

## ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ АНАЛИЗА СТАНЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ЭВМ

У статті представлена структура інформаційної моделі для техніко-експлуатаційного аналізу залізничних станцій. Модель відображає технологічні процеси станцій у вигляді плану-графіку та може використовуватись як складова частина програм функціонального моделювання залізничних станцій.

В статье представлена структура информационной модели для технико-эксплуатационного анализа железнодорожных станций. Модель отражает технологические процессы станций в виде плана-графика и может использоваться как составная часть программ функционального моделирования железнодорожных станций.

The information model structure for the technical and operational analysis of railway stations is presented in the article. The model reflects the technological process of stations in the schedule form and can be used as a component of functional simulation software for railway stations.

В условиях рыночной экономики и конкуренции с другими видами транспорта одним из основных факторов обеспечения высокой эффективности эксплуатационной работы железных дорог является минимизация времени нахождения вагонов на станциях. С этой целью станции должны обладать достаточным резервом пропускной и перерабатывающей способности для погашения пиковых нагрузок. С другой стороны, нужно минимизировать собственные расходы станций, сокращая избыточный технический потенциал. Для решения указанной сложной и противоречивой задачи техническое оснащение и технология железнодорожных станций должны соответствовать объемам и характеру их работы.

Ввиду значительной сложности технологии железнодорожных станций разработка их технологических процессов происходит итеративно. В этих условиях технологу необходим внешний накопитель информации, адекватно отображающий процессы обработки поездов, вагонов и локомотивов, а также использования технических средств станций. Таким накопителем обычно выступает графическая модель в виде плана-графика работы станции. Процесс взаимодействия технолога с графической моделью технологического процесса является одним из важнейших, облегчающих принятие решения. В целом традиционную методику разработки технологии станции можно представить в виде схемы, изображенной на рис. 1.

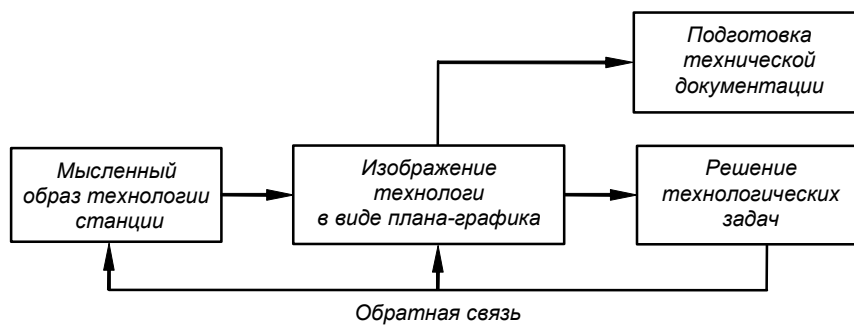


Рис. 1. Схема традиционной методики разработки технологического процесса станции

План-график работы станции удовлетворяет противоречивым в сочетании требованиям, предъявляемым обычно к памяти. Графическая модель имеет большую емкость и обеспечивает высокую скорость поисков и выбора необходимой информации. Благодаря этим преимуществам план-график работы станции используется практически со времени зарождения железнодорожного транспорта и до современного вре-

мени. Основными недостатками традиционной методики разработки планов-графиков является низкая скорость построения графического изображения и получения показателей работы станции, неучет случайного характера продолжительности технологических операций, сложность тиражирования, архивирования и передачи информации. Преодоление указанных проблем связывается с использованием для разра-

ботки планов-графиков ЭВМ. В настоящее время с этой целью обычно используются универсальные графические редакторы, например, AutoCAD, CorelDraw и др. Такой подход позволяет получать планы-графики в виде графических файлов и решает проблемы, связанные с их тиражированием, архивированием и передачей. В то же время методика построения плана-графика по существу сохраняется (см. рис. 1),

что не дает возможности ускорить разработку технологии станций, увеличить число рассматриваемых вариантов и, в результате, повысить качество принимаемых решений.

Эти противоречия могут быть устранены при использовании автоматизированной методики разработки технологического процесса станции, основанной на математической модели (рис. 2).

