

ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 656.96

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛАХ

Т.А. Омельченко, аспирант,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. Предложена модель технологического процесса взаимодействия участников доставки в транспортных автомобильно-железнодорожных узлах, позволяющая учесть интересы всех субъектов процесса. В качестве критерия эффективности предложено использовать минимум суммарных затрат, связанных с непроизводительными простоями транспортных средств, механизмов, грузов и складских площадей в транспортном узле.

Ключевые слова: транспортно-экспедиторское обслуживание, транспортный узел, критерий эффективности, взаимодействие видов транспорта.

МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ТА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В ТРАНСПОРТНИХ ВУЗЛАХ

Т.О. Омельченко, аспірант,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Запропоновано модель технологічного процесу взаємодії учасників доставки у транспортних автомобільно-залізничних вузлах, що дозволяє врахувати інтереси всіх суб'єктів процесу. Як критерій ефективності запропоновано використовувати мінімум сумарних витрат, пов'язаних з непродуктивними простоями транспортних засобів, механізмів, вантажів і складських площ у транспортному вузлі.

Ключові слова: транспортно-експедиторське обслуговування, транспортний вузол, критерій ефективності, взаємодія видів транспорту.

MODEL OF THE PROCESS OF INTERACTION OF THE ROAD AND RAILWAY TRANSPORT AT TRANSPORTATION NODES

T. Omelchenko, P.G.,
Kharkiv National Automobile and Highway University

Abstract. The model of technological process of interaction of delivery process participants in transport road and railway nodes, which allows considering the interests of all subjects of the process has been proposed. As an efficiency criterion it was proposed to use the minimum of overall costs associated with unproductive downtime of vehicles, machinery, cargo units and warehouse space at the transport node.

Key words: freight forwarding, transport node, efficiency criterion, transport modes interaction.

Введение

Процессы взаимодействия нескольких видов транспорта играют важную роль при экспедиторском обслуживании клиентуры. Рациональное функционирование транспортного

узла позволяет обеспечить эффективное взаимодействие всех субъектов доставки, однако в настоящее время ТУ являются «узким местом» всей логистической цепочки доставки грузов.

Проведенный анализ показал: детальные модели технологических процессов взаимодействия транспорта в ТУ отсутствуют или же они не приспособлены к современному состоянию, что обусловлено сложностью процесса и влиянием на него множества случайных факторов.

Анализ публикаций

Анализ теоретических разработок в сфере совершенствования процесса экспедиторского обслуживания клиентуры (ТЭО) при взаимодействии в ТУ рассмотрен в [1–5].

Рационализация ТЭО субъектов доставки в работе [1] рассмотрена с точки зрения работы грузовой железнодорожной станции, имеющей все технические средства для обеспечения перевозки и вспомогательных операций. Рассмотрены возможности сокращения численности работников, высвобождение оборотных средств от ускорения доставки грузов, высвобождение складских площадей, сокращение простоя транспортных средств под погрузочно-разгрузочными работами (ПРР), снижение транспортных издержек в народном хозяйстве и др. Основным недостатком является необходимость полного материально-технического обеспечения ТЭП, что сужает сферы применения предложенных методик на практике.

Авторами [2] предложены методики определения рациональных форм организации ТЭО, позволяющие учесть интересы одного из участников технологического процесса. Критериями эффективности, в зависимости от интересов клиента, могут быть: минимизация народнохозяйственных затрат на доставку груза, минимизация межведомственных передач груза. В целом предложенный подход разработан для функционирования ТЭП в условиях централизованного планирования и не учитывает стохастический характер процесса ТЭО.

Методика совершенствования доставки грузов в работе [3] предложена по двум группам критериев. К первой группе отнесены показатели эффективности отдельных процессов (своевременность и продолжительность доставки, потери грузов, производительность транспортных средств и погрузочно-разгрузочных механизмов (ПРМ)), ко второй – показатели интегральной эффективности до-

ставки (удельная трудоемкость транспортно-технологических операций, энергоемкость комплекса операций, прибыль, приведенные затраты).

