

УДК 656.222.4

*В. Г. КУЗНЕЦОВ, кандидат технических наук, Е. А. ФЕДОРОВ, старший преподаватель, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, К. И. ГЕДРИС, заместитель начальника отдела технического обеспечения перевозочного процесса и организации работы станций, Белорусская железная дорога, г. Минск*

## ОЦЕНКА ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ВАГОНОВ НА ИНФРАСТРУКТУРЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОЦЕССНО-ОБЪЕКТНОГО ПОДХОДА

Изложены принципы формирования системы показателей процессно-объектной оценки и анализа организации перемещения вагонов на инфраструктуре железнодорожного транспорта. Определены базисные показатели и их декомпозиция, обеспечивающая соответствие технологическим документам, регламентирующим перевозочный процесс на инфраструктуре: плану формирования поездов, графику движения поездов, системе эксплуатации локомотивов, локомотивных бригад, обеспечения гарантированного безопасного следования вагонов. Идентифицированы уровни анализа по признакам перевозочной деятельности, соответствующим функциональным уровням и содержанию задач управления.

Условия перемещения вагонопотоков на полигоне инфраструктуры железнодорожного транспорта регламентируются планом формирования (ПФ) поездов, который устанавливает маршруты и порядок следования вагонопотоков между станциями сети железнодорожной инфраструктуры. ПФ должен обеспечивать снижение издержек железных дорог, связанных с движением вагонов в поездах по участкам и простоями на станциях, выполнением технических и грузовых операций, содержанием инфраструктуры и штата, а также снижение штрафных выплат за несвоевременную доставку грузов, неподачу порожних вагонов и несохранные перевозки.

График движения поездов (ГДП) как способ организации движения поездов на полигоне инфраструктуры должен обеспечивать комплексное, основанное на плане формирования поездов, взаимодействие станций и участков инфраструктуры, локомотивного и вагонного комплексов, направленное на выполнение основной логистической цели функционирования железнодорожного транспорта – обеспечения перевозок грузов между станциями в установленные договорными отношениями с клиентами сроки.

Осуществляемая в настоящее время реструктуризация системы управления перевозочным процессом на большинстве железных дорог предполагает переход на безотделенческую структуру, направленную на реализацию полигонных технологий, обеспечивающих согласованное управление железнодорожными участками и станциями инфраструктуры на устойчивых направлениях следования вагонопотоков. Использование такого подхода соответствует процессно-объектным принципам организации движения поездов на инфраструктуре, при котором объектом управления является процесс перемещения подвижных единиц (вагонов, поездов) по маршрутам их следования на полигоне инфраструктуры [8]. Деятельность объектов инфраструктуры (железнодорожных станций и участков) при этом рассматривается с позиции качества реализации процесса.

Переход на процессно-объектные методы организации и управления движением на инфраструктуре железной дороги обеспечивает соответствие условий движения транспортных потоков (грузов, вагонов, поездов), устанавливаемых базовыми технологическими документами: планом формирования и графиком движения грузовых поездов [1]. ГДП сможет играть регла-

ментирующую роль основы организации движения поездов лишь тогда, когда будет достигнуто его соответствие реальным условиям организации поездной работы [4]. Одним из существенных препятствий для этого в грузовом движении является отсутствие инструментов анализа и оценки соответствия разрабатываемых систем организации вагонопотоков (плана формирования поездов) и поездопотоков (графика движения поездов), а также качества их реализации аппаратом оперативного управления в процессе транспортной деятельности.

Система оценки и анализа выполнения ПФ грузовых поездов должна устанавливать влияние функционирования объектов инфраструктуры (железнодорожных станций и участков) на процессы продвижения и переработки вагонопотоков на маршрутах следования.

Распространенная в настоящее время система показателей эксплуатационной работы железнодорожного транспорта ориентирована на административно-функциональную структуру транспортного комплекса, что соответствует традиционному (объектному) подходу к управлению движением, в котором объектом управления является, как правило, некая административная единица инфраструктуры (железнодорожная станция, участок, отделение дороги, дирекция и т.п.), качество функционирования которой оценивается балансовыми обезличенными показателями. Получаемые в результате усредненные значения показателей не позволяют достоверно планировать параметры перемещения вагонопотоков на инфраструктуре, что обуславливает использование применяемых в настоящее время завышенных нормативов сроков доставки грузов и значительный дисбаланс этих величин для различных назначений вагонопотоков на инфраструктуре. Так, на Белорусской железной дороге установлена максимальная гарантированная скорость перевозки грузов – 420 тарифных км/сут. При этом для специализированных контейнерных поездов обеспечивается скорость 1400 км/сут.

