

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕВОЗОК

УДК 656.212.5

В. Г. КУЗНЕЦОВ, кандидат технических наук, В. М. ЧУМАКОВ, научный сотрудник, В. Г. КОЗЛОВ, инженер, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель; И. А. ВОЙТЕХОВИЧ, заместитель начальника службы перевозок, Белорусская железная дорога, г. Минск

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ СЕТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ И НАЗНАЧЕНИЙ ПЛАНА ФОРМИРОВАНИЯ

Главная задача системы организации вагонопотоков – сокращение расходов, связанных с организацией поездов различных категорий и их пропуском по участкам. На практике бывает достаточно сложно в короткий срок произвести оценку формирования назначений следования поездов и произвести выбор оптимального варианта. В связи с этим встает вопрос автоматизации инженерных расчетов, связанных с оценкой каждого из возможных вариантов следования вагонопотока, и, в первую очередь, создания необходимой для них базы данных. Математическую модель подсистемы «База данных» можно представить в виде алгоритма формирования таблиц плана формирования по выделенным станциям и процедуры привязки корреспонденций вагонопотока к назначениям технических станций. Программная реализация процедуры привязки корреспонденций в автоматизированной системе производится путем описания области включения вагонопотоков и составляется из стандартных элементов.

Создание автоматизированной системы организации вагонопотоков (АСОВ) на Белорусской железной дороге рассматривается как составная часть комплекса практических задач автоматизации управленческих решений при организации доставки грузов. В структуре АСОВ исходной подсистемой является «База данных ПФ» (где ПФ – план формирования). Главной ее задачей является формирование сети железнодорожных станций и назначений плана формирования, автоматизация процедур которых позволит уйти от сложной и трудоемкой работы, уменьшить число ошибок, связанных с большим числом вычислений, повысить оперативность системы организации вагонопотоков. Алгоритм формирования таблиц плана формирования по выделенным станциям представлен на рисунке 1.

Процедура привязки корреспонденций вагонопотока к назначениям технических станций производится путем описания области включения вагонопотоков и составляется из следующих элементов:

– **«отдельная станция»** – с помощью него можно описать как собственно назначение вагона на отдельную станцию, так и порожних вагонов отдельными составами (в область включения могут входить один или несколько таких элементов);

– **«участок»** – совокупность последовательно расположенных станций, обозначаемая граничными станциями, которые могут быть из данного назначения исключены (служебное слово «искл.»). Участок может включать в себя тупиковые ответвления, примыкающие к отдельным пунктам между граничными станциями (например, «уч. Гомель искл. – Минск»);

– **«полигон неограниченный»** – совокупность станций, лежащих за станцией – «вершиной

полигона», на кратчайших направлениях следования от станции формирования через станцию назначения поезда. Обозначается станцией – «вершиной полигона» (не всегда это станция назначения поезда) и служебным словом «и далее». Неограниченный полигон заканчивается на тупиковых станциях и на станциях «грузораздела», так как перегоны между станциями «грузораздела» не лежат на кратчайших направлениях следования (например, «ст. Гомель и далее»);

– **«полигон ограниченный»** – совокупность станций, лежащих за станцией – «вершиной полигона», на кратчайших направлениях следования от станции формирования через станцию назначения поезда, из которой исключают станции, находящиеся на кратчайших направлениях следования от станции формирования через станцию ограничения. Обозначается станцией – «вершиной полигона» (не всегда это станция назначения поезда) и служебным словом «и далее» и станциями ограничения. Для обозначений ограничений полигона используется служебное слово «до». Станция – вершина и станции ограничений могут быть исключены из полигона (служебное слово «искл.») (например, «ст. Гомель и далее до Минск-Сорт. искл.»);

– **«принадлежность»** – совокупность станций, принадлежащих заданному узлу, отделению или дороге (обозначается названием узла, отделения или дороги) (например, «Гомельское отд.»);

– **«исключение из назначений»** – любой из перечисленных элементов может быть исключен из назначения вагонов данного поезда. Для обозначения исключения используется служебное слово «кроме» (например, «кроме ст. Гомель»).