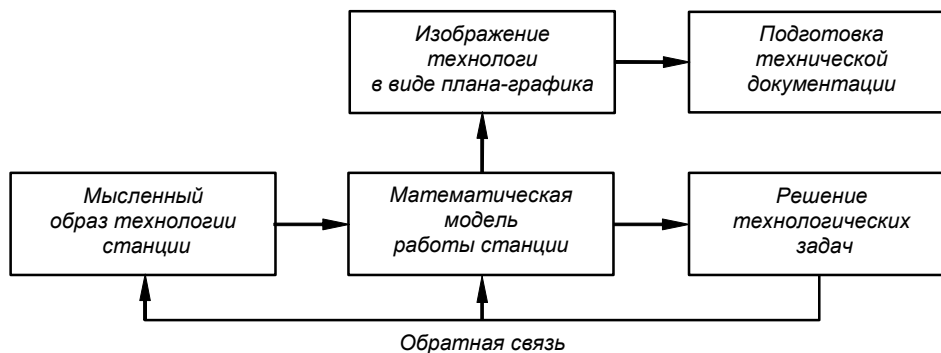


Рис. 2. Схема автоматизированной методики разработки технологического процесса станции.

Математическая модель является более совершенным способом представления процесса функционирования станций и более мощным и удобным инструментом для получения их технико-эксплуатационной оценки. Чертеж плана-графика в этих условиях начинает играть вспомогательную роль, а построение модели выполняется либо автоматически, либо автоматизированно с помощью средств компьютерной графики.

Ввиду значительной сложности станционных процессов железнодорожных станций методы их прямого синтеза в настоящее время не разработаны. Поэтому наиболее приемлемой является схема автоматизированного проектирования, когда принятие технологических решений и их качественная оценка выполняется человеком-технологом, а контроль правильности построения плана-графика, визуализация технологического процесса и расчет показателей работы станции выполняется ЭВМ. При таком подходе для взаимодействия человека и ЭВМ должна быть разработана информационная модель, которая обеспечивает представление внутренней (численной) модели станции в удобной для человека графической форме, а также воспринимает команды от технолога и формирует на их основе команды для внутренней модели.

В зависимости от решаемых задач возможно построение различных информационных моделей. Так, разработаны информационные модели станции в виде трехмерного изображения [1] или в виде мнемосхемы [2]. Однако такие модели более приемлемы для компьютерных тре-

нажеров. Для разработки технологии работы станций более эффективной является информационная модель в виде традиционного плана-графика. Такое представление, в отличие от непосредственного изображения процесса работы станции, позволяет анализировать протекание технологического процесса во времени и взаимодействие различных элементов станции между собой. В ДИИТе разработана универсальная информационная модель, которая может использоваться в различных программных комплексах для разработки и анализа технологических процессов работы железнодорожных станций. Изображение суточного плана-графика представлено на рис. 3.

В состав информационной модели работы станции входит модель сетки суточного плана-графика и графический протокол работы станции.

В качестве модели сетки суточного графика используется ориентированное дерево  $G = (V, E)$ . Вершинами дерева являются собственно сетка суточного плана-графика  $v_n$ , группы строк  $v_r$  и отдельные строки плана-графика  $v_c$ . Дуги дерева указывают на принадлежность строк и групп строк к элементам более высокого уровня.

Ориентированное дерево, соответствующее изображенной на рис. 3 сетке, приведено на рис. 4. Для представления ориентированного дерева в памяти ЭВМ принята структура данных, называемая списками инцидентности.

