

УДК 656.212.5

В. Г. КУЗНЕЦОВ, кандидат технических наук, В. Г. КОЗЛОВ, младший научный сотрудник, М. Г. КОЗЛОВ, преподаватель, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

РАСЧЕТ ОБЪЕМОВ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА ПО НАПРАВЛЕНИЯМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СЕТИ

При выборе оптимального варианта организации вагонопотоков в поезда исходят из соблюдения требований направления вагонов по экономически выгодным путям следования, обеспечения уровня их транзитности и распределения работы по переработке вагонов между выделенными станциями. Первая задача решается на базе технико-экономических расчетов по выбору направления вагонопотоков по параллельным или круглым линиям и по кратчайшему пути. На основании оценки маршрутов следования грузеных вагонопотоков и их размеров определяются струи между выделенными для расчета техническими станциями, математическую модель которых можно представить в виде «динамической карты» вагонопотоков и процедур расчета объемов транспортного потока по каждому элементу направления железнодорожной сети.

В существующей практике расчетов планоформирования (ПФ) грузовых поездов основными исходными данными являются вагонопотоки, представленные в виде межстанционной «шахматки» плановых грузеных вагонопотоков, согласно которой можно определить размер каждой отдельной струи между двумя станциями сети (железнодорожного направления). В частности, если в «шахматке» представлены корреспонденции одного направления, то можно определить объем вагонопотока на участках этого направления. Если для расчета рассматривается полигон (сеть заданного района), то использование «шахматки» вагонопотоков для определения размеров струй на отдельных участках теряет смысл, т. к. нельзя определить маршрут следования вагонопотоков по заданной сети района (рисунок 1).

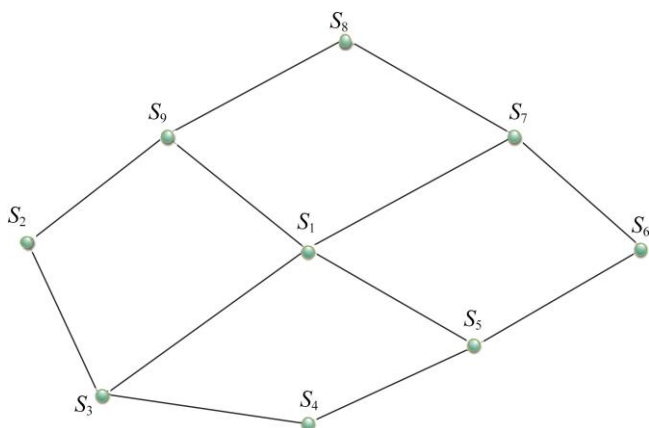


Рисунок 1 – Условная схема железной дороги

Транспортная сеть железной дороги представляет собой симметричный граф, вершины которого соответствуют узловым, стыковым и другим выделенным станциям, а дуги – соединяющие их участки. Структура подобного графа в общем случае является произвольной.

Корреспонденции вагонопотоков расчетной железнодорожной сети и их размер задаются

«шахматкой» (таблица 1). В таблице строки и столбцы соответствуют выделенным станциям сети, а значения ячеек содержат размер корреспонденций между этими станциями.

Таблица 1 – «Шахматка» грузеных вагонопотоков между выделенными станциями для расчета ПФ

Станции отправления	Станции назначения								
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉
S ₁	–	8	4						
S ₂		–	18						
S ₃		45	–		9		15	50	
S ₄				–					
S ₅		8	33		–				
S ₆		3		1		–			2
S ₇		4	51				–		
S ₈	2	15						2	–
S ₉									

Для определения суммарного размера вагонопотока по участкам расчетной сети необходимо учитывать размер, а также маршрут следования корреспонденций на транспортной сети, информация о котором в принятом представлении «шахматки» вагонопотоков отсутствует. Поэтому требуется расширить информационные характеристики «шахматки» путем добавления данных о маршрутах следования корреспонденций. В структурном виде такую таблицу вагонопотоков («динамическую карту») можно изобразить в виде 3-мерной матрицы (рисунок 2), где ось Z задает маршрут следования корреспонденций по всей совокупности участков от станции зарождения до станции погашения, а двухмерная матрица верхнего уровня содержит информацию о размере вагонопотоков.

