

УДК 656.222.4

Е. А. ФЕДОРОВ, старший преподаватель, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

### СТРУКТУРНАЯ КОМПОЗИЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ ПРИ ИХ ИНТЕГРАЦИИ В ПОЕЗДООБРАЗОВАНИЕ И ГРАФИК ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

Изложены принципы композиции транспортных потоков участников перевозочного процесса на объектах инфраструктуры железнодорожного транспорта. Определены типы потоков и идентифицированы процессы интеграции товарной массы в систему поездообразования и график движения поездов для целевого планирования пропуска поездов на объектах. Установлены временные и физические характеристики транспортных потоков, влияющие на способ их реализации при процессно-объектном моделировании графика движения поездов. Дано распределение возможных долей участия перевозчиков в организации поездных назначений в зависимости от их доходности.

Современный рынок участников железнодорожных перевозок, сложившийся с учетом тенденций ограничения деятельности естественных монополий и обеспечения равноправного доступа к услугам инфраструктуры железнодорожного транспорта, отличается расширением состава возможных участников по сравнению с традиционным подходом: грузоотправитель – перевозчик – грузополучатель. В структуре организации перевозочного процесса углубляется разделе-

ние участников рынка железнодорожных перевозок в соответствии с располагаемыми материальными ресурсами и (или) реализуемыми функциями по обеспечению перевозки грузов.

Основными участниками, определяющими образование транспортного потока, являются: грузоотправитель, грузополучатель, перевозчик, владелец инфраструктуры, оператор инфраструктуры, оператор железнодорожного подвижного состава, экспедитор (рисунок 1).