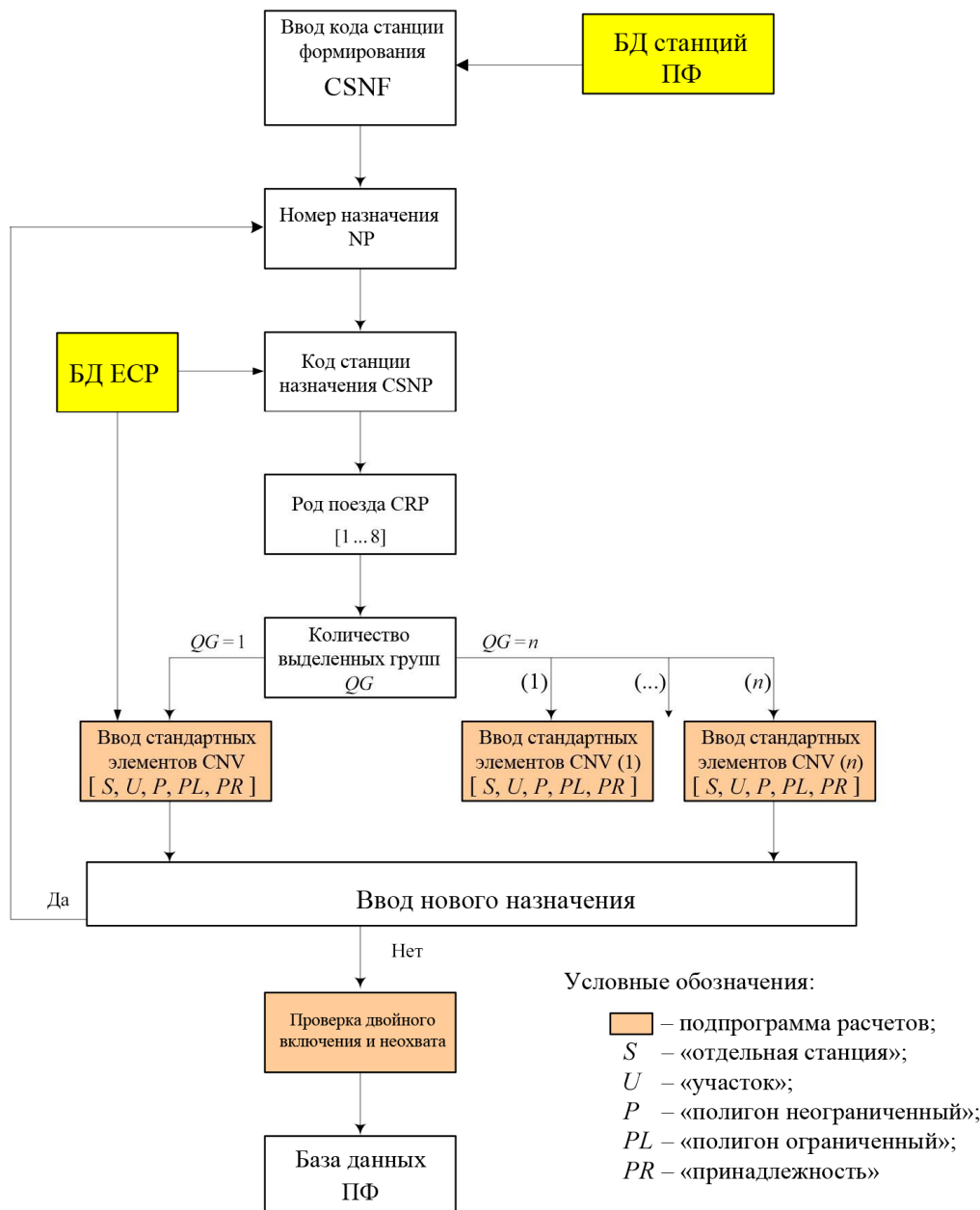


Рисунок 1 – Алгоритм формирования таблиц ПФ по выделенным станциям

Для расчета таблиц плана формирования в кодах станций необходимо использовать программы построения кратчайших расстояний на тарифной сети железнодорожных станций. Практика таких расчетов предполагает составление таблиц «оптимальных путей», от правильности которых зависит точность построения оптимального плана формирования. Каждая из таких таблиц (таблица 1) состоит из N вершин транспортной сети и трех столбцов. В первом столбце записываются номера вершин транспортной сети i , а во втором и третьем столбцах i -й строки – соответственно номер предшествующей вершины λ_i и потенциал P_i вершины P_i . Блок-схема алгоритма ее построения от одной вершины представлена на рисунке 2.