Наиболее значимыми показателями эффективности доставки грузов, согласно исследованию [4], являются: затраты на доставку груза, потребление топлива, численность работников транспортного предприятия.

В работах [5–7] выделен ряд основных типов задач, за счет которых возможно повысить эффективность ТЭО: обоснование новой технологической схемы; выбор схемы технологического процесса; обоснование целесообразности обращения к экспедитору; выбор экспедитора и перевозчика из ряда альтернативных вариантов; выбор подвижного состава, средств механизации (ПРР).

Общим недостатком рассмотренных методик является то, что они позволяют учесть интересы одного или двух участников процесса обслуживания, что не соответствует современным требованиям рынка транспортно-экспедиторского обслуживания.

Цель и постановка задачи

Целью работы является повышение эффективности функционирования транспортного узла за счет рационализации взаимодействия автомобильного и железнодорожного транспорта в узле.

Для достижения цели обосновывается критерий эффективности обслуживания клиентуры экспедиторских предприятий в транспортных узлах, выделяются входящие управляющие воздействия и факторы внешней среды, характеризуются основные элементы технологического процесса, а также аналитически формализуются зависимости между входящими параметрами, характеристиками элементов и критерием эффективности.

Обоснование критерия эффективности процесса экспедиторского обслуживания в транспортных узлах

Совершенствование обслуживания клиентуры транспортных и экспедиторских предприятий обеспечивается за счет повышения эффективности взаимодействия предприятий в ТУ. Участниками рассматриваемого процес-

са являются предприятия автомобильного и железнодорожного транспорта, ТУ и грузо-владелец. В качестве основных требований участников можно выделить:

– для перевозчиков – исключение непроизводительных простоев транспортных средств (ТС) в ТУ;

– для ТУ – наиболее эффективное использование складских площадей и производственных ресурсов;

– для грузовладельцев – снижение затрат на переработку грузов в ТУ, а также минимизация времени доставки грузов.

Учитывая особенности и требования участников, критерием оценки эффективности целесообразно использовать показатель суммарных затрат участников при экспедиторском обслуживании в ТУ

$$Z_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n Z_i \rightarrow \min, \quad (1)$$

где Z_i – затраты i -го участника на обслуживание в ТУ, грн; n – количество участников процесса доставки.

Принимая во внимание стохастическую природу транспортного процесса в целом, следует учитывать, что технологическому процессу обслуживания в ТУ могут сопутствовать непроизводительные простои, которые увеличивают затраты одного или нескольких участников. Тогда суммарные затраты на обслуживание в узлах будут состоять из затрат, связанных с выполнением операций, и затрат, понесенных участниками из-за простоев

$$Z_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n (Z_{\text{обсл}_i} + Z_{\text{ож}_i}) \rightarrow \min. \quad (2)$$

Удельные затраты на выполнение технологических операций являются постоянной величиной, а затраты, связанные с ожиданием, в условиях стохастической среды могут изменяться. В таком случае целесообразно использовать в качестве критерия суммарные затраты, понесенные при непроизводительных простоях

$$Z_{\text{сум}}^{\text{ож}} = \sum_{i=1}^n Z_{\text{ож}_i} \rightarrow \min. \quad (3)$$

Затраты участников, связанные с ожиданием, зависят от времени непроизводительных простоев механизмов, ТС и грузов, а также удельной стоимости соответствующих непроизводительных простоев

$$Z_{\text{сум}}^{\text{ож}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m T_{\text{ож}_i}^j \cdot C_{\text{ож}_i}^j \rightarrow \min, \quad (4)$$

где n – количество заявок на обслуживание; m – количество видов производственных ресурсов, задействованных в процессе обслуживания; $T_{\text{ож}_i}^j$ – длительность непроизводительных простоев механизмов, ТС, складских площадей и грузов при обслуживании i -й заявки, ч; $C_{\text{ож}_i}^j$ – удельная стоимость непроизводительного простоя для механизмов, ТС, складских площадей и грузов при обслуживании i -й заявки, грн/ч.