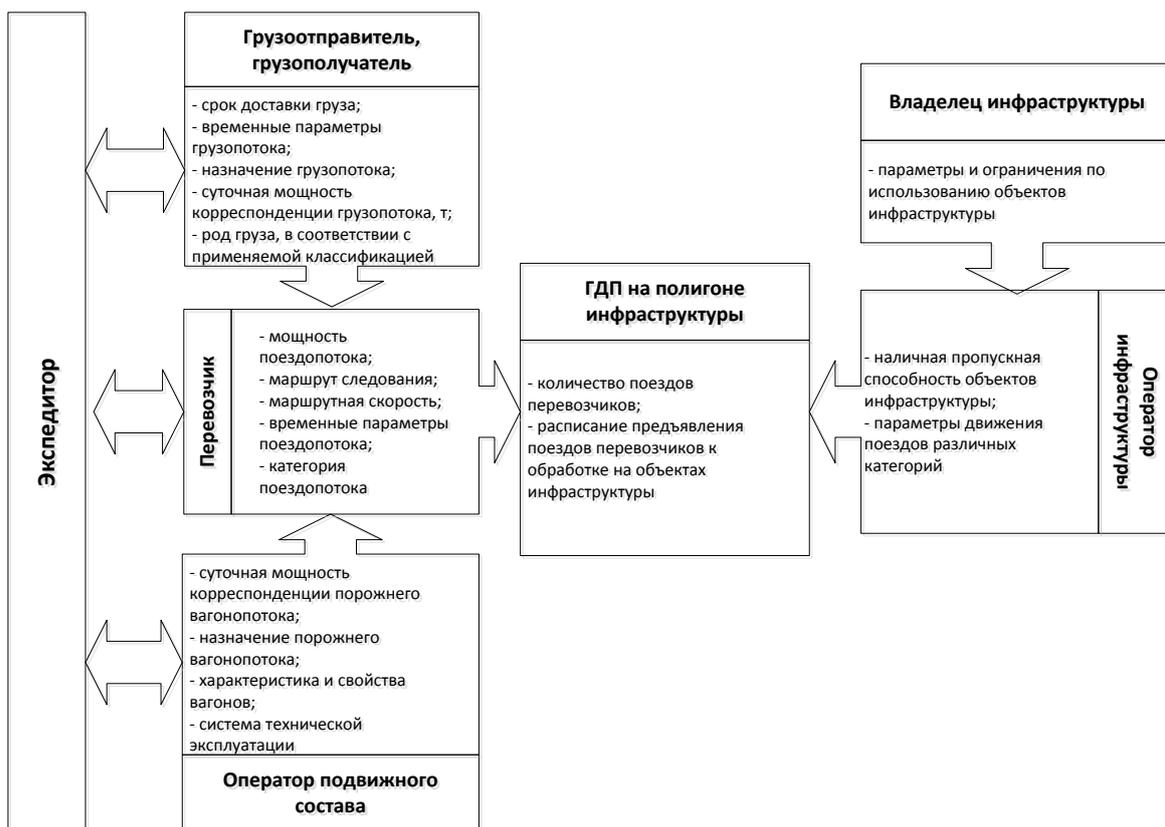


Рисунок 1 – Функциональная структура взаимодействия участников железнодорожных перевозок при организации перевозочного процесса

В структуре участников рынка железнодорожных перевозок часто наблюдается совмещение функций транспортной деятельности в результате сложившихся структурных особенностей, например, Белорусская железная дорога, ОАО «РЖД» и многие другие совмещают в настоящее время функции оператора инфраструктуры и перевозчика.

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 локальных планов формирования поездов и повышают роль графика движения поездов (ГДП) как техно-

логического регулятора взаимоотношений участников перевозочного процесса.

Существующие принципы разработки ГДП, основанные на использовании традиционного инфраструктурно-ориентированного подхода, не позволяют достичь синергетического эффекта для участников перевозочного процесса. Обеспечение роли системного регулятора взаимоотношений участников рынка железнодорожных перевозок может быть достигнуто в случае применения процессно-объектного подхода к построению ГДП, позволяющего реализовать процессы продвижения поездопотоков перевозчиков в транспортной сети на всем маршруте их следования с соблюдением целевых задач перевозки и ограничений участков инфраструктуры.

Для целевого планирования пропуска поездов на

объектах инфраструктуры необходимо идентифицировать процессы интеграции товарной массы в систему поездообразования и ГДП.

Транспортные потоки образуются исходя из целевых потребностей в обеспечении перемещения товаропотоков между элементами производственно-сбытовой сети: производства, товарораспределительных центров, товаротранспортной логистической сети, потребителей.

Транспортная трансформация товарной массы клиентов представляет собой процесс последовательного преобразования товаропотоков в грузо-, вагоно- и поездопотоки, предъявляемые оператору инфраструктуры к перевозке клиентами железнодорожного транспорта или перевозчиками. Принципиальная схема процесса приведена на рисунке 2.

