

УДК 656.222.4

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

## ПРОЦЕССНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПЕЗДОВ

Изложены принципы разработки графика движения поездов в условиях предоставления перевозчикам доступа к услугам инфраструктуры с использованием технологии процессного моделирования. Дана декомпозиция отдельных процессов разработки графика движения с использованием методологий IDEF0 и IDEF3. Приведен порядок оценки соответствия поездов перевозчиков техническим спецификациям объектов инфраструктуры.

Согласно договору о Евразийском экономическом союзе от 29.05.2014 г. [4] одной из основных целей развития железнодорожного транспорта является обеспечение перевозчикам условий доступа к услугам инфраструктуры государств – участников Союза. Организация перевозочного процесса в условиях равноправного доступа перевозчиков к услугам инфраструктуры железнодорожного транспорта предполагает изменение подхода к разработке графика движения поездов (ГДП) и оценке его выполнения. ГДП является основным документом оператора инфраструктуры, определяющим порядок перемещения товарно-транспортного потока в поездах в соответствии с планом формирования поездов перевозчиков.

При расчете плана формирования в условиях предоставления доступа перевозчику необходимо учитывать дополнительные факторы, определяющие новые качества отдельных поездных назначений. План формирования должен:

- учитывать систему эксплуатации вагонов и локомотивов, определяемую операторами подвижного состава и перевозчиками, а также технологию работы всех перевозчиков, работающих на инфраструктуре железной дороги;
- устанавливать приоритеты и ограничения участников перевозочного процесса в соответствии с установленными договоренностями, а также возможностями инфраструктуры по освоению вагонопотока.

Для выполнения плана формирования в условиях доступа необходимо обеспечить соответствие ему ГДП на всех участках инфраструктуры. Новые качества графика движения при этом выразятся через изменение его структуры, критериев и принципов прокладки ниток движения поездов и оценки их выполнения.

Маршрут следования поезда должен закладываться в ГДП и обеспечивать взаимосвязь организации движения поезда и технологии работы технических станций. В этом случае прокладка ниток ГДП позволит оператору инфраструктуры обеспечить следование поездов перевозчиков по плану формирования с учетом технических возможностей инфраструктуры и технологии перевозчика. Получаемая по запросу перевозчиков структура поездопотоков определяет полигон построения графика движения, а также систему приоритетов прокладки ниток для каждой категории поездных назначений.

В приложении 24 к Договору о Евразийском экономическом союзе от 29.05.2014 ГДП подразделяется на нормативный (на плановый год), вариантный (в отдельные периоды времени) и оперативный (на текущие плановые сутки). Данная классификация подчеркивает роль ГДП в организации перевозочного процесса и определяет необходимость его актуализации с учетом текущего состояния инфраструктуры и изменения потребностей перевозчиков в услугах инфраструктуры.

Основными факторами, определяющими потребность в актуализации ГДП, являются: для оператора инфраструктуры – проведение плановых и внеплановых ремонтно-восстановительных работ на объектах инфраструктуры; возникновение ограничений в эксплуатации объектов инфраструктуры, не указанных в технической спецификации; изменение направления следования поездопотоков, связанное с технологией эксплуатации объектов инфраструктуры и др.; для перевозчика – изменения структуры и размеров поездопотоков, предъявляемых к перевозке по договору, вызванные экономическими и прочими факторами, изменение технического и технологического обеспечения.

Разработка и актуализация ГДП представляет собой многофакторную задачу оптимизации пропускания поездов на расчетном полигоне инфраструктуры с обязательным выполнением требований договора на доступ к услугам инфраструктуры, указанных в плане формирования поездов перевозчика. Решение данной задачи предполагает: регламентацию взаимодействия оператора и перевозчика, определение порядка и методов сбора, предоставления, обработки и согласования исходных данных; определение порядка и методов реализации отдельных технологических операций, установление ответственных исполнителей оператора инфраструктуры и перевозчиков на всех этапах разработки и согласования графика движения поездов перевозчиков.

Практическое решение поставленной задачи должно быть формализованным, однозначно определять функции и задачи каждого участника и их взаимосвязи. Применение методологии процессного (бизнес-) моделирования при разработке ГДП обладает рядом преимуществ за счет:

- комплексности решения;
- обеспечения совместимости ГДП с реальной системой управления эксплуатационной работой;
- взаимосвязи целей и целевых показателей ГДП с системой целей оператора инфраструктуры;
- адаптированности модели пропускания поездов для последующей автоматизации разработки ГДП;
- однозначного распределения ролей и ответственности за реализацию функций и процессов;
- формирования системы документооборота между объектами и процессами.