Достижение оптимального значения функции (4) возможно при определенных параметрах процесса экспедиторского обслуживания клиентуры в транспортных узлах. Поэтому для обоснования оптимальных параметров технологических процессов взаимодействия необходимо детальное исследование процесса на основании модели.

Модель процесса взаимодействия автомобильного и железнодорожного транспорта в транспортном узле

Технологический процесс взаимодействия автомобильного и железнодорожного транспорта в ТУ включает в себя совокупность подпроцессов, таких как: процесс разгрузки груза с железнодорожного или автомобильного транспорта на склад; процесс переработки и хранения груза в транспортном узле; процесс перегрузки по прямому варианту (автомобиль – вагон и вагон – автомобиль); процесс погрузки груза на автомобильный транспорт; процесс погрузки груза со склада на транспорт.

Процесс взаимодействия автомобильного и железнодорожного транспорта в узлах представлен в виде кибернетической модели «белого ящика» (рис. 1). Регулируемыми параметрами модели являются характеристики ТУ – площадь склада и количество ПРМ.

Процесс взаимодействия транспорта в узлах обладает стохастическими характеристиками.

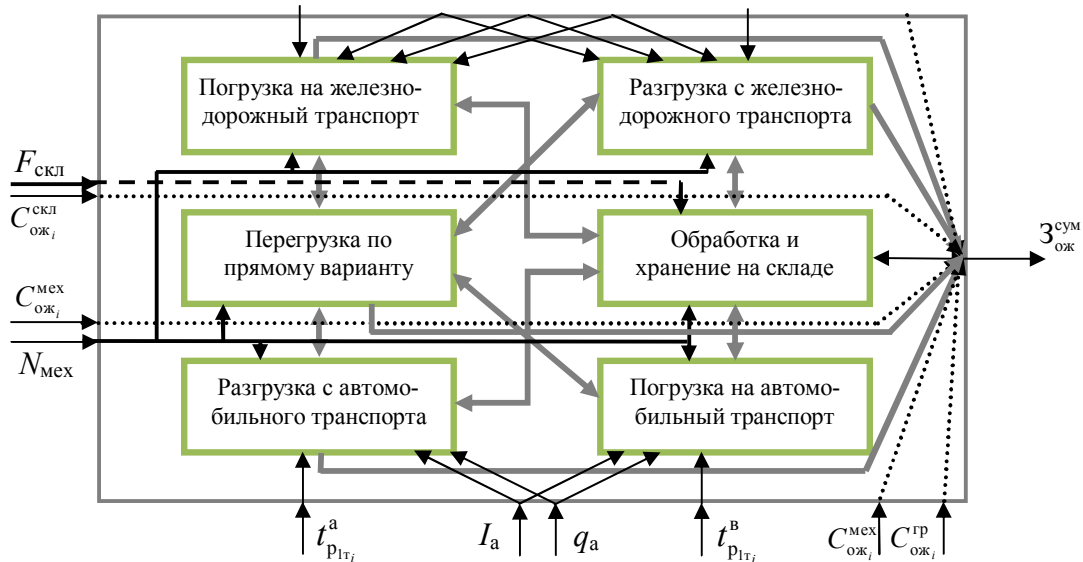


Рис. 1. Модель процесса взаимодействия субъектов доставки в грузовом автомобильно-железнодорожном узле: $C_{ож_i}^{мех}$, $C_{ож_i}^{скл}$, $C_{ож_i}^{гр}$, $C_{ож_i}^{авто}$, $C_{ож_i}^{жд}$ – удельная стоимость простоя механизмов, складских площадей, груза, автомобилей, железнодорожных вагонов соответственно, грн/ч; I_a – интервал подхода автомобилей, ч; I_b – интервал подхода железнодорожных составов, ч; q_a – грузоподъемность автомобиля, т; q_b – грузоподъемность вагона, ч; n_b – количество вагонов в подаче, ед.; $N_{мех}$ – количество механизмов, ед.; $t_{рлг_i}^b$ – время разгрузки с вагона 1 т груза, ч/т; $t_{пг_i}^b$ – время погрузки 1 т груза в вагон, ч/т; $t_{пг_i}^a$ – время погрузки 1 т груза на автомобиль, ч/т; $t_{рлг_i}^a$ – время разгрузки 1 т груза с автомобиля, ч/т $F_{скл}$ – площадь склада, m^2

Предложенная модель учитывает такие случайные величины, как интервалы подхода ТС, количество вагонов в подаче, время погрузки/разгрузки 1 т груза.

