

Наполнение шаблона с развитием технологической схемы принципиально отличается от соответствующего алгоритма формирования технической схемы. Из-за наличия существенных сложностей компоновочных решений объектов предполагается разработка диалогового интерфейса с контролем оператора над всей процедурой построения технологической схемы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Элементарная топология / О. Я. Виро [и др.]. – М. : МЦНМО, 2010. – 352 с.
- 2 Головнич, А. К. Объекты железнодорожных станций на цифровых масштабных планах : [монография] / А. К. Головнич. – Гомель : БелГУТ, 2011. – 340 с.
- 3 Корбюзье, Ле. Модуль: Опыт соразмерной масштабу человека гармоничной системы мер, применяемой как в архитектуре, так и в механике / Ле Корбюзье. – М. : Стройиздат, 1976. – 193 с.

*Е. М. PEREPLAVCHENKO*

#### STRUCTURE OF THE UNIFIED DIGITAL SCHEME OF RAILWAY STATION

Depending on the objects depicted, the station diagrams are classified into technical and technological ones. The article discusses the algorithm for generating the final scheme of the station using the initial data of the scale plan, and also formulates the requirements for the template, technical and technological schemes of the station.

Получено 15.10.2022

---

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития  
железнодорожных станций и узлов. Вып. 4. Гомель, 2022**

---

УДК 656.21.001.2:004

*Е. М. ПЕРЕПЛАВЧЕНКО*

*ПО «Белоруснефть», г. Гомель*

*evgeniy.pereplavchenko@yandex.by*

#### СПОСОБЫ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ НЕМАСШТАБНЫХ СХЕМ ПУТЕВОГО РАЗВИТИЯ СТАНЦИЙ

Рассматриваются аналитический и моделирующий способы построения связанной структуры схемы станции на основе данных цифрового масштабного плана с формированием топологически ориентированной линеаризованной конструкции, сохраняющей технически и технологически значимую, визуально отражаемую графическую информацию. Модельный способ предполагает реконструкцию немасштабной схемы по трехмерному образу материальной нити, обладающей физическими характеристиками массы, на которую действуют модельные силы тяжести и упругости.

Немасштабную схему можно получить из плана станции, нарушив масштаб изображения отдельных элементов путевого развития, в частности, удалив значительную часть полезной длины парковых путей или расширив

междупутья при небольшом количестве путей в парках. Эти операции трансформации позволяют представить путевое развитие станции в компактном, визуально обозримом схемном виде. Если станция содержит парковые и другие элементы в кривых, то на схеме их «выпрямляют», формируя расположение путей по возможности вдоль одной оси, как правило, совпадающей с ориентацией главных путей. Таким образом, к масштабному плану станции можно применить определенные топологические преобразования, результатом которых станет немасштабная схема этой же станции. Топологически эквивалентными будут любые преобразования линейно связанных объектов станции (растяжение, сжатие, поворот), не нарушающие их целостности, т. е. допускающие любые деформации его элементов без разрывов. Например, для представленного на рисунке 1 фрагмента путевого развития станции  $\Omega_1$  топологически неразличимыми будут следующие преобразования  $\Omega_{1i}$ .

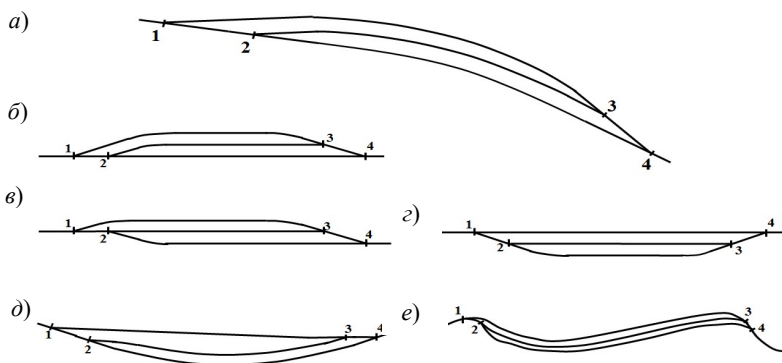


Рисунок 1 – Топологические эквиваленты схем: а – исходная схема; б – выровненная по осям стрелочных переводов 1, 2 и 4 ( $\Omega_{11}$ ); в – по осям 1, 2 и 3 ( $\Omega_{12}$ ); г – по осям 1 и 4 ( $\Omega_{13}$ ); д – обратной кривой ( $\Omega_{14}$ ); е – произвольной деформации ( $\Omega_{15}$ )

Однако для корректности отображения путевой инфраструктуры на различных немасштабных схемах значимым условием при деформации линейного объекта является сохранение сторонности стрелочных переводов. Это условие выполняется только для преобразования  $\Omega_{11}$  (таблица 1).

