

**Московский государственный университет  
путей сообщения (МИИТ)**

---

**Кафедра “Управление эксплуатационной работой”**

**А.П. Батури́н, Ф.С. Гоманков, Н.А. Батурина**

# **ОРГАНИЗАЦИЯ ВАГОНОПОТОКОВ НА ПОЛИГОНЕ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ**

**Рекомендовано редакционно-издательским советом  
университета в качестве**

**методических указаний к курсовой работе  
по дисциплине**

**«УПРАВЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТОЙ  
И КАЧЕСТВОМ ПЕРЕВОЗОК»**

**для студентов 4 курса специальности 190701  
«Организация перевозок и управление на транспорте  
(железнодорожный транспорт)»**

**МОСКВА - 2009**

УДК 656.2

Б -22

Батурин А.П., Гоманков Ф.С., Батурина Н.А. Организация вагонопотоков на полигоне железной дороги. Методические указания к курсовой работе. – М.: МИИТ, 2009. - 93 с.

Методические указания разработаны на основе методических указаний профессора Корешкова А.Н.

Методические указания к курсовой работе по дисциплине «Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок» предназначены для студентов 4 курса специальности 190701 «Организация перевозок и управление на транспорте (железнодорожный транспорт)» Института управления и информационных технологий.

В методических указаниях изложены требования к выполнению курсовой работы, приводятся методики и примеры расчетов по разработке рациональной системы организации вагонопотоков на полигоне железной дороги.

© Московский государственный университет путей сообщения  
(МИИТ), 2009

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Развивающиеся рыночные отношения, конкуренция между видами транспорта требуют как повышения качества перевозок, так и снижения транспортных расходов. Поэтому совершенствование организации вагонопотоков, т.е. установление рациональной системы формирования поездов и порядка их следования по направлениям, является важнейшей технологической задачей эксплуатационной работы железнодорожного транспорта.

Организация вагонопотоков в поезда производится по плану формирования, который устанавливает:

- род и назначение (станции расформирования или выгрузки) поездов и групп вагонов, формируемых железнодорожными станциями;
- порядок включения вагонов в поездные назначения;
- маршрут следования поездов на сети железных дорог.

Организация вагонопотоков в поезда должна обеспечивать минимальные расходы на перевозки, соблюдение нормативных сроков доставки грузов, а также выполнение запросов грузоотправителей и грузополучателей.

Целью данного методического указания является оказание помощи студентам специальности «Организация перевозок и управление на транспорте (железнодорожный транспорт)» в выполнении курсовой работы по организации вагонопотоков на полигоне железной дороги

Заданием на курсовую работу предусмотрено решение следующих вопросов: разработка планов формирования груженных и порожних одногруппных поездов; расчет плана отправительской маршрутизации, выделение групповых поездов; расчет показателей плана формирования и отправительской маршрутизации.

Курсовая работа оформляется в виде пояснительной записки, включающей:

- титульный лист;
- задание на разработку курсовой работы;
- содержание;
- введение;
- основные разделы;
- заключение;
- список использованной литературы.

Все разделы в пояснительной записке должны быть пронумерованы арабскими цифрами (например, 1 ), а главы, входящие в раздел, иметь двойной номер, первая цифра которого – номер раздела, вторая – порядковый номер главы в данном разделе (например, 1.2.).

Таблицы, входящие в пояснительную записку, имеют сквозную двухзначную нумерацию по всему разделу независимо от номера главы. Первая цифра номера таблицы – номер раздела, вторая – порядковый номер таблицы в разделе (например, Таблица 1.5). «Таблица 1.5» пишется с большой буквы над таблицей в правом углу, а затем по центру над таблицей пишется ее название. Ссылка на таб-

лицу в тексте делается сокращенно с маленькой буквы, например, табл.1.5.

Рисунки нумеруются также как и таблицы (например, Рис.1.6). Рис.1.6 пишется с большой буквы под рисунком, а затем в продолжение пишется название самого рисунка (например, Рис.1.6. Схема ....). Упомянется рисунок в тексте как рис.1.6.

Формулы нумеруются с правой стороны от нее в круглых скобках так же, как и таблицы. Затем ниже приводятся названия всех составляющих формулы с их размерностями.

## **1. РАЗРАБОТКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ РАСЧЕТА ПЛАНА ФОРМИРОВАНИЯ ОДНОГРУППНЫХ ПОЕЗДОВ**

### **1.1. Техничко-эксплуатационная характеристика расчетного полигона**

В курсовой работе план формирования одногруппных поездов разрабатывается для полигона железной дороги с 10-ю техническими станциями, схему которого необходимо привести в пояснительной записке с пояснением всех обозначений.

В технико-эксплуатационной характеристике полигона следует указать:

- расположение локомотивных депо и участки обращения локомотивов и локомотивных бригад;
- расположение пунктов технического осмотра вагонов и длины участков между техническими станциями;

- общую протяженность полигона;
- количество главных путей на перегонах;
- направление движения поездов;
- число вагонов в составах грузовых поездов, обращающихся на участках полигона.

План формирования в курсовой работе разрабатывается на основе приведенных в задании расчетных нормативов по станциям переработки вагонопотоков и формирования поездов. Необходимо в соответствии с заданным вариантом по каждой станции полигона занести в табл. 1.1 параметры накопления груженных вагонов  $c$  и приведенную экономию времени от проследования вагоном станции без переработки  $t_{эж}$ , а также определить вагоно-часы накопления на поездное назначение ( $см$ ). Например, при составе поезда  $m = 50$  вагонов и параметре накопления  $c = 12,0$ , вагоно-часы накопления на поездное назначение на станции формирования А составят  $см = 12,0 \times 50 = 600$  ваг-ч.

Таблица 1.1

Расчетные нормативы по станциям переработки вагонопотоков и формирования поездов

| Станция | Параметр накопления вагонов, $c$ | Вагоно-часы накопления на поездное назначение на станции формирования, $см$ | Приведенная экономия времени от проследования вагоном станции без переработки, $t_{эж}$ , ч |
|---------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| А       | 12,0                             | 600                                                                         | -                                                                                           |
| Б       | 10,8                             | 540                                                                         | 3,5                                                                                         |

Среднесуточные плановые груженные вагонопотоки в соответствии с заданием следует увеличить или уменьшить на соответствующий процент. Поэтому до разработки плана формирования необходимо откорректировать все данные таблицы среднесуточных плановых груженных вагонопотоков.

Следует иметь в виду, что вагонопотоки, идущие со станций Е и Д в адрес станций Ж и З, а также со станций З, Ж на станции Д, Е на одних участках полигона следуют в четном, а на других – в нечетном направлении. Эти вагонопотоки, меняющие направление следования, называются угловыми. Их необходимо также откорректировать в таблице со среднесуточными плановыми груженными вагонопотоками. Например, вагонопоток из Д в Ж на участке Д – Г следует в нечетном направлении, а на участке Г – Ж в четном.

Вагонопотоки четного направления находятся в таблице выше ее диагонали, нечетного направления – ниже диагонали.

В качестве примера в методических указаниях приведен расчет плана формирования однопутных поездов на полигоне железной дороги с 8-ю техническими станциями в четном направлении. Среднесуточные плановые груженные вагонопотоки приведены в табл. 1.2.

## **1.2. Составление поструйного графика вагонопотоков**

На основе откорректированной таблицы среднесуточных груженных вагонопотоков (табл.1.2) составляется ступенчатый (поструйный или совмещенный) график вагонопотоков для заданного на-

правления (рис.1.1) с учетом угловых вагонопотоков, меняющих направление следования.

Полученные значения  $ct$  и  $t_{жк}$  помещаются под названием каждой станции полигона.

На графике вагонопотоков каждому назначению вагонопотоков соответствует отдельная струя, следующая от станции зарождения вагонопотока до станции его погашения. Слева на графике для каждой вагонной струи указывается ее номер и мощность.

Таблица 1.2

Среднесуточные плановые груженные вагонопотоки

| На<br>Из        | А   | Б   | В   | Г   | Д   | Е   | Ж   | З   | Всего | п<br>о<br>г<br>р<br>у<br>з<br>к<br>а |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|--------------------------------------|
| А               | -   | 70  | 80  | 80  | 340 | 120 | 50  | 30  | 770   |                                      |
| Б               | 60  | -   | 100 | 90  | 120 | 250 | 80  | 30  | 730   |                                      |
| В               | 40  | 80  | -   | 60  | 30  | 70  | 90  | 50  | 420   |                                      |
| Г               | 180 | 120 | 60  | -   | 40  | 50  | 90  | 80  | 620   |                                      |
| Д               | 90  | 110 | 150 | 100 | -   | 90  | -   | -   | 540   |                                      |
| Е               | 70  | 30  | 90  | 120 | 90  | -   | 20  | 70  | 490   |                                      |
| Ж               | 50  | 80  | 120 | 80  | 50  | -   | -   | 80  | 460   |                                      |
| З               | 40  | 70  | 90  | 120 | -   | 200 | 110 | -   | 630   |                                      |
| Всего           | 530 | 560 | 690 | 650 | 670 | 780 | 440 | 340 | 4660  |                                      |
| В ы г р у з к а |     |     |     |     |     |     |     |     |       |                                      |

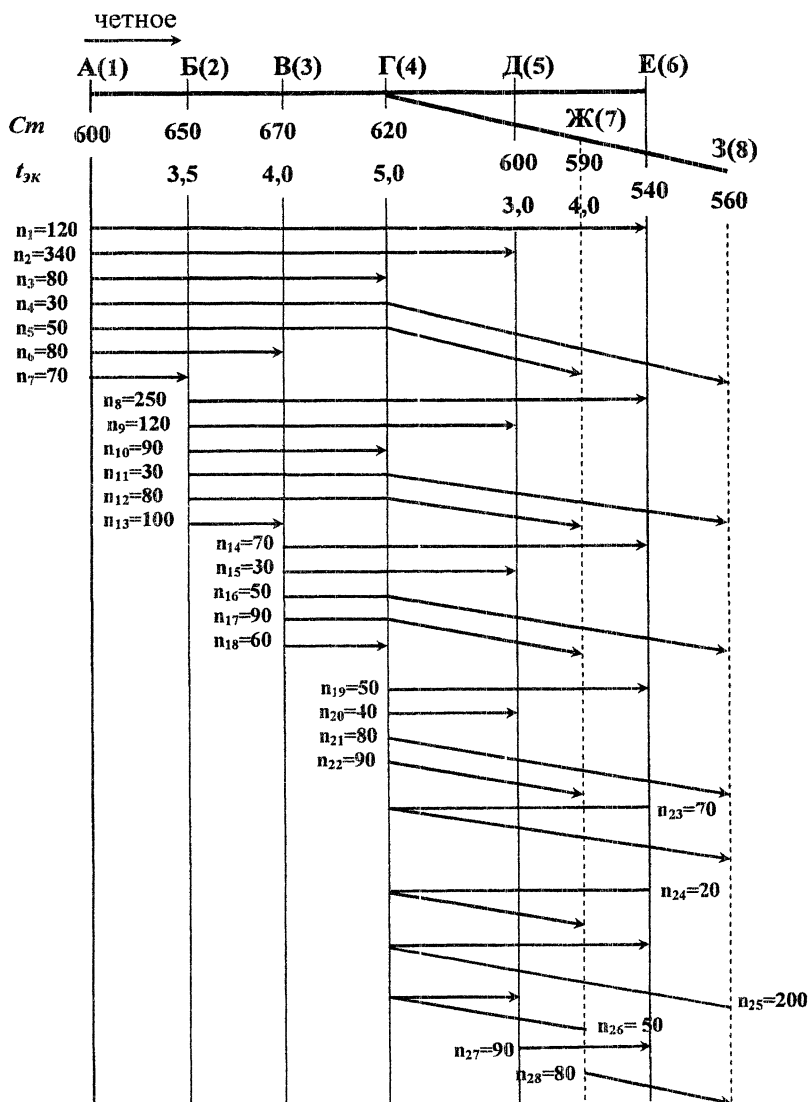


Рис.1.1. Поструйный график среднесуточных груженых вагоно-  
потоков на полигоне железной дороги в четном направлении

## **2. РАСЧЕТ ПЛАНА ФОРМИРОВАНИЯ ОДНОГРУППНЫХ ПОЕЗДОВ**

Расчет плана формирования одногруппных поездов может производиться любым из аналитических методов. В методических указаниях предлагается два метода:

- метод совмещенных аналитических сопоставлений (автор – профессор К.А.Бернгард);
- метод непосредственного расчета (автор – профессор В.М.Акулиничев).

### **2.1. Расчет плана формирования одногруппных поездов методом совмещенных аналитических сопоставлений**

Суть расчета плана формирования методом совмещенных аналитических сопоставлений заключается в последовательном отборе наиболее выгодных назначений.

Расчет производится в следующей последовательности:

1. Струи вагонопотоков между начальной и конечной станциями железнодорожного направления проверяются на соответствие достаточному условию (ДУ) (по терминологии проф.К.А.Бернгарда - общему достаточному условию)

$$n t_{\text{ЭК}}^{\min} \geq ct \quad , \quad (2.1)$$

где  $n$  – среднесуточное число вагонов рассматриваемой струи (мощность вагонопотока), вагонов;

$t_{эк}^{min}$  — приведенная экономия времени от проследования вагонной струей без переработки попутной станции, на которой эта экономия минимальна, ч.

Вагоно-часы накопления  $ст$  определяются для станции зарождения вагонопотока.

Удовлетворяющие этому условию струи между граничными станциями железнодорожного направления включаются в оптимальный вариант плана формирования и исключаются из дальнейшего рассмотрения.

2. Для оставшихся струй составляется график всех возможных одноструйных и многоструйных сквозных поездных назначений, с указанием для каждого назначения суммы мощностей, включенных в него вагонопотоков  $\sum_{k \in N} n_k$ , где  $N$  — множество номеров струй вагонопотоков, включаемых в рассматриваемое назначение, а  $n_k$  — мощность вагонопотока  $k$  — го назначения.

В поездное назначение включаются все струи вагонопотоков, которые могут следовать в этом поездном назначении.

3. С правой стороны графика для каждого поездного назначения рассчитывается экономия приведенных вагоно-часов от пропуска без переработки вагонов по всем попутным техническим станциям за вычетом затрат на накопление. Выполняется проверка на необходимое условие (по терминологии проф.К.А.Бернгарда — достаточное условие) по формуле

$$\Delta \mathcal{E} = \sum_{k \in N} n_k \sum_{p=i+1}^{p=j-1} t_{jk}^p - c m_i \geq 0, \quad (2.2)$$

где  $i, j$  – соответственно, номера начальной и конечной станций данного поездного назначения;

$p$  – номер попутной станции в поездном назначении  $i j$ .

Вагоно-часы накопления поездного назначения на станции  $i$  в формуле 2.2 обозначены как  $c m_i$ .

Если условие (2.2) не выполняется, т.е. ( $\Delta \mathcal{E} < 0$ ), то в строке ставится прочерк.

4. Устанавливается поездное назначение с наибольшей экономией приведенных вагоно-часов, которое называется исходным. Если других назначений, дающих экономию приведенных вагоно-часов нет, то исходное назначение включают в оптимальный вариант плана формирования поездов и расчет закончен. Оставшиеся струи следуют в участковых назначениях.

5. При нескольких сквозных назначениях с экономией приведенных вагоно-часов, рассчитанных по формулу 2.2, последовательно проверяется целесообразность замены исходного назначения более дальними назначениями.

В общем случае проверяется 3 схемы (не считая схемы с исходным назначением) более дальних назначений (рис.2.1):

– схема, с прохождением без переработки начальной и конечной станций исходного назначения (схема 2, станции Б и Д);

– схема с прохождением без переработки начальной станции исходного назначения (схема 3, станция Б);

– схема с прохождением без переработки конечной станции исходного назначения (схема 4, станция Д).

Для каждого назначения, более дальнего чем исходное (схемы 2, 3, 4), по формуле (2.3) проверяется эффективность этого назначения.

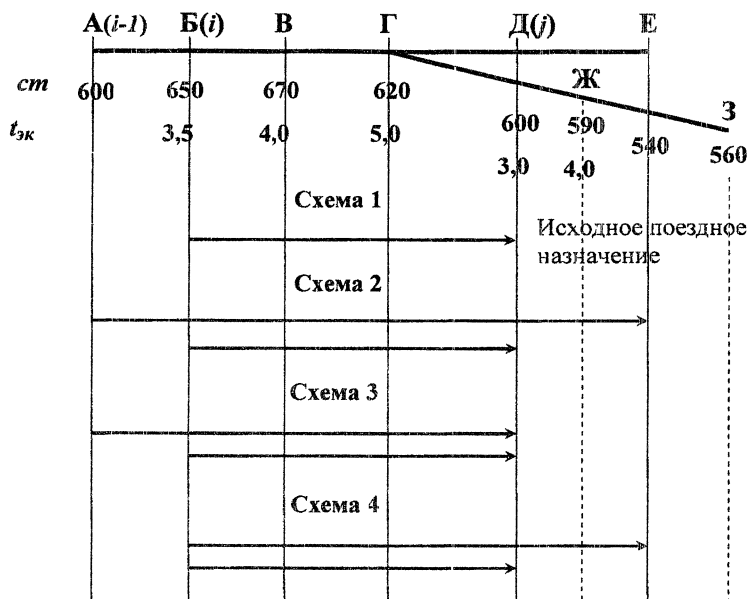


Рис.2.1. Варианты более дальних назначений по сравнению с исходным поездным назначением

$$(t_{жк}^i + t_{жк}^j) \sum_{k \in N} n_k \geq cm_{i-1} \quad \text{для назначения А–Е (схема 2);}$$

$$t_{жк}^i \sum_{k \in N} n_k \geq cm_{i-1} \quad \text{для назначения А–Д (схема 3);} \quad (2.3)$$

$$t_{жк}^j \sum_{k \in N} n_k \geq cm_i \quad \text{для назначения Б–Е (схема 4).}$$

**Замечание 1.** В формуле (2.3) суммируются мощности тех струй вагонопотоков, которые включаются в рассматриваемое поездное назначение.