Система ограничений включает следующие условия:

1. Сумма интервалов прибытия автомобилей равна сумме интервалов прибытия железнодорожных вагонов за период моделирования

$$\sum_{i=1}^n I_{a_i} = \sum_{j=1}^m I_{b_j}, \quad (5)$$

где I_a – интервал подхода автомобилей, ч; I_b – интервал подхода вагонов, ч.

2. Партия груза, прибывшая в ТУ одним видом транспорта, отправляется другим видом транспорта

$$\sum_{i=1}^n Q_i^{\text{приб.авто}} = \sum_{j=1}^m Q_j^{\text{отпр.жд}}, \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n Q_i^{\text{отпр.авто}} = \sum_{j=1}^m Q_j^{\text{приб.жд}}, \quad (7)$$

где $Q_i^{\text{приб.авто}}$, $Q_i^{\text{отпр.авто}}$ – количество груза по прибытию или отправлению автомобильным транспортом соответственно, т; $Q_j^{\text{приб.жд}}$, $Q_j^{\text{отпр.жд}}$ – количество груза по прибытию или отправлению железнодорожным транспортом соответственно, т.

3. Пропускная способность ТУ и производительность механизмов позволяют обработать весь поступающий груз

$$\begin{cases} \Pi_{т.п}^{\text{а.п}} \geq \sum_{i=1}^n Q_i^{\text{авто}}, \\ \Pi_{т.п}^{\text{жд.п}} \geq \sum_{j=1}^m Q_j^{\text{жд}}, \\ \Pi_{т}^{\Phi} \geq Q_i, \end{cases} \quad (8)$$

где $Q_i^{авто}$, $Q_j^{жд}$ – общее количество груза, прибывающее и отправленное автомобильным и железнодорожным транспортом за период моделирования, т; $\Pi_T^{a.п}$, $\Pi_T^{жд.п}$ – пропускная способность в тоннах пунктов погрузки-разгрузки за период моделирования, обслуживающих автомобильный и железнодорожный транспорт соответственно, т; Π_T^{ϕ} – пропускная способность в тоннах поста погрузки-разгрузки, т.

4. Количество вагонов в подаче и количество ПРМ – целые числа: $N_{мех}$, $n_B \in Z$.

Непроизводительные простои при погрузке для автомобильного и железнодорожного транспорта возникают в случае отсутствия свободного поста погрузки или отсутствия груза на складе. Их продолжительность определяется как максимальное значение времени ожидания по видам транспорта

$$T_{ож_i}^{авто} = \max [T_{ож_i}^{авто1}, T_{ож_i}^{авто2}], \quad (9)$$

$$T_{ож_i}^{жд} = \max [T_{ож_i}^{жд1}, T_{ож_i}^{жд2}], \quad (10)$$

где $T_{ож_i}^{авто1}$, $T_{ож_i}^{жд1}$ – длительность непроизводительного простоя, связанная с отсутствием свободного поста погрузки, ч; $T_{ож_i}^{авто2}$, $T_{ож_i}^{жд2}$ – длительность непроизводительного простоя, связанная с отсутствием груза для отправки соответствующим видом транспорта, ч;

Длительность непроизводительного простоя транспортных средств, связанная с отсутствием свободного поста погрузки, зависит от момента времени окончания обслуживания предыдущей заявки и определяется как разница между временем прибытия в ТУ и началом процесса погрузки.