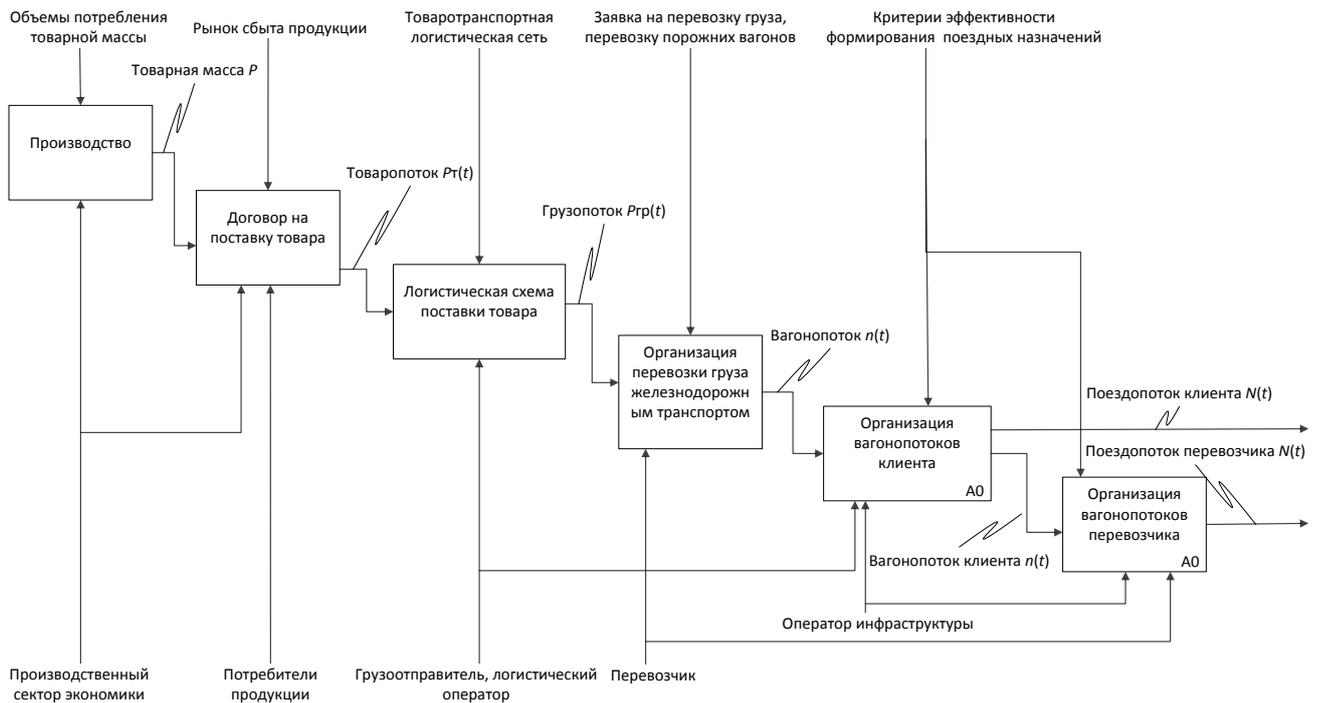


Рисунок 2 – Процесс интегрирования потоков клиентов в ГДП

Свойства транспортных потоков клиентов влияют на структуру, характеристики поездов и их прокладку на ГДП. Определяющими свойствами товаропотоков, влияющими на адаптивные свойства ГДП на участках инфраструктуры, являются:

- вектор перемещения товаропотока от производителя к потребителю  $\vec{s}_i^{пр}; \vec{s}_j^{потр}$ ;
- транспортная масса товаропотока  $P_i^T(T)$ ;
- срок поставки товара  $T_{пост}$ ;
- категория товара в соответствии с применяемой классификацией  $Z_T$ .

Структура и размеры товаропотоков, предъявляемые к перевозке, могут иметь детерминированный и стохастический характер и определяются, в первую очередь, изменениями конъюнктуры рынков сбыта продукции, потребителей транспортных услуг.

Для установленных векторов перемещения товаропотоков в процессе их идентификации на инфраструктур-

туре определяются маршруты их следования по товаротранспортной логистической сети в соответствии с используемыми схемами доставки продукции.

Между узлами сети в результате агрегации сонаправленных товаропотоков формируются корреспонденции грузопотоков клиентов:

- вектор перемещения грузопотока между станциями погрузки и выгрузки  $\vec{s}_j^{потр}; \vec{s}_j^{выгр}$ ;
- мощность корреспонденции грузопотока, определяемая как сумма входящих в него товаропотоков  $P_j(t) = \sum_{i=1}^n P_i^T(t)$ ;
- срок доставки груза  $T_{гр,j}$ ;
- род груза в соответствии с применяемой на транспорте классификацией  $Z_{гр}$ .

Интегрирование потоков клиентов в ГДП предполагает процесс определения способа его включения

в организованные поезда и продвижения по заданному вектору перемещения в зависимости от суммарной транспортной массы: выделенной категорией поездного назначения (отправительский маршрут, техноло-

гический маршрут, контейнерный или контрейлерный маршрут и др.) или в составе организованных планом формирования категорий поездов перевозчика (рисунок 3).