Очевидно, что значительное влияние на скорость перевозки оказывают простое вагонов на станциях, предусмотренных ПФ, а также ряд других факторов, обусловленных техническими возможностями инфраструктуры, структурой и размерами вагонопотоков, системой эксплуатации локомотивов и вагонов, взаимодействием с пограничными и таможенными органами и др. Оценить фактическое влияние указанных факторов на продвижение вагонопотоков и поездопотоков на

конкретных направлениях следования в рамках существующей системы показателей эксплуатационной работы не представляется возможным.

Управленческая деятельность по организации перевозочного процесса в существующих условиях связана со значительной долей экспертных решений, вызванной отсутствием потребного уровня детализации информации. В ряде случаев для выработки решений возникает необходимость сбора и анализа дополнительных данных о параметрах перемещения конкретных потоков по инфраструктуре железной дороги, что приводит к увеличению времени принятия решений и, соответственно, их обесцениванию.

Объектная ориентация используемой системы расчета показателей эксплуатационной работы приводит также к возникновению неопределенности при расчете базового ПФ на инфраструктуре за счет значительного разброса отклонений расчетных фактических значений параметров ПФ для различных корреспонденций вагонопотоков. Вследствие этого аппаратами управления железных дорог принимается значительное количество корректировок ПФ в процессе его реализации, а отправление поездов повышенной транзитности является нормальной повсеместной практикой организации поездной работы.

Очевидно, что ПФ в данном случае не может выступать основой для разработки сквозного графика движения поездов, соответствующего структуре ПФ, так как не учитывает значительное количество поездо-станций, требующих увязки на графике. Вследствие этого в большинстве случаев увязка сквозных ниток ГДП между участками следования поездов носит формальный характер, что понижает значимость ГДП как комплексной основы организации движения поездов на полигоне инфраструктуры [7].

Исследование выполнения плана формирования организованных поездов (без учета маршрутизации) железнодорожными станциями выявил необходимость актуализации исходных параметров ПФ. Например, анализ отчетных данных показал, что на железнодорожных станциях в отдельные периоды времени формировались поезда на назначения более дальние, чем предусмотрено

ПФ (рисунок 1). 71 % поездных назначений мощностью более 20 поездов/месяц формировался как минимум на одну техническую станцию дальше, чем предусмотрено действующим планом формирования.

Оценка организации движения поездов по графику и, соответственно, достижения заложенной ПФ эффективности перевозочного процесса выполнена для ниток поездных назначений, соответствующих базовому ПФ, как соответствующие заложенной в нормативном графике технологии организации движения поездов. На рисунке 2 приведен пример для ниток одного из сквозных поездных назначений Белорусской железной дороги, включающих две транзитные технические станции.

Из рисунка 2 видно, что значительное количество транзитных поездов анализируемого назначения на технических станциях простаивает с превышением нормативов, установленных на их обслуживание технологическим процессом станции. При этом превышение простоя в 49 % случаев не превышает 20 мин, что обеспечивается высоким уровнем резервных расписаний за счет сложившейся разницы в потребной и наличной, закладываемой в нормативном графике движения, пропускной способности. В 18,8 % случаев превышение простоя составляет от 20 до 50 мин, а в 10,2 % случаев – 80–110 мин. В 17,4 % случаев превышение простоя по отношению к установленным нормам превысило 120 мин и, очевидно, было допущено не по вине системы организации движения поездов.

Одним из обязательных условий для разрешения сложившихся противоречий ПФ и ГДП является переход к процессно-объектной методологии оценки реализации плана формирования поездов, позволяющей перейти от количественной к качественной системе оценки соответствия организации вагонопотоков и движения поездов на полигоне инфраструктуры, а также анализу качества реализации процессов перемещения вагоно- и поездопотоков на полигоне инфраструктуры, основанном на показателях, характеризующих транспортный процесс по заданным направлениям перемещения, а не обобщенные параметры функционирования объектов инфраструктуры и их административно-территориальных объединений.