Анализ распространенных методологий моделирования бизнес-процессов [1] показал, что описание процесса разработки графика движения поездов перевозчиков эффективно выполнять с использованием нотации IDEF0 – для описания процессов разработки на верхнем уровне управления и нотации IDEF3 – для описания функциональных подпроцессов.

На рисунке 1 представлен вариант описания разработ-

ки нормативного графика движения поездов в нотации IDEF0 с декомпозицией на следующие процессы:

- проверка соответствия заявок перевозчиков технической спецификации объектов инфраструктуры;
- согласование размеров движения поездов перевозчиков;
- формирование сводной матрицы поездопотоков перевозчиков на полигоне оператора инфраструктуры;
- прокладка ниток нормативного графика движения поездов;
- формирование комплекта документов ГДП перевозчиков.

Декомпозиция процесса «Проверка соответствия заявок перевозчиков технической спецификации объектов инфраструктуры» в нотации IDEF3 (рисунок 2) описывает порядок выполнения работ. Процесс реализуется на основании массива данных о поездах перевозчиков, формируемого оператором инфраструктуры из сведений, содержащихся в заявках перевозчиков на доступ к инфраструктуре. В массиве указываются данные, на основании которых устанавливаются потребные технические и технологические параметры объектов инфраструктуры при пропуске поездов перевозчиков:

$$ID_{\text{поезд}} \left( \begin{array}{l} (p, q); U^{\text{усл.форм}}; Q; m; \varphi_{\text{пор}}; \\ L; \{X_k\}; v_m; (Z_{ij}^{\text{гр}}, Z_{ij}^{\text{вар}}) \end{array} \right), \quad (1)$$

где  $U^{\text{усл.форм}}$  – условия формирования поездов;  $\{X_k\}$  – участники перевозочного процесса (грузоотправитель, грузополучатель, оператор (собственник) подвижного состава, перевозчик);  $v_m$  – маршрутная скорость;  $p$  – станция формирования поезда;  $q$  – станция расформирования поезда;  $Q$  – расчетный вес поезда;  $L$  – тип используемого локомотива;  $m$  – среднее количество вагонов в составе поезда;  $(Z_{ij}^{\text{гр}}, Z_{ij}^{\text{вар}})$  – свойства грузо- и вагонопотоков, оказывающие влияние на технологию обработки поездов на объектах инфраструктуры.

Оператор инфраструктуры агрегирует поездопотоки по объектам инфраструктуры, рассчитывает потребные ресурсы по объектам инфраструктуры для пропуска поездов перевозчиков и сопоставляет расчетные значения с нормативными.

Для железнодорожных участков выполняется проверка на возможность пропуска поездов по критериям массы, длины, локомотивной тяги и свойствам вагоно- и грузопотоков, предъявляемых к перевозке:

$$\left\| ID_{\text{поезд}i}; m \leftrightarrow m_{\text{инфр}}; F(Q; L) \leftrightarrow F(Q; L)_{\text{инфр}}; \right. \\ \left. Z_{ij}^{\text{гр}} \leftrightarrow Z_{\text{инфр}}^{\text{гр}}, Z_{ij}^{\text{вар}} \leftrightarrow Z_{\text{инфр}}^{\text{вар}} \right\|. \quad (2)$$

Для технических станций выполняется проверка на наличие технологических возможностей и технических средств для выполнения с поездом на станции операций, заявленных перевозчиком:

$$\left\| ID_{\text{поезд}i}; s_i^{(p,q)} \leftrightarrow s_{\text{техн}}; m \leftrightarrow m_{\text{ТРА}}; L \leftrightarrow L_{\text{техн}}; Z_{ij}^{\text{гр}} \leftrightarrow Z_{\text{ТРА}}^{\text{гр}}, Z_{ij}^{\text{вар}} \leftrightarrow Z_{\text{ТРА}}^{\text{вар}} \right\|. \quad (3)$$

Оператор инфраструктуры формирует массив поездопотоков, соответствующих технической спецификации с указанием минимального времени обработки поездов на каждом объекте инфраструктуры по маршруту следования  $(p; q)$ :

$$\left\| ID_{\text{поезд}i}; \left\{ \min t_{s_i}^{(p,q)} \right\}; \left\{ \min t_{l_j}^{(p,q)} \right\} \right\|. \quad (4)$$