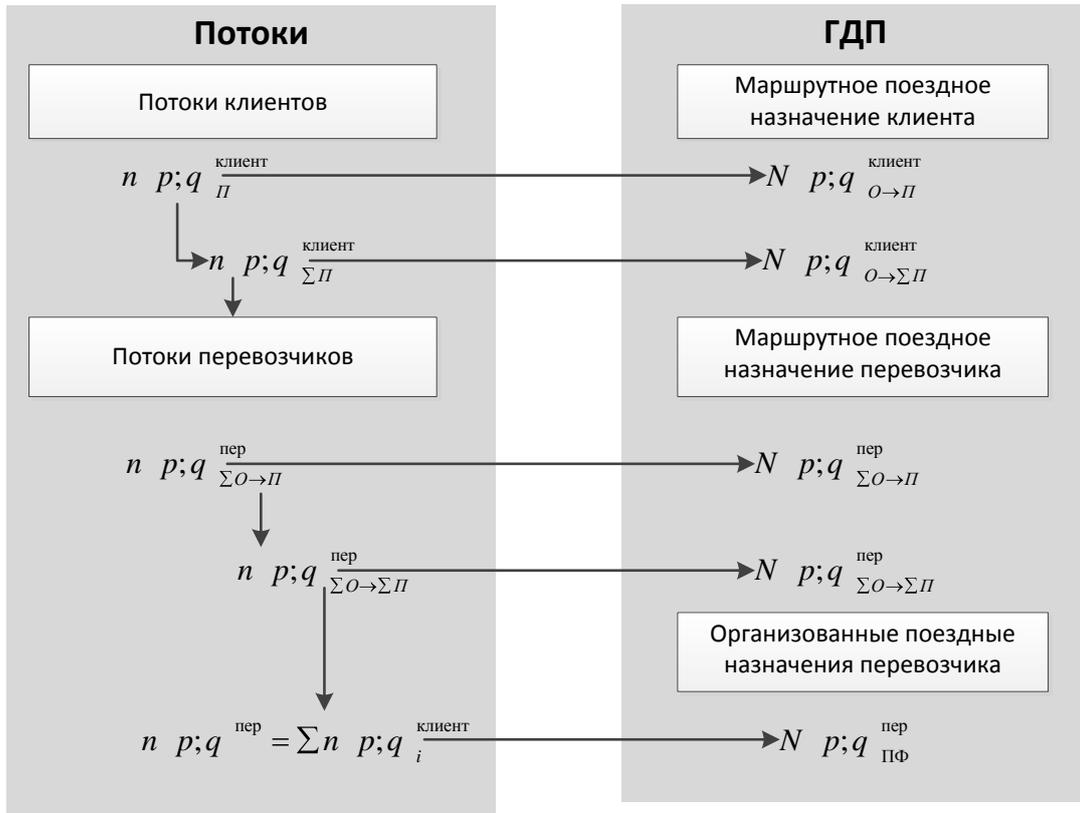


Рисунок 3 – Схема определения способа организации вагонопотоков клиентов в поезда

Эффективность использования способа перемещения потока оценивается путем сопоставления затрат времени и денежных средств на организацию его продвижения различными категориями поездных назначений. Методика расчета приведена в [1].

К выделенным категориям поездных назначений относятся:

– маршрутное поездное назначение клиента:

$N p; q_{O \rightarrow \Pi}^{\text{клиент}}$  – поездное назначение, при котором поток предъявляется к перевозке одним клиентом – грузоотправителем на одной станции, назначением на одну станцию в адрес одного грузополучателя;

$N p; q_{O \rightarrow \Sigma \Pi}^{\text{клиент}}$  – поездное назначение, в котором поток предъявляется к перевозке одним клиентом – грузоотправителем на одной станции, назначением на одну станцию в адрес нескольких грузополучателей;

– маршрутное поездное назначение перевозчика:

$n p; q_{\Sigma O \rightarrow \Pi}^{\text{пер}}$  – поездное назначение, в котором поток предъявляется к перевозке несколькими клиентами – грузоотправителями на одной станции, назначением на одну станцию в адрес одного грузополучателя;

$n p; q_{\Sigma O \rightarrow \Sigma \Pi}^{\text{пер}}$  – поездное назначение, в котором поток предъявляется к перевозке несколькими клиентами – грузоотправителями на одной станции, назначением на одну станцию в адрес нескольких грузополучателей.

Потоки клиентов, не включенные в выделенные поездные назначения (не маршрутизируемые) агрегируются в струи вагонопотоков для расчета плана формирования поездов перевозчика и формирования организованных поездов:

$$n p; q^{\text{пер}} = \sum n p; q_i^{\text{клиент}} \rightarrow N p; q_{\text{ПФ}}^{\text{пер}}. \quad (1)$$

В процессе интеграции потоков клиентов в график движения поездов выделяются временные, объемные и структурные параметры транспортных потоков (рисунок 4), влияющие на способ их реализации в графике движения поездов:

– регулярность образования потока в расчетный период перевозки; позволяет дифференцировать нитки графика по степени их стохастичности:

«ядро» графика движения, включающее нитки для поездов со стабильными временными параметрами предъявления к перевозке;