Таблица 1 – Таблица «оптимальных путей» от вершины m

Номера вершин транспортной сети i	Номер предшествующей вершины λ_i	Потенциал P_i
1	λ_1	P_1
2	λ_2	P_2
:	:	:
m	$\lambda_m = m$	P_m
:	:	:
N	λ_N	P_N

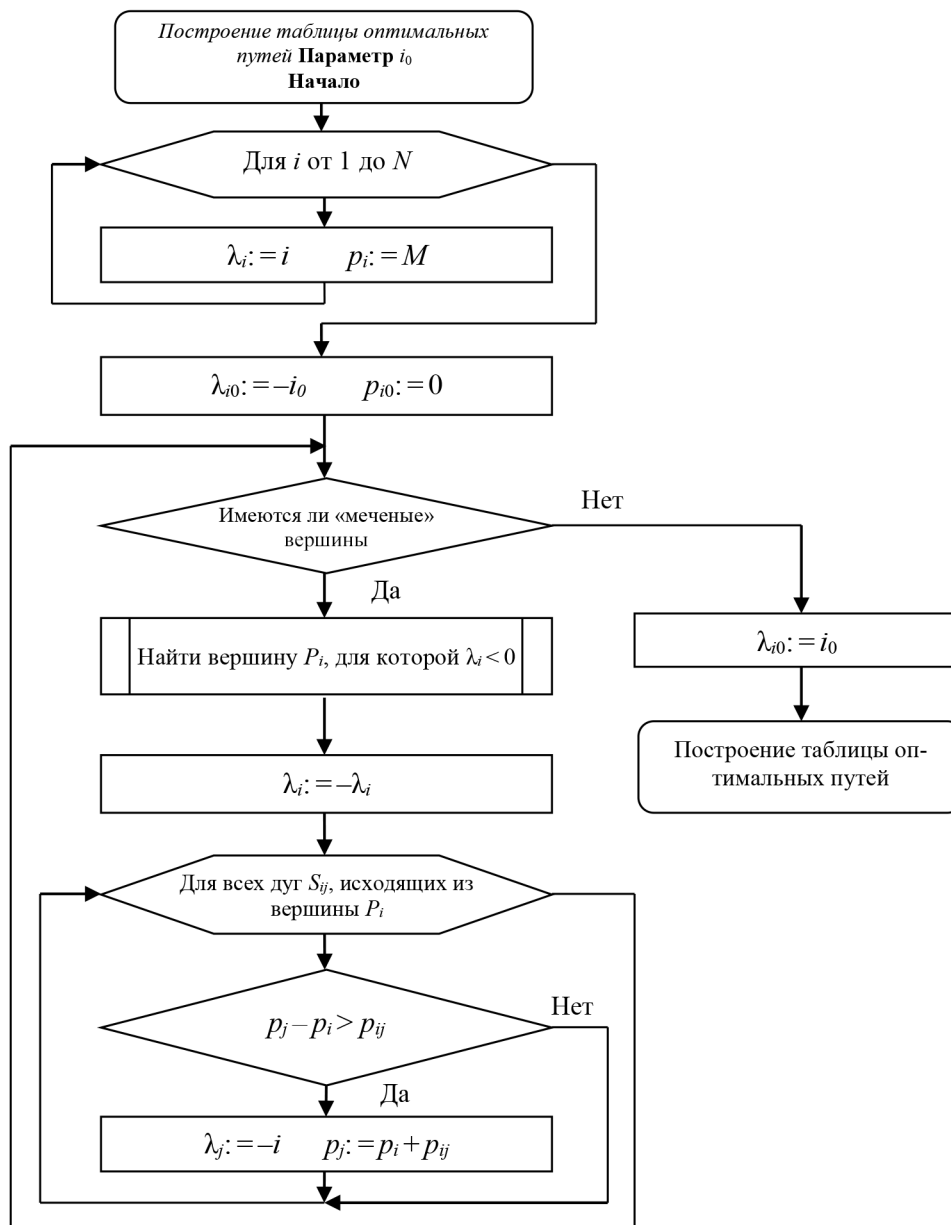


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма построения таблицы «оптимальных путей» от одной вершины

При расчете таблиц плана формирования, если необходимо построить путь из одной вершины к другой, дерево кратчайших расстояний целесообразно представлять в виде вектора предшествующих вершин.