На основе такого вида матрицы можно определить маршрут следования любой корреспонденции расчетной сети и соответственно суммарный размер вагонопотока в четном и нечетном направлениях каждого участка сети.

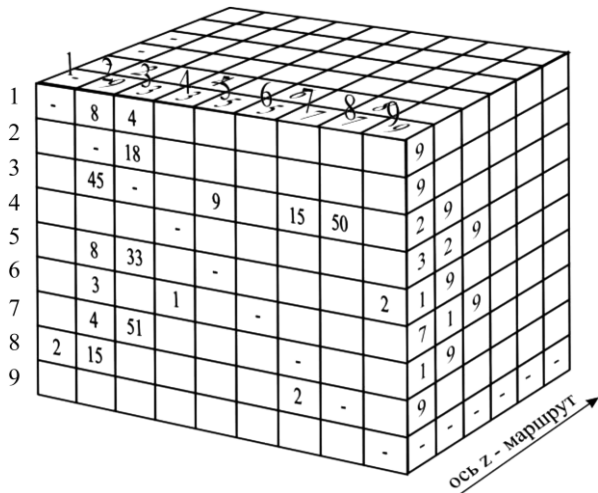


Рисунок 2 – Матрица вагонопотоков с маршрутами следования корреспонденций

Следует отметить, что такое представление динамической карты имеет ряд недостатков, основные из которых:

- многократное увеличение размера матрицы вагонопотоков;
- неудобное (невозможное) представление в бумажном виде.

Рационально представить «шахматку» вагонопотоков в виде трехмерной матрицы 2-го порядка в третьем уровне (таблица 2), где каждая строка i будет содержать размеры корреспонденций, а также вектор расстояния от станции i до всех остальных станций сети. Методика построения соответствующего вектора кратчайших расстояний рассмотрена в статье [3].

Таблица 2 – «Шахматка» грузевых вагонопотоков с матрицей кратчайших расстояний

Станции отправления		Станции назначения								
		S	S	S	S	S	S	S	S	S
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
S	1	-	8	4	-	-	-	-	-	-
S	2	9	-	18	-	-	-	-	-	-
S	3	3	45	-	9	-	-	-	-	-
S	4	5	3	-	-	-	-	-	-	-
S	5	5	8	33	-	-	-	-	-	2
S	6	7	3	-	1	-	-	-	-	-
S	7	7	4	51	-	-	-	-	-	-
S	8	7	2	15	-	-	-	2	-	-
S	9	9	9	1	3	1	5	1	9	-

На рисунке 3 представлен вектор кратчайших расстояний от станции S_3 до всех остальных станций сети.

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9
S_3	3	3	3	3	4	5	1	7	2

Рисунок 3 — Вектор кратчайших расстояний от станции S_3 до всех остальных станций сети

Маршрут следования от любой станции до станции S_3 определяется построением соответствующего кортежа станций. Для этого необходимо от станции начала маршрута выделить номер станции, предшествующей данной станции. От выделенной станции также определить номер соответствующей предшествующей станции и так далее, пока значение номера станции не станет равным 3. Ряд выделенных станций и будет искомым маршрутом (кортежем).

Агрегирование объемов транспортного потока по направлениям транспортной сети. В соответствии с приведенными выше определениями матриц кратчайших расстояний и корреспонденций грузевых вагонопотоков их можно описать следующим образом:

$$R = \{r_{ij} : i, j = \overline{1, N_S}\},$$

$$A = \{a_{ij} : i, j = \overline{1, N_S}\},$$

где r_{ij} – вектор кратчайших расстояний от вершины i ; a_{ij} – размер корреспонденции от i -й станции в адрес j -й станции.