«факультативные» нитки – для обеспечения движения поездов, имеющих стохастический характер предъявления к перевозке;

«резерв» графика движения – для обеспечения движения поездов при возникновении отклонений в системе организации движения поездов, вызванных системными колебаниями объемов вагонопотоков, техническими, технологическими отказами или прочими причинами;

– стационарность предъявления потока к перевозке; позволяет установить точное время или интервалы предпочтительного предоставления нитки графика, интервалы предоставления ниток;

– погонная нагрузка поездопотока; определяет допустимые структурные свойства грузопотока, включаемого в поезд для организации их движения по участкам инфраструктуры и диапазон их изменения в момент начала процесса разработки ГДП.

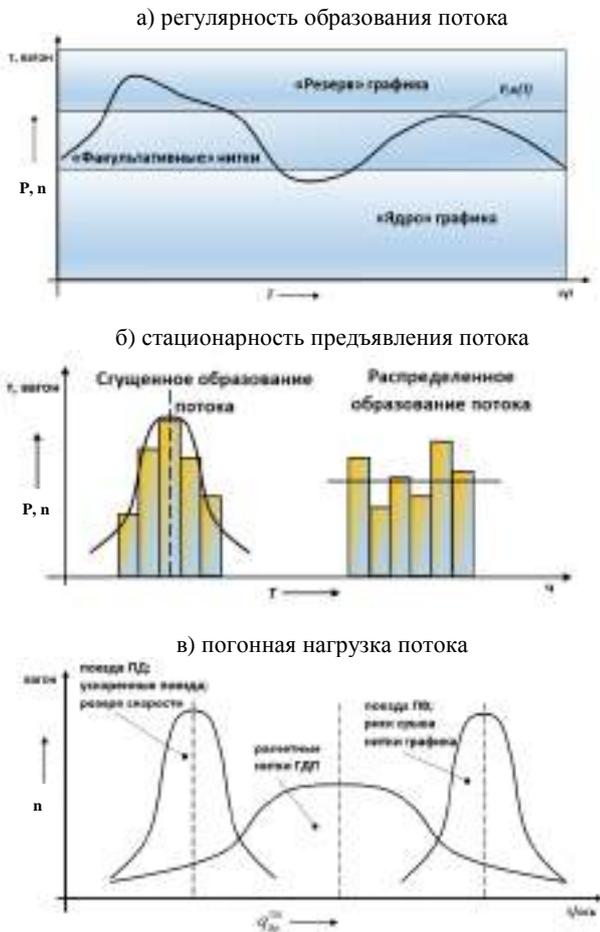


Рисунок 4 – Параметры транспортных потоков, влияющие на способ их реализации в графике движения поездов

Современный рынок железнодорожных перевозок формирует конкурентную среду участников перевозочного процесса, в которой каждый перевозчик предлагает различные условия по стоимости и срокам перемещения товарной массы клиентов, которые во многом зависят от вариантов организации вагонопотоков в поезде.

Согласно [2] затраты перевозчиков по транспортировке единицы груза на инфраструктуре определяются затратами на начально-конечные операции и на движение:

$$e_{(p;q)}^{\text{пер}} = \bar{b}_c a_{\tau} + b_{(p;q)}^{\tau} l_{(p;q)}, \quad (2)$$

где  $\bar{b}_c$  – коэффициент вида сообщения по отношению к инфраструктуре (внутреннее, ввоз, вывоз, транзит);  $a_{\tau}$  – ставка за начально-конечные операции;  $b_{(p;q)}^{\tau}$  – ставка за перемещение груза по маршруту;  $l_{(p;q)}$  – расстояние перемещения груза.

Вовлечение перевозчика в выполнение начально-конечных операций зависит от рода перевозимого груза, используемого подвижного состава, технических возможностей перевозчика и определяется в условиях договора на перевозку груза.

Затраты на перемещение груза по маршруту устанавливаются при идентификации поездных назначений перевозчиков в процессе технико-экономической оценки возможных вариантов освоения предъявляемых потоков каждого клиента и их совокупности.

Возможности перевозчиков по организации поездопотоков формируются исходя из размеров и структуры вагонопотоков в соответствии с заключенными договорами с клиентами, наличия в распоряжении перевозчика ресурсов для обеспечения перевозочного процесса, а также возможностей по доступу к инфраструктуре в рамках договорных отношений с владельцем инфраструктуры.