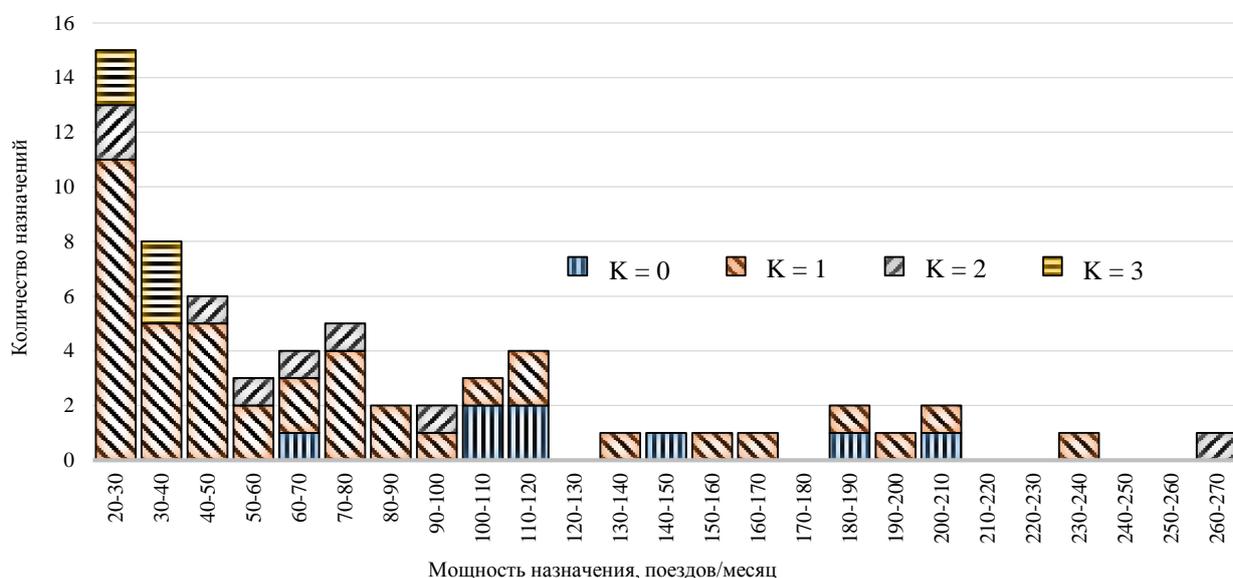


Рисунок 1 – Распределение поездных назначений с повышением транзитности на K технических станций

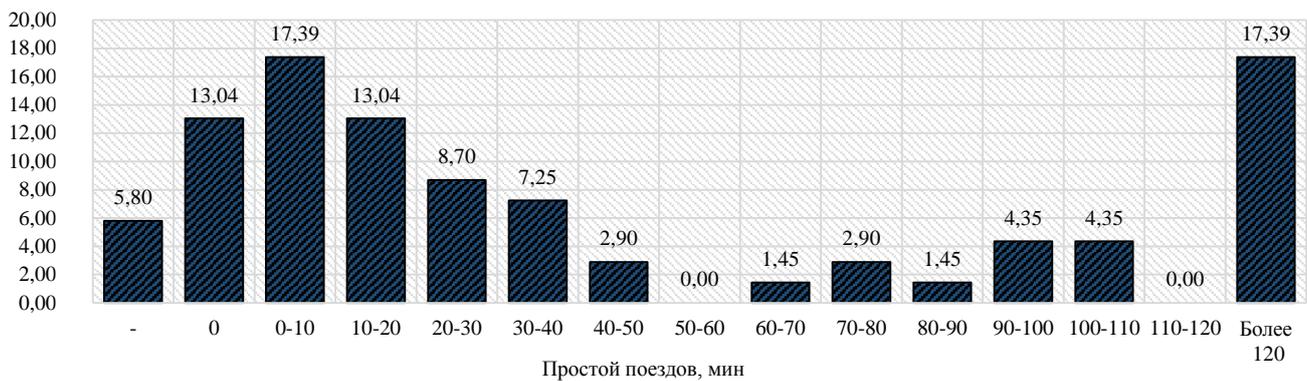


Рисунок 2 – Превышение нормативов простоя транзитных поездов анализируемого назначения на технических станциях без переработки (в процентах)