Тогда «динамическая карта» вагонопотоков задается матрицей, образованной объединением матриц корреспонденций и кратчайших расстояний:

$$X = \{(r, a)_{ij} : i, j = \overline{1, N_S}\}.$$

Полученная матрица позволяет рассчитывать размеры вагонопотоков по каждому железнодорожному участку, а также по каждому направлению участка в отдельности.

Необходимо отметить, что вагонопотоки заданного участка S_{ij} условно можно разделить на 4 категории (рисунок 4):

- зарождающихся на станции S_i и погашающихся на станции S_j ;
- следующих из-за станции S_i и погашающихся на станции S_j ;
- зарождающихся на станции S_i и следующих за станцию S_j ;
- транзитных.

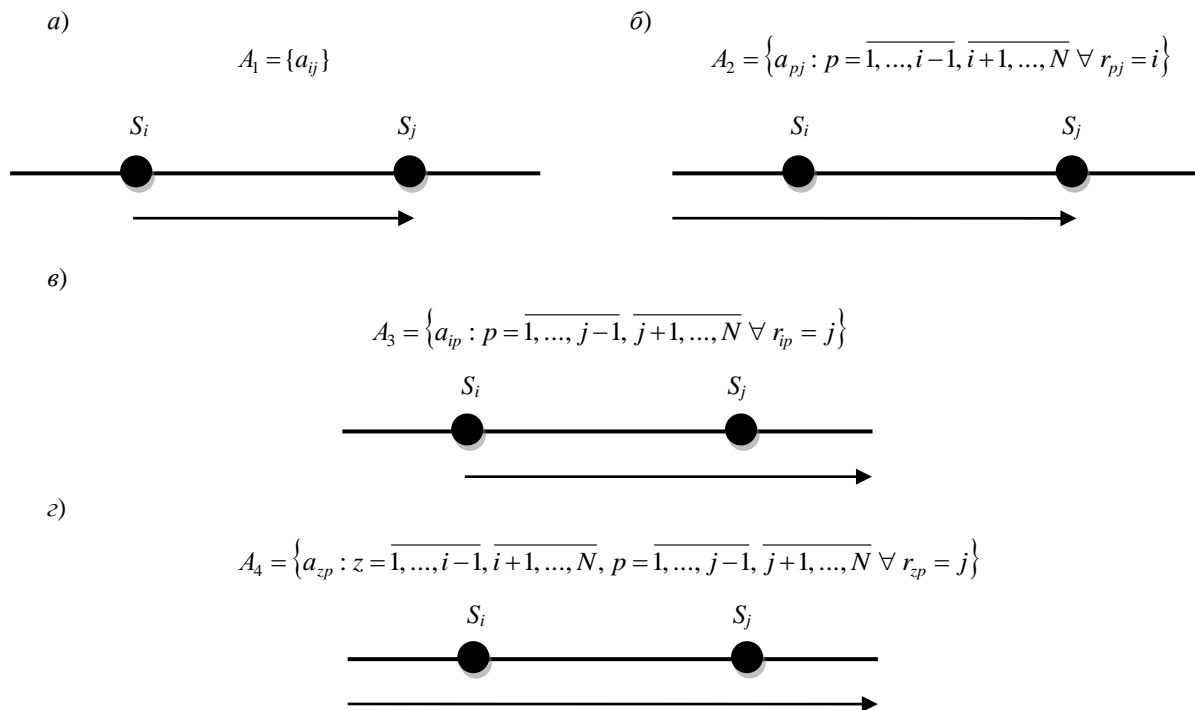


Рисунок 4 – Вагонопотоки заданного направления участка S_{ij} :

а – вагонопоток, зарождающийся на станции S_i и погашающийся на станции S_j ; *б* – вагонопотоки, следующие из-за станции S_i и погашающиеся на станции S_j ; *в* – вагонопотоки, зарождающиеся на станции S_i и следующие за станцию S_j ; *г* – вагонопотоки, следующие по участку S_{ij} транзитом

На рисунке 5 отображено условное разделение матрицы корреспонденций на 4 области по перечисленным выше категориям вагонопотоков. Область «а» матрицы корреспонденций однозначно задает вагонопоток, зарождающийся на станции S_i и погашающийся на станции S_j . Остальные области «б», «в» и «г» только указывают на потенциально возможные корреспонденции, т. е. обозначают область на матрице, в которой лежат соответствующие вагонопотоки, но не указывают однозначно на них.