Таблица 1 – Корректность отображения объектов путевого развития на топологически трансформированных схемах

Топологические эквиваленты $\Omega_1$	Объекты путевого развития						
	STR1	STR2	STR3	STR4	KP1	KP2	KP3
$\Omega_{11}$	+	+	+	+	-	-	-
$\Omega_{12}$	+	-	+	+	-	-	-
$\Omega_{13}$	-	-	-	-	-	-	-
$\Omega_{14}$	+	-	-	+	+	+	+
$\Omega_{15}$	---	---	---	---	+	+	+

В таблице знаком «+» помечены объекты, сохраняющие в деформациях сторонность (стрелочные переводы) и кривизну (кривые участки); ячейки со знаком «-» – с нарушением сторонности стрелок и преобразованием кривых в прямые; «—» – деформированные по остриям и крестовинам стрелочные переводы, сохранность которых не может быть установлена. В последнем случае имеет место недопустимая трансформация стрелок, нарушающая требование сохранности их сторонности, однозначно определяемой по масштабному плану станции.

В свою очередь, стрелочные переводы не являются строго жесткими в топологических преобразованиях. Для немасштабной схемы жестко не фиксируется угол марки крестовины, а следовательно, отрезок, отходящий от центра перевода и определяющий отворот на боковой путь, может занимать некоторые положения в диапазоне углов. Кроме того, размер самого блока стрелочного перевода может изменяться на немасштабных схемах (например, сравнимая изображения на промежуточных и сортировочных станциях). В отличие от *гибких* конструктивов (криволинейных участков пути) он не может вырождаться в элемент нулевой длины и в нём всегда сохраняется характеристика сторонности лево-, правоориентированности или симметричности (например, для марки перевода 1/6с). Поэтому стрелочные переводы относятся к категории *полужёстких*, к которым применимы только определенные операции трансформации. Сжатие-растяжение блоков стрелочных переводов, их поворот в плоскости и незначительные изменения угла в крестовине при безусловном сохранении сторонности позволяют оптимизировать визуальную структуру путевого развития с достижением функции цели

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{R} (K P_i) \rightarrow \min. \quad (1)$$

Выполнение этого условия обеспечивает формирование максимально прямолинейной структуры путевого развития немасштабной схемы, визуально удобной для использования в различных целях.

Из всех вариантных немасштабных схем предполагается выбрать ту, которая будет обладать минимумом кривых участков путей, т. е. будет максимально прямолинейной. Оценивать все полученные варианты можно по коэффициенту линеаризации

$$K_{\text{лин}} = \frac{\sum_{i=1}^n L_{\text{кр-план}(i)}}{\sum_{j=1}^m L_{\text{кр-сх}(j)}},$$

где  $L_{\text{кр-план}(i)}$  – длина  $i$ -й кривой плана;  $L_{\text{кр-сх}(j)}$  – длина  $j$ -й кривой варианта схемы;  $n$  – количество кривых на плане станции;  $m$  – количество кривых на схеме станции.

Если для некоторого варианта схемы получено значение  $K_{\text{лин}} = 4,5$ , то это значит, что на схеме в 4,5 раза меньше кривых, чем на исходном плане.

Графический способ построения эффективной схемы путевого развития основывается на 3D-моделировании материальной нити, обладающей весом и упругостью звеньев. Материальная нить полностью повторяет контуры осей путей и стрелочных переводов, включая в себя гибкие элементы участков пути с высокой упругостью и полужёсткие блоки стрелочных переводов с подвижными имитаторами боковых путей, способными изменять угол в некоторых пределах. Данная модель сложной материальной нити загружается в соответствующую среду физического моделирования (например, Unity) и при определённых значениях масс элементов, сил тяготения и упругости, а также выбранных точках ауксилей формируется структура взаимоувязанных нитей, интерпретируемая как эффективная немасштабная схема. Важно отметить, что коэффициенты упругости гибких и полужёстких элементов существенно различаются по величинам. Для первых они могут быть настолько велики, что своими действиями могут приводить к стягиванию участков путей в точку с соответствующими потерями массы. В предельном случае при полном вырождении элемента его масса также исчезает. Возможен и обратный случай, когда по любой точке связи смежных полужёстких и гибких элементов появляются новые гибкие элементы, т. е. прямые или кривые участки путей, которые возникают, например, с целью обеспечения в точках связи одного угла между прямым и боковым путями в стрелочных переводах.