На рисунке 3 представлен пример условного дерева путей и соответствующего ему вектора, где условная станция A является вершиной полигона и не имеет предшествующих вершин $P(a) = 0$. Станциям B и C на дереве предшествует исходная вершина A , для D такой станцией является B [$P(d) = B$] и т. д.

Для расчета таблиц плана формирования в кодах станций, а именно для обработки стандартных элементов «полигон неограниченный» и «полигон ограниченный» такой формы представления недостаточно. Поэтому предусмотрен переход к спо-

сому представления в виде вектора последующих вершин PP (см. рисунок 3, в).

Первый показатель в любой записи данного вектора называется «связь вверх» $SF(i)$, второй – «связь вправо» $SR(i)$. Такое представление дерева кратчайших путей по объему вдвое больше, однако позволяет из любой вершины дерева «видеть» все вершины, находящиеся далее данной на пути из исходной вершины A .

У исходной вершины A есть «связь вверх» на другой уровень дерева – это связь с вершиной B [$SF(a) = B$], «связь вправо» на том же уровне дерева у вершины A отсутствует [$SR(a) = 0$]. У вершины B «связь вверх» – это вершина [$SF(b) = D$].

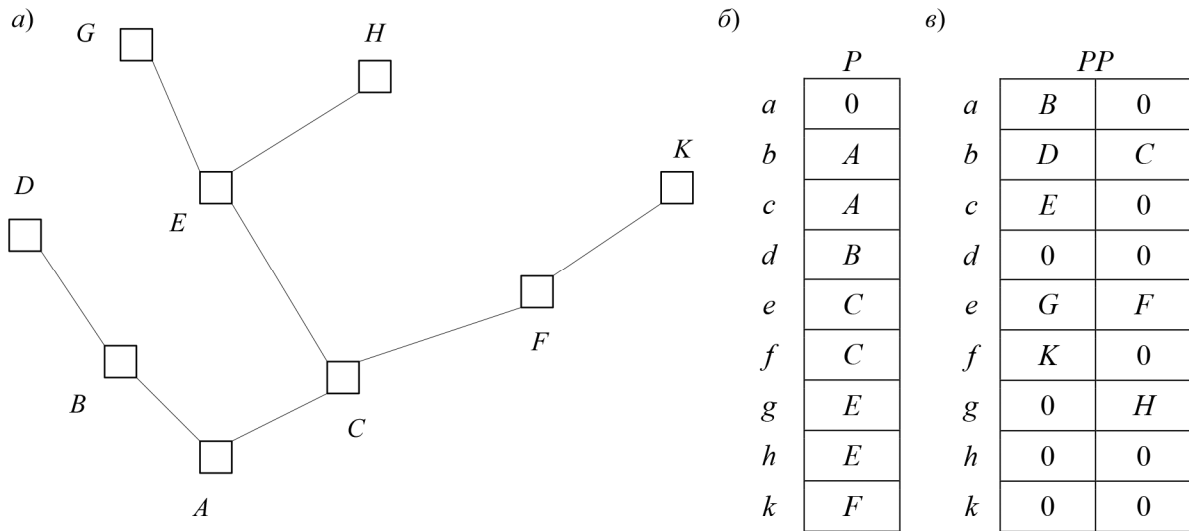


Рисунок 3 – Условное дерево кратчайших путей и соответствующие ему векторы:
 a – условное дерево кратчайших путей; b – вектор предшествующих вершин; c – вектор последующих вершин

В качестве «связи вправо» для вершины B указана вершина C [$SF(b) = C$], хотя на дереве эти вершины не связаны дугой. Но вершина C находится на одном уровне с вершиной B , и у нее предшествующей вершиной (см. рисунок 3, a) является вершина A [$P(c) = A$], так же как и у вершины B [$P(b) = A$]. Вершины D, H, K, G на дереве являются конечными (тупиковыми), поэтому значения $SF()$ и $SR()$ в соответствующих им записях равны нулю. Вершина G также является конечной на дереве и ее «связь вверх» $SF(g) = 0$, но у нее имеется одноуровневая вершина H , и у них одна предшествующая вершина E , поэтому $SR(g) = H$.