Для каждой заявленной корреспонденции вагонопотока перевозчик устанавливает набор поездных назначений, в составе которых будет осуществляться перемещение потока, из множества доступных ему вариантов. Выбор поездных назначений осуществляется по критериям эффективности, используемым перевозчиком при организации вагонопотоков в поезде:

$$n(p;q)_{ij} = \text{opt} \begin{cases} N(p;q)_i, \dots, N(p;q)_m; \\ \dots \\ N(p;q)_l, \dots, N(p;q)_s. \end{cases} \quad (3)$$

В процессе интегрирования потоков перевозчиков в ГДП (рисунок 5) в зависимости от мощности вагонопотоков и временных параметров их предъявления к перевозке формируются поездные назначения различных категорий:

1) со станций зарождения вагонопотоков:

–  $N(p;q)_{\text{пр}}$  – прямые, направленные на станцию назначения (или распыления) вагонопотока. Характеризуют, как правило, однородностью структуры вагонопотока в составе назначения и стабильными формализуемыми временными характеристиками с высокой степенью сгущенности предъявления к перевозке;

–  $N(p;q)_{\text{МР}}$  – в системе местной работы, предназначенные для передачи маломощных корреспонденций вагонопотоков на технические станции для концентрации в струи вагонопотоков перевозчика. Структура и размеры вагонопотоков в таких назначениях стохастичны, временные характеристики поездного назначения дискретны и устанавливаются перевозчиком;

2) с технических станций:

–  $N(p;q)_{\text{техн}}$  – организованные маршруты на станцию назначения (или распыления) вагонопотока. Образуются в результате слияния на технической станции вагонопотоков с разных станций зарождения назначением на одну станцию погашения потока. Образование поездного назначения данной категории происходит, как правило, в том случае, если исходные вагонопотоки недостаточно мощны для выделения в прямое назначение, но стабильны во времени. Структура вагонопотока при этом может быть определена на основании характе-

ристик потоков, образующих данное назначение. Данные поездные назначения регулярны во времени образования и при поступлении исходных потоков на техническую станцию в поездах с постоянным расписанием (например, в местных) могут обладать высокой степенью стационарности;

–  $N(p; q)_{ПФ}$  – поездные назначения между техниче-

скими станциями, организованные для обеспечения совместного попутного перемещения вагонопотоков на части маршрута следования с дальнейшим поступлением преимущественно в переработку. Структура вагонопотока и временные характеристики образования поездов данных поездных назначений имеют наиболее стохастичный характер.