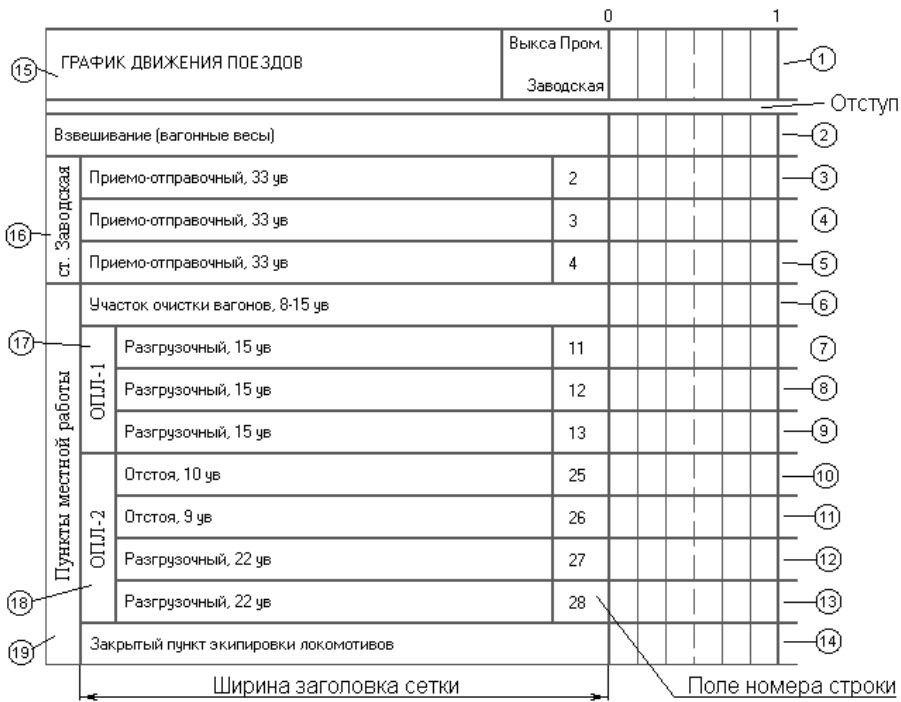


Рис. 3. Фрагмент сетки суточного плана-графика

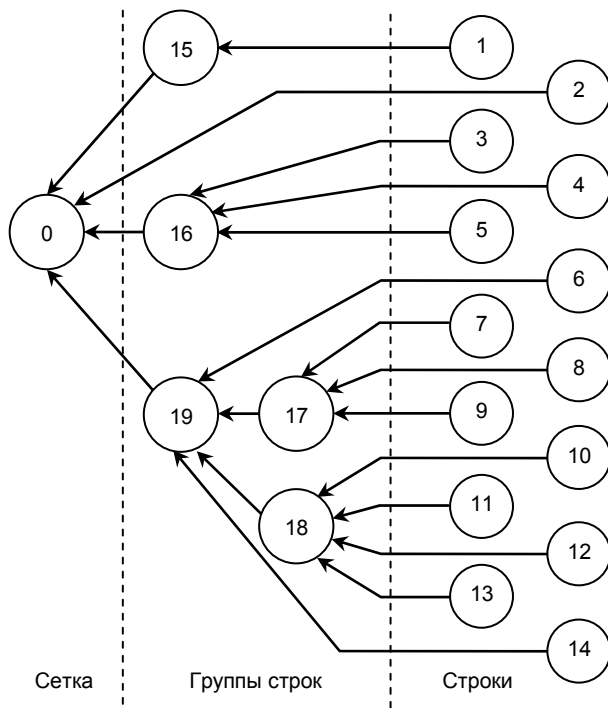


Рис. 4. Модель сетки суточного плана-графика в виде дерева

Списки инцидентности содержат для каждой вершины  $v \in V$  список вершин  $u$  таких, что  $v \rightarrow u$ . Дополнительно каждой вершине в соответствие поставлен список параметров, которые определяют отображение соответствующих элементов плана-графика.

Так, сетке графика (вершина  $v_n$ ) в соответствие поставлен следующий вектор параметров:

$$Y_n = \{ p_n, s_n, w_{пз}, w_{пн} \},$$

где  $p_n$  – период моделирования (ширина временной сетки), мин;

$s_n$  – масштаб отображения, мм/мин;

$w_{пз}$  – ширина заголовка сетки, мм;

$w_{пн}$  – ширина полей номеров строк, мм;

Группам строк (вершины  $v_r$ ) в соответствие поставлен вектор параметров:

$$Y_r = \{ i_r, n_r, t_r, w_r \},$$

где  $i_r$  – идентификатор группы;

$n_r$  – название группы;

$t_r$  – направление ориентации текста названия группы (0 – вертикальное, 1 – горизонтальное);

$w_r$  – ширина группы.

Отдельным строкам (вершины  $v_c$ ) в соответствие поставлен вектор параметров:

$$Y_c = \{ i_c, n_c, t_c, c_c, g_c, y_c, h_c, s_c \},$$

где  $i_c$  – идентификатор строки;

$n_c$  – название строки;

$t_c$  – направление выравнивания текста названия строки;

$c_c$  – цвет строки;

$g_c$  – номер строки;

$y_c$  – ордината верхней границы строки, мм;

$h_c$  – высота строки, мм;

$s_c$  – высота отступа после строки (см. рис. 3), мм.

Во входной модели ординаты строк плана-графика не указываются, а строки отсортированы по возрастанию их ординаты. Во внутрен-

ней модели выполняется расчет ординат на основании параметров  $h_c$  и  $s_c$ .