Если для схемы условие (2.3) не выполняется, то эта схема из последующих расчетов исключается. Для оставшихся схем по формуле (2.2) для каждого поездного назначения и в целом для схемы определяется экономия приведенных вагоно-часов. Лучшей будет такая схема, для которой эта экономия наибольшая.

Замечание 2 Для схем 2, 3, 4 пересчитывается по формуле (2.2) экономия приведенных затрат для исходного поездного назначения, так как вагонопоток из этого назначения может включаться в более дальние назначения (А–Е, Б–Е, А–Д).

Для оставшихся схем, включая схему 1, по формуле (2.2) определяют приведенную экономию вагоно-часов и выбирают схему с наибольшим значением этой экономии для включения ее в оптимальный план формирования.

6. Выполняют корректировку плана формирования, исключая из дальнейшего рассмотрения вагонопотоки, включенные в оптимальный план формирования. Для оставшихся вагонопотоков составляют новый график назначений. По нему определяют новое исходное поездное назначение, которое сопоставляют с более дальними назначениями также, как в п.5.

7. Расчеты выполняются до тех пор, пока в графике назначений останутся только те, которые не дают приведенной экономии вагоно-часов, т.е. не удовлетворяющие условию 2.2. Входящие в эти назначения струи вагонопотоков включаются в участковые назначения.

В качестве примера рассчитаем оптимальный вариант плана формирования одногруппных поездов в четном направлении при исходных данных, представленных на рис.1.1.

Проверяем соответствие вагонопотоков, корреспондирующих между начальной (А) и конечными (Е и З) станциями условию (2.1). Таких потоков четыре : из А на Е ( $n_1 = 120$  вагонов), из А на З ( $n_4 = 30$  вагонов), из Е на З ( $n_{23} = 70$  вагонов) и из З на Е ( $n_{25} = 200$  вагонов). Для струи из А на З наименьшая приведенная экономия времени будет по станции Б и составит 3,5ч. Для остальных трех струй наименьшая приведенная экономия времени  $t_{\text{ЭК}}^{\min} = 3,0$  ч по станции Д. Достаточному условию из данных струй удовлетворяет лишь струя  $n_{25} = 200$  вагонов (З–Е), т.к. по условию (2.1)  $200 \times 3,0 = 600 > 560$  ваг-ч.

Назначение З–Е включаем в оптимальный вариант плана формирования (рис. 2.11) и из дальнейшего рассмотрения исключаем.

Для оставшихся струй составляем расчетный график одноструйных и многоструйных назначений (рис.2.2). Составление графика начинается со станции А и самого дальнего назначения. Назначения А–Е, А–З, Е–З и Ж–Д, как самые дальние из оставшихся, являются одноструйными.

В поезда назначения А–Д могут включаться две струи вагонопотока, выходящего со станции А: А–Е и А–Д с мощностью, соответственно,  $n_1 = 120$  вагонов и  $n_2 = 340$  вагонов. Суммарный размер вагонопотока для назначения А–Д составит:  $n_1 + n_2 = 120 + 340 = 460$  вагонов. Следующим будет назначение А–Г, в которое включаются вагонопотоки струй: А–Е, А–Д, А–Г, А–З и А–Ж.

Суммарный размер вагонопотока этого назначения равен  $n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 = 620$  вагонов. Таким же порядком определяем размеры вагонопотоков для остальных сквозных назначений (рис.2.2).

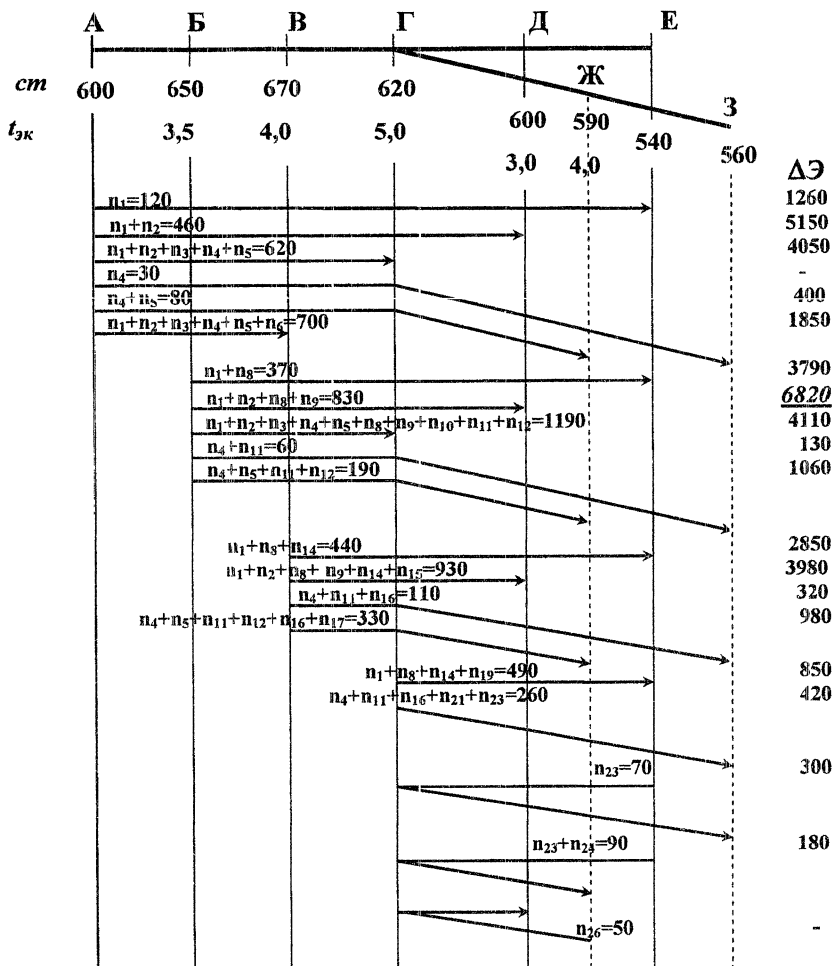


Рис.2.2. График расчетных назначений

Далее для каждого назначения по формуле 2.2 рассчитываем экономию приведенных вагоно-часов от пропуска без переработки вагонопотоков по всем попутным станциям, за вычетом затрат на накопление. Так, для назначения А–Е она составляет

$$n_1 \times (t_{\text{ЭК}}^B + t_{\text{ЭК}}^B + t_{\text{ЭК}}^F + t_{\text{ЭК}}^D) - \text{см}_A = 120 \times (3,5 + 4,0 + 5,0 + 3,0) - 600 = 1260 \text{ ваг-ч.}$$

Для назначения А–Д экономия приведенных вагоно-часов от пропуска вагонопотоков без переработки по всем попутным техническим станциям, за вычетом затрат на накопление составит:

$$(n_1 + n_2) \times (t_{\text{ЭК}}^B + t_{\text{ЭК}}^B + t_{\text{ЭК}}^F) - \text{см}_A = 460 \times (3,5 + 4,0 + 5,0) - 600 = 5150 \text{ ваг-ч.}$$

Значения экономии записываем в графике (рис. 2.2) справа от соответствующих назначений. Для назначений, не дающих экономию приведенных вагоно-часов, проставляется знак (–). В рассматриваемом примере таких назначений два: А–З и Ж–Д.

Наибольшую экономию приведенных вагоно-часов – 6820 ваг-ч имеет назначение Б–Д, оно является исходным. Далее необходимо проверить, не следует ли это назначение заменить более дальним, удовлетворяющим условию (2.3). Более дальних назначений три: А–Е, А–Д и Б–Е. Для назначения А–Е условие (2.3) выполняется  $120 \times (3,5 + 3,0) = 760 > 600$  ваг-ч. Для назначения А–Д условие (2.3) также выполняется  $460 \times 3,5 = 1610 > 600$  ваг-ч. Назначение Б–Е также удовлетворяет этому условию  $370 \times 3 = 1110 > 650$  ваг-ч. Для того, чтобы решить, следует ли заменить исходное назначение более дальним назначением и каким из них, сравниваем четыре схемы плана формирования поездов:

– с исходным назначением (схема 1);

- с выделением назначения А–Е (схема 2);
- с выделением назначения А–Д (схема 3);
- с выделением назначения Б–Е (схема 4) .

Схемы и экономия вагоно-часов по каждому назначению и в целом по схеме приведены на рис. 2.3.

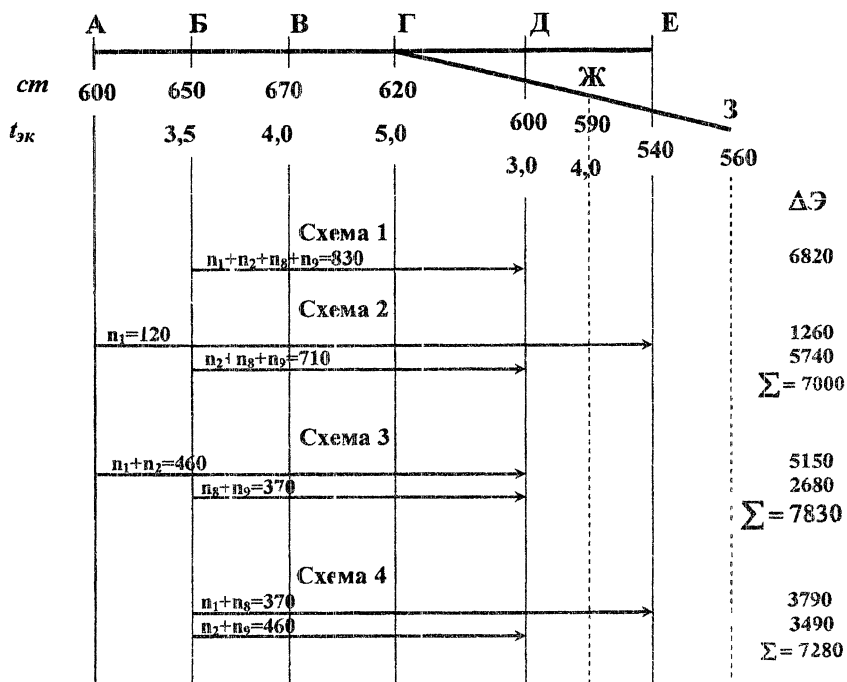


Рис.2.3. Возможные схемы при исходном назначении Б–Д

Большую экономию - 7830 ваг-ч, имеем в схеме 3. Итак, более дальнее назначение А–Д, состоящее из струй  $n_1$  и  $n_2$ , оказалось более

выгодным и его включаем в оптимальный вариант плана формирования поездов.

Исключаем из рассмотрения струи  $n_1$  и  $n_2$ , вошедшие в выделенное назначение А–Д и строим новый график сквозных назначений (1-я корректировка) (рис. 2.4).

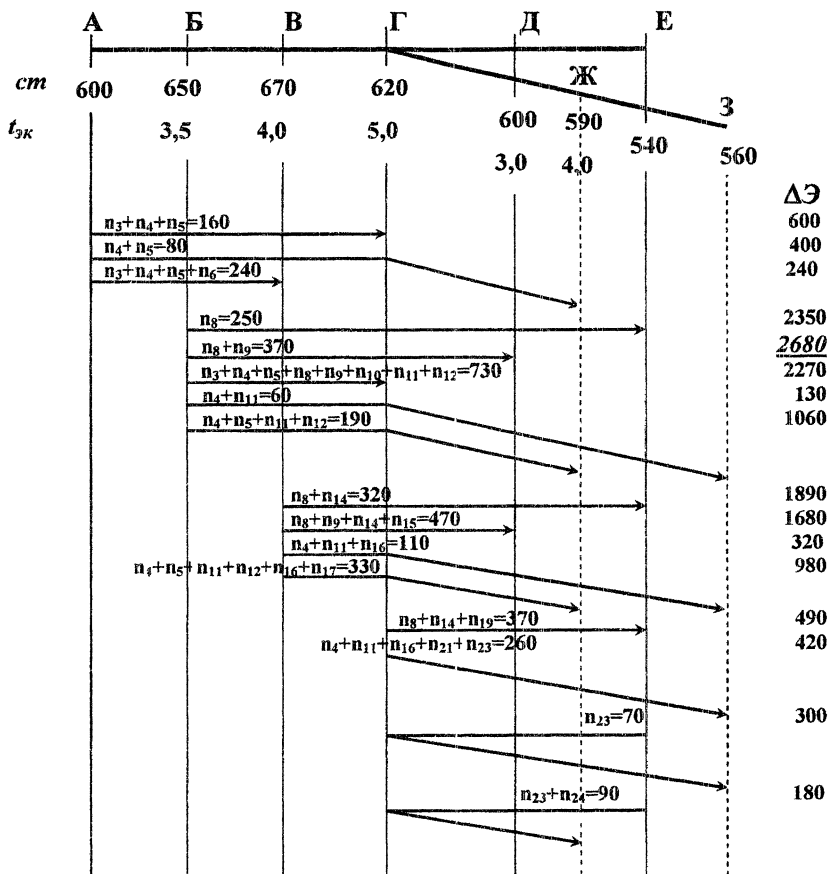


Рис.2.4. График назначений после 1-й корректировки

В откорректированном графике (рис.2.4) наибольшая экономия – 2680 ваг-ч у назначения Б–Д. Для него есть только одно более дальнее назначение Б–Е. Оно по станции Д отвечает условию (2.3)  $250 \times 3 = 750 > 650$  ваг-ч.

Сравниваем две схемы (рис.2.5): с выделением более дальнего назначения Б–Е (схема 1) и с исходным назначением Б–Д. В схему 1, наряду с назначением Б–Е, входит одноструйное назначение Б–Д с вагонопотоком  $n_9 = 120$  вагонов в сутки. Самую большую экономию вагоно-часов – 2780, имеем в схеме 1. Отсюда, в оптимальный вариант плана формирования включаем более дальнее назначение Б–Е.

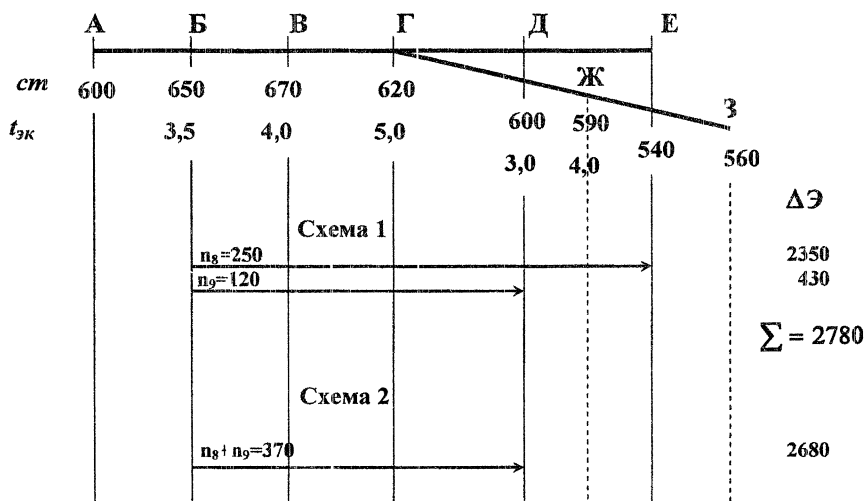


Рис.2.5. Возможные схемы при исходном назначении Б–Д

Затем путем исключения струи  $n_8$ , вошедшей в оптимальный вариант плана, производится вторая корректировка графика назначений

(рис.2.6) и определяется для каждого назначения экономия приведенных вагоно-часов по формуле (2.2). Наибольшую экономию – 1270 ваг-ч, имеет назначение Б-Г, оно является исходным. Более дальними (рис.2.6) являются назначения: А-Ж, А-Г, Б-Д и Б-Ж.

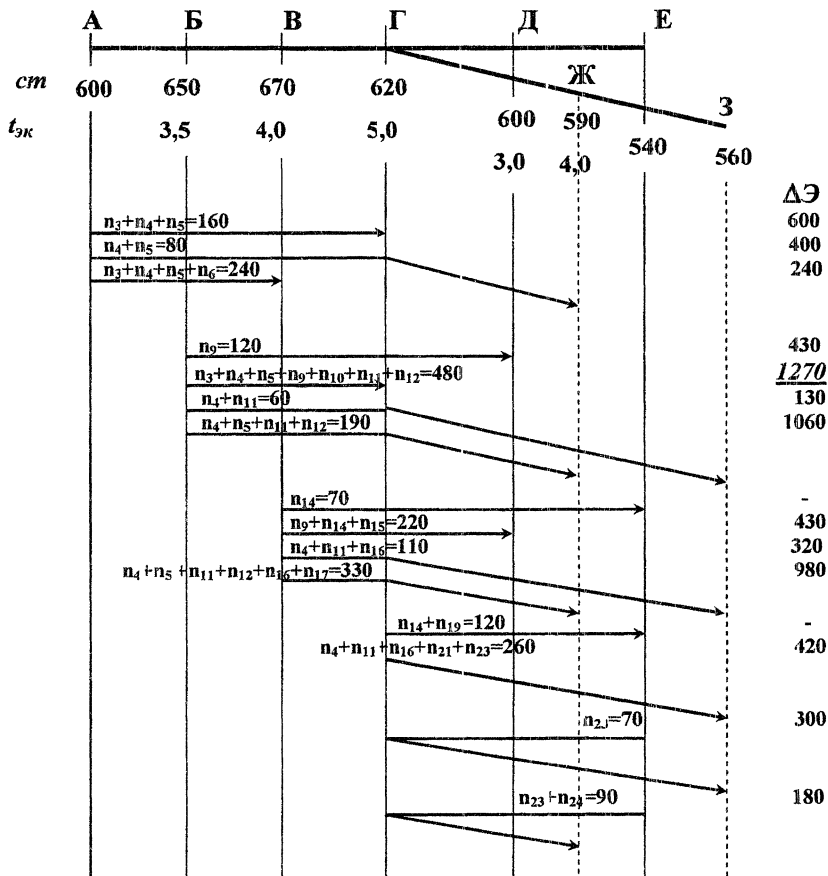


Рис.2.6. График назначений после 2-й корректировки

Из них только назначения А–Ж и Б–Ж удовлетворяют условию (2.3). Для назначения А–Ж экономия равна  $80 \times (3,5 + 5,0) = 720$  ваг–ч, что больше вагоно–часов накопления, равных 600. Для назначения Б–Ж  $190 \times 5,0 = 950 > 650$  ваг–ч. Проверим, не следует ли исходное назначение Б–Г заменить каким-либо из дальних назначений, для чего сравним три схемы формирования (рис.2.7).