Развитие комплекса информационных технологий Белорусской железной дороги в настоящее время обеспечивает необходимый базис для перехода на процессно-объектную методологию оценки качества реализации ПФ и ГДП. В рамках разрабатываемой в настоящее время Автоматизированной системы «Полномерного расчета показателей использования вагонного парка» (АС ПРП) предусмотрена детализация вагонной и поездной моделей дороги на уровне, достаточном для определения показателей использования вагонов на полигоне инфраструктуры процессно-объектным методом.

Целевым комплексным показателем системы оценки реализации ПФ на инфраструктуре железнодорожного транспорта может выступать показатель «Скорость перемещения вагона на маршруте следования», соблюдение предельных значений которой обеспечивает выполнение заявленных условий перевозки грузов и порожних вагонов.

Скорость перемещения вагона на маршруте следования  $v_{\text{ваг}}^{\text{м.сл}}$  определяется отношением длины фактического следования вагона по полигону инфраструктуры  $L_{(s_{\text{пр}}; s_{\text{сл}})}^{\text{м}}$  ко времени  $T_{(s_{\text{пр}}; s_{\text{сл}})}^{\text{м}}$ , определяемому от момента включения его в перевозочный процесс на начальной станции (или стыковом пункте инфраструктуры) маршрута  $s_{\text{пр}}^{\text{пер}}$  до исключения из перевозочного процесса на конечной станции (или стыковом пункте инфраструктуры) маршрута следования  $s_{\text{сл}}^{\text{пер}}$ :

$$v_{\text{ваг}}^{\text{м.сл}} = \frac{L_{(s_{\text{пр}}; s_{\text{сл}})}^{\text{м}}}{T_{(s_{\text{пр}}; s_{\text{сл}})}^{\text{м}}}. \quad (1)$$

Идентификация включения вагонов в перевозочный процесс осуществляется при поступлении в вагонную модель дороги информации:

- для груженых вагонов: уборка вагона после погрузки с мест общего и необщего пользования; прием вагона по стыковому пункту инфраструктуры;

- для порожних вагонов: присвоение станции назначения порожнему вагону инвентарного парка; уборка собственного или арендованного вагона после выгрузки с путей общего и необщего пользования; уборка собственного или арендованного вагона с пунктов подго-

товки под погрузку или ремонта вагонов; прием вагона по стыковому пункту инфраструктуры.

Идентификация исключения вагона из перевозочного процесса осуществляется при поступлении в вагонную модель дороги информации:

- для груженых вагонов: подача вагона под выгрузку на места общего и необщего пользования; сдача вагона по стыковому пункту инфраструктуры;

- для порожних вагонов: изменение станции назначения порожнему вагону инвентарного парка; отставление порожнего вагона инвентарного парка от движения; подача вагона под погрузку на пути общего и необщего пользования; подача вагона на пункты подготовки под погрузку или ремонта вагонов; сдача вагона по стыковому пункту инфраструктуры.

Декомпозиция маршрута следования вагона по инфраструктуре осуществляется в зависимости от поставленных целей анализа. При оценке реализации ПФ поездов декомпозиция производится по назначениям ПФ поездов  $(p; q)$ , в которые включается вагон на маршруте следования; станциям включения  $s_{\text{пр}}^{\text{пер}}$  и исключения  $s_{\text{сл}}^{\text{пер}}$  вагона из перевозочного процесса; станциям переработки вагонов в пути следования  $\{s_{\text{пер}i}^{\text{тр}}\}$ .

