

Следует отметить, что в 1990-е гг. XX в англо-американской школой географии транспорта выполнен анализ влияния геополитических изменений (в Европе, Китае) на пространственную организацию транспорта (интеграционные и дезинтеграционные процессы) и инфраструктурную обеспеченность транспортных проектов, а также изучены пространственные последствия приватизации и разгосударствления транспортных компаний (deregulation) и география телекоммуникационных систем, анализ транспортной подвижности людей. Это позволило сформировать новое направление – география городского транспорта.

Список литературы

- 1 **Хегерstrand, Т.** Диффузия инноваций как пространственный процесс / Т. Хегерstrand. – 1953 г.
- 2 **Ульман, Э.** География транспорта / Э. Ульман // Американская география: Современное состояние и перспективы. – М. : Издательство иностранной литературы, 1957. – С. 301–321.
- 3 **Ульман, Э.** Теория размещения городов / Э. Ульман // География городов. – М. : Прогресс, 1965. – С. 176–186.
- 4 **Carlstein, T.** Time, resources, society and ecology / T. Carlstein. – Lund: Department of Geography, University of Lund, 1980.
- 5 **Hagerstrand, T.** Innovation diffusion as a spatial process / T. Hagerstrand. – Chicago : University of Chicago Press, 1968.
- 6 **Петров, Н. В.** Пространственно-временной анализ в социальной географии: основные достижения и направления исследований шведской школы / Н. В. Петров. – М : ИГАН, 1986. – 56 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

■ Власюк Татьяна Аркадьевна, г. Гомель, УО «Белорусский государственный университет транспорта», декан факультета обучения иностранных граждан, канд. техн. наук, доцент, vlasjuk.ta@gmail.com.

УДК 656.225.073

АДАПТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ

С. А. ГЕРАСИМОВ, Е. Н. ЗАВОДЦОВ
ГО «Белорусская железная дорога», г. Минск

Е. А. ФЁДОРОВ

УО «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Организация перевозок на железнодорожном транспорте представляет собой комплексное взаимодействие субъектов перевозочного процесса при реализации транспортных процессов, организованное единым регулятором.

Базисом эффективной реализации логистических требований всех участников является единый технологический процесс, определяющий порядок их взаимодействия на инфраструктуре для различных условий и изменениях параметров перемещения транспортных потоков.

Высокий уровень отправительской маршрутизации, потребность в организации передвижения порожних маршрутов операторов подвижного состава, обеспечение равноправного доступа независимых перевозчиков к услугам инфраструктуры железнодорожного транспорта приводит к потребности в согласовании множества поездных заявок, представленных в виде собственных планов формирования (ПФ) перевозчиков, и повышают роль графика движения поездов (ГДП) как технологического регулятора взаимоотношений участников перевозочного процесса.

Требования к обслуживанию грузовых поездов на объектах инфраструктуры (железнодорожных станциях и участках) изменяются, так как перевозчики расширяют использование логистических принципов при организации вагонопотоков в грузовые поезда (формирование контейнерных поездов, отправительская маршрутизация с мест массового зарождения потока, специализированные маршруты клиентов и т. д.). Организация движения таких поездов по маршрутам следования требует согласования расписаний их пропуска с технологией работы объектов инфраструктуры (ОИ).

На выбор способа организации движения поездов существенно влияют характеристики ОИ и их пропускная способность, а также взаимодействие транспортных потоков различной интенсивности при их совместном пропуске по железнодорожным направлениям (полигонам) с учетом аддитивных свойств.

Транспортный поток, предъявляемый клиентами для перемещения на инфраструктуре, характеризуется совокупностью качественных параметров, закономерности изменения которых влияют на поездообразование и позволяют систематизировать признаки группирования ниток (расписаний) грузовых поездов в ГДП. В результате анализа характеристик следования поездов, обращавшихся на полигоне Белорусской железной дороги (БЧ) в 2017–2019 гг., установлено, что число используемых ниток нормативного ГДП для отправления сквозных поездов со станций формирования значительно (в 2–3 раза) превышает среднесуточное число отправляемых поездов, а относительное превышение нормативных значений простоя транзитных поездов на технических станциях значительно (до 15 раз) больше, чем при движении по участкам инфраструктуры.