В составе программного комплекса расчета вспомогательных таблиц к плану формирования предусмотрен модуль перехода от списка P предшествующих вершин (см. рисунок 3, b) к списку PP вершин последующих (см. рисунок 3, c).

Преобразование вектора предшествующих вершин к списку последующих имеет следующий порядок. Список предшествующих вершин P последовательно просматривается, начиная с первой записи. Для очередной вершины i определяется предшествующая $P(i)$. Если $P(i) = 0$, то вершина с номером i является исходной для данного дерева кратчайших путей. В терминологии данной задачи станция является станцией формирования поезда. В этом случае производится просмотр следующей записи $i = i + 1$ в списке P . Если $P(i) \neq 0$, то следует переход к просмотру PP последующих вершин записи с номером $j = P(i)$. Если «связь вверх» $SF(j) = 0$, то присваивается $SF(j) = i$, и

снова следует обращение к списку P , просматривая следующую запись с номером $i = i + 1$. Если же $SF(j) \neq 0$, то следует переход в списке PP к записи с номером $j = SF(j)$, и снова повторяется последняя проверка до тех пор, пока не будет найдена запись, для которой $SF(j) = 0$. Тогда присваивается $SR(j) = i$, далее следует обращение к списку P , просматривая следующую запись с номером $i = i + 1$. Процесс заканчивается, когда просмотрена последняя запись в списке P предшествующих вершин.

Заполнение таблиц плана формирования в кодах станций осуществляется на основании списка $VT = \{v(i)\}$, где каждому коду станции будет соответствовать номер назначения поезда или группы (для поездов с выделенными группами вагонов), т. е. если i – код станции, то $VT = NP(a)$ – назначение поезда, в которое нужно включить вагон на станцию i (a – порядковый номер записи в исходном списке PF).

Список $VT = \{v(i)\}$ должен удовлетворять двум условиям:

- 1) $v(i) \neq 0$;
- 2) если $v(i) = NP(a)$, то $v(i) \neq NP(b)$, если $a \neq b$.

Первое условие означает, что в списке VT все назначения вагонов включены в назначение поезда по плану формирования. Условие второе означает, что назначение вагона включается лишь в одно назначение поезда. Эти условия обеспечивают полноту и однозначность вспомогательных таблиц.

Расчет выполняется отдельно для каждой станции формирования поездов. Для выполнения расчета необходима следующая информация:

- исходный список PF назначений плана формирования в формализованном виде;
- блок определения маршрута следования по заданному направлению;

- список станций базы данных «Сеть» со всеми характеристиками, с указанием принадлежности станции.

Перед расчетом список VT пуст: все $v(i) = 0$. Расчет заключается в последовательной обработке записей исходного списка PF плана формирования для данной станции формирования. Для очередного назначения поезда/группы $NP(a)$ (a – порядковый номер данного назначения поезда в списке) разворачиваются формализованные стандартные элементы $CNV(a)$ до перечня кодов станций. В записях списка VT , соответствующих этим кодам, проставляется значение $NP(a)$.

Предлагается следующая **методика преобразования стандартных элементов назначений вагонов в перечень кодов станций**.

1 *Отдельная станция с кодом k* . В самой записи стандартного элемента записан код станции, поэтому в соответствующей этому коду записи списка VT проставляется код станции назначения поезда $v(k) = NP(a)$.

2 *Железнодорожный узел SU* . Он представляет собой набор станций, заранее сгруппированных согласно ТР4, и является разновидностью стандартного элемента – станция, поэтому в соответствующей записи списка VT проставляется название узла назначения поезда. Так как элемент – узел состоит из нескольких станций, предусматривается добавление или удаление отдельных станций из списка VT .

3 *Участок $k1 - k2$* . В записи о данном стандартном элементе $k1$ – код технической станции начала участка, $k2$ – код технической станции конца участка. Коды станций в этой записи одновременно или отдельно могут сопровождаться служебными «И», т. е. запись об участке может выглядеть также как $k1И - k2$, или $k1 - k2И$, или $k1ИИ - k2ИИ$. При этом под понятием «участок» подразумевается не участок между двумя соседними техническими станциями, а совокупность участков между станциями $k1 - k2$. Для определения всех кодов станций на таком участке используется список предшествующих вершин P , который просматривается, начиная с записи $k2$, до тех пор, пока $P(i) = k1$. Для всех i в этом просмотре в списке VT проставляется значение

$v(i) = NP(a)$. Если коды $k1$ и $k2$ в записи об участке вместе или поодиночке дополняются служебными символами «И», то соответственно в $k1$ – записи и/или, в $k2$ – записи списка VT не проставляется значение $NP(a)$ кода станции назначения поезда.