Тогда скорость перевозки вагона на маршруте следования  $v_{\text{ваг}}^{\text{м.сл}}$  для целей анализа может быть представлена как

$$v_{\text{ваг}}^{\text{м.сл}} = \frac{L_{s_{\text{пр}}^{\text{пер}}; s_{\text{сл}}^{\text{пер}}}^{\text{м}}}{T_{s_{\text{пр}}^{\text{пер}}}^{\text{м}} + \sum_{p=s_{\text{пр}}^{\text{пер}}}^{q=s_{\text{сл}}^{\text{пер}}} T_{(p; q_i)} + \sum_{i=1}^n T_{s_{\text{пер}i}^{\text{тр}}} + T_{s_{\text{сл}}^{\text{пер}}}^{\text{м}}}, \quad (2)$$

где  $T_{(p; q)_i}$  – время следования вагона по назначению ПФ  $(p; q)$ ;  $T_{s_{\text{пер}i}^{\text{тр}}}$  – время нахождения вагона на технической станции маршрута следования с переработкой  $s_{\text{пер}i}^{\text{тр}}$ .

Качественным показателем оценки организации движения поездов и перемещения вагонов по назначениям ПФ является «Скорость на назначении плана формирования»:

$$v_{(p; q)} = \frac{L_{(p; q)}}{\sum_{s_i=p}^{s_j=q} T_{(s_i^{(p; q)}; s_j^{(p; q)})} + \sum_{i=1}^n T_{s_{\text{об}пер}i}^{\text{тр}}}, \quad (3)$$

где  $L_{(p; q)}$  – длина маршрута следования поездов по назначению ПФ ( $p; q$ );  $T_{s_{б.пер}^{тр}}$  – время стоянки поездов назначения ( $p; q$ ) на технической станции выполнения технологических операций с поездом  $s_{б.пер}^{тр}$ ;  $T_{(s_i^{(p;q)}, s_j^{(p;q)})}$  – время следования поезда по участкам между смежными станциями формирования, расформирования и выполнения технологических операций, установленными маршрутом следования назначения ПФ.

Время следования поезда между станциями выполнения технологических операций, предусмотренных маршрутом следования (операторское время) характеризует качество согласования ниток ГДП между соседними графиковыми участками при сквозном пропуске поездопотоков, и определяется по формуле

$$T_{(s_i^{(p;q)}, s_j^{(p;q)})} = \sum_{s_m^{НДВ}=s_i^{(p;q)}}^{s_m^{КДВ}=s_j^{(p;q)}} \frac{L_{(s_m^{НДВ}; s_m^{КДВ})}}{v_{(s_m^{НДВ}; s_m^{КДВ})}^{уч}} + \sum_{m=2}^{n: s_m^{КДВ}=s_j^{(p;q)}} T_{s_m^{НДВ}}, \quad (4)$$

где  $L_{(s_m^{НДВ}; s_m^{КДВ})}$  – эксплуатационное расстояние между ограничивающими станциями начала  $s_m^{НДВ}$  и конца  $s_m^{КДВ}$  маршрута следования поезда по графиковому участку;  $v_{(s_m^{НДВ}; s_m^{КДВ})}^{уч}$  – участковая скорость поезда на графиковом участке;  $T_{s_m^{НДВ}}$  – простой поезда на станциях стыковки

графиковых участков, входящих в участок маршрута следования поездного назначения между станциями выполнения технологических операций.

Для вагонов, следующих в составах местных поездов, простои на промежуточных станциях, на которых к этим поездам выполняется прицепка-отцепка вагонов, приравниваются к простоям без переработки:

$$T_{s_{пр.отц}^{пром}} = T_{s_{б.пер}^{тр}}. \quad (5)$$

При определении агрегированных показателей в рамках предложенной системы декомпозиции скорости перевозки вагона на маршруте следования, в приведенных формулах используются средние значения времени для выделенной категории анализа.

Расчет показателей в рамках предложенной декомпозиции обеспечивает соответствие системы оценки качества полигонным технологиям организации и управления перевозочной деятельностью, основанной на процессно-объектных методах.

При этом обеспечивается соответствие показателей технологическим документам, регламентирующим перевозочный процесс на инфраструктуре: плану формирования поездов, графику движения поездов, системе эксплуатации локомотивов, локомотивных бригад, системе обеспечения гарантированного безопасного следования вагонов (рисунок 3).



Рисунок 3 – Структура объектов комплексной оценки качества перемещения вагонов на полигоне инфраструктуры железнодорожного транспорта

Предлагаемая система обеспечивает возможность оценки деятельности объектов инфраструктуры исходя из показателей качества управленческой деятельности при организации и реализации процессов перемещения управляемых объектов (поездов, вагонов) по субъектам транспортного процесса.