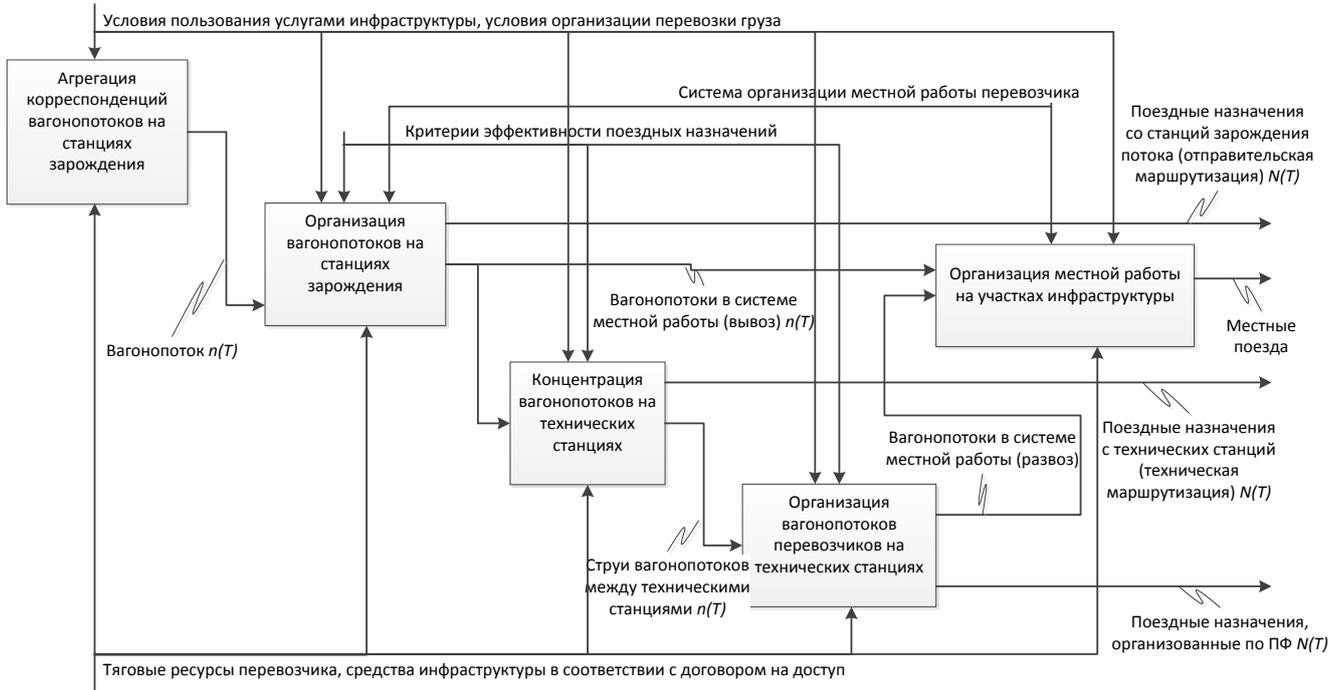


Рисунок 5 – Процесс интегрирования потоков перевозчиков в ГДП

Продвижение вагонопотоков по маршруту следования осуществляется одним из доступных перевозчику наборов поездных назначений. Варианты включения вагонопотоков в назначения характеризуются различной себестоимостью перевозки вагона в связи с возникновением дополнительных затрат на организацию развоза вагонов в системе местной работы, накоплению вагонов при формировании назначения плана формирования поездов перевозчика на попутных технических станциях:

$$\begin{aligned}
 C_1^{\min}(n_i) &: N(p; q)_{пр}; \\
 C_1^{\text{mid}}(n_i) &: N(p; q)_{MP_i} \rightarrow N(p; q)_{техн} \rightarrow \\
 &\rightarrow N(p; q)_{MP_j}; \\
 C_1^{\max}(n_i) &: N(p; q)_{MP_i} \rightarrow N(p; q)_{ПФ1} \rightarrow \\
 &\rightarrow \dots \rightarrow N(p; q)_{ПФm} \rightarrow N(p; q)_{MP_j}.
 \end{aligned}
 \quad (4)$$

При обеспечении равноправного доступа к услугам инфраструктуры поездные назначения могут формироваться различными перевозчиками. По характеру взаимоотношений с владельцем инфраструктуры перевозчики подразделяются на внутренних, являющихся структурными подразделениями транспортного предприятия – владельца инфраструктуры, и внешних, независимых перевозчиков, действующих на основании договорных отношений с владельцем инфраструктуры. В условиях естественной монополии государства на инфраструктуру железных дорог общего пользования внутренним перевозчиком, как правило, выступает

национальный перевозчик, сформированный государственным транспортным предприятием.

Возможность участия различных перевозчиков в организации поездных назначений определяется объемом и структурой привлеченных потоков клиентов, наличием и условиями использования тяговых, технических, людских и иных ресурсов для обеспечения перевозочного процесса на инфраструктуре. Распределение степени участия перевозчиков в системе организации поездных назначений различных категорий в зависимости от затрат ( $C$ ) на их организацию имеет вид, представленный на рисунке 6.

Внешние перевозчики проявляют наибольшую степень участия при занятии сегмента прямых поездных назначений  $N(p; q)_{пр}$  со станций зарождения потоков клиентов, которые не требуют дополнительных трансформаций в пути следования и, соответственно, являются наиболее доходными по сравнению с другими вариантами организации вагонопотоков в поездах.

В сегменте поездных назначений с технических станций  $N(p; q)_{техн}$  у внешних перевозчиков возникают ограничения по обеспечению маршрута следования вагонопотока, связанные с организацией его продвижения к техническим станциям в системе местной работы. Внешние перевозчики должны организовывать местные поездные назначения для развоза корреспонденций незначительной мощности или заключать субподрядные договоры с национальными перевозчиками.