$$T_{ож_i}^{авто1} = T_{нач.п_i}^{авто} - T_{приб_i}^{авто}, \quad (11)$$

$$T_{ож_i}^{жд1} = T_{нач.п_i}^{жд} - T_{приб_i}^{жд}. \quad (12)$$

Второй вид непроизводительных простоев при погрузке обусловлен отсутствием груза для отправки, следовательно, ТС будет простаивать в ожидании с момента времени прибытия до момента поступления груза в ТУ. Учитывая обязательное условие перегрузки груза с одного вида транспорта на другой и возможность перегрузки по прямо-

му варианту, длительность непроизводительного простоя в ожидании определяется как разница моментов времени прибытия груза (окончания разгрузки) с одного вида ТС средства и прибытия другого вида транспортного средства в ТУ

$$T_{ож_i}^{авто2} = T_{ок.р.j}^{жд} - T_{приб_i}^{авто}, \quad (13)$$

$$T_{ож_i}^{жд2} = T_{ок.р.j}^{авто} - T_{приб_i}^{жд}, \quad (14)$$

где $T_{приб_i}^{авто}$, $T_{приб_i}^{жд}$ – момент времени прибытия ТС в узел для автомобильного и железнодорожного транспорта соответственно, ч.

Модель учитывает последовательный подход каждого вида транспорта в узел взаимодействия, тогда момент прибытия транспортных средств зависит от случайной величины интервала подхода. Для первой заявки $T_0^{авто} = T_0^{жд} = 0$

$$T_{приб_i}^{авто} = T_{i-1}^{авто} + I_{a_i}, \quad (15)$$

$$T_{приб_i}^{жд} = T_{i-1}^{жд} + I_{b_i}, \quad (16)$$

где I_a – интервал подхода автомобилей, ч; I_b – интервал подхода железнодорожных составов, ч.

Момент времени начала погрузки для автомобильного транспорта определяется в зависимости от сложившейся ситуации. Процесс погрузки может начаться в момент прибытия автомобиля, в случае наличия груза и свободного поста погрузки; если одно из условий не выполняется (количество груза в ТУ меньше грузоподъемности ТС, все посты погрузки заняты), то ТС простаивает

$$T_{п_i}^{нач} = \begin{cases} T_{приб_i}^{авто}, & \text{при } T_{ок.п_{i-1}}^{авто} < T_{приб_i}^{авто} \text{ и } Q_{ТУ} \geq q_{ТС} \\ T_{приб_i}^{авто} + T_{ож_i}^{авто1}, & \text{при } T_{ок.п_{i-1}}^{авто} > T_{приб_i}^{авто} \text{ и } Q_{ТУ} \geq q_{ТС} \\ T_{приб_i}^{авто} + T_{ож_i}^{авто2}, & \text{при } T_{ок.п_{i-1}}^{авто} < T_{приб_i}^{авто} \text{ и } Q_{ТУ} < q_{ТС} \\ T_{приб_i}^{авто} + \max [T_{ож_i}^{авто1}, T_{ож_i}^{авто2}], & \text{при } T_{ок.п_{i-1}}^{авто} > T_{приб_i}^{авто} \text{ и } Q_{ТУ} < q_{ТС}. \end{cases} \quad (17)$$

Для железнодорожного транспорта момент начала погрузки также зависит от наличия свободных постов погрузки и количества груза, подготовленного к отправке в вагонах.