Сведения о поездопотоках, параметры которых не соответствуют требованиям хотя бы одного объекта инфраструктуры, направляются перевозчикам. Оператор для каждого поездопотока приводит перечень объектов инфраструктуры с указанием несоответствующих параметров и величины их отклонения от предельно допустимых значений:

$$\left\| ID_{\text{поезд}i}; \left\{ \pm \Delta \rho_k (s_i^{(p,q)}) \right\}; \left\{ \pm \Delta \rho_m (l_j^{(p,q)}) \right\} \right\|. \quad (5)$$

Перевозчик на основании предоставленных сведений принимает решение о корректировке заявки на предоставление доступа к услугам инфраструктуры в части указанных поездопотоков. Откорректированная заявка направляется оператору инфраструктуры на согласование и дальнейшее рассмотрение. При отсутствии возможности у перевозчика приведения параметров поездопотоков в соответствие с техническими спецификациями объектов инфраструктуры оформляется отказ в выполнении заявки на доступ к услугам инфраструктуры по указанным поездопотокам. Удовлетворяющие требованиям объектов инфраструктуры оформляется отказ в выполнении заявки на доступ к услугам инфраструктуры по указанным поездопотокам. Удовлетворяющие требованиям объектов инфраструктуры на возможность реализации маршрутной скорости, заявленной перевозчиком. Расчет выполняется с учетом возможных технологических мероприятий  $(M_i)$  по ускорению продвижения поездопотока, предусмотренных в договоре на доступ к инфраструктуре:

$$v_m^{ID_{\text{поезд}}} \leq \frac{L_{(p,q)}}{\sum_{i=1}^n \min t_{s_i}^{(p,q)}(M_1, \dots, M_n) + \sum_{j=1}^m \min t_{l_j}^{(p,q)}(M_1, \dots, M_k)}. \quad (6)$$

По результатам проверки оператор инфраструктуры определяет резервы времени обработки поездопотоков на объектах инфраструктуры и полный резерв времени на маршруте следования. При отсутствии возможности обеспечить заявленную маршрутную скорость оператор инфраструктуры предлагает перевозчику для согласования корректировку заявки с указанием максимально возможной маршрутной скорости для указанных поездопотоков. В случае отказа оператора от предложенных корректировок рассматриваемые поездопотоки исключаются из плана формирования поездов перевозчика и не учитываются при разработке графика движения поездов.

Поездопотоки, для которых оператор инфраструктуры обеспечивает заявленную маршрутную скорость, включаются в план формирования поездов и передаются в подсистему «Согласование размеров движения поездов перевозчиков».

Для каждого вида работы, приведенной на рисунке 2, разрабатывается порядок ее выполнения ответственными работниками. При необходимости процесс подвергается дальнейшей декомпозиции.

Разработка модели процесса разработки ГДП с использованием указанных нотаций позволит установить регламент выполнения работ всеми причастными работниками оператора инфраструктуры и перевозчиков, определить порядок предоставления исходных данных и согласования результатов на всех этапах процесса, установить разграничение ответственности между оператором инфраструктуры и перевозчиками за качество разработки графика движения и соответствие его плану формирования поездов перевозчиков.