Для автоматизированного построения сетки суточного плана-графика разработан графический редактор «Построитель сетки плана-графика» (рис. 5).

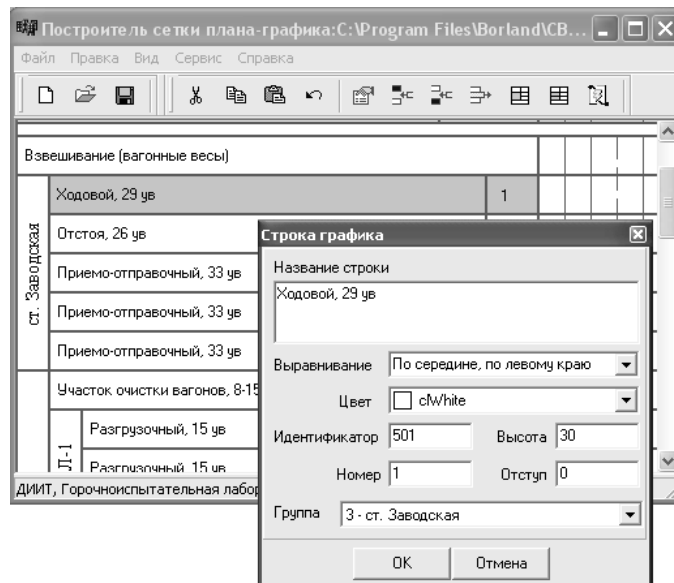


Рис. 5. Построитель сетки суточного плана-графика

Протокол работы станции отображается в виде множества значков  $s \in S$ , которые указывают на выполнение определенной технологической операции некоторым исполнителем.

В памяти ЭВМ значки  $s$  описываются структурами данных

$$s = \{ i_c, n_3, o_3, x_n, x_k, c_3, Y_3 \}, \quad (1)$$

где  $i_c$  – идентификатор строки, на которой изображается значок;

$n_3$  – тип значка;

$o_3$  – идентификатор объекта, обслуживание которого изображает значок;

$x_n, x_k$  – абсциссы начала и конца значка;

$c_3$  – цвет значка;

$Y_3$  – вектор дополнительных параметров, необходимых для изображения значков определенных типов (номер поезда, число обслуживаемых вагонов, высота значка и др.).

Добавление значков в информационную модель может осуществляться как в автоматическом режиме, так и в автоматизированном, с участием человека. При этом основными командами являются «добавить значок», «добавить начало значка» и «добавить конец значка».

Команда «добавить значок» используется в основном при построении плана-графика человеком, при этом для значка заполняется вся структура (1), а задание отдельных параметров осуществляется либо с помощью манипулятора

«мышь», либо с помощью клавиатуры. При построении плана-графика на основании моделирования работы станции [3] в основном используются команды «добавить начало значка» и «добавить конец значка», которые подаются в информационную модель по мере начала и окончания технологических операций с объектами. При поступлении команды на начало рисования значка во множество  $S$  добавляется новый значок, при этом параметр  $x_k$  этого значка принимает нулевое значение. Значки, для которых  $x_k = 0$ , не отображаются. При поступлении команды на окончание рисования значка во множество  $S$  осуществляется поиск соответствующего начала значка по номеру строки  $i_c$  и идентификатору объекта  $o_3$  и для этого значка устанавливается значение  $x_k$ .

С использованием представленной информационной модели разработаны программы «Построитель плана-графика» и «План-график работы станции». Первая из них позволяет формировать план-график из отдельных значков и автоматически рассчитывать его параметры (см. рис. 6). Эту программу целесообразно использовать на начальном этапе разработки технологии. Вторая программа позволяет выполнять имитационное моделирование работы станций и используется для получения технико-эксплуатационной оценки их работы в различных условиях (см. рис. 7).