Установленные закономерности подтверждают недостаточность специализации расписаний грузовых поездов в ГДП на участках инфраструктуры для учета региональных особенностей их пропуска по полигону инфраструктуры, а также отсутствие системного согласования расписаний транзитных грузовых поездов на технических станциях.

Согласование требований к обслуживанию грузовых поездов с технологией работы ОИ при организации их движения по маршрутам следования может быть достигнуто путем адаптации разрабатываемого ГДП к заявляемым перевозчиками расписаниям пропуска. Для этого разработан метод адаптации ГДП к расписаниям пропуска грузовых поездов по маршрутам следования [2], позволяющий обеспечить выполнение заявляемых требований участников к организации движения грузовых поездов, обусловленных значительными различиями качественных характеристик и параметров грузовых поездов, условий их образования и пропуска по полигону инфраструктуры, а также учесть ограничения, связанные с динамическим характером изменения пропускной способности ОИ.

Метод позволяет с использованием процессного подхода, теории расписаний и теории графов установить потребные параметры времени пропуска грузовых поездов по заявленным маршрутам следования для моделирования ГДП на полигоне инфраструктуры любой сложности и конфигурации, обеспечивающие системное соответствие заявленных требований участников перевозочного процесса техническим и технологическим возможностям организации движения поездов.

ГДП, учитывающий установленные параметры, адаптирован к расписаниям пропуска грузовых поездов по маршрутам следования на полигоне инфраструктуры и является процессно-объектным (ПОГДП), выступает составной частью единой технологии перевозочного процесса (ЕТПП) и регламентирует параметры технологического взаимодействия его участников по организации продвижения транспортных потоков. ПОГДП обладает свойствами, необходимыми для обеспечения требований участников ЕТПП к организации движения грузовых поездов, соблюдения приоритетов при распределении пропускной способности ОИ и взаимосвязи процессов пропуска поездов по времени и объектам обслуживания.

В состав компонентов метода входит:

- идентификация процессов поездной работы на полигоне инфраструктуры как упорядоченное во времени и пространстве множество событий, связанных с перемещением каждого заявленного грузового поезда на маршруте следования по ПФ;
- кластеризация расписаний следования грузовых поездов по степени однородности требований к условиям их пропуска на полигоне инфраструктуры;
- моделирование процессов поездной работы с учетом взаимного воздействия потока грузовых поездов на ОИ в условиях динамического характера изменения уровня использования пропускной способности;
- регламентирование в ЕТПП согласованных параметров перевозочного процесса, определяющих требования к участникам по обеспечению пропуска грузовых поездов в соответствии с ПФ перевозчиков.

Задача адаптации ГДП к расписаниям пропуска грузовых поездов по маршрутам следования на полигоне инфраструктуры [1–3] представляет собой поиск оптимальных путей, соответствующих маршрутам следования заявленных поездов по критерию минимизации суммарного превышения установленных эталонных (нормативных) значений времени их пропуска по полигону инфраструктуры, заданному пространственно-временным направленным графом $\overline{G} = (\overline{V}, \overline{A})$, состоящим из вершин отправления v_i^{out} и прибытия v_i^{in} поездов на технические станции $i \in S$ в моменты времени t , соединенных ребрами движения по участкам инфраструктуры $a_{nij}^{mov} = (v_i^{out}, v_{i'}^{in})$ и стоянки на технических станциях $a_{ni}^{tr} = (v_i^{in}, v_{i'}^{out})$.

Поиск оптимальных путей в графе для заявленного множества поездов N_{c_i} производится посредством алгоритма динамического программирования.