		S_j			
		г	б	г	г
S_i	в	а	в	в	
	г	б	г	г	
	г	б	г	г	
	г	б	г	г	

Рисунок 5 – Схематическое отображение вагонопотоков участка S_{ij} на матрице корреспонденций

Агрегирование вагонопотоков расчетного направления участка S_{ij} , включает оценку категорий вагонопотоков:

- 1) вагонопотоки, следующие из-за станции S_i и погашающиеся на станции S_j :
 - в столбце j матрицы расстояний выделяются ячейки, значение которых равно i (исключая ячейку в строке i);
 - значения ячеек матрицы корреспонденций, соответствующие координатам выделенных ячеек, суммируются;
- 2) вагонопотоки, зарождающиеся на станции S_i и следующие за станцию S_j :
 - в строке i матрицы расстояний выделяются ячейки, значение которых равно j (исключая ячейку в столбце j);
 - значения ячеек матрицы корреспонденций, соответствующие координатам выделенных ячеек, суммируются;
- 3) вагонопотоки, следующие по участку S_{ij} транзитом:
 - в матрице расстояний поочередно находится вектор от станции j (строка матрицы), в маршруте которого есть станция i ;
 - в регистр заносится номер строки j ;

– в соответствующей строке матрицы расстояний выделяются ячейки, значение которых равно значению регистра (исключая ячейки строки i и столбца j);

– значения ячеек матрицы корреспонденций, соответствующие координатам выделенных ячеек, суммируются;

– в регистр поочередно заносятся значения выделенных ячеек, и действия с третьей позиции повторяются;

– все действия повторяются, пока есть вектор, удовлетворяющий условию первого пункта.

Указанные исследования положены в основу предложений по развитию автоматизированной системы организации вагонопотоков на Белорусской железной дороге и были использованы научно-исследовательской лабораторией «Управление перевозочным процессом» в разработке автоматизированной системы «План формирования». Данная методика позволяет выполнять расчеты по привязке корреспонденций вагонопотока к назна-

чениям технических станций и агрегирование транспортного потока в железнодорожных сетях любой сложности. Результаты выполненных расчетов показали достоверность предлагаемой модели определения объемов транспортного потока по направлениям железнодорожной сети.

Список литературы

1 **Буянова, В. К.** Система организации вагонопотоков / В. К. Буянова, А. И. Сметанин, Е. В. Архангельский; под ред. В. К. Буянова. – М. : Транспорт, 1988.

2 **Васильев, В. И.** Алгоритм динамического управления маршрутами в задаче регулирования вагонных парков / В. И. Васильев // Вестник ВНИИЖТа. – 1987. – № 8.

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.

4 Автоматизация процедур идентификации сети железнодорожных станций и назначений плана формирования / В. Г. Кузнецов [и др.] // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2009. – № 9. – С. 20–25.

Получено 11.04.2011

V. G. Kuznetsov, V. G. Kozlov, M. G. Kozlov. The calculation of transport stream volumes on direction of the railway.

The choice of an optimum variant of the traffic volumes organization in trains starts with the observance of requirements of carriages directions on economic transits, level maintenance of transitness of traffic volumes and work distribution on processing of carriages between the allocated stations. The first problem is solved by the technical and economic calculations for the choice directions of traffic volumes on parallel or round lines and on the shortest way. Judging by an estimation of routes of entrained traffic volumes and their sizes. There are several steams between the technical stations. Mathematical model of the process of the definition of the streams of traffic volumes on sites and stations of a direction of the railway system the can be presented like "a dynamic card" of traffic volumes and procedures of the calculation of transport stream volumes on each element of the direction of the railway system.