющая критерия (1).

Выводы. Таким образом, разработаны 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:

Рассмотрены принципы взаимодействия железнодорожного и морского транспорта в ближайшей структурной зоне, сформулированы задачи взаимодействия для рассматриваемой проблемы.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Фуртатов Ю.В. Оптимизация взаимодействия морского порта, грузо- и судовладельцев с учетом характеристик перегрузочного оборудования / Ю.В. Фуртатов // Развитие методів управління та господарювання на транспорті: Зб. наук. праць. – Вип. 37. – Одеса: ОНМУ, 2011. – С.4-9.
2. Заборский Л.А. Оптимизация взаимодействия различных видов транспорта на морском терминальном комплексе в системе доставки грузов / Л.А. Заборский // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. – Вип. 14. – Одеса: ОНМУ, 2008. – С. 238-240.
3. Владимирская И.П. Метод оптимизации взаимодействия железнодорожного и морского транспорта / И.П. Владимирская, П.А. Козлов. – СПб.: Т-Пресса, Транспорт Российской Федерации, 2009. – № 1. – С.53-55.
4. Казаков А.Л. Моделирование входящего транспортного потока на грузовую станцию с учетом его суточной неравномерности / А.Л. Казаков, А.М. Маслов // Транспорт Урала. – Екатеринбург: УрГУПС, 2008. – № 2(17). – С. 64-71.
5. Новиков П.А. Рациональное взаимодействие железнодорожного и морского транспорта в припортовых транспортных узлах [Текст] / П.А. Новиков // Транспорт Урала – научно-технический журнал. – Екатеринбург: УрГУПС, 2008. – № 2(17). – С. 72-75.
6. Новиков П.А. Принципы и модели оптимизации взаимодействия железнодорожного и морского транс-

- порта [Текст] / А.Э Александров, П.А. Новиков // Транспорт: наука, техника, управление: Научн. информационный сб. – 2008. – № 9. – С. 14-16.*
7. *Крук Ю.Ю. Компенсационные механизмы оперативного управления обработки судна / Ю.Ю. Крук // Вісник ОНМУ: Зб. наук. праць. – Вип.4(46). – Одеса, 2016. – С.149.*
8. *Бурков В.Н. Как управлять проектами: Научно-практическое издание / В.Н. Бурков, Д.А. Новиков. – М.: СИНТЕГ-ГЕО, 1997. – 188 с.*

Стаття надійшла до редакції 24.05.2016

Рецензент – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри «Менеджмент та маркетинг на морському транс-порті» Одеського національного морського університету
М.Я. Постан