$$\left\{ \begin{array}{l} T_{\text{нач.п}_i}^{\text{ЖД}} = T_{\text{приб}_i}^{\text{ЖД}}, \\ \text{при } T_{\text{ок.п}_{i-1}}^{\text{ЖД}} < T_{\text{приб}_i}^{\text{ЖД}} \text{ и } Q_{\text{ТУ}} \geq q_{\text{ТС}} \\ T_{\text{нач.п}_i}^{\text{ЖД}} = T_{\text{приб}_i}^{\text{ЖД}} + T_{\text{ож}_i}^{\text{ЖД}1}, \\ \text{при } T_{\text{ок.п}_{i-1}}^{\text{ЖД}} > T_{\text{приб}_i}^{\text{ЖД}} \text{ и } Q_{\text{ТУ}} \geq q_{\text{ТС}} \\ T_{\text{нач.п}_i}^{\text{ЖД}} = T_{\text{приб}_i}^{\text{ЖД}} + T_{\text{ож}_i}^{\text{ЖД}2}, \\ \text{при } T_{\text{ок.п}_{i-1}}^{\text{ЖД}} < T_{\text{приб}_i}^{\text{ЖД}} \text{ и } Q_{\text{ТУ}} < q_{\text{ТС}} \\ T_{\text{нач.п}_i}^{\text{ЖД}} = T_{\text{приб}_i}^{\text{ЖД}} + \max [T_{\text{ож}_i}^{\text{ЖД}1}; T_{\text{ож}_i}^{\text{ЖД}2}], \\ \text{при } T_{\text{ок.п}_{i-1}}^{\text{ЖД}} > T_{\text{приб}_i}^{\text{ЖД}} \text{ и } Q_{\text{ТУ}} < q_{\text{ТС}}, \end{array} \right. \quad (18)$$

где $T_{\text{ок.п}_{i-1}}^{\text{авто}}$, $T_{\text{ок.п}_{i-1}}^{\text{ЖД}}$ – момент времени окончания погрузки предыдущего ТС, ч; $Q_{\text{ТУ}}$ – объем груза в транспортном узле, т; $q_{\text{ТС}}$ – грузоподъемность ТС, т.

Непроизводительные простои ТС автомобильного и железнодорожного транспорта могут возникать при разгрузке; при этом их длительность определяется как разница моментов времени начала разгрузки и прибытия транспортного средства в ТУ

$$T_{\text{ож}_i}^{\text{авто}} = T_{\text{нач.р}_i}^{\text{авто}} - T_{\text{приб}_i}^{\text{авто}}, \quad (19)$$

$$T_{\text{ож}_i}^{\text{ЖД}} = T_{\text{нач.р}_i}^{\text{ЖД}} - T_{\text{приб}_i}^{\text{ЖД}}. \quad (20)$$

Момент времени начала погрузки для автомобилей и вагонов зависит от наличия свободного поста разгрузки, если условие выполняется, то момент времени начала погрузки совпадает с моментом времени прибытия в ТУ

$$\left\{ \begin{array}{l} T_{\text{нач.р}_i}^{\text{авто}} = T_{\text{приб}_i}^{\text{авто}}, \text{ при } T_{\text{ок.р}_{i-1}}^{\text{авто}} < T_{\text{приб}_i}^{\text{авто}}, \\ T_{\text{нач.р}_i}^{\text{авто}} = T_{\text{приб}_i}^{\text{авто}} + T_{\text{ож}_i}^{\text{авто}}, \text{ при } T_{\text{ок.р}_{i-1}}^{\text{авто}} > T_{\text{приб}_i}^{\text{авто}}, \end{array} \right. \quad (21)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T_{\text{нач.р}_i}^{\text{ЖД}} = T_{\text{приб}_i}^{\text{ЖД}}, \text{ при } T_{\text{ок.р}_{i-1}}^{\text{ЖД}} < T_{\text{приб}_i}^{\text{ЖД}}, \\ T_{\text{нач.р}_i}^{\text{ЖД}} = T_{\text{приб}_i}^{\text{ЖД}} + T_{\text{ож}_i}^{\text{ЖД}}, \text{ при } T_{\text{ок.р}_{i-1}}^{\text{ЖД}} > T_{\text{приб}_i}^{\text{ЖД}}, \end{array} \right. \quad (22)$$

где $T_{\text{ок.р}_{i-1}}^{\text{авто}}$ – момент времени окончания разгрузки предыдущего ТС, ч.

Значение момента времени окончания разгрузки ТС зависит от момента начала данного процесса и его продолжительности

$$T_{\text{ок.р}_i}^{\text{авто}} = T_{\text{нач.р}_i}^{\text{авто}} + t_{\text{р}_i}^{\text{а}}, \quad (23)$$

$$T_{\text{ок.р}_i}^{\text{ЖД}} = T_{\text{нач.р}_i}^{\text{ЖД}} + t_{\text{р}_i}^{\text{ЖД}}, \quad (24)$$

где $t_{\text{р}_i}^{\text{а}}$, $t_{\text{р}_i}^{\text{ЖД}}$ – длительность разгрузки ТС, ч.