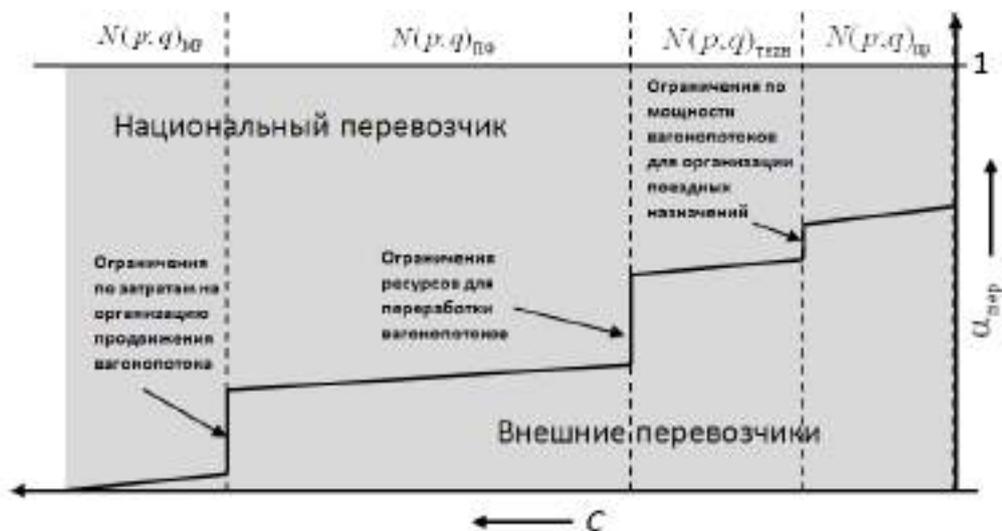


Рисунок 6 – Распределение степени участия перевозчиков в организации поездных назначений

Сегмент поездных назначений между техническими станциями  $N(p; q)_{\text{ПФ}}$  предполагает дополнительно наличие у перевозчика ресурсов (собственных или привлеченных) для переработки вагонопотоков в пути следования, содержание которых при недостаточных объемах переработки вызывает значительные дополнительные затраты.

Поездотоки в системе местной работы  $N(p; q)_{\text{МР}}$  являются обеспечивающими для вариантов следования маломощных корреспонденций вагонопотоков с предварительным их накоплением на технических станциях. Участие внешних перевозчиков возможно в случае организации ими поездных назначений с технических станций.

В структуре рынка перевозочного процесса ключевое место, как правило, занимает национальный перевозчик, а внешние перевозчики конкурируют в первую очередь за маршрутные назначения, которые характеризуются высокой степенью регулярности и имеют сгущенное образование по установленным периодам времени.

Идентификация транспортных потоков перевозчиков в системе организации движения поездов, определение их временных, объемных и структурных параметров, влияющих на способ их реализации в графике движения поездов создает основу для реализации процессно-объектного подхода к построению ГДП. Приме-

нение данного подхода позволяет реализовать процессы продвижения поездотоков перевозчиков в транспортной сети на всем маршруте их следования с соблюдением целевых задач перевозки и ограничений участков инфраструктуры, что способствует получению синергетического эффекта перевозочной деятельности.

#### Список литературы

- 1 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.
- 2 Еловой, И. А. Тарифы логистических транспортно-технологических систем (теория и методы расчетов) / И. А. Еловой. – Гомель: БелГУТ, 2001. – 336 с.
- 3 Негрей, В. Я. Расчетные вагонопотоки для разработки плана формирования поездов / В. Я. Негрей, С. В. Дорошко // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2016. – № 2. – С. 26–31.
- 4 Федоров, 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.
- 5 Федоров, Е. А. Процессное моделирование разработки графика движения поездов / Е. А. Федоров // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2015. – № 2. – С. 70–72.

Получено 12.05.2017

**E. A. Fedorov.** Structural composition of transport flows at them integration in the training and training schedule.

The main provisions concerning the transport flows performed by the transportation process at the infrastructure facilities-tours of the railway transport are set out. The types of flows and identified documents that can be used in the process of trips and trips for trips on sites are determined. The temporal and physical characteristics of transport streams that affect their implementation during processing-but-object modeling of train traffic patterns are established. The distribution of possible shares of carriers in the organization of travel assignments is given depending on their profitability.