А именно, с исходным назначением Б–Г (схема 1), с выделением назначения А–Ж (схема 2) и с выделением назначения Б–Ж (схема 3).

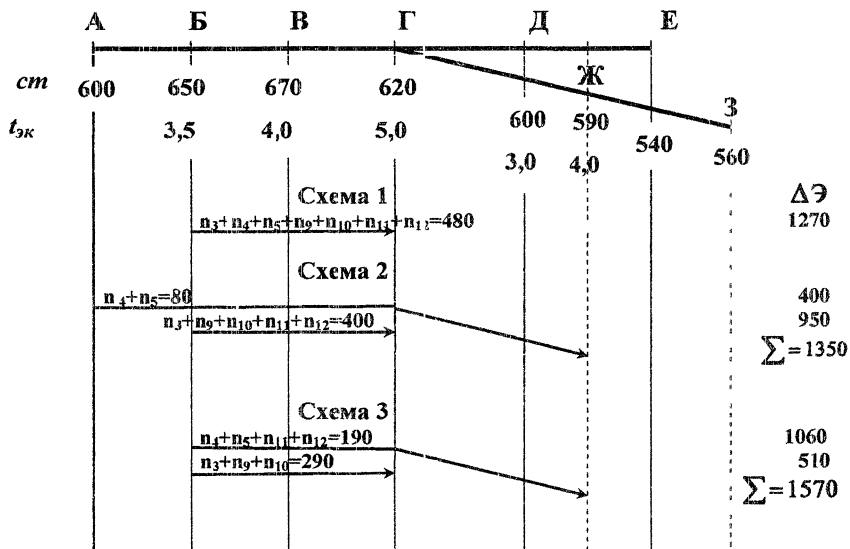


Рис.2.7. Возможные схемы при исходном назначении Б–Г

Наибольшую экономию – 1570 вагоно–часов дает схема 3. Следовательно, дальнейшее назначение Б–Ж выделяется в оптимальный вариант плана формирования.

Производим третью корректировку, исключая из рассмотрения вагонопотоки  $n_4, n_5, n_{11}, n_{12}$ , вошедшие в выделенное назначение Б–Ж. В откорректированном графике (рис. 2.8) наибольшую экономию – 510 ваг–ч – имеет назначение Б–Г. Более дальним назначением, имеющим экономию вагоно-часов, является назначение Б–Д. Однако, по станции Г оно не удовлетворяет условию (2.3), т.к.  $120 \times 5 = 600 < 650$ . Поэтому в оптимальный вариант выделяется исходное назначение Б–Г с мощностью  $n_3 + n_9 + n_{10} = 290$  вагонов.

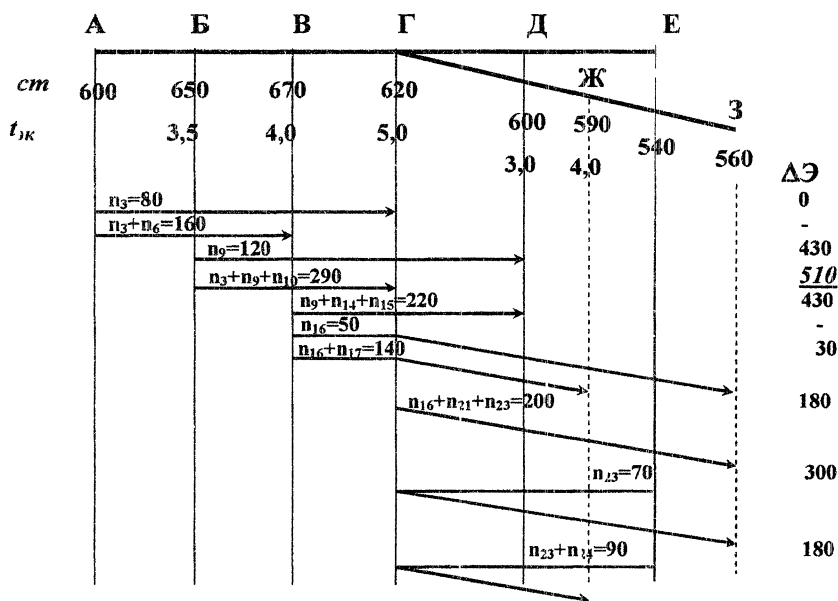
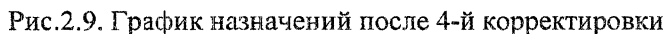


Рис.2.8. График назначений после 3-й корректировки

После четвертой корректировки (рис. 2.9), в результате которой исключили из рассмотрения струи  $n_3, n_9$  и  $n_{10}$ , наибольшую экономию

Произведем пятую корректировку, исключив из графика назначений струю  $n_{23}$ , вошедшую в оптимальный вариант.



Поскольку остальные сквозные назначения не имеют экономии, их включаем в участковые назначения и расчет плана формирования закончен. Схема оптимального варианта плана формирования поездов на расчетном направлении представлена на рис. 2.11.

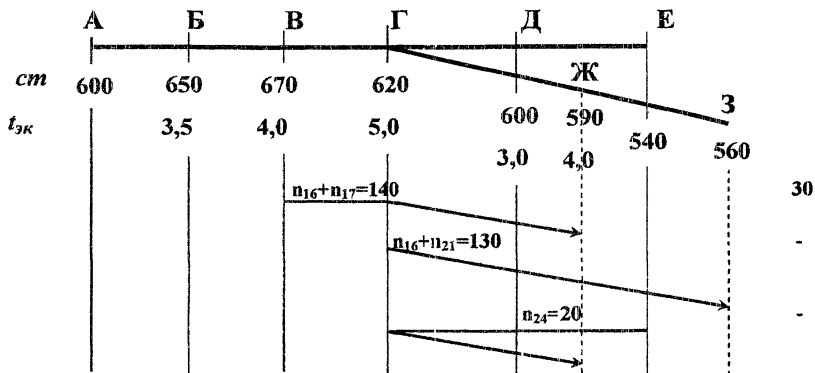


Рис.2.10. График назначений после 5-й корректировки

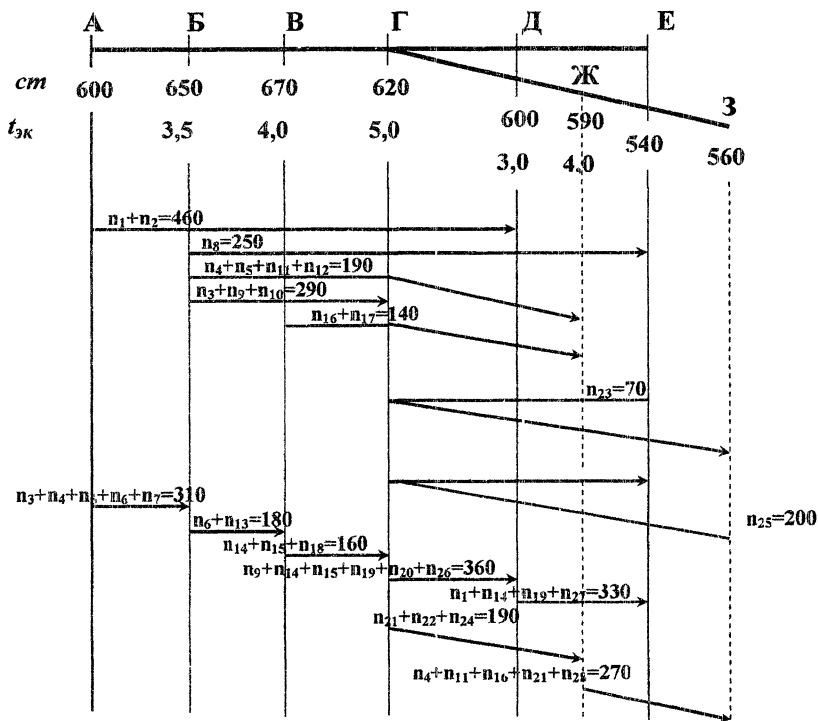


Рис.2.11. Оптимальный вариант плана формирования  
однотуповых поездов в заданном направлении

## **2.2. Расчет плана формирования одногруппных поездов методом непосредственного расчета**

Нахождение оптимального варианта плана формирования одногруппных поездов методом непосредственного расчета основано на определении конкурентоспособных назначений поездов, различные сочетания которых образуют оптимальный вариант плана формирования.

Последовательность расчетов состоит из следующих этапов:

1. Классификация струй вагонопотоков;
2. Выбор вспомогательных поездных назначений плана формирования;
3. Проверка эффективности включения остальных струй вагонопотоков в исходные струи;
4. Объединение исходных струй вагонопотоков и нахождение оптимального варианта плана формирования поездов.

Рассмотрим последовательно каждый из вышеприведенных этапов на примере, воспользовавшись построением графиком вагонопотоков (рис. 1.1).

### **2.2.1. Классификация струй вагонопотоков**

Классификация струй вагонопотоков позволяет, не снижая точности расчетов, резко сократить количество конкурентоспособных вариантов за счет дифференцированного выполнения расчетов для струй вагонопотоков различной мощности.

Выделяются следующие струи вагонопотоков: основные, дополнительные первого рода, дополнительные второго рода, остальные.

**Основные** (сокращенно **осн.**), это струи вагонопотоков, удовлетворяющие достаточному условию (2.1).

На рис.1.1 к числу основных относятся струи  $n_2, n_8, n_{25}$ . Для струи вагонопотока с мощностью  $n_2 = 340$  вагонов (назначение А–Д) минимальная приведенная экономия времени от проследования вагоном станции без переработки будет на ст. Б  $t_{\text{эк}}^{\min} = 3,5$  ч, вагоно–часы накопления на поездное назначение А–Д составляют на станции А  $cm_A = 600$  ваг–ч.

Поэтому,  $n_2 t_{\text{эк}}^{\min} = 340 \times 3,5 = 1190 > cm_A = 600$  ваг–ч.

Технологический смысл этого условия заключается в том, что струю вагонопотока не выгодно перерабатывать ни на одной попутной технической станции и, следовательно, для этой струи целесообразно выделять самостоятельное поездное назначение в плане формирования.

**Дополнительные первого рода** (сокращенно **Д1**) – это струи вагонопотоков, удовлетворяющие следующему условию

$$nt_{\text{эк}}^{\max} \geq cm > nt_{\text{эк}}^{\min}, \quad (2.4)$$

где  $t_{\text{эк}}^{\max}$  – приведенная экономия времени от проследования вагонопотоком без переработки попутной технической станции с максимальным значением этой экономии, ч.

Дополнительные струи первого рода могут следовать в самостоятельном поездном назначении. Однако они могут включаться и в

более короткие поездные назначения и перерабатываться, как правило, не более одного раза.

На рис. 1.1 струя  $n_1 = 120$  вагонов (назначение А–Е) удовлетворяет условию (2.4), так как при  $t_{ЭК}^{\min} = 3,0$  (ст. Д),  $t_{ЭК}^{\max} = 5,0$  (ст. Г),  $cm_A = 600$  ваг–ч,

$$n_1 t_{ЭК}^{\max} = 120 \times 5,0 = 600 = cm_A > n_2 t_{ЭК}^{\min} = 120 \times 3,0 = 360 \text{ ваг–ч.}$$

**Дополнительные второго рода** (сокращенно **Д2**) – это струи вагонопотоков, удовлетворяющие необходимому условию для выделения самостоятельного поездного назначения

$$n \sum_{p=i+1}^{j-1} t_{ЭК}^p \geq cm_i > n t_{ЭК}^{\max}, \quad (2.5)$$

где  $i$  – номер начальной станции вагонопотока  $n$ ;

$j$  – номер конечной станции вагонопотока  $n$ .

На рис.1.1 условию (2.5) удовлетворяют струи:  $n_3, n_5, n_9, n_{12}, n_{23}$ .

Так для струи  $n_3 = 80$  вагонов  $\sum_{p=i+1}^{j-1} t_{ЭК}^p = t_{ЭК}^B + t_{ЭК}^B = 3,5 + 4,0 = 7,5$  ч;  $t_{ЭК}^{\max} = t_{ЭК}^B = 4,0$  ч.

Тогда  $n_3 \sum_{p=i+1}^{j-1} t_{ЭК}^p = 80 \times 7,5 = 600 = cm_A > n_3 t_{ЭК}^{\max} = 80 \times 4,0 = 320$  ваг–ч.

Струи, не являющиеся основными, дополнительными первого и второго рода относятся к категории **остальных**.

В табл.2.1 и на рис.2.12 представлена классификация всех струй вагонопотоков. Следует обратить внимание на то, что *участковые вагонопотоки к категории остальных струй не относятся*, например, вагонопотоки  $n_7, n_{13}, n_{18}$  и т.д., поэтому на рис.2.12 они не показаны.

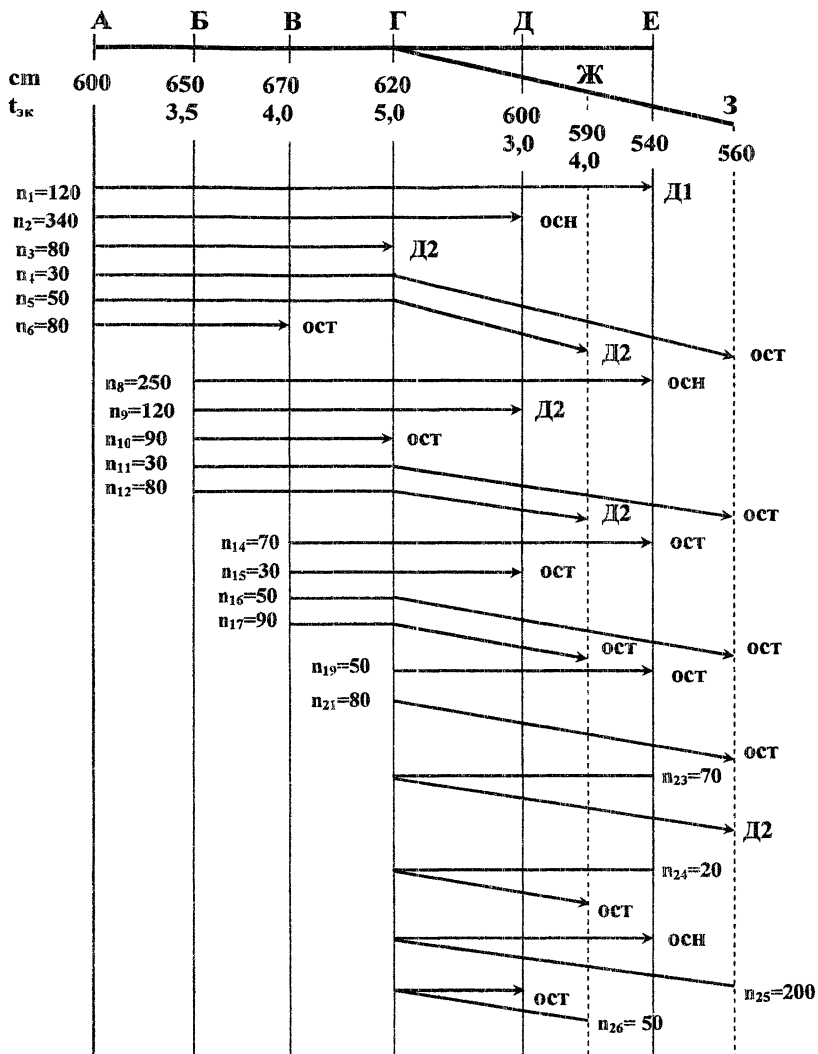


Рис.2.12. Классификация струй вагонопотоков

Таблица 2.1

## Классификация струй вагонопотоков

| Станция | Вагоно-<br>часы нако-<br>пления на<br>поездное<br>назначение,<br><i>ст</i> | Номер<br>струи | Мощность<br>струи, <i>n</i> | $t_{эк}^{min}$ | $t_{эк}^{max}$ | $\sum_{p=i+1}^{j-1} t_{эк}^p$ | Классификация<br>струй |
|---------|----------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|----------------|-------------------------------|------------------------|
| А       | 600                                                                        | 1              | 120                         | 3,0            | 5,0            | 15,5                          | Д1                     |
|         |                                                                            | 2              | 340                         | 3,5            | 5,0            | 12,5                          | осн.                   |
|         |                                                                            | 3              | 80                          | 3,5            | 4,0            | 7,5                           | Д2                     |
|         |                                                                            | 4              | 30                          | 3,5            | 5,0            | 16,5                          | остальная              |
|         |                                                                            | 5              | 50                          | 3,5            | 5,0            | 12,5                          | Д2                     |
|         |                                                                            | 6              | 80                          | 3,5            | 3,5            | 3,5                           | остальная              |
| Б       | 650                                                                        | 8              | 250                         | 3,0            | 5,0            | 12,0                          | осн.                   |
|         |                                                                            | 9              | 120                         | 4,0            | 5,0            | 9,0                           | Д2                     |
|         |                                                                            | 10             | 90                          | 4,0            | 4,0            | 4,0                           | остальная              |
|         |                                                                            | 11             | 30                          | 4,0            | 5,0            | 13,0                          | остальная              |
|         |                                                                            | 12             | 80                          | 4,0            | 5,0            | 9,0                           | Д2                     |
| В       | 670                                                                        | 14             | 70                          | 3,0            | 5,0            | 8,0                           | остальная              |
|         |                                                                            | 15             | 30                          | 5,0            | 5,0            | 5,0                           | остальная              |
| В       | 670                                                                        | 16             | 50                          | 4,0            | 5,0            | 9,0                           | остальная              |
|         |                                                                            | 17             | 90                          | 5,0            | 5,0            | 5,0                           | остальная              |
| Г       | 620                                                                        | 19             | 50                          | 3,0            | 3,0            | 3,0                           | остальная              |
|         |                                                                            | 21             | 80                          | 4,0            | 4,0            | 4,0                           | остальная              |
| Е       | 540                                                                        | 23             | 70                          | 3,0            | 5,0            | 12,0                          | Д2                     |
|         |                                                                            | 24             | 20                          | 3,0            | 5,0            | 8,0                           | остальная              |
| З       | 560                                                                        | 25             | 200                         | 3,0            | 5,0            | 12,0                          | осн.                   |
| Ж       | 590                                                                        | 26             | 50                          | 5,0            | 5,0            | 5,0                           | остальная              |

**2.2.2. Выбор вспомогательных поездных назначений плана формирования**

На этом этапе решения задачи все струи, отнесенные к категории остальных, из рис.2.12 выносятся на отдельный рисунок 2.13.