Длительность разгрузки ТС определяется количеством груза в транспортном средстве, удельным временем разгрузки для ПРМ, а также количеством механизмов, выполняющих разгрузку

$$t_{\text{р}_i}^{\text{а}} = \frac{q_{\text{ТС}} \cdot t_{\text{р1Т}_i}^{\text{а}}}{N_{\text{мех}}}, \quad (25)$$

$$t_{\text{р}_i}^{\text{ЖД}} = \frac{q_{\text{в}} \cdot n_{\text{в}} \cdot t_{\text{р1Т}_i}^{\text{в}}}{N_{\text{мех}}}, \quad (26)$$

где $t_{\text{р1Т}_i}^{\text{а}}$, $t_{\text{р1Т}_i}^{\text{в}}$ – время разгрузки 1 т, ч/т; $N_{\text{мех}}$ – количество обслуживающих механизмов, ед.; $q_{\text{в}}$ – объем груза в вагоне, т; $n_{\text{в}}$ – количество вагонов в подаче, ед.

Требованием грузовладельцев является минимизация времени и стоимости доставки груза. Рассматривая функционирование ТУ, требование грузовладельцев – это минимизация времени и стоимости обработки грузов.

При поступлении грузов в ТУ могут возникать непроизводительные простои, определяющиеся в зависимости от технологии их обработки в ТУ. Подразумевается возможность кратковременного хранения грузов на автомобильной рампе и железнодорожной платформе. При обработке груза через склад груз простаивает с момента времени окончания разгрузки до момента времени отправки на склад; при перегрузке по прямому варианту – с момента времени окончания разгрузки до момента времени начала погрузки

$$\left\{ \begin{array}{l} T_{\text{ож}_i}^{\text{ГР}} = T_{\text{нач.п}_i}^{\text{авто}} - T_{\text{отпр}_i}^{\text{скл}}, \\ T_{\text{ож}_i}^{\text{ГР}} = T_{\text{нач.п}_i}^{\text{авто}} - T_{\text{отпр}_i}^{\text{скл}}, \\ T_{\text{ож}_i}^{\text{ГР}} = T_{\text{ок.р}_j}^{\text{авто}} - T_{\text{нач.п}_i}^{\text{ЖД}}, \\ T_{\text{ож}_i}^{\text{ГР}} = T_{\text{ок.р}_j}^{\text{ЖД}} - T_{\text{нач.п}_i}^{\text{авто}}. \end{array} \right. \quad (27)$$

Погрузочно-разгрузочные механизмы простаивают в ожидании в случае отсутствия ТС на постах. Длительность непроизводительных простоев для погрузо-разгрузочных механизмов включает в себя длительность простоя механизмов, обслуживающих железнодорожный и автомобильный транспорт

$$T_{ож_i}^{мех} = T_{ож_i}^{мех1} + T_{ож_i}^{мех2}, \quad (28)$$

где $T_{ож_i}^{мех1}$, $T_{ож_i}^{мех2}$ – длительность простоя погрузо-разгрузочных механизмов, работающих на фронте погрузки-разгрузки автомобильного и железнодорожного транспорта соответственно, ч.

Непроизводительный простой начинается с момента времени окончания погрузо-разгрузочных работ одного ТС и заканчивается в момент постановки следующего ТС под обслуживание

$$T_{ож_i}^{мех1} = \left(T_{ок.п.(р)_{i-1}}^{авто} - T_{нач.п.(р)_i}^{авто} \right) \cdot N_{мех}, \quad (29)$$

$$T_{ож_i}^{мех2} = \left(T_{ок.п.(р)_{i-1}}^{жд} - T_{нач.п.(р)_i}^{жд} \right) \cdot N_{мех}. \quad (30)$$

Длительность непроизводительного простоя складских площадей возникает при отсутствии или неполном заполнении складских площадей и должно определяться в каждый момент времени поступления или отправки груза со склада

$$T_{ож_i}^{скл} = \left(n_{гр}^{max} - n_{\phi_i} \right) \cdot \Delta t_{скл_i}, \quad (31)$$

где $n_{гр}^{max}$, n_{ϕ_i} – максимально возможное и фактическое число транспортных пакетов на складе соответственно, ед.; $\Delta t_{скл_i}$ – интервал времени между изменениями количества груза на складе, ч.