4 *Полигон неограниченный с вершиной-станцией k* . Запись о данном элементе выглядит следующим образом: $kД$ или $kДИ$. Во втором случае в списке VT $v(k)$ не присваивается значение $NP(a)$. Для определения кодов всех станций, лежащих за станцией k на дереве кратчайших путей из станции формирования, используется список последующих станций PP . Просмотр списка начинается с k -записи. Если $SR(k) \neq 0$, то код $SR(k)$ переносим во временный список «связей вправо» (перед началом обработки очередного полигона, неограниченного или ограниченного, временный список пуст). Далее, если $SR(k) \neq 0$, то в списке VT делается пометка: $v(SF(k)) = NP(a)$. После этого продолжается просмотр списка последующих вершин PP с записью $SF(k)$. Если же $SF(k) = 0$, т. е. отсутствует «связь вверх» для вершины k , из временного списка «связей вправо» выбирается очередной код j и осуществляется просмотр списка PP для j -й записи.

Весь просмотр заканчивается, когда для очередной записи списка последующих вершин PP отсутствует «связь вверх» и во временном списке «связей вправо» нет очередного кода станции.

5 *Полигон ограниченный*. В списке станций для каждой станции указаны коды государства, дороги, отделения и узла, которым она принадлежит. По указанному коду принадлежности из всего списка станций делается выборка и помещаются выбранные станции в список VT назначением поезда $NP(a)$.

6 *Исключение стандартных элементов назначения вагонов из назначения поезда*. Формат исключения следующий: (элемент). Обработывается такое исключение после того как все элементы (кроме исключений) назначения вагонов CNV для данного назначения поезда $NP(a)$ уже обработаны. После этого для элемента назначения вагонов, указанного в скобках, с использованием одного из вышеперечисленных алгоритмов определяется перечень станций назначения вагонов. В списке VT эти станции обнуляются.

Представленные в статье алгоритмы и процедуры были использованы при разработке научно-исследовательской лабораторией «Управление перевозочным процессом» программы формирования сети железнодорожных станций и назначений плана формирования. Программа входит составной

частью автоматизированной системы организации вагонопотоков. Главное окно программы «Автоматизированная система организации вагонопотоков» представлено на рисунке 4.

тизированная система организации вагонопотоков» представлено на рисунке 4.