Увеличение длины гибкого элемента автоматически приводит к пропорциональному возрастанию его массы. Если изменяется угол наклона бокового пути в изображении стрелочного перевода, то до этого значения изменяются углы наклона боковых путей всех остальных изображений стрелочных переводов данной схемы путевого развития. Для симметричного стрелочного перевода в графическом блоке полужёсткого элемента модели реализуется алгоритм изменения угла, связанный с перемещениями обоих отрезков боковых путей относительно оси стрелки. Причем если в формируемой схеме содержатся блоки и обыкновенных, и симметричных стрелочных переводов, то отображаемые углы в резульатной схеме должны отличаться для разных типов стрелок.

Таким образом, не все точки линейно связанного объекта, каким является масштабный план станции, в равной степени подвержены топологической коррекции. Схема станции рассматривается как включающая частично жёсткие элементы, не участвующие в линейных деформациях. Такими элементами являются стрелочные переводы, сохраняющие правую или левую ориентацию бокового пути при движении от остряка к крестовине. Гибкими элементами определяются прямолинейные и криволинейные участки путей между стрелочными переводами. При этом для различных преобразований масштабного плана и схем соответствующие прямые и кривые участки путей являются *топологически взаимнообратимыми*, то есть допускается деформация прямого участка в криволинейный, и наоборот.

В некоторой модельной среде линейная структура путей и стрелок представляется как некоторая связанная последовательность упругих и гравити-

рующих объектов, подвешенных за ауксилы. Благодаря действующей на все элементы модельных физических имитаций сил тяжести и упругости данная система тел сначала провиснет, а потом благодаря упругости элементов сожмётся, приняв требуемую согласно условию (1) форму. Если речь идёт о полной схеме станции, то точки подвеса будут находиться на главных путях с чётной и нечётной сторон у знаков «Граница станции». То же относится и к станционному парку, для которого ауксилы располагаются на одной оси или одном пути. При несимметричных структурах могут рассматриваться не двух-, а многоточечные ауксилы, закрепляемые по входу-выходным точкам схемы или по створу сечения, являющимися границами локации образа схемы станции.

Если силы упругости элементов и гравитации будут одинаковы по величине, то модельная структура путевого развития, опирающаяся на ауксилы, может располагаться в одной плоскости. Однако сосредоточенное размещение «тяжелых» стрелочных переводов в горловинах способно привести к неравномерности по массе распределяемой структуры и возможному «провисанию» горловин. Этот эффект может быть скомпенсирован более высокими значениями сил упругости в горловинах и соответствующим «выравниванием» всей схемы в одной плоскости.

Для несимметричных парковых структур станций выбор ауксильей представляет собой поисковую задачу, которая решается посредством минимизации квадратов отклонений положений ауксильей от выбранной оси. Ожидается, что выполнение условия минимизации квадратов отклонений одновременно обеспечит и выполнение условия (1). Задача поиска положений ауксильей существенно усложняется при построении немасштабных схем железнодорожных узлов или развитой сети, примыкающей к станции подъездных путей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Головнич, А. К. Объекты железнодорожных станций на цифровых масштабных планах : [монография] / А. К. Головнич. – Гомель : БелГУТ, 2011. – 340 с.
- 2 Правдин, Н. В. Основы автоматизации проектирования железнодорожных станций : [монография] / Н. В. Правдин, А. К. Головнич, С. П. Вакуленко. – М. : Маршрут, 2004. – 400 с.

*Е. М. PEREPLAVCHENKO*

#### **METHODS OF TOPOLOGICAL RECONSTRUCTION OF RAILWAY STATIONS SCHEMES**

Analytical and modeling methods are considered for constructing a connected structure of a station scheme based on digital scale plan data with the formation of a topologically oriented linearized structure that preserves technically and technologically significant, visually reflected graphic information. The model method involves the reconstruction of a non-scale scheme according to a three-dimensional image of a material thread that has the physical characteristics of a mass, which is affected by model forces of gravity and elasticity.

Получено 25.11.2022