Вместимость склада зависит от полезной площади, площади транспортного пакета, количества ярусов складирования и коэффициента неравномерности укладки

$$n_{гр}^{max} = \frac{F_{скл} \cdot m}{a \cdot b \cdot \eta}, \quad (32)$$

где $F_{скл}$ – площадь склада, м²; a – длина транспортного пакета, м; b – ширина транс-

портного пакета, м; η – коэффициент плотности укладки; m – количество ярусов складирования, ед.

На основании предложенного критерия эффективности (4), с учетом описанных закономерностей целевая функция для модели взаимодействия субъектов процесса доставки в транспортном узле принимает следующий вид

$$\begin{aligned} Z_{ож}^{сум} = \sum_{i=1}^n [& T_{ож_i}^{авто} \cdot C_{ож_i}^{авто} + T_{ож_i}^{жд} \cdot C_{ож_i}^{жд} + \\ & + T_{ож_i}^{гр} \cdot C_{ож_i}^{гр} + T_{ож_i}^{мех} \cdot C_{ож_i}^{мех} + \\ & + T_{ож_i}^{скл} \cdot C_{ож_i}^{скл}] \rightarrow \min. \end{aligned} \quad (33)$$

Таким образом, предложенная модель учитывает интересы каждого из участников экспедиторского обслуживания в транспортном узле.

Выводы

Проведенный анализ теоретических разработок позволяет утверждать, что при моделировании процессов обслуживания клиентуры экспедиторских предприятий необходимо учитывать большое количество случайных параметров.

Наиболее подходящими интегральными показателями оценки эффективности процесса экспедиторского обслуживания являются показатели экономического характера, поскольку они позволяют учесть в комплексе характеристики различных технологических процессов.

В качестве критерия эффективности взаимодействия предприятий в транспортных узлах предлагается использовать суммарные затраты, связанные с непроизводительными простоями транспортных средств, механизмов, грузов и складских площадей. Разработанная модель процесса взаимодействия участников доставки в грузовых автомобильно-железнодорожных узлах позволяет учесть требования всех участников процесса.

Литература

1. Сханова С.Э. Транспортно-экспедиционное обслуживание / С.Э. Сханова, О.В. Попова, А.Э. Горев. – М.: Академия, 2005. – 432 с.

2. Нагорный С.В. Основы транспортно-экспедиционного обслуживания предприятий, организаций та населения: навч. посібник / С.В. Нагорный, Г.Л. Рибанов, Н.Ю. Черниш. – Харьков: ХНАДУ, 2002. – 106 с.
3. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки: учебник для вузов / А.И. Воркут. – Киев: Высш. шк., 1986. – 456 с.
4. Никоноров В.М. Показатели эффективности грузовых автомобильных перевозок // Вопросы современной науки и практики. – 2011. – Вып. 4 (36). – С. 87–94.
5. Наумов В.С. Основы повышения эффективности экспедиционного обслуживания на автомобильном транспорте: монография / В.С. Наумов. – Х.: ХНАДУ, 2010. – 144 с.
6. Наумов В.С. Транспортно-экспедиционное обслуживание в логистических системах: монография / В.С. Наумов. – Х.: ХНАДУ, 2012. – 220 с.
7. Наумов В.С. Показатели оценки эффективности процесса транспортно-экспедиционного обслуживания / В.С. Наумов // Интегрированная логистика. – 2009. – Вып. 6. – С. 22–25.

Рецензент: Е.В. Нагорный, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 25 марта 2016 г.