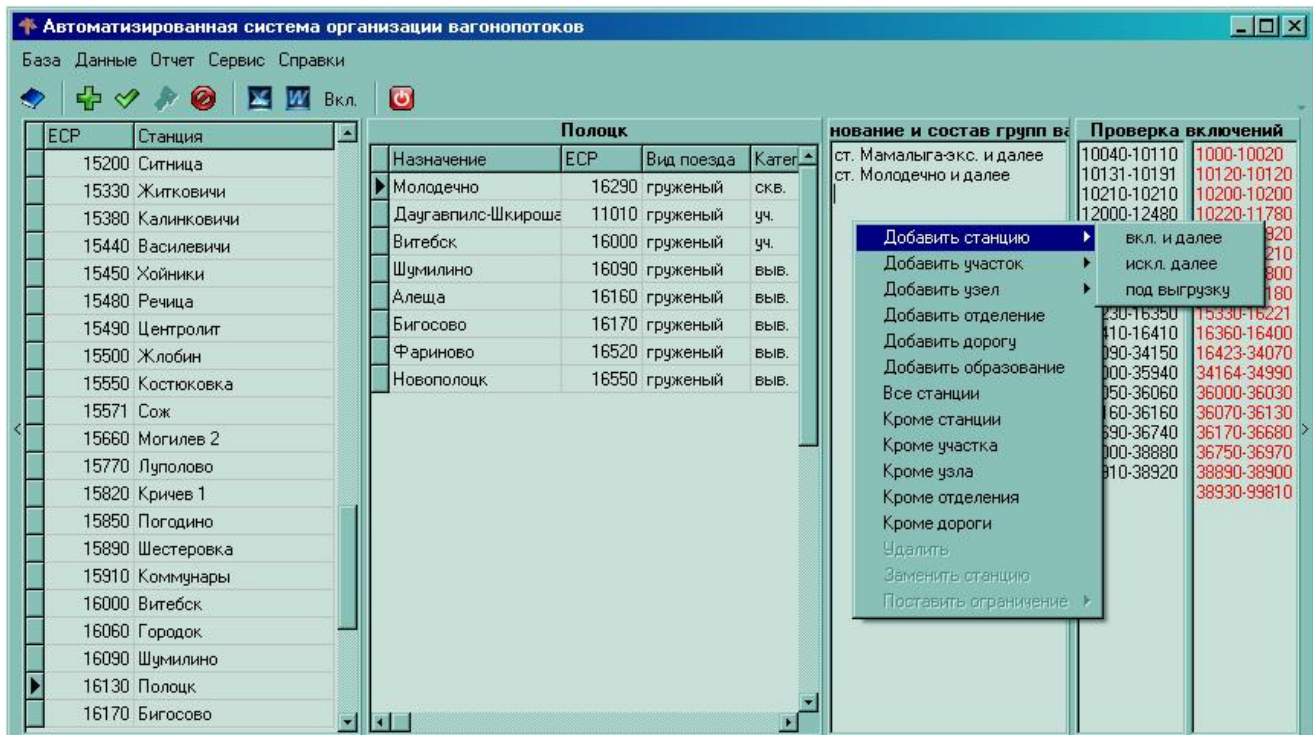


Рисунок 4 – Главное окно программы «АСОВ»

Основная область программы представлена в виде четырех связанных таблиц:

1) «станция формирования» – введется реестр станций формирования ПФ;

2) «станция назначения» – содержит перечень станций назначения ПФ, соответствующих выбранной станции формирования;

3) «наименование и состав групп вагонов» – ведется описание назначения (группы) с помощью стандартных элементов (на рисунке 4 – всплывающее меню);

4) «проверка включений» – в случаях, когда описание составлено неполностью или некорректно, в таблице зеленым цветом выделяются интервалы неохваченных станций, а красным – интервалы, включенные дважды в разных назначениях или группах одного назначения.

Таким образом, формирование сети железнодорожных станций и назначений плана формиро-

ваний является первым этапом в развитии АСОВ. Дальнейшие исследования в данной области должны быть направлены на разработку динамической модели контроля и прогнозирования перемещения грузо- и вагонопотоков на полигоне транспортной сети Белорусской железной дороги и как итог – разработку программного обеспечения решения задачи выбора оптимального варианта плана формирования на Белорусской железной дороге.

Список литературы

- 1 Буянова, В. К. Система организации вагонопотоков / В. К. Буянова, А. И. Сметанин, Е. В. Архангельский. – М. : Транспорт, 1988. – 222 с.
- 2 Васильев, В. И. Алгоритм динамического управления маршрутами в задаче регулирования вагонных парков / В. И. Васильев // Вестник ВНИИЖТа. – 1987. – № 8. – С. 8–11.
- 3 Инструктивные указания по организации вагонопотоков на железных дорогах ОАО «РЖД» / А. Ф. Бородин [и др.]; под общ. ред. А. Ф. Бородина. – М. : ВНИИАС, 2007. – 527 с.

Получено 30.01.2009

V. G. Kuznechov, V. M. Chumakov, V. G. Kozlov, I. A. Voytehovich. Automation of identification procedure a network of railway stations and appointments the plan formations.

The main task of organization system of traffic volumes – reduction of the charges, in accordance with organization trains different category and their passing on area. In practice to make difficultly enough in short time an estimation of formation assignments of following trains and to make a choice of a optimum variant. In this connection there is a question of automation of the engineering calculations connected to an estimation of each probable variants following of a traffic volume, and first of all creations of a database necessary for calculations. The mathematical model of a subsystem "Database" can be presented as formation algorithm of tables the plan of formation on the allocated stations and procedures a binding correspondence of a traffic volume to assignments of technical stations. The procedure of a binding correspondence in the automated system is made by the description area inclusion of traffic volumes and made from standard elements.