Уровни анализа определяются по признакам перевозочной деятельности, соответствующим функциональным уровням и содержанию задач управления:

– организация вагонопотоков: заявка на перевозку груза, поездное назначение ПФ;

– организация поездопотоков: нитка ГДП, поездная заявка, диспетчерский участок, техническая станция, железнодорожное направление;

– система обращения локомотивов и бригад: тип локомотивов, тип тяги, полигон обращения локомотивов, участок работы локомотивных бригад;

– участники транспортного процесса: клиент, оператор инфраструктуры, перевозчик, оператор вагонного парка, железнодорожная администрация, экспедитор и т.п.;

– административно-территориальное управление: дистанция комплекса технических устройств инфра-

структуры; отделение дороги, служба (дирекция), дорога, группа железных дорог.

Агрегирование показателей по признакам, соответствующим структуре рынка железнодорожных перевозок и системе управления перевозочным процессом обеспечивает комплексность и единство данных в системе анализа эксплуатационной работы. Тем самым повышается эффективность процесса выработки и реализации управляющих воздействий в сфере перевозочной деятельности за счет повышения актуальности и степени согласованности данных о всех компонентах процессов перемещения вагонов и поездов на маршрутах их следования по инфраструктуре железнодорожного транспорта.

#### Список литературы

- 1 **Бородин, А. Ф.** Эксплуатационная работа железнодорожных направлений / А. Ф. Бородин // Труды ВНИИАС. Вып. 6. – М. : ВНИИАС, 2008. – 320 с.
- 2 Методические рекомендации по организации вагонопотоков на Белорусской железной дороге : [утв. приказом заместителя Начальника Белорусской ж. д. от 30.12.2013 г. № 1294НЗ]. – Минск : Белорусская ж. д., 2013. – 320 с.
- 3 **Негрей, В. Я.** Расчетные вагонопотоки для разработки плана формирования поездов / В. Я. Негрей, С. В. Дорош-

ко // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2016. – № 2. – С. 26–31.

4 Правила технической эксплуатации железной дороги в Республике Беларусь : [утв. постановлением М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь от 25.11.2015 № 52]. – Минск : Белорусская ж. д., 2016. – 479 с.

5 **Репин, В. В.** Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / В. В. Репин, В. Г. Ковалев. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 544 с.

6 **Фёдоров, Е. А.** Информационное обеспечение процессно-объектной модели разработки графика движения поездов на инфраструктуре железной дороги / Е. А. Федоров // Информационные технологии и системы 2016 (ИТС-2016) : материалы Междунар. науч. конф. – Минск : БГУИР, 2016. – С. 38–39.

7 **Фёдоров, Е. А.** Оценка разработки и выполнения графика движения поездов с учетом плана формирования // Современные проблемы развития железнодорожного транспорта и управления перевозочным процессом : сб. тр. Междунар. практ. конф. / под общ. ред. В. Н. Морозова и Ю. О. Позойского. – М. : ВИНТИ РАН, 2015. – С. 112–113.

8 **Фёдоров, Е. А.** Процессное моделирование разработки графика движения поездов / Е. А. Федоров // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2015. – № 2. – С. 70–72.

9 **Фёдоров, Е. А.** Структурная композиция транспортных потоков при их интеграции в поездобразование и график движения поездов / Е. А. Федоров // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2017. – № 1. – С. 55–60.

Получено 10.09.2017

**V. G. Kuznetsov, E. A. Fedorov, K. I. Gedris.** Assessment of the organization of wagons displacement on infrastructure with application of process-object approach.

The principles for the formation of a system of indicators of process-object evaluation and analysis of the organization of moving wagons on the infrastructure of railway transport are outlined. The basic indicators and their decomposition, ensuring compliance with technological documents regulating the transportation process on the infrastructure are determined: the train formation plan, the train schedule, the locomotive crews and locomotive operation system, and the guaranteed safe wagons follow-up system. Levels of analysis on the criteria of transportation activity, corresponding to the functional levels and content of management tasks, were identified.