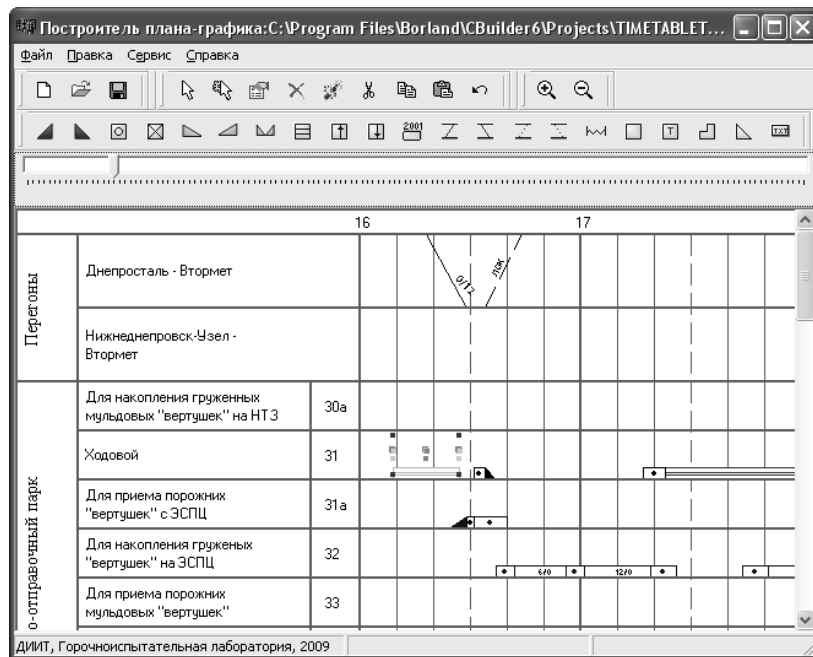


Рис. 6. Построитель суточного плана-графика

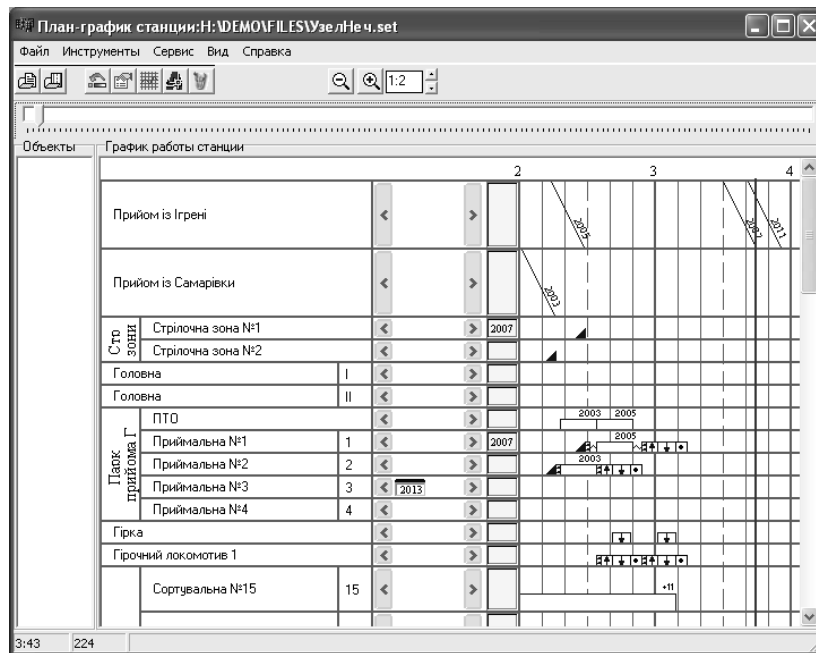


Рис. 7. Имитационная модель работы станции

Разработанная информационная модель позволяет отражать производственные процессы станций в понятном для технологов виде, выполнена в отдельном модуле и может использоваться в различных программных комплексах моделирования работы железнодорожных станций.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Lin, E. Yardsim: a Rail Yard Simulation Framework and its Implementation in a Major Railroad in the U.S. [Электрон. ресурс] / E. Lin., C. Cheng. – Режим доступа: [www.informs-sim.org/wsc09papers/244.pdf](http://www.informs-sim.org/wsc09papers/244.pdf)

2. Бобровский, В. И. Эргатические модели железнодорожных станций [Текст] / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора // Зб. наук. пр. КУЕТТ: Сер. «Транспортні системи і технології». – 2004. – Вип. 5. – С. 80-86.

3. Козаченко, Д. М. Програмный комплекс для имитационного моделирования работы железнодорожных станций на основе добового плану-графика [Текст] / Д. М. Козаченко, Р. В. Вернигора, Р. Г. Коробйова // Залізн. трансп. України. – 2008. – № 4 (70). – С. 18-20.

Поступила в редколлегию 19.01.2010.  
Принята к печати 21.01.2010.