Остальные струи – маломощные струи. Количество вагонов в этих струях недостаточно для формирования поезда (например, струи

$n_4, n_{11}, n_{15}$  ) и вагоно-часы накопления на поездное назначение превышают возможную экономию вагоно-часов от сокращения переработки на попутных технических станциях. Однако, эти струи можно объединять, тем самым, увеличивая количество вагонов в поездном назначении. Например, можно объединить вагонопотоки  $n_4 + n_{11}$  в поездное назначение Б-3. Тогда, затратив на накопление  $см_Б = 650$  ваг-ч по станции Б, можно сэкономить на переработке вагоно-часов от проследования попутных технических станций В, Г и Ж

$$\Xi = (n_4 + n_{11})(t_{\text{жк}}^Б + t_{\text{жк}}^Г + t_{\text{жк}}^Ж) = (30 + 30)(4,0 + 5,0 + 4,0) = 780 \text{ ваг-ч.}$$

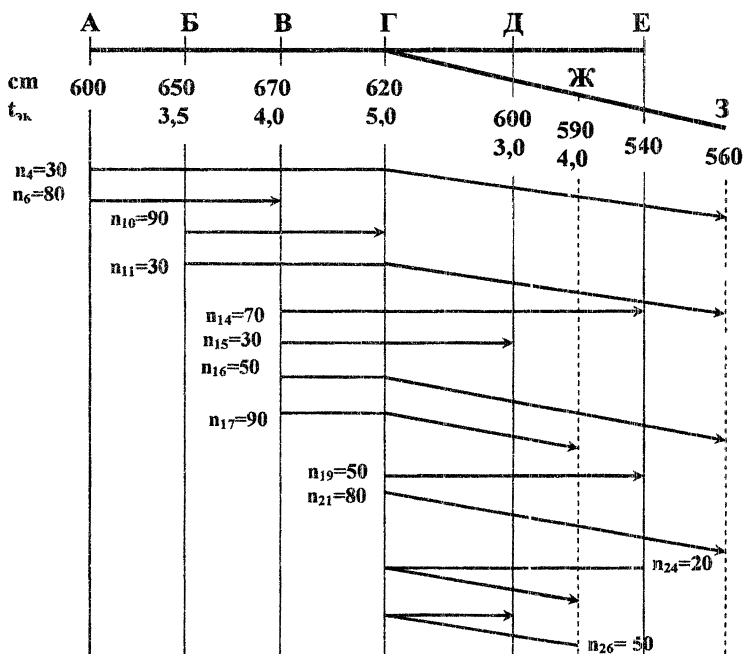


Рис.2.13. Поструйный график остальных вагонопотоков

Чистая экономия для этого назначения составит

$$\Delta \mathcal{E} = (n_4 + n_{11})(t_{\text{эк}}^B + t_{\text{эк}}^Г + t_{\text{эк}}^Ж) - \text{см}_B = 780 - 650 = 130 \text{ ваг-ч.}$$

В общем случае расчет экономии от объединения остальных струй во вспомогательное поездное назначение осуществляется по формуле (2.2)

Перебор и сравнение вариантов вспомогательных назначений можно осуществить следующим образом.

- Для каждой станции, начиная с начальной (ст. А) и последовательно по всем станциям, рассматриваются все возможные варианты объединения остальных струй во вспомогательные назначения. Причем *во вспомогательное назначение может быть включено не менее двух остальных струй вагонопотоков.*

Станция А. Возможно только одно вспомогательное назначение А–В, в которое включаются струи  $n_4, n_6$ . Для этого вспомогательного назначения экономии приведенных вагоно-часов нет

$$\Delta \mathcal{E} = (n_4 + n_6)t_{\text{эк}}^B - \text{см}_A = (30+80) \times 3,5 - 600 < 0.$$

Организация вспомогательного назначения А–В нецелесообразна.

Станция Б. На этой станции может быть два вспомогательных назначения Б–З и Б–Г.

Для назначения Б–З  $\Delta \mathcal{E} = (n_4 + n_{11})(t_{\text{эк}}^B + t_{\text{эк}}^Г + t_{\text{эк}}^Ж) - \text{см}_B = (30+30) \times (4,0 + 5,0 + 4,0) - 650 = < 0.$

Вспомогательное назначение Б–З эффективно.

Для назначения Б-Г  $\Delta \Theta = (n_4 + n_{10} + n_{11})t_{\text{эк}}^B - \text{см}_B = (30+90+30) \times 4,0 - 650 = 600 - 650 = -50 \text{ ваг-ч.}$

Вспомогательное назначение Б-Г неэффективно.

Аналогичным образом для всех станций по порядку рассматриваются все возможные варианты вспомогательных назначений и для каждого из них рассчитывается чистая экономия приведенных вагоно-часов.

В табл.2.2 приведена оценка эффективности вариантов объединения остальных струй во вспомогательные поездные назначения.

Таблица 2.2

Оценка эффективности вспомогательных назначений

| Станция формирования | Поездное назначение | Объединяемые остальные струи  | Мощность объединения струй, вагонов | Экономия времени на 1 вагон от снятия переработки, ч | Общая экономия вагоно-часов | Затраты вагоно-часов на накопление | $\Delta \Theta$ |
|----------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|-----------------|
| А                    | А-В                 | $n_4, n_6$                    | 110                                 | 3,5                                                  | 385                         | 600                                | —               |
| Б                    | Б-З                 | $n_4, n_{11}$                 | 60                                  | 13,0                                                 | 780                         | 650                                | 130             |
|                      | Б-Г                 | $n_4, n_{10}, n_{11}$         | 150                                 | 4,0                                                  | 600                         | 650                                | —               |
| В                    | В-З                 | $n_4, n_{11}, n_{16}$         | 110                                 | 9,0                                                  | 990                         | 670                                | 320             |
|                      | В-Ж                 | $n_4, n_{11}, n_{16}, n_{17}$ | 200                                 | 5,0                                                  | 1000                        | 670                                | <u>330</u>      |
|                      | В-Д                 | $n_{14}, n_{15}$              | 100                                 | 5,0                                                  | 500                         | 670                                | —               |
|                      |                     |                               |                                     |                                                      |                             |                                    |                 |
| Г                    | Г-З                 | $n_4, n_{11}, n_{16}, n_{21}$ | 190                                 | 4,0                                                  | 760                         | 620                                | 140             |
|                      | Г-Е                 | $n_{14}, n_{19}$              | 120                                 | 3,0                                                  | 360                         | 620                                | —               |

Для станций Е и Ж вспомогательных назначений нет, так как в эти назначения можно включить только одну остальную струю вагонопотока, соответственно,  $n_{24}$  и  $n_{26}$ .

• Полученные из табл.2.2 варианты вспомогательных назначений упорядочиваются в порядке уменьшения чистой экономии относительно вспомогательного назначения, дающего наибольший эффект. Варианты, для которых нет экономии приведенных вагоно-часов, исключаются из последующего рассмотрения.

Для рассматриваемого примера (табл.2.2) вспомогательным назначением с наибольшим эффектом является В-Ж. Упорядочение вариантов вспомогательных поездных назначений сведено в табл.2.3.

Таблица 2.3

Упорядочение вариантов вспомогательных назначений

| Станция формирования | Поездное назначение | Объединяемые остальные струи     | Мощность объединенных струй, вагонов | Экономия времени на 1 вагон от снятия переработки, ч | Общая экономия вагоно-часов | Затраты вагоно-часов на накопление | $\Delta \mathcal{E}$ |
|----------------------|---------------------|----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|----------------------|
| В                    | В – Ж               | $n_4, n_{11}, n_{16}, n_{17}$    | 200                                  | 5,0                                                  | 1000                        | 670                                | 330                  |
|                      | В – З               | $n_4, n_9, n_{12}$               | 110                                  | 9,0                                                  | 990                         | 670                                | 320                  |
| Г                    | Г – З               | $n_{14}, n_{15}, n_{16}, n_{11}$ | 190                                  | 4,0                                                  | 760                         | 620                                | 140                  |
| Б                    | Б – З               | $n_8, n_{13}$                    | 60                                   | 13,0                                                 | 780                         | 650                                | 130                  |

Примечание:  $n_4, n_{11}$  - струи вагонопотоков, входящие в более мощные вспомогательные назначения

Используя табл.2 3, последовательно рассматриваются все варианты вспомогательных назначений, дающих меньший эффект, для исключения из них вагонопотоков, входящих в назначения с большим эффектом. Делается это для того, чтобы исключить противоречивые варианты объединения остальных струй, т.к. один и тот же вагонопоток не может следовать одновременно в двух вспомогательных поездных назначениях, имеющих хотя бы одну попутную техническую станцию.

Назначение В-З исключаем из последующих расчетов, т.к. в это назначение входят струи  $n_4, n_{11}, n_{16}$ , которые уже включены в назначение В-Ж, дающее большую экономию приведенных вагоно-часов.

Назначение Г-З исключается из последующих расчетов, так как струи  $n_4, n_{11}, n_{16}$  входят во вспомогательное назначение В-Ж, а из одной оставшейся остальной струи  $n_{11}$  вспомогательное назначение образовать нельзя.

Назначение Б-З также исключается из последующих расчетов, так как в него входят струи  $n_4, n_{11}$ , которые входят в более мощное назначение В-Ж.

Таким образом, из остальных струй вагонопотоков можно выделить только одно вспомогательное назначение В-Ж, дающее чистую экономию в размере  $\Delta \Theta = 330$  ваг-ч

Замечание. При исключении остальных струй из вспомогательного назначения, объединение оставшихся в этом назначении остальных струй может дать экономию приведенных вагоно-часов. Поэтому

необходимо проверить эффективность выделения вспомогательного назначения из оставшихся остальных струй вагонопотоков.

### **2.2.3. Проверка эффективности включения остальных струй вагонопотоков в исходные струи**

К числу исходных струй вагонопотоков относятся:

- основные;
- дополнительные первого рода;
- дополнительные второго рода.

Существует ряд положений, которые необходимо соблюдать при проверке эффективности включения остальных струй вагонопотоков в исходные струи.

- Проверка включения остальных струй вагонопотоков в исходные струи осуществляется для всех остальных струй независимо от того, включены эти струи во вспомогательное поездное назначение или нет. Для этого используется поструйный график остальных вагонопотоков (рис.2.13).

- Включение остальной струи в исходную всегда эффективно. Этот эффект рассчитывается по формуле

$$\Delta \Theta = n \sum_{p=i+1}^{j-1} t_{ок}^p, \quad (2.6)$$

где  $n$  – число вагонов остальной струи вагонов;

$i, j$  – номера станций, соответственно, зарождения и погашения исходной струи.

- При наличии нескольких исходных струй, в которые можно включить остальную струю, принимается вариант включения, при котором сумма экономии приведенных вагоно-часов от проследования попутных технических станций без переработки будет наибольшая.

Если для остальной струи есть вариант включения в исходную струю и в то же время она входит во вспомогательное поездное назначение, то необходимо:

1. Рассчитать эффект от включения этой струи в исходную по формуле (2.6).

2. Откорректировать эффект от вспомогательного назначения при исключении из него остальной струи по формуле (2.2).

3. Возможны 2 случая:

- после корректировки по формуле (2.2) вспомогательное назначение будет *неэффективным*. Если эффект от включения остальной струи в исходную будет больше эффекта от вспомогательного назначения *до исключения из него остальной струи*, вспомогательное назначение исключается из последующих расчетов, остальная струя включается в исходную.

В противном случае, остальная струя следует во вспомогательном назначении;

- после корректировки по формуле (2.2) вспомогательное назначение будет *эффективным*. В этом случае определяется суммарный эффект от вспомогательного назначения (при исключении из этого назначения остальной струи) и включения остальной струи в исходную. Если этот суммарный эффект будет больше, чем эффект от

вспомогательного назначения *до исключения из него остальной струи*, то остальная струя включается в исходную, а вспомогательное назначение, без этой остальной струи, используется в последующих расчетах. Если суммарный эффект будет меньше, то к последующим расчетам принимается вспомогательное назначение в которое включена остальная струя.

- Остальные струи, не вошедшие во вспомогательные поездные назначения или в исходные струи, будут следовать в участковых поездах.

- После включения остальных струй в исходные, необходимо откорректировать классификацию исходных струй из-за увеличения их мощности, а также установить классификацию вспомогательного назначения.

На этом этапе решения задачи все струи, отнесенные к категории исходных струй (рис.2.11) выносятся на отдельный рисунок 2.14.

Для каждой остальной струи из рис.2.13 находятся варианты их включения в более короткие исходные струи.

Остальную струю  $n_4$  (рис.2.13) можно включить в более короткое исходное назначение  $n_5$  (рис.2.14).

Замечание. Струю  $n_4$  можно включить и в  $n_3$ , но тогда эта струя пройдет без переработки только 2 станции Б и В, что заведомо хуже, чем включение в  $n_5$ , где без переработки будет пройдено 3 станции Б, В и Г.

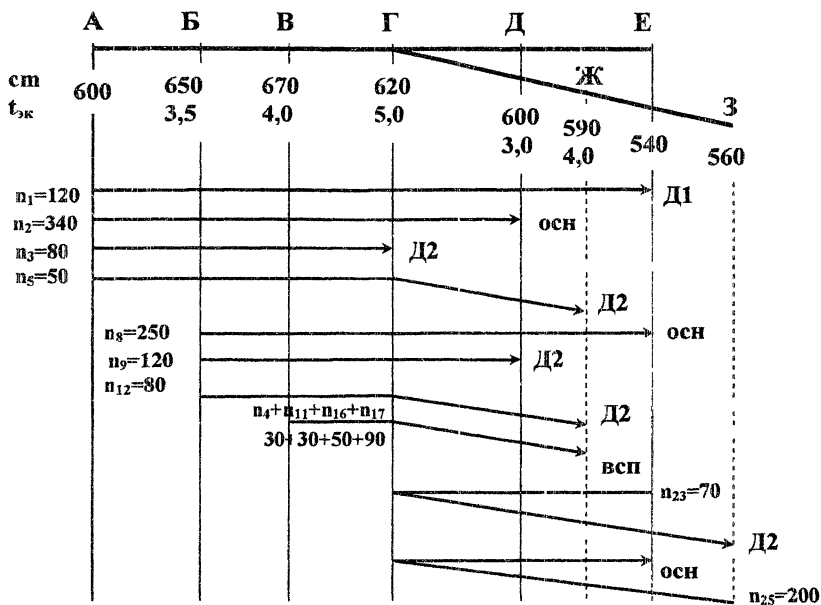


Рис.2.14. Исходные струи вагонопотоков

Эффект от включения остальной струи  $n_4$  в  $n_5$  составит

$$\mathcal{E} = n_4(t_{\text{ЭК}}^E + t_{\text{ЭК}}^B + t_{\text{ЭК}}^G) = 30(3,5 + 4,0 + 5,0) = 375 \text{ ваг-ч.}$$

При этом остальная струя  $n_4$  входит во вспомогательное поездно-ное назначение В – Ж, которое дает чистую экономию  $\Delta \mathcal{E} = 330$  ваг-ч.

Остальную струю  $n_4$  необходимо включить в исходную  $n_5$ .

При исключении из вспомогательного назначения остальной струи  $n_4$  в нем останутся остальные струи  $n_{11}, n_{16}, n_{17}$ . Проверяем останется ли это вспомогательное назначение эффективным?

$$\Delta \mathcal{E} = (n_{11} + n_{16} + n_{17})t_{\text{ж}}^r - cm_B = (30 + 50 + 90) 5,0 - 670 = 850 - 670 = 180 \text{ ваг-ч.}$$

Суммарный эффект от включения остальной струи  $n_4$  в исходную  $n_5$  с учетом существования при этом вспомогательного назначения В–Ж без  $n_4$ , составляет  $\sum \mathcal{E} = 375 + 180 = 555$  ваг-ч, что больше, чем если бы  $n_4$  оставалось во вспомогательном назначении, т.е. 330 ваг-ч.