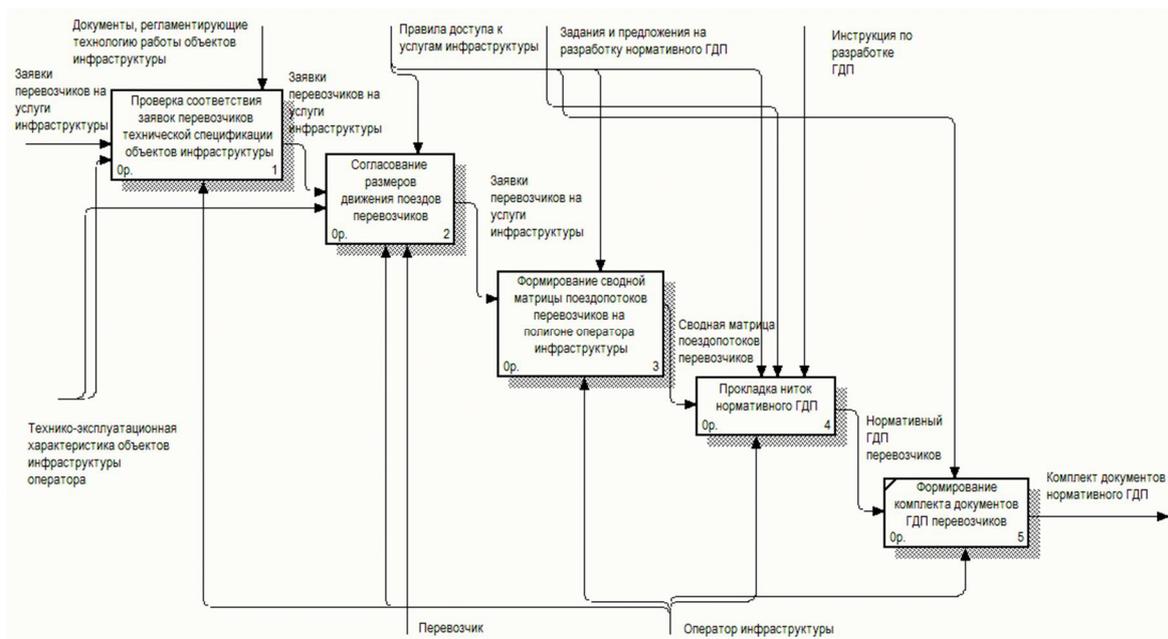


Рисунок 1 – Описание процесса разработки нормативного графика движения поездов с использованием нотации IDEF0

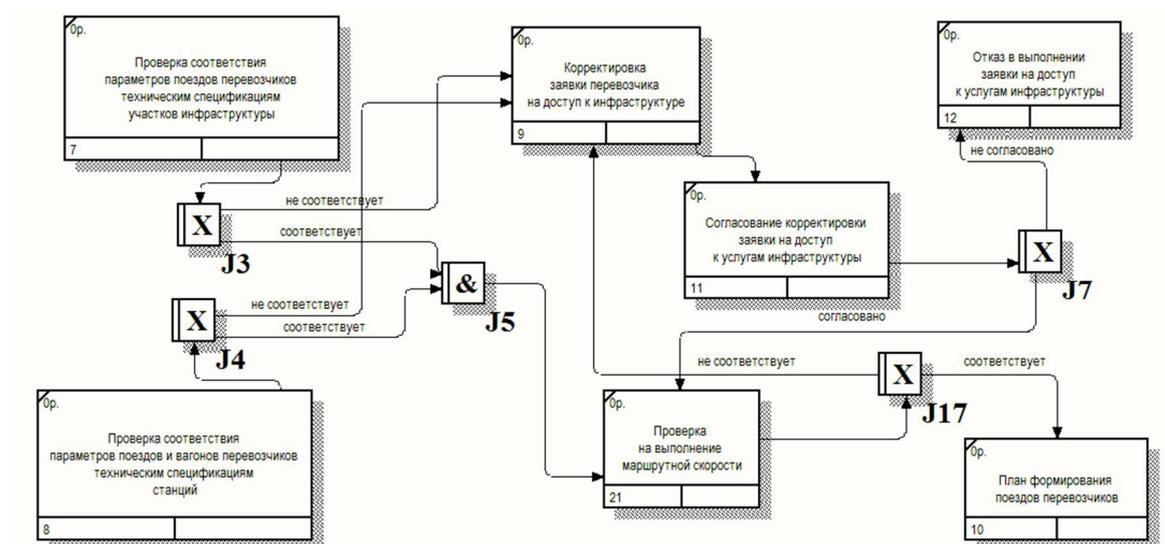


Рисунок 2 – Декомпозиция процесса «Проверка соответствия заявок перевозчиков технической спецификации объектов инфраструктуры» с использованием нотации IDEF3

Применение описанной модели в значительной степени повышает управляемость рассматриваемого процесса, обеспечивает возможность реорганизации системы разработки ГДП с учетом плана формирования поездов перевозчиков, создает предпосылки для повышения степени автоматизации разработки графика движения и, соответственно, формирования технических и технологических возможностей для актуализации ГДП.

#### Список литературы

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

Получено 23.09.2015

**Е. А. Федоров.** Process simulation of train schedule.

The principles of the development of train schedule carriers in the functioning of the Eurasian Economic Union, using the technology of process modeling. The description of the individual decomposition processes using methodologies IDEF0 and IDEF3. Describes how to check the technical specifications of the trains carriers infrastructure.

2 ГОСТ Р 50.1.028-2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования. – М. : Госстандарт, 2001. – 54 с.

3 Маклаков, С. В. BPWin и ERWin. CASE-средства разработки информационных систем / С. В. Маклаков. – М. : Диалог-МИФИ, 2000. – 256 с.

4 Договор о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 г. – Минск : Амфея, 2015. – 688 с.

5 Кузнецов, В. Г. Условия функционирования железнодорожного транспорта общего пользования Республики Беларусь в Едином экономическом пространстве / В. Г. Кузнецов // Современная концепция развития транспорта и логистики в Республике Беларусь : сб. ст. – Минск. : Центр «БАМЭ-Экспедитор», 2014. – 320 с.