На каждом шаге моделирования условное оптимальное управление для каждого поезда определяется парой ребер $(a_{n,i}^{tr(k)}, a_{n,i,(i+1)}^{mov(k)})$ графа G с минимально возможным превышением установленных технологических нормативов (эталонov) следования, определяемых с учетом параметров взаимодействия технологических процессов и ограничений, связанных с динамическим характером изменения пропускной способности ОИ:

$$\begin{aligned} & \left\| t_{n,p}^{in(0)} \right\| \rightarrow \left\| v_{n,p}^{in(0)}, T_{n,p,1}^{уч\ норм} \right\| \rightarrow \left\| a_{n,p}^{tr(1)}, a_{n,p,1}^{mov(1)} \right\| \rightarrow \left\| t_{n,q}^{in(0)}, t_{n,q}^{out(0)}, t_{n,1}^{in(1)} \right\| \rightarrow \\ & \rightarrow \left\| v_{n,1}^{in(1)}, T_{n,1}^{ст\ норм}, T_{n,1,2}^{уч\ норм} \right\| \rightarrow \left\| a_{n,1}^{tr(2)}, a_{n,1,2}^{mov(2)} \right\| \rightarrow \dots \rightarrow \\ & \rightarrow \left\| t_{n,q}^{out(0)}, t_{n,s1}^{in(1)}, \dots, t_{n,s}^{in(k-1)} \right\| \rightarrow \left\| v_{n,s}^{in(k-1)}, T_{n,s}^{ст\ норм}, T_{n,s,s+1}^{уч\ норм} \right\| \rightarrow \\ & \rightarrow \left\| a_{n,i}^{tr(k)}, a_{n,i,(i+1)}^{mov(k)} \right\| \rightarrow \dots \rightarrow \left\| t_{n,q}^{out(0)}, t_{n,s1}^{in(1)}, \dots, t_{n,q}^{out(u-1)}, t_{n,s}^{in(u)} \right\|, \end{aligned} \tag{1}$$

где $t_{nj}^{in(k)}, t_{ni}^{in(k-1)}$ – моделируемое время прибытия поезда n на техническую станцию, полученное на k -м и $(k-1)$ -м шагах соответственно.

Применение предложенного метода в практической деятельности железнодорожного транспорта позволяет применять адаптивные технологии для организации движения грузовых поездов перевозчиков и совершенствования организационного цикла разработки ГДП.

Предлагаемое изменение организационного цикла разработки ГДП заключается в дополнении его процедурой адаптации поездной модели ЕТПП к параметрам транспортных потоков клиентов, включающей определение способа реализации поездных заявок перевозчиков, декомпозицию полигона инфраструктуры железной дороги на расчетные железнодорожные направления и адаптацию ГДП к расписаниям пропуска грузовых поездов по маршрутам следования (рисунок 1).