Таким образом, остальную струю  $n_4$  следует включить в исходную струю  $n_5$ , но при этом она исключается из вспомогательного назначения В–Ж. На участке Ж–З струя  $n_4$  будет следовать в участковом назначении.

Во вспомогательном назначении В–Ж останутся остальные струи  $n_{11}, n_{16}, n_{17}$  с чистой экономией 180 ваг-ч.

Остальная струя  $n_6$  не входит во вспомогательное назначение и для нее нет исходной струи, в которую она могла бы быть включена. Вагонопоток  $n_6$  включается в участковые назначения А–Б и Б–В.

Аналогичные рассуждения справедливы и для остальной струи  $n_{10}$ , которая будет включена в участковые назначения Б–В и В–Г.

Остальная струя  $n_{11}$  включается в исходную струю  $n_{12}$ . Эффект от включения составит  $\mathcal{E} = n_{11}(t_{\text{жВ}} + t_{\text{жГ}}) = 30 (4,0 + 5,0) = 270$  ваг-ч.

При этом остальная струя  $n_{11}$  входит во вспомогательное назначение В–Ж, которое дает чистую экономию  $\Delta \mathcal{E} = 180$  ваг-ч. При исключении из него остальной струи  $n_{11}$ , во вспомогательном назначе-

нии В-Ж останутся остальные струи  $n_{16}, n_{17}$ . Проверим эффективности вспомогательного назначения без остальной струи  $n_{11}$ .

$$\Delta \mathcal{E} = (n_{16} + n_{17})t_{\text{эгр}} - \text{см}_B = (50 + 90) 5,0 - 670 = 700 - 670 = 30 \text{ ваг-ч.}$$

Суммарный эффект от включения остальной струи  $n_{11}$  в исходную  $n_{12}$  с учетом вспомогательного назначения В-Ж без остальной  $n_{11}$ , составляет  $\Sigma \mathcal{E} = 270 + 30 = 300 \text{ ваг-ч}$ , что больше, чем 180 ваг-ч.

Таким образом, остальную струю  $n_{11}$  следует включить в исходную струю  $n_{12}$ , но при этом она исключается из вспомогательного назначения В-Ж. На участке Ж-З струя  $n_{11}$  будет следовать в участковом назначении.

Во вспомогательном назначении В-Ж останутся остальные струи  $n_{16}, n_{17}$  с экономией 30 ваг-ч

Для оставшихся остальных струй  $n_{14}, n_{15}, n_{16}, n_{17}, n_{19}, n_{21}, n_{24}, n_{26}$  нет более коротких исходных струй, в которые их можно было бы включить. Поэтому они включаются в участковые назначения.

Включение остальных струй в исходные показаны на рис 2 15.

В табл.2 4 корректируется классификация исходных струй, в которые вошли остальные струи и устанавливается классификация вспомогательного назначения

При включении остальных струй в исходные, возможно так называемое последовательно-параллельное включение, то есть такое включение, при котором для остальной струи существуют более короткие сквозные исходные струи, общий маршрут следования которых совпадает с маршрутом следования остальной струи



Таблица 2.4

Корректировка классификации исходных струй вагонопотоков

| Исходная струя | Мощность исходной струи, вагонов |                                   | Классификация                |                                 |
|----------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
|                | до включения остальных струй     | после включения остальных струй   | до включения остальных струй | после включения остальных струй |
| $n_5$          | $n_5 = 50$                       | $n_5 + n_4 = 50 + 30 = 80$        | Д2                           | Д2                              |
| $n_{12}$       | $n_{12} = 80$                    | $n_{12} + n_{11} = 80 + 30 = 110$ | Д2                           | Д2                              |
| В-Ж (всп)      | —                                | $n_{16} + n_{17} = 50 + 90 = 140$ | —                            | осн.                            |

В приведенном расчете такого случая нет, поэтому рассмотрим такое включение на примере (рис.2.16), не связанным с основным расчетом.

Для остальной струи  $n_1$  существуют более короткие сквозные исходные струи  $n_2$  и  $n_3$ , общий маршрут следования которых совпадает с маршрутом следования остальной струи. Эффект от включения остальной струи в исходные составит  $\mathfrak{E} = n_1(t_{\text{эк}}^2 + t_{\text{эк}}^4 + t_{\text{эк}}^5) = 30 \times (3,5 + 5,0 + 3,0) = 345$  ваг-ч.

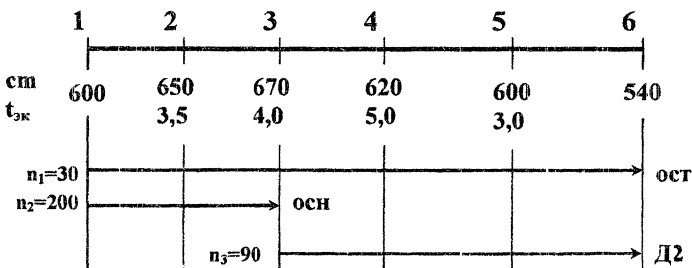


Рис. 2.15 Последовательно-параллельное включение остальной струи в исходные струи

### **2.3.4. Объединение исходных струй вагонопотоков и нахождение оптимального варианта плана формирования поездов**

При объединении двух исходных струй экономятся вагоно-часы на накопление поездного назначения, т. к. вместо двух поездных назначений будет одно. Но при этом возникают вагоно-часы переработки вагонопотоков на попутных технических станциях.

*Поэтому, объединение двух исходных струй вагонопотоков целесообразно, если экономия вагоно-часов накопления на поездное назначение будет превышать затраты вагоно-часов переработки вагонопотоков на попутных технических станциях*

В противном случае, если вагоно-часы накопления на поездное назначение окажутся меньше затрат вагоно-часов на переработку, объединение не выгодно и исходные струи будут следовать самостоятельно. При этом можно руководствоваться следующими соображениями.

- Основные струи нельзя укорачивать (перерабатывать);
- Дополнительные струи первого рода могут перерабатываться, как правило, не более одного раза;
- Дополнительные струи второго рода могут перерабатываться, как правило, не более двух раз;
- Объединение исходных струй осуществляется последовательно по всем станциям железнодорожного направления. Для рассматриваемого примера по станциям А, Б, В и т.д.
- При объединении исходных струй необходимо учитывать их последовательно-параллельное расположение, т.е. когда для ис-

ходной струи существуют более короткие сквозные исходные струи, общий маршрут следования которых совпадает с маршрутом следования объединяемой исходной струи;

- При наличии нескольких вариантов возможного объединения одной и той же исходной струи с более короткими исходными струями, выбирается вариант, обеспечивающий наибольшую экономию вагоно—часов;

- В случае объединения исходной струи с более короткой, *перерабатывать более короткую струю нельзя.*

Для каждой исходной струи рассматриваются все возможные варианты ее объединения с другими более короткими исходными струями как на станции зарождения этой струи, так и на попутных станциях.

#### Станция А.

1. Исходную струю вагонопотока  $n_1$  (Д1) можно объединить с более короткой исходной струей  $n_2$ . В этом случае экономятся вагоно-часы накопления на станции А  $\mathcal{E} = ct_A = 600$  ваг—ч. Однако, следуя в назначении А—Д вагонопоток  $n_1$  будет перерабатываться на станции Д, на что будет затрачено  $\mathcal{Z} = n_1 t_{\text{эк}}^D = 120 \times 3,0 = 360$  ваг—ч. Чистая экономия составит  $\Delta \mathcal{E} = 600 - 360 = 240$  ваг—ч.

2. Исходная струя  $n_2$  не объединяется с более короткими исходными струями, т.к. она основная.

3. Для исходной струи  $n_3$  (Д2) нет вариантов объединения.

4. Дополнительную струю 2 рода  $(n_5 + n_4)$  можно объединить с более короткой струей  $n_3$  назначением А–Г.

Чистая экономия составит  $\Delta\mathcal{E} = cm_A - (n_5 + n_4)t_{ж}^F = 600 - (50 + 30) 5,0 = 600 - 400 = 200$  ваг–ч.

### Станция Б

1. Исходная струя  $n_8$  не объединяется с более короткими исходными струями, т.к. она основная.

2. Для исходной струи  $n_9$  (Д2) нет вариантов объединения.

3 На станции Б возможно включение вагонопотока  $n_1$  в основную струю  $n_8$ . Экономия за счет снятия накопления вагонопотока  $n_1$  на поездное назначение на станции А равна  $cm_A = 600$  ваг–ч, затраты вагоно-часов на переработку вагонопотока  $n_1$  на станции Б составляют  $\mathcal{Z} = n_1 t_{ж}^B = 120 \times 3,5 = 420$  ваг–ч.

Отсюда чистая экономия составит  $\Delta\mathcal{E} = 600 - 420 = 180$  ваг–ч.

Но ранее вагонопоток  $n_1$  был объединен с  $n_2$  с чистой экономией  $\Delta\mathcal{E} = 240$  ваг–ч, что больше, чем при объединении с  $n_8$ . Этот вариант можно включить в план формирования одnogруппных поездов, т.к. других вариантов с однократной переработкой вагонопотока  $n_1$ , как дополнительной первого рода, нет.

4. На станции Б также возможно включение дополнительной струи 2 рода  $(n_5 + n_4)$  в исходную струю  $(n_{12} + n_{11})$  Экономия за счет снятия накопления вагонопотока  $(n_5 + n_4)$  на станции А равна

600 ваг-ч, затраты на переработку вагонопотока  $(n_5 + n_4)$  на станции Б составляют  $Z = (n_5 + n_4)t_{\text{жк}}^B = (50 + 30) \times 3,5 = 280$  ваг-ч.

Чистая экономия составит  $\Delta Z = 600 - 280 = 320$  ваг-ч.

Но ранее вагонопоток  $(n_5 + n_4)$  был объединен с дополнительной 2 рода  $n_3$  с  $\Delta Z = 200$  ваг-ч, что меньше, чем при объединении с  $(n_{12} + n_{11})$ . Отсюда объединяем  $(n_5 + n_4)$  с  $(n_{12} + n_{11})$ .

5. По станции Б возможно также объединение исходных струй в одно назначение Б-Г. Здесь может быть несколько вариантов:

- объединение двух струй  $n_3$  и  $n_9$ ;
- объединение двух струй  $n_3$  и  $(n_{12} + n_{11})$ ;
- объединение трех струй  $n_3$ ,  $n_9$  и  $(n_{12} + n_{11})$ ;
- объединение четырех струй  $n_3$ ,  $n_9$ ,  $(n_{12} + n_{11})$  и  $(n_5 + n_4)$ .

Все эти варианты не дают экономии приведенных вагоно-часов.

Рассмотрим для примера вариант объединения трех струй  $n_3$ ,  $n_9$  и  $(n_{12} + n_{11})$ .

Экономия вагоно-часов накопления складывается из снятия накопления по станции А для вагонопотока  $n_3$  – 600 ваг-ч и одного накопления по станции Б – 650 ваг-ч (вместо двух назначений Б-Д и Б-Ж будет только одно – Б-Г). Итого:  $600 + 650 = 1250$  ваг-ч.

Дополнительные затраты возникают из-за переработки:

вагонопотока  $n_3$  по станции Б  $Z = n_3 t_{\text{жк}}^B = 80 \times 3,5 = 280$  ваг-ч;

вагонопотока  $n_9$  по станции Г  $Z = n_9 t_{\text{жк}}^Г = 120 \times 5,0 = 600$  ваг-ч;

вагонопотока  $(n_{12} + n_{11})$  по станции Г  $Z = (n_{12} + n_{11})t_{жк}^Г = (80 + 30)5,0 = 550$  ваг-ч.

Общие затраты приведенных вагоно-часов на переработку составят  $280 + 600 + 550 = 1430$  ваг-ч, что превышает экономию от снятия накопления – 1250 ваг-ч.

### Станция В.

1. Исходная струя  $(n_{16} + n_{17})$  не объединяется с более короткими исходными струями, т.к. она основная.

2. На станции В возможно включение дополнительной струи второго рода  $(n_{12} + n_{11})$  в основную (вспомогательную) струю  $(n_{16} + n_{17})$ . Чистая экономия составит  $\Delta Z = ct_B - (n_{12} + n_{11})t_{жк}^B = 650 - 80 + 30) 4,0 = 650 - 440 = 110$  ваг-ч.

Но ранее с вагонопотоком  $(n_{12} + n_{11})$  была объединена дополнительная 2 рода  $(n_5 + n_4)$  с  $\Delta Z = 320$  ваг-ч, что больше, чем при объединении  $(n_{12} + n_{11})$  с  $(n_{16} + n_{17})$ . Отсюда, делаем вывод, что с  $(n_{12} + n_{11})$  будет объединена струя  $(n_5 + n_4)$ .

3. Возможно включение дополнительной струи 2 рода  $(n_5 + n_4)$  в основную (вспомогательную) струю  $(n_{16} + n_{17})$ . Чистая экономия составит  $\Delta Z = ct_A - (n_5 + n_4)(t_{жк}^B + t_{жк}^B) = 600 - (50 + 30)(3,5 + 4,0) = 600 - 600 = 0$  ваг-ч, т.е. экономии нет.

Для удобства рассмотрения возможных вариантов объединения исходных струй вагонопотоков все расчеты можно свести в табл. 2.5.

Затем результаты расчетов анализируются на предмет выявления противоречащих друг – другу вариантов. Порядок их оценки аналогичен порядку оценки вариантов объединения остальных струй во вспомогательные назначения.

Таблица 2.5

Расчет вариантов объединения исходных струй

| Станция | Назначение | Вошедшие вагонопотоки                     | Снятие накопления на станции | Переработка вагонопотока на станции                       | Экономия, вагоно-часов накопления | Заграты вагоно-часов на переработку                | $\Delta \mathcal{E}$ |
|---------|------------|-------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------|
| А       | А–Д        | $n_2 + n_1$                               | А                            | Д–3,0                                                     | 600                               | $120 \times 3 = 360$                               | 240                  |
| А       | А–Г        | $n_3 + \{n_5 + n_4\}$                     | А                            | Г–5,0                                                     | 600                               | $80 \times 5 = 400$                                | 200                  |
| Б       | Б–Е        | $n_8 + n_1$                               | А                            | Б–3,5                                                     | 600                               | $120 \times 3,5 = 420$                             | 180                  |
| Б       | Б–Ж        | $(n_{12} + n_{11}) + \{n_5 + n_4\}$       | А                            | Б–3,5                                                     | 600                               | $(50 - 30)3,5 = 280$                               | 320                  |
| Б       | Б–Г        | $n_3 + n_9 + (n_{12} + n_{11})$           | А, Б                         | Б–3,5 $n_3$ ,<br>Г–5,0 $n_9$ ,<br>Г–5,0 $n_{12} + n_{11}$ | 1250                              | $80 \times 3,5 + 120 \times 5 + (80 + 30)5 = 1430$ | -180                 |
| В       | В–Ж        | $(n_{16} + n_{17}) + \{n_{12} + n_{11}\}$ | Б                            | В–4,0                                                     | 650                               | $(80 + 30)4 = 440$                                 | 110                  |
| В       | В–Ж        | $(n_{16} + n_{17}) + \{n_5 + n_4\}$       | А                            | Б–3,5<br>В–4,0                                            | 600                               | $(50 + 30) \times (3,5 + 4) = 600$                 | 0                    |

Примечание: выделенные струи  $n_i$  – исходные струи, которые объединяются с другими исходными струями.

В табл.2.6 производится упорядочение вариантов объединения исходных струй, а в табл.2.7 приведены результаты их объединения.

Исходные струи, не вошедшие в варианты объединения, в оптимальном варианте плана формирования будут включены в самостоятельные назначения.

Таблица 2.6

Упорядочение вариантов объединения исходных струй

| Станция | Назначение | Вошедшие вагонопотоки                   | Снятие накопления на станции | Переработка вагонопотока на станции | Экономия вагоно-часов накопления | Затраты вагоно-часов на переработку | $\Delta \mathcal{E}$ |
|---------|------------|-----------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| Б       | Б-Ж        | $(n_{12} + n_{11}) + (n_5 + n_4)$       | А                            | Б-3,5                               | 600                              | $(50 + 30)3,5 = 280$                | 320                  |
| А       | А-Д        | $n_2 + n_1$                             | А                            | Д-3,0                               | 600                              | $120 \times 3 = 360$                | 240                  |
| А       | А-Г        | $n_3 + (n_{12} + n_{11})$               | А                            | Г-5,0                               | 600                              | $80 \times 5 = 400$                 | 200                  |
| Б       | Б-Е        | $n_8 + n_7$                             | А                            | Б-3,5                               | 600                              | $120 \times 3,5 = 420$              | 180                  |
| В       | В-Ж        | $(n_{16} + n_{17}) + (n_{12} + n_{11})$ | Б                            | В-4,0                               | 650                              | $(80 + 30)4 = 440$                  | 110                  |
| В       | В-Ж        | $(n_{16} + n_{17}) + (n_5 + n_4)$       | А                            | Б-3,5<br>В-4,0                      | 600                              | $(50 + 30) \times (3,5 + 4) = 600$  | 0                    |

Примечание: выделенные струи  $(n_{12} + n_{11})$  – исходные струи, которые содержатся в варианте объединения исходных струй с большей чистой экономией  $\Delta \mathcal{E}$ .

В результате проведенных расчетов можно выделить в оптимальный план формирования одnogруппных поездов (рис.2.17) следующие назначения:

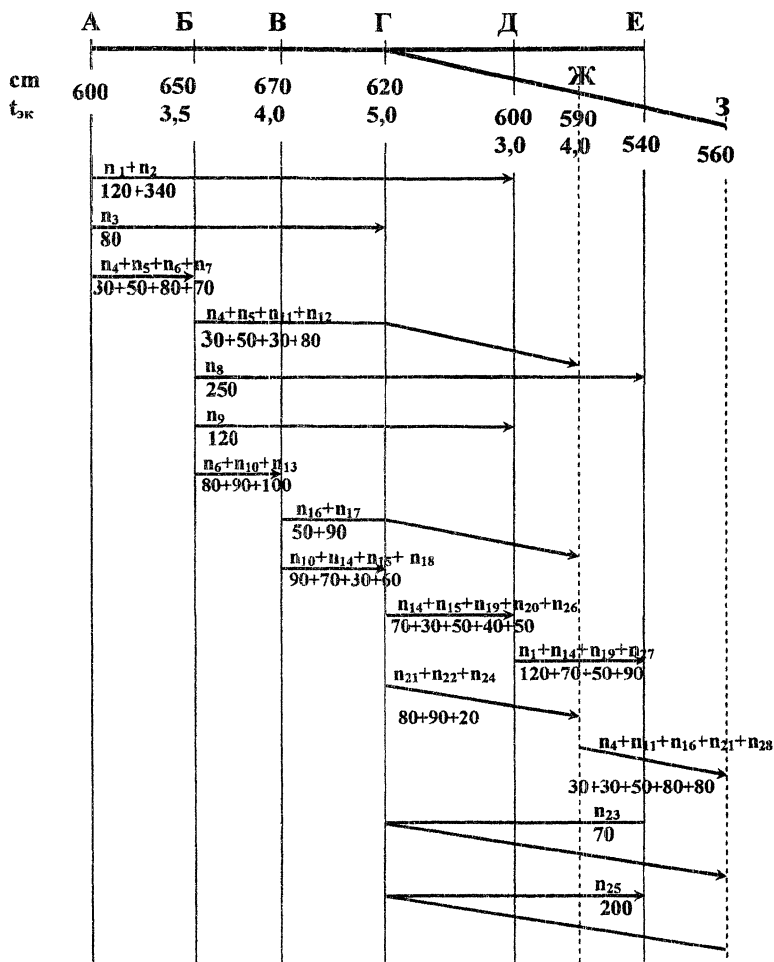


Рис.2.17. Оптимальный вариант плана формирования одногруппных поездов в заданном направлении

Таблица 2.7

## Результаты объединения исходных струй

| Станция | Назначение | Вошедшие вагонопотоки           | Снятие накопления на станции | Переработка вагонопотока на станции | Экономия, вагоно-часов на накопления | Затраты вагоно-часов на переработку | ΔЭ  |
|---------|------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-----|
| А       | А–Д        | $n_2 + n_1$                     | А                            | Д–3,0                               | 600                                  | $120 \times 3 = 360$                | 240 |
| Б       | Б–Ж        | $n_{12} + n_{11} + (n_5 + n_4)$ | А                            | Б–3,5                               | 600                                  | $(50 + 30) \times 3,5 = 280$        | 320 |

По станции А:

- выделяется сквозное назначение А–Д, в которое включается основная струя вагонопотока  $n_2$ , к которой целесообразно присоединить вагонопоток  $n_1$ . На участке Д–Е струя  $n_1$  будет следовать в участковом назначении;

- выделяется в самостоятельное сквозное назначение А–Г струя  $n_3$ ;

- формируется участковое назначение А–Б.

По станции Б:

- формируется сквозное назначение Б–Ж, в которое включается дополнительная струя 2 рода  $(n_{12} + n_{11})$ , к которой присоединяется вагонопоток  $(n_5 + n_4)$ . На участке А–Б струя  $(n_5 + n_4)$  будет следовать в участковом назначении;

- выделяется в самостоятельное сквозное назначение Б–Е струя  $n_8$ ;

- выделяется в самостоятельное сквозное назначение Б–Д струя  $n_9$ ;

- формируется участковое назначение Б–В.

По станции В.

- выделяется вспомогательное назначение В–Ж, которое после корректировки стало основным;

формируется участковое назначение В–Г.

По станции Г.

- формируются два участковых назначения Г–Д и Г–Ж.

По станции Д.

- формируется участковое назначение Д–Е.

По станции Е.

выделяется в самостоятельное сквозное назначение Е–З струя  $n_{23}$ .

По станции Ж.

- формируется участковое назначение Ж–З.

По станции З.

- выделяется в самостоятельное сквозное назначение З–Е струя  $n_{25}$ .

Таким образом, оптимальный вариант плана формирования поездов имеет 8 сквозных и 7 участковых назначений.

При объединении исходных струй, возможно так называемое последовательно–параллельное расположение исходных струй, т.е. когда для исходной струи существуют более короткие сквозные исход-

ные струи, общий маршрут следования которых совпадает с маршрутом следования объединяемой струи.

В приведенном расчете такого случая нет, поэтому рассмотрим такое включение на примере (рис.2.18), не связанным с основным расчетом. Для исходной струи  $n_1$  дополнительной первого рода существуют более короткие сквозные исходные струи  $n_2$  и  $n_3$ , общий маршрут следования которых совпадает с маршрутом следования исходной струи  $n_1$ .

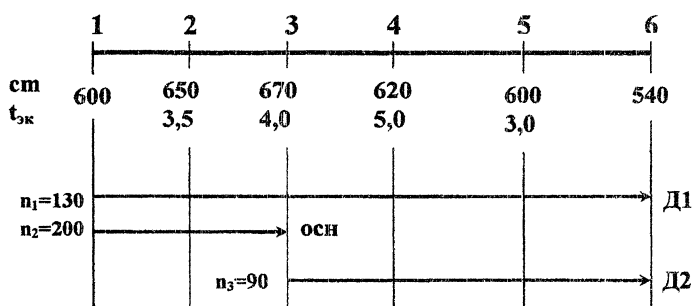


Рис. 2.18 Последовательно-параллельное объединение исходных струй

На станции 1 возможно включение струи  $n_1$  в исходную струю  $n_2$ , а по станции 3 в исходную струю  $n_3$ . Экономия за счет снятия накопления вагонопотока  $n_1$  на станции 1 равна 600 ваг-ч, затраты на переработку вагонопотока  $n_1$  на станции 3 составляют  $З = n_1 t_{ск}^3 = 130 \times 4,0 = 520$  ваг-ч.

Чистая экономия составит  $\Delta \mathcal{E} = 600 - 520 = 80$  ваг-ч. Объединение возможно.

### **2.3. Сравнение результатов расчета плана формирования одnogруппных поездов**

Сравнивая варианты плана формирования, полученные методом совмещенных аналитических сопоставлений (рис.2.11) и методом непосредственного расчета (рис.2.17), не трудно заметить их различие.

Общие приведенные вагоно-часы накопления и переработки в варианте на рис.2.11 составляют 17265 ваг-ч, а в варианте на рис. 2.17 – 17355 ваг-ч.

Однако, относительная погрешность второго варианта составляет всего лишь 0,5 %

$$\alpha = \frac{(17355 - 17265) \times 100}{17265} = 0,5\%.$$

Следует отметить, что из полученных результатов не следует приоритет одного метода расчета плана формирования над другим, так как при изменении исходных данных расчет плана формирования методом проф. В.М.Акулиничева может дать несколько лучший результат, чем расчет методом проф. К.А.Бернгарда.

### 3. РАСЧЕТ ПЛАНА ФОРМИРОВАНИЯ ПОЕЗДОВ ИЗ ПОРОЖНИХ ВАГОНОВ

#### 3.1. Расчет баланса порожних вагонов и составление построеного графика порожних вагонопотоков

Перед составлением плана формирования поездов из порожних вагонов необходимо определить пункты зарождения и погашения порожних вагонопотоков.

Для этого на основании таблицы среднесуточных плановых груженых вагонопотоков (табл. 1.1) для каждой станции полигона определяется баланс порожних вагонов, т.е. их избыток или недостаток (табл. 3.1). Избыток образуется при превышении выгрузки над погрузкой, а недостаток возникает при превышении погрузки над выгрузкой:

$$\pm n_{пор} = n_{выгр} - n_{погр}, \quad (4.1)$$

где знак «+» – избыток порожних вагонов;

знак «-» – недостаток порожних вагонов.

В отличие от расчета плана формирования однопутных поездов, который в курсовой работе рассчитывается для одного направления следования, включая угловые вагонопотоки, план формирования поездов из порожних вагонов рассчитывается в обоих направлениях одновременно.

В задании на курсовую работу не предусмотрено деление порожних вагонов по родам. Поэтому все порожние вагоны могут быть использованы под погрузку на станциях выгрузки. Так, согласно

табл.1.1, на станцию А прибывает под выгрузку ежедневно 530 вагонов, а отправляется – грузится 770. Баланс порожних вагонов составляет  $530 - 770 = - 240$  вагонов. Для обеспечения запланированной погрузки на станции А недостает 240 порожних вагонов и их необходимо подослать на эту станцию. На станцию Е ежедневно прибывают – выгружаются 780 груженных вагонов, а отправляются – грузятся 490 вагонов,  $780 - 490 = + 290$  вагонов. Таким образом, на станции Е освобождается 290 порожних вагонов, которые необходимо направить на станции с недостатком вагонов для обеспечения на них погрузки.

Таблица 3.1

Баланс порожних вагонов

| Из \ На        | А   | Б   | В   | Г   | Д   | Е   | Ж   | З   | Всего | Избыток (+) |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------------|
| А              | -   |     |     |     |     |     |     |     | 770   | -           |
| Б              |     | -   |     |     |     |     |     |     | 730   | -           |
| В              |     |     | -   |     |     |     |     |     | 420   | 270         |
| Г              |     |     |     | -   |     |     |     |     | 620   | 30          |
| Д              |     |     |     |     | -   |     |     |     | 540   | 130         |
| Е              |     |     |     |     |     | -   |     |     | 490   | 290         |
| Ж              |     |     |     |     |     |     | -   |     | 460   | -           |
| З              |     |     |     |     |     |     |     | -   | 630   | -           |
| Всего          | 530 | 560 | 690 | 650 | 670 | 780 | 440 | 340 | 4660  |             |
| Недостаток (-) | 240 | 170 | -   | -   | -   | -   | 20  | 290 |       | 720         |

На основании табл. 3.1. составляется построительный график порожних вагонопотоков (рис. 3.1). На графике рядом с наименованием станций полигона железной дороги проставляются значения вагоно-часов накопления порожних вагонов  $см^n$ , приведенной экономии времени от проследования порожнего вагона попутной технической станции без переработки  $t'_{зк}$  и нормы экономии при поступлении порожних вагонов под погрузку маршрутами  $t_{назн}$ .

Значения вагоно-часов накопления порожних вагонов  $см^n$  определяются путем умножения значений параметра накопления порожних вагонов и величины состава из порожних вагонов.

Также у каждой станции проставляется из табл.3.1. избыток порожних вагонов со знаком (+) и недостаток со знаком (-).

Затем избыток порожних вагонов, образованный на станциях В, Г, Д и Е, распределяем между станциями, где их недостаток – А, Б, Ж и З. При этом направлять порожние вагоны под погрузку следует по кратчайшему пути, не допуская встречного пробега порожних вагонов.

Как видно из рис.3.1 недостаток порожних вагонов для погрузки на станциях А и Б в 410 вагонов компенсируется за счет избытка вагонов на станциях В, Г и Д. Оставшиеся 20 порожних вагонов на станции Д направляются на станцию Ж. Избыток в 290 вагонов на станции Е направляется на станцию З. При таком распределении порожних вагонов по полигону железной дороги ни на одном участке нет встречного пробега вагонов.

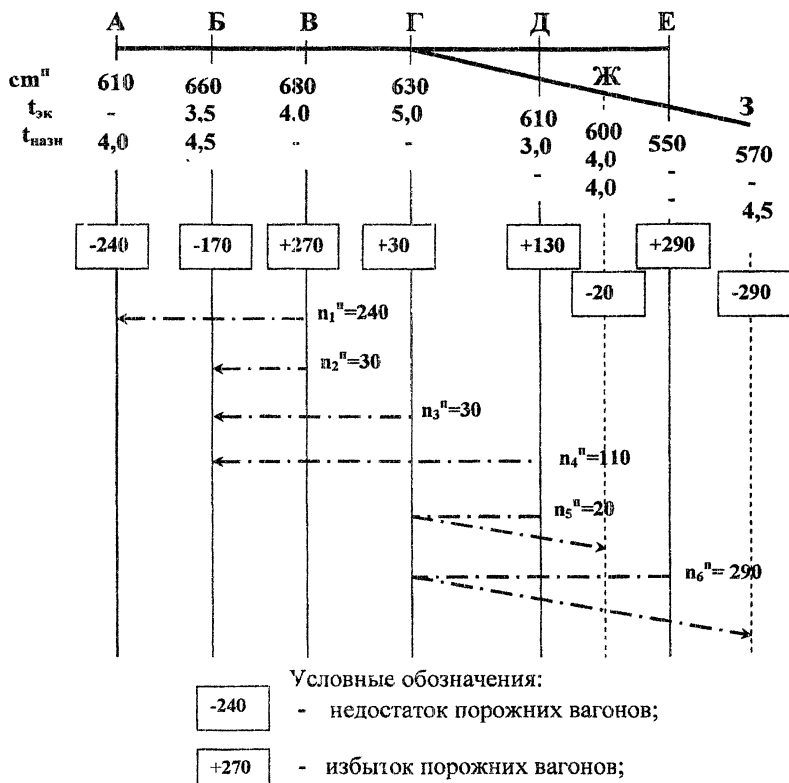


Рис.3.1. Поструйный график порожних вагонопотоков

Для расчета плана формирования поездов из порожних вагонов в методических указаниях предлагается два способа:

1. С учетом характера изменения порожних вагонопотоков;
2. С использованием аналитического метода непосредственного расчета плана формирования.

### 3.2. Расчет плана формирования поездов из порожних вагонов с учетом характера изменения порожних вагонопотоков

Порожние вагоны формируются на станциях, где имеется их избыток, могут отправляться маршрутами или комбинированными поездами (порожние вагоны в составе груженых поездов). Выбор способа формирования маршрута должен обеспечивать наименьшие затраты вагоно-часов для порожних вагонопотоков, отправляющихся с данной станции.

Порожние маршруты дают экономию вагоно-часов не только в пути следования по попутным техническим станциям, но и на станциях назначения, т.е. на станциях погрузки. После выполнения необходимых операций, порожние вагоны могут быть поданы к фронту погрузки, что значительно сокращает простои порожних вагонов при их переработке и подаче под погрузку.

Разница во времени от прибытия на станцию до подачи под погрузку при поступлении порожних вагонов маршрутами, составляет дополнительную экономию вагоно-часов.

Необходимое условие для формирования маршрутов из порожних вагонов на станции  $i$  имеет вид

$$n_i^n (t_{\text{назн}} + \sum_{p=i+1}^{p=j-1} t_{jk}^p) \geq c m_i^n, \quad (3.2)$$

где  $n_i^n$  — среднесуточный порожний вагонопоток на станции  $i$ , вагонов;

$i$  — номер начальной станции порожнего вагонопотока;

$j$  – номер конечной станции порожнего вагонопотока;

$t_{\text{назн}}$  – норма экономии при поступлении порожних вагонов на станцию погрузки маршрутами, ч;

$cm_i^n$  – вагоно–часы накопления порожних вагонов на станции  $i$ .

Струи, отвечающие этому условию, включаются в план формирования поездов из порожних вагонов.

В дальнейшем расчет плана формирования поездов из порожних вагонов определяется характером изменения порожних вагонопотоков.

Различают три расчетные схемы зарождения и погашения порожних вагонопотоков:

- 1) возрастание размеров порожних вагонопотоков в направлении нормального следования порожних вагонов, когда они образуются в разных районах, а погашаются в одном районе;
- 2) убывание размеров порожнего потока в направлении нормального следования порожних вагонов при образовании их в одном районе и постепенном погашении в разных районах;
- 3) изменение потоков в пути следования, когда они образуются в разных районах и погашаются также в разных районах.

Для участков с возрастанием размеров порожних вагонопотоков целесообразность выделения порожней струи на  $i$  – ой станции зарождения определяется условием:

$$n_i^n t_{\text{жк}}^3 \geq cm_i^n, \quad (3.2)$$

где  $t_{\text{жк}}^3$  — приведенная экономия времени от проследования порожнего вагона без переработки технической станции, ближайшей к станции зарождения порожнего вагонопотока, ч.

Если условие (3.2) не выполняется, то проверяется целесообразность объединения этой струи с порожним вагонопотоком, зарождающимся на ближайшей попутной технической станции.

На участке с убыванием порожнего вагонопотока порожние вагоны рассматриваются, как общий вагонопоток независимо от количества назначений на станциях формирования. Целесообразность формирования маршрутов из порожних вагонов на станции  $i$  определяется условием:

$$\sum_{p \in S} n_p^n t_{\text{назн}} \geq c m_i^n, \quad (3.3)$$

где  $S$  — множество номеров струй порожнего вагонопотока, объединяемых в маршрут на станции  $i$ .

При несоответствии условию (3.3) порожние вагонопотоки включаются в участковые назначения поездов.

При изменении вагонопотоков в пути следования рассчитывают их в последовательном порядке, начиная от головной станции направления.

В качестве примера рассчитаем план формирования поездов из порожних вагонов по данным, представленным на рис. 3.1.

Необходимо проверить возможность самостоятельного следования сквозных назначений  $n_1^n, n_3^n, n_4^n, n_5^n$  и  $n_6^n$ .

Необходимому условию выделения струи порожних вагонов в самостоятельное назначение (3.2) отвечают три струи: В–А ( $n_1^n$ ), Д–Б ( $n_4^n$ ) и Е–З ( $n_6^n$ ). Для назначения В–А:  $240 \times (3,5+4) = 1800 > 680$  ваг–ч; для Д–Б:  $110 \times (5+4+4,5) = 480 > 630$  ваг–ч; для Е–З:  $290 \times (3+5+4+4,5) = 4785 > 550$  ваг–ч. Все эти струи включаются в план формирования поездов из порожних вагонов (рис.3.2). Остальные струи будут следовать в участковых поездах.

На рис. 3.3 представлен план формирования груженых поездов и поездов из порожних вагонов.

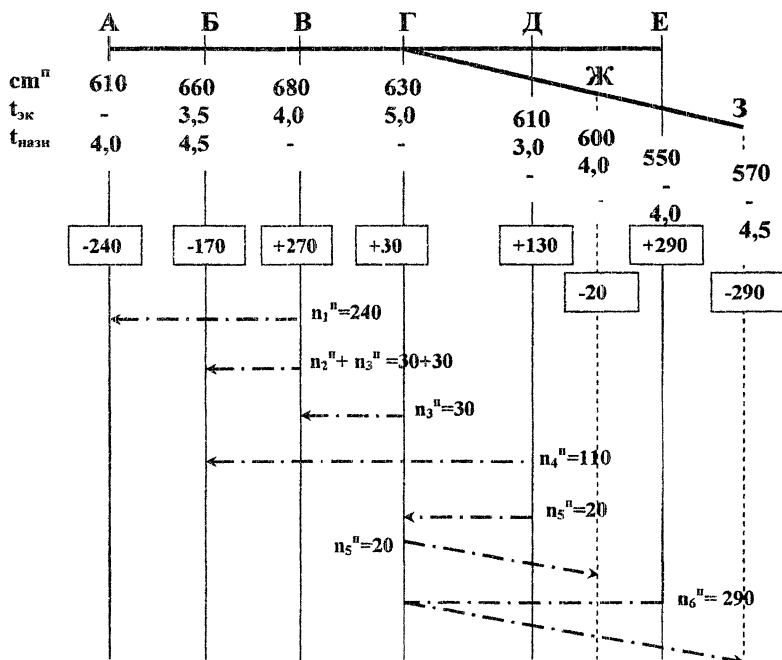


Рис.3.2. План формирования поездов из порожних вагонов



### 3.3. Расчет плана формирования поездов из порожних вагонов аналитическим методом непосредственного расчета

Для разработки плана формирования поездов из порожних вагонов используется аналитический метод непосредственного расчета.

Расчет производится аналогично расчету оптимального плана формирования груженых одnogруппных поездов (п. 2.2).

В качестве примера рассчитаем план формирования поездов из порожних вагонов по данным, представленным на рис. 3.1.

#### 1. Классификация струй порожних вагонопотоков.

Выбор основных, дополнительных первого рода, дополнительных второго рода и остальных струй порожних вагонопотоков осуществляется также, как в п. 2.2.1. Результаты выбора представлены в табл. 3.2 и на рис. 3.4.

Таблица 3.2

Классификация струй порожних вагонопотоков

| Станция | Вагоно-<br>часы на-<br>копления<br>порожних<br>вагонов,<br>$ст_i^n$ | Номер<br>струи | Мощ-<br>ность<br>струи,<br>$n_i^n$ | $t_{эк}^{min}$ | $t_{эк}^{max}$ | $\sum_{p=i+1}^{j-1} t_{эк}^p$ | Классифика-<br>ция струй |
|---------|---------------------------------------------------------------------|----------------|------------------------------------|----------------|----------------|-------------------------------|--------------------------|
| Е       | 550                                                                 | 6              | 290                                | 3,0            | 5,0            | 12,0                          | Осн.                     |
|         |                                                                     | 4              | 110                                | 4,0            | 5,0            | 9,0                           | Д2                       |
| Д       | 610                                                                 | 5              | 20                                 | 4,0            | 5,0            | 9,0                           | остальная                |
| Г       | 630                                                                 | 3              | 30                                 | 5,0            | 5,0            | 5,0                           | остальная                |
| В       | 680                                                                 | 1              | 240                                | 3,5            | 3,5            | 3,5                           | Осн.                     |

2. Выбор вспомогательных назначений плана формирования поездов из порожних вагонов осуществляется также, как и в п. 2.2.2.

К остальным струям порожних вагонопотоков относятся струи  $n_3^n$  и  $n_5^n$ , эти струи не имеют общих участков на маршруте их следования. Поэтому, вариантов объединения остальных струй во вспомогательные назначения нет.

3. Проверка эффективности включения остальных струй порожних вагонопотоков в исходные осуществляется также, как и в п. 2.2.3.

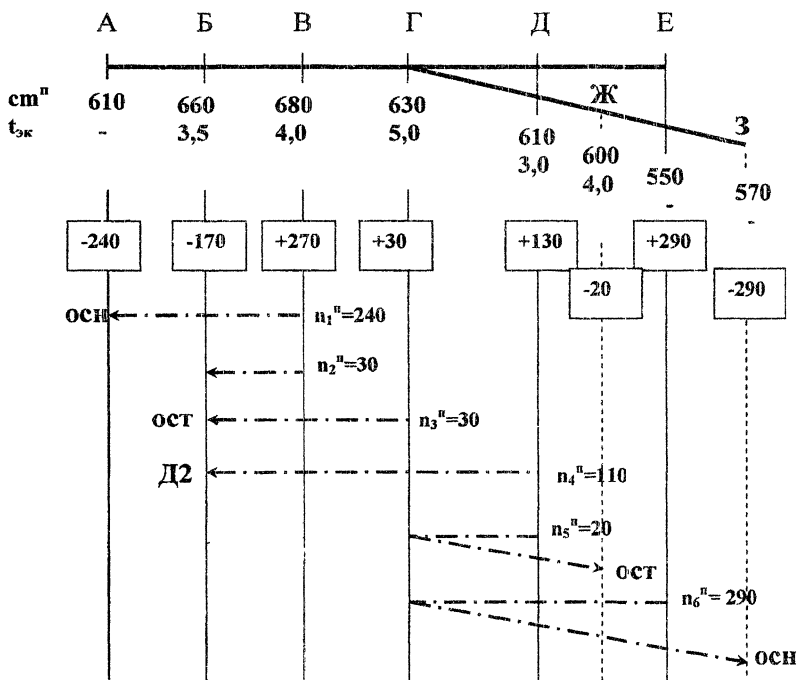


Рис.3.4. Классификация струй порожних вагонопотоков

Вариантов включения остальных струй  $n_3^n$  и  $n_5^n$  в исходные струи нет. Поэтому струи  $n_3^n$  и  $n_5^n$  в плане формирования будут следовать в участковых назначениях.

4. Объединение исходных струй порожних вагонопотоков выполняется также, как в п. 2.2.4. Возможных вариантов объединения исходных струй порожних вагонопотоков нет.

Результаты расчета плана формирования поездов из порожних вагонов совпали с планом формирования, рассчитанным с учетом характера изменения порожних вагонопотоков (рис.3.2).

#### **4. ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОТПРАВИТЕЛЬСКИХ МАРШРУТОВ ДЛЯ ЗАДАНЫХ СТАНЦИЙ ПРИ ОПТИМАЛЬНОМ ВАРИАНТЕ ПЛАНА ФОРМИРОВАНИЯ ПОЕЗДОВ**

Маршрутом с мест погрузки называется состав поезда установленного веса или длины, сформированный в соответствии с ПТЭ и планом организации маршрутов из вагонов, погруженных одним или несколькими грузоотправителями на одной или нескольких станциях, назначением на одну станцию выгрузки или распыления (расформирования), проходящий без переработки не менее одной технической станции, предусмотренной планом формирования грузовых поездов.

Рассматриваемые в курсовой работе маршруты по условиям организации являются только отправительскими, а по назначению — прямыми.

Отправительский маршрут - состав поезда, сформированный на железнодорожном пути необщего пользования грузоотправителем или владельцем железнодорожного пути необщего пользования, либо на путях железнодорожной станции по договору между грузоотправителем и перевозчиком.

Составление плана формирования отправительских маршрутов предшествует составлению плана формирования поездов для технических станций. После составления плана формирования поездов для технических станций окончательно устанавливаются пункты расформирования маршрутов. В настоящих методических указаниях оценка целесообразности формирования отправительских маршрутов выполняется после расчета оптимального варианта плана формирования поездов.

Для включения в план организации отправительских маршрутов отдельной струи вагонопотока до станции выгрузки должны быть соблюдены следующие необходимые условия:

- (НУ1) суммарный суточный объем погрузки по всем грузам (с учетом согласованных коэффициентов сгущения) всех грузоотправителей, участвующих в организации отправительских маршрутов, должен быть не меньше нормы состава поезда в вагонах. В курсовой работе коэффициент сгущения не учитывается;

- (НУ2) суммарная выгрузочная способность за сутки у всех получателей по всем грузам, включаемым в рассматриваемые маршруты, должна быть не меньше нормы состава поезда в вагонах. В курсовой работе выгрузочная способность грузополучателей прини-

мается равной количеству вагонов в составе поезда, т.е. данное условие всегда выполняется;

- (НУЗ) между станцией погрузки маршрута и станцией его назначения должна быть хотя бы одна техническая станция, на которой по плану формирования предусмотрена переработка вагонопотока данного назначения.

В соответствии с /1/ достаточным для включения в план маршрутизации отдельной корреспонденции грузов является следующее условие:

- (ДУ) дополнительные затраты на организацию маршрутов по сравнению с немаршрутным отправлением на станции погрузки  $\Delta\mathcal{E}_{cn}$  и на станции выгрузки  $\Delta\mathcal{E}_{cv}$  не должны превышать экономии в пути следования  $\Delta\mathcal{E}_{\text{эк}}^{cl}$  по каждому назначению с мощностью  $n$ , т.е.

$$\Delta\mathcal{E}_{cn} + \Delta\mathcal{E}_{cv} \leq \Delta\mathcal{E}_{\text{эк}}^{cl}, \quad (4.1)$$

где  $\Delta\mathcal{E}_{\text{эк}}^{cl} = n\sum t_{\text{эк}}$  – приведенная экономия вагоно-часов на попутных технических станциях, на которых по плану формирования предусмотрена переработка вагонопотока данного назначения;

$\Delta\mathcal{E}_{cn}$  – дополнительные затраты вагоно-часов на станции погрузки маршрута;

$\Delta\mathcal{E}_{cv}$  – дополнительные затраты вагоно-часов на станции выгрузки маршрута.

Дополнительные затраты на станциях погрузки и выгрузки объясняются увеличением продолжительности погрузки и выгрузки маршрута на станциях и определяются:

на станции погрузки

$$\Delta t_{cn} = \Delta t_{cn} \times n, \quad (4.2)$$

где  $\Delta t_{cn}$  – разница между временем погрузки маршрута и немаршрутных групп на станции, ч.

на станции выгрузки

$$\Delta t'_{cs} = \Delta t_{cs} \times n, \quad (4.3)$$

где  $\Delta t_{cs}$  – разница между временем выгрузки маршрута и немаршрутных групп на станции, ч.

Разница между временем погрузки (выгрузки) маршрута и временем погрузки (выгрузки) немаршрутных групп на станции определяется как

$$\Delta t_{cn(cs)} = t_{n(s)}^M - t_{n(s)}^{NM}, \quad (4.4)$$

где  $t_{n(s)}^M, t_{n(s)}^{NM}$  – соответственно, время погрузки (выгрузки) маршрута и время погрузки (выгрузки) немаршрутных групп, ч.

Последовательность составления плана маршрутизации следующая.

Для заданной в курсовой работе станции погрузки маршрута по ступенчатому графику вагонопотоков (рис.1.1) устанавливаются сквозные струи вагонопотоков, для которых будет рассчитан план формирования отправительских маршрутов.

Рассматриваем каждую из них на выполнение трех необходимых условий.

Затем струи, соответствующие этим условиям, проверяются на достаточное условие (4.1) по оптимальному плану формирования по-

ездов. Струи, отвечающие условию (4.1), выделяются в маршруты и их мощности исключаются из мощности немаршрутных назначений. Ослабленные (после выделения части вагонопотока в маршруты) назначения оптимального плана формирования могут теперь не отвечать условиям самостоятельного следования. Тогда их необходимо или присоединить к более коротким назначениям оптимального плана, или включить в участковые назначения.

Рассмотрим пример организации маршрутов в четном направлении со станции В.

В соответствии с рис.1.1 построим поструйный график вагонопотоков, зарождающийся на станции В (рис.4.1).

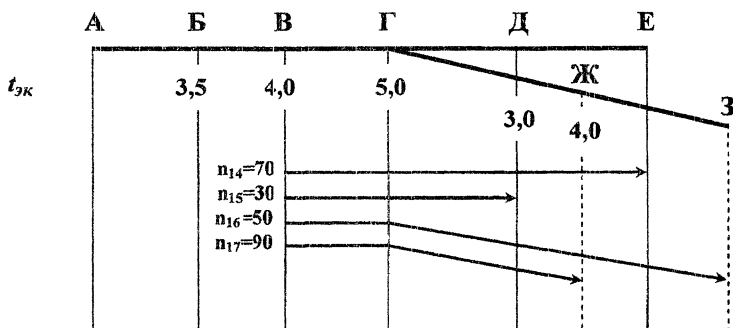


Рис. 4.1. Сквозные струи вагонопотоков, зарождающиеся на станции В

Проверяем все струи вагонопотоков, зарождающиеся на станции В, на соблюдение необходимых условий. Число вагонов в составе поезда  $m = 50$  вагонов.

Мощность струи  $n_{15}=30$  вагонов меньше величины поезда, т.е. НУ1 и НУ2 не соблюдаются.

Мощности вагонопотоков  $n_{14}=70$  ,  $n_{17}=90$  больше величины состава, мощность вагонопотока  $n_{16}=50$  вагонов соответствует числу вагонов в составе поезда. Таким образом, первое и второе необходимые условия для этих вагонопотоков соблюдаются. Проверяем их на выполнение третьего необходимого условия.

По оптимальному варианту плана формирования грузовых поездов ( рис. 2.10 ) струя  $n_{14}$  назначением В–Е от станции погрузки В до станции выгрузки Е следует в поездных назначениях В–Г, Г–Д и Д–Е. То есть между станциями погрузки и выгрузки имеется две попутные технические станции Г и Д, на которых по плану формирования предусмотрена переработка вагонопотока  $n_{14}$  Третье необходимое условие выполняется.

Проверим струю  $n_{14}$  на достаточное условие (4.1).

Допустим по заданию на курсовую работу на станции В время погрузки маршрута  $t_n^M = 7$ ч и немаршрутных групп  $t_n^{NM} = 3$ ч. Отсюда  $\Delta t_{cn} = t_n^M - t_n^{NM} = 7 - 3 = 4$  ч.

Время выгрузки маршрута на станции Е  $t_e^M = 3$ ч и немаршрутных групп  $t_e^{NM} = 1$ ч. Отсюда  $\Delta t_{ce} = t_e^M - t_e^{NM} = 3 - 1 = 2$  ч.

Дополнительные затраты на станции погрузки В маршрута составляют  $\Delta \mathcal{E}_{cn} = (7-3) \times 70 = 280$  ваг-ч, на станции выгрузки Е -  $\Delta \mathcal{E}_{ce} = (3-1) \times 70 = 140$  ваг-ч

Величина приведенной экономии вагоно-часов от проследования вагонопотока попутных технических станций Г -  $\Delta \mathcal{E}_{\text{гк}}^{\text{сн}} = 70 \times 5 = 350$  ваг-ч и Д -  $\Delta \mathcal{E}_{\text{жк}}^{\text{сн}} = 70 \times 3 = 210$  ваг-ч.

По условию (4.1) имеем:  $280 + 140 = 420 < 350 + 210 = 560$ , т.е. достаточное условие выполняется. Таким образом, выделение струи  $n_{14}$  в план маршрутизации целесообразно.

По оптимальному варианту плана формирования грузовых поездов ( рис. 2.11 ) струя  $n_{16}$  назначением В-З от станции погрузки В до станции выгрузки З следует в поездных назначениях В-Ж и Ж-З. То есть между станциями погрузки и выгрузки имеется попутная техническая станция Ж, на которой по плану формирования предусмотрена переработка вагонопотока  $n_{16}$ . Третье необходимое условие выполняется.

Проверим струю  $n_{16}$  на достаточное условие (4.1).

Допустим по заданию на курсовую работу на станции В время погрузки маршрута  $t_n^{\text{м}} = 7$  ч и немаршрутных групп  $t_n^{\text{нм}} = 3$  ч. Отсюда  $\Delta t_{\text{сн}} = t_n^{\text{м}} - t_n^{\text{нм}} = 7 - 3 = 4$  ч.

Время выгрузки маршрута на станции З  $t_{\text{з}}^{\text{м}} = 3$  ч и немаршрутных групп  $t_{\text{з}}^{\text{нм}} = 1$  ч. Отсюда  $\Delta t_{\text{сн}} = t_{\text{з}}^{\text{м}} - t_{\text{з}}^{\text{нм}} = 3 - 1 = 2$  ч.

Дополнительные затраты на станции погрузки В маршрута составляют  $\Delta \mathcal{E}_{\text{сн}} = (7 - 3) \times 50 = 200$  ваг-ч, на станции выгрузки З -  $\Delta \mathcal{E}_{\text{сз}} = (3 - 1) \times 50 = 100$  ваг-ч.

Величина приведенной экономии вагоно-часов от проследования вагонопотоком попутной технической станции Ж без переработки -  $\Delta \mathcal{E}_{\text{жк}}^{\text{сл}} = 50 \times 4 = 200$  ваг-ч.

По условию (4.1) имеем:  $200 + 100 = 300 > 200$ , т.е. достаточное условие не выполняется. Таким образом, выделение струи  $n_{16}$  в план маршрутизации нецелесообразно.

По оптимальному варианту плана формирования грузовых поездов (рис. 2.10) струя  $n_{17}$  назначением В-Ж от станции погрузки В до станции выгрузки Ж следует в поездном назначении В-Ж. Между станциями погрузки и выгрузки нет попутных технических станций, на которых по плану формирования предусмотрена переработка вагонопотока  $n_{17}$ . Третье необходимое условие не выполняется.

Таким образом на станции погрузки В целесообразно выделить в план маршрутизации только вагонопоток  $n_{14}$ .

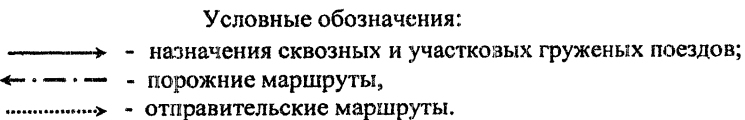
Все расчеты по плану формирования отправительских маршрутов целесообразно выполнять в виде таблицы (табл.4.1).

Исключаем мощность вагонопотока  $n_{14}=70$  вагонов из мощности поездных назначений В-Г, Г-Д и Д-Е в оптимальном плане формирования поездов (рис.4.2).

Таблица 4.1

Результаты расчета плана формирования отправительских маршрутов

| Назначение вагонотока | Мощность вагонотока | Число вагонов в составе поезда | Поездное назначение | Станции переработки по ПФ | Приведенная экономия вагоно-часов на станциях, $\sum_{ЭК}$ | Соответствие необходимым условиям |     |     | $\Delta t_{cn}$ | $\Delta t_{ce}$ | $\Delta \theta_{cn} + \Delta \theta_{ce}$ | $\Delta \theta_{ЭК}^{сл}$ | Соответствие ДУ |
|-----------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----|-----|-----------------|-----------------|-------------------------------------------|---------------------------|-----------------|
|                       |                     |                                |                     |                           |                                                            | НУ1                               | НУ2 | НУ3 |                 |                 |                                           |                           |                 |
| ВЕ – $n_{14}$         | 70                  | 50                             | ВГ,ГД,ДЕ            | Г, Д                      | 5+3=8                                                      | +                                 | +   | +   | 7-3=4           | 3-1=2           | 280+140=420                               | 70 × 8=560                | да              |
| ВД – $n_{15}$         | 30                  |                                | ВГ,ГД               | Г                         | 5                                                          | –                                 | –   | +   | –               | –               | –                                         | –                         | нет             |
| ВЗ – $n_{16}$         | 50                  |                                | ВЖ,ЖЗ               | Ж                         | 4                                                          | +                                 | +   | +   | 7-3=4           | 3-1=2           | 200+100=300                               | 50 × 4=200                | нет             |
| ВЖ – $n_{17}$         | 90                  |                                | ВЖ                  | –                         | –                                                          | +                                 | +   | –   | –               | –               | –                                         | –                         | нет             |



26

## 5. ВЫДЕЛЕНИЕ ГРУППОВЫХ ПОЕЗДОВ

Групповые поезда формируются из вагонов двух или большего числа назначений, причем вагоны каждого назначения подбираются в отдельную группу. Применение групповой подборки вагонов сокращает количество назначений формируемых поездов, за счет чего сокращаются вагоно-часы накопления. На попутных технических станциях операции, связанные с переработкой вагонов, заменяются операциями по отцепке и прицепке групп вагонов.

Варианты организации вагонопотоков в двухгруппные и одногруппные поезда определяются в зависимости от среднесуточных вагонопотоков:

$n_n$  — «ядро» групповых поездов (транзитный вагонопоток для станции перецепки), вагонов;

$n_o$  — отцепляемый вагонопоток (со станции формирования на станцию перецепки), вагонов;

$n_n$  — прицепляемый вагонопоток (со станции перецепки на станцию назначения двухгруппных поездов), вагонов.

Возможны три схемы вариантов плана формирования двухгруппных поездов (рис.5.1):

- при равенстве отцепляемого  $n_o$  и прицепляемого  $n_n$  вагонопотоков, т.е.  $n_o = n_n$ ;

- при превышении прицепляемого вагонопотока  $n_n$  над отцепляемым вагонопотоком  $n_o$ , т.е.  $n_n > n_o$ ;

- при превышении отцепляемого вагонопотока  $n_o$  над прицепляемым вагонопотоком  $n_n$ , т.е.  $n_o > n_n$ .

Групповые поезда целесообразно формировать, если суточные затраты приведенных вагоно-часов, связанные с их организацией, получатся меньше, чем при формировании одногруппных поездов.

В первом варианте, представленном на рис. 5.1, на станции А формируются двухгруппные поезда, а на станции Б у них производится обмен групп.

Во втором варианте на станции А формируются двухгруппные поезда, а на станции Б, кроме обмена групп вагонов, из вагонопотока  $(n_n - n_o)$  формируются одногруппные поезда.

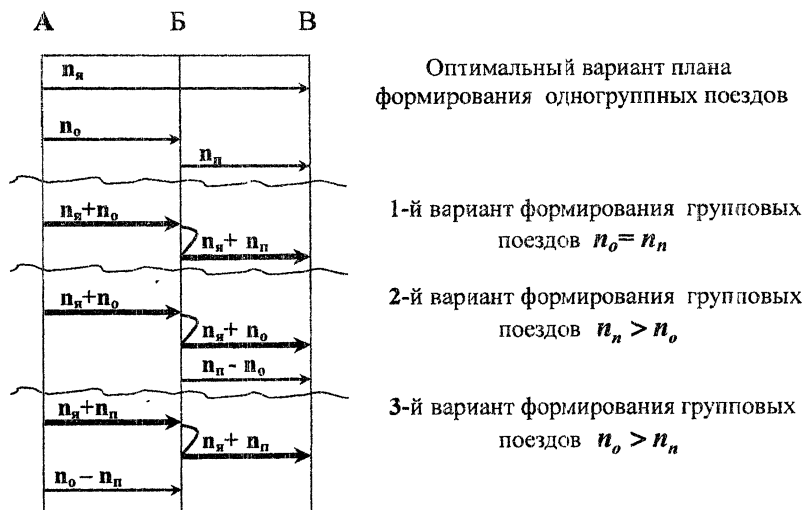


Рис. 5.1. Схемы вариантов плана формирования двухгруппных поездов

На участке Б – В в групповом поезде прицепляемая группа по числу вагонов равна меньшей отцепляемой группе.

В третьем варианте на станции А формируются двухгруппные поезда и из вагонопотока ( $n_o - n_n$ ) – одnogруппные поезда назначением А – Б, на станции Б производится только обмен групп у групповых поездов. На участке А – Б в групповом поезде отцепляемая группа по числу вагонов равна меньшей прицепляемой группе.

Последовательность расчета плана формирования групповых поездов следующая:

1. По оптимальному варианту плана формирования одnogруппных поездов в каждом направлении устанавливаются участки, где возможна организация групповых поездов. Для выбранных участков по соотношению отцепляемого вагонопотока  $n_o$  и прицепляемого  $n_n$  выбирается один из трех вышеуказанных вариантов организации групповых поездов. В курсовой работе, если разница вагонопотоков  $n_o$  и  $n_n$  не превышает 15%, можно принять вариант при  $n_o = n_n$ ;

2. Затем в данном варианте определяется суммарная суточная затрата вагоно-часов на организацию групповых поездов, которая сравнивается с затратой вагонно-часов при формировании одnogруппных поездов. Расчетные формулы для определения суточных затрат приведенных вагоно-часов при сравнении вариантов организации групповых поездов приведены в таблице 5.1.

В формулах (5.1) - ( 5.4 ) имеем:

$ст_A$  – вагоно-часы накопления на головной станции;

$ст_B$  – вагоно-часы накопления на станции обмена групп;

$\Delta T_{\phi}^{zp}$  – разница продолжительности маневров при формировании групповых и одnogруппных поездов, ч;

$t_{онр}$  – дополнительный простой вагонов в ожидании и отцепке-прицепке на станции обмена групп, ч;

$T_{онр}$  – продолжительность маневров (отцепки и прицепки), ч;

$\mathcal{E}$  – эквивалент для приведения локомотиво-часов к вагоно-часам (при использовании электровозов  $\mathcal{E}^э = 127$ , тепловозов  $\mathcal{E}^т = 138$ ).

Для расчета плана формирования групповых поездов на участках, принимается  $\Delta T_{\phi}^{zp} = 0,2$  ч,  $t_{онр} = 0,4$  ч,  $T_{онр} = 0,15$  ч,  $\mathcal{E} = 127$ .

В курсовой работе должны быть рассмотрены все три возможных варианта замены одnogруппных назначений двухгруппными.

Для оптимального плана формирования одnogруппных поездов, представленного на рис. 2.11, возможно формирование двухгруппных поездов на участках: В–Г–Ж и Б–Г–Ж.

• Формирование групповых поездов на участке В–Г–Ж (рис.5.2).



Рис. 5.2 2-й вариант формирования групповых поездов,  $n_n > n_o$

Таблица 5.1

Расчетные формулы для определения затрат вагоно-часов при  
сравнении вариантов организации групповых и одnogруппных поездов

| Варианты                          |             | Расчетные формулы                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Формирование групповых поездов    | $n_o = n_n$ | $B_{\text{сум}}^c = cm_A + \Delta T_{\phi}^{\text{зп}}(n_n + n_o) + \mathcal{E} \times \Delta T_{\phi}^{\text{зп}} \times \frac{n_n + n_o}{m} + 1,2cm_B \times \frac{n_o}{n_n + n_o} +$ $+ t_{\text{онр}}(n_n + n_o + n_n) + \mathcal{E} \times T_{\text{онр}} \frac{n_n + n_o}{m} \quad (5.1)$                               |
|                                   | $n_n > n_o$ | $B_{\text{сум}}^c = cm_A + \Delta T_{\phi}^{\text{зп}}(n_n + n_o) + \mathcal{E} \times \Delta T_{\phi}^{\text{зп}} \times \frac{n_n + n_o}{m} + cm_B +$ $+ 0,75cm_B \times \frac{n_o^2}{(n_n + n_o)n_n} + t_{\text{онр}}(n_n + 2n_o) + \mathcal{E} \times T_{\text{онр}} \frac{n_n + n_o}{m} \quad (5.2)$                     |
|                                   | $n_o > n_n$ | $B_{\text{сум}}^c = cm_A \times (1 + \frac{n_n}{n_n + n_n}) + \Delta T_{\phi}^{\text{зп}}(n_n + n_n) + \mathcal{E} \times \Delta T_{\phi}^{\text{зп}} \times \frac{n_n + n_n}{m} +$ $+ 1,2cm_B \times \frac{n_n}{n_n + n_n} + t_{\text{онр}}(n_n + 2n_n) + \mathcal{E} \times T_{\text{онр}} \frac{n_n + n_n}{m} \quad (5.3)$ |
| Формирование одnogруппных поездов |             | $B_{\text{сум}}^c = 2cm_A + cm_B \quad (5.4)$                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

Суточные затраты вагоно-часов на накопление одногруппных поездов составят  $B_{одн} = 2 \times 670 + 1 \times 620 = 1960$  ваг-ч. Суточные затраты вагоно-часов на организацию групповых поездов, определяемые для этого варианта по формуле (5.2), составляют

$$B_{дг} = 670 + 0,2 \times (140 + 90) + 127 \times 0,2(140 + 90)/50 + 620 + 0,75 \times 620 \times 90^2 / (140 + 90) \times 210 + 0,4 \times (140 + 2 \times 90) + 127 \times 0,15 \times (140 + 90)/50 = 1746 \text{ ваг-ч.}$$

Из сравнения затрат по вариантам на участке В–Г–Ж видим, что целесообразнее формировать групповые поезда, т.к.  $B_{дг} < B_{одн}$

- Формирование групповых поездов на участке Б–Г–Ж (рис.5.3).

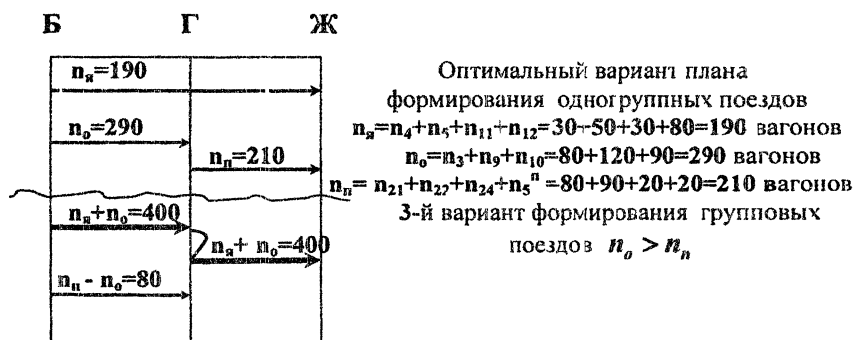


Рис. 5.3 3-й вариант формирования групповых поездов,  $n_o > n_n$

Суточные затраты вагоно-часов на накопление одногруппных поездов составят  $B_{одн} = 2 \times 650 + 1 \times 620 = 1920$  ваг-ч. Суточные затраты вагоно-часов на организацию групповых поездов, определяемые для этого варианта по формуле (5.3), составляют

$$B_{дг} = 650 \times (1 + 190 / (190 + 210)) + 0,2(190 + 210) + 127 \times 0,2(190 + 210)/50 + 1,2 \times 620 \times 210 / (190 + 210) + 0,4 \times (190 + 2 \times 210) + 127 \times 0,15(190 + 210)/50 = 1989 \text{ ваг-ч.}$$

Из сравнения затрат по вариантам на участке Б–Г–Ж видим, что целесообразнее формировать одногруппные поезда, т.к.  $B_{ог} > B_{одн}$ .

## 6. РАСЧЁТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛАНА ФОРМИРОВАНИЯ ПОЕЗДОВ

Окончательный вариант плана формирования в четном направлении представлен на рис. 6.1.

Для этого варианта плана формирования определяются основные показатели, которые делятся на три группы:

- показатели плана формирования поездов по техническим станциям;
- показатели плана формирования отправительских и ступенчатых маршрутов;
- общие для дороги.

К основным показателям плана формирования поездов для дороги и технических станций относят:

1. Общее число назначений поездов с подразделением на:

- сквозные;
- участковые;
- порожние;
- групповые.

2. Количество транзитных вагонов без переработки  $\sum n_{тр}^{б/пер}$  с

учетом вагонов в отправительских маршрутах  $\sum n_m$ , маршрутах из

порожних вагонов  $\sum n^n$  и вагонов в «ядре» групповых поездов  $\sum n_d$ .

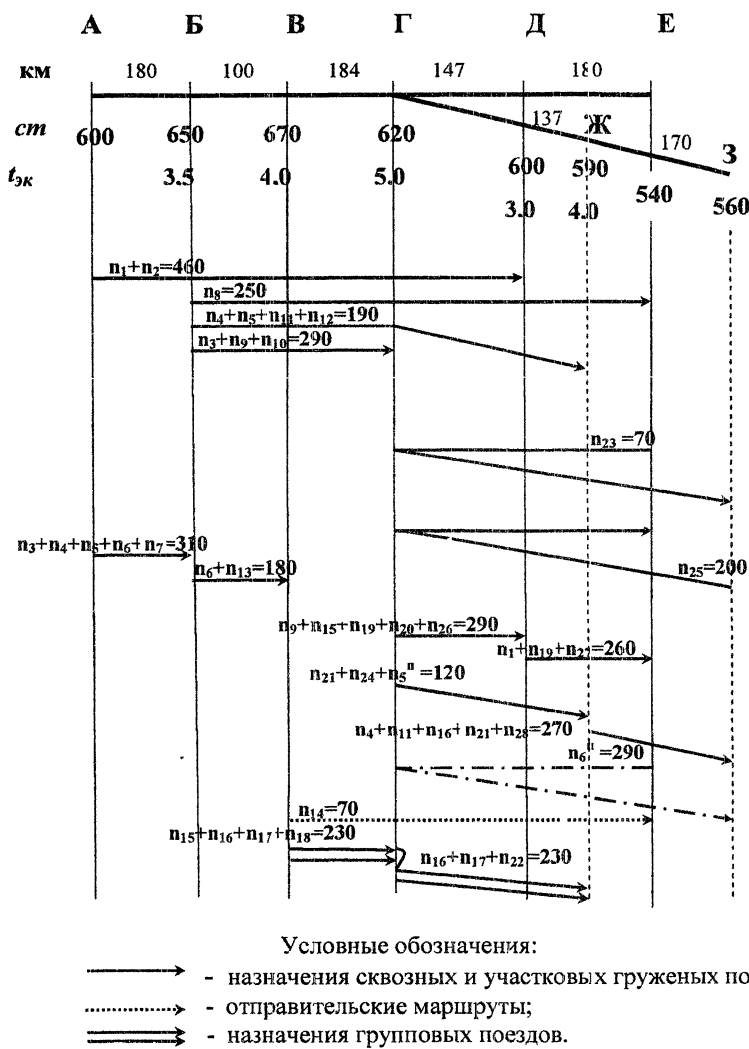


Рис.6.1. Окончательный план формирования поездов в четном направлении движения

Для каждой станции этот показатель определяется по суммарной мощности вагонопотоков (рис.6.1) по формуле

$$\Sigma n_{тр}^{б/пер} = \Sigma n_{тр}^{зр} + \Sigma n^n + \Sigma n_{м} + \Sigma n_{я}, \quad (6.1)$$

где  $\Sigma n_{тр}^{зр}$  - количество груженных транзитных вагонов, следующих без переработки.

3. Количество местных вагонов  $\Sigma n_{сп}$ . Определяется по рис.1.1 как сумма вагонопотоков, для которых данная станция является конечной.

4. Количество транзитных вагонов с переработкой  $\Sigma n_{тр}^{пер}$ . Определяется для каждой станции как разница вагонопотока, поступающего в переработку (рис.6.1) за вычетом местных вагонов -  $\Sigma n_{сп}$