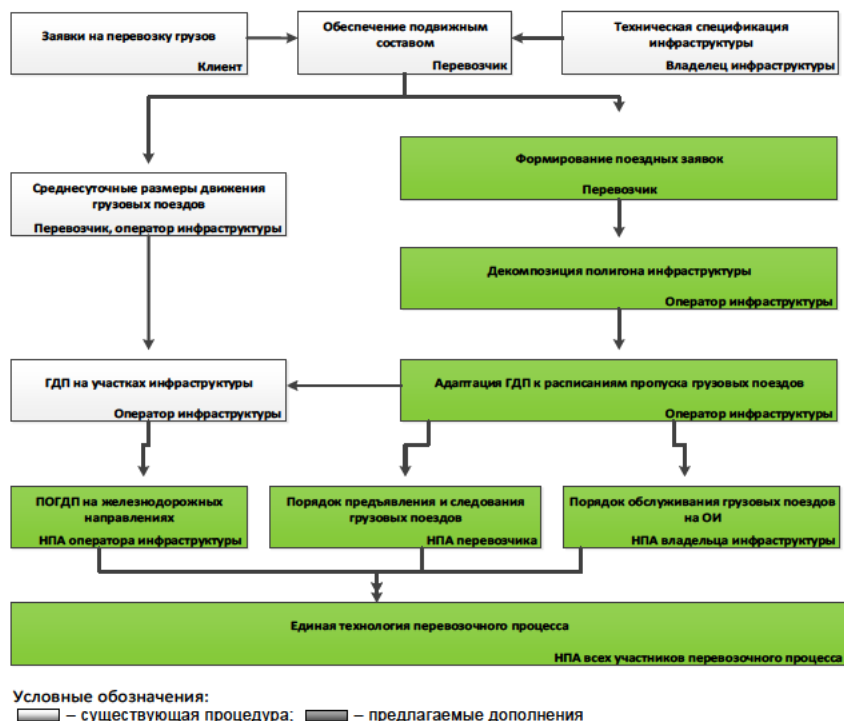


Рисунок 1 – Изменение организационного цикла разработки ГДП

Для реализации полигонных технологий организации перевозочного процесса и эффективного распределения пропускной способности ОИ при пропуске грузовых поездов производится декомпозиция полигона железной дороги на расчетные железнодорожные направления до уровня, достаточного для моделирования заявленной структуры поездопотока. Используется методика [3], в которой применяется итерационный процесс определения железнодорожных направлений путем последовательного включения в них участков инфраструктуры с учетом обеспечения максимального значения индикатора приоритета обслуживания поездопотока:

$$I_{S_n} = \sum_{i=1}^{N_{S_n}} \sum_j \xi_j N_{(p,q)_i} k_{(p,q)_i}, \quad (2)$$

где ξ – коэффициент безусловного повышения оператором инфраструктуры приоритета отдельных категорий поездов при их следовании на ОИ; $N_{(p,q)_i}$ – размеры движения по i -й поездной заявке, включенной в множество поездов

N_{S_n} для моделирования пропуска поездов по рассматриваемому железнодорожному направлению S_n ; $k_{(p,q)}$ – значение приоритета кластера, к которому отнесена поездная заявка.

Для полученной декомпозиции полигона инфраструктуры устанавливается технология поездной работы и приоритеты в реализации процессов, оценивается ее соответствие системе технической эксплуатации подвижного состава, определяются станции коммерческого и технического осмотра вагонов, экипировки и оборота локомотивов, смены локомотивных бригад и других технологических операций.

Предлагаемая адаптивная технология поездов показала свою эффективность при организации движения грузовых поездов, обладающих выраженными региональными особенностями пропуска по маршруту следования: отправительских маршрутов, формируемых клиентами; поездных назначений, специализируемых в ГДП по различным признакам (скорость, род перевозимого груза и др.); поездов, обеспечивающих перемещение стабильных вагонопотоков, составляющих ядро назначений плана формирования поездов и др. Ключевые положения предлагаемой технологии применены в практической деятельности БЧ и внедрены в состав процедуры разработки нормативного ГДП на участках инфраструктуры.

Список литературы

1 Федоров, Е. А. Методологические основы реализации планов формирования поездов перевозчиков в графике движения поездов на полигоне инфраструктуры / Е. А. Федоров // Вестник ВНИИЖТ. – М., 2018. – № 2. – С.92–97.

2 Ерофеев, А. А. Процессно-объектный метод разработки графика движения поездов на инфраструктуре железнодорожного транспорта / А. А. Ерофеев, Е. А. Федоров // Развитие инфраструктуры и логистических технологий в транспортных системах : Третья междунар. науч.-практ. конф. (Санкт-Петербург, 23–25 октября 2019 г.) : сборник трудов : в 2 ч. / под ред.: А. А. Краснощека, П. К. Рыбина. – СПб. : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2020. – Ч. 1 : Развитие транспортной инфраструктуры и управление перевозками. – С. 245–256.

3 Федоров, Е. А. Композиция расчетного полигона инфраструктуры железной дороги для процессно-объектного моделирования графика движения поездов / Е. А. Федоров // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – Гомель, 2019. – № 1. – С. 90–95.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

■ Герасимов Сергей Алексеевич, г. Гомель, г. Минск, ГО «Белорусская железная дорога», начальник отдела разработки ГДП и организации «окон» Центра управления перевозками, dograf6@upr mnsk rw;

■ Заводцов Евгений Николаевич, г. Минск, ГО «Белорусская железная дорога», заместитель начальника отдела разработки ГДП и организации «окон» Центра управления перевозками, zavodtsov@upr mnsk.rw;

■ Федоров Евгений Александрович, г. Гомель, УО «Белорусский государственный университет транспорта», заведующий кафедрой управления эксплуатационной работой и охраны труда, rwitor@gmail.commailto:kvg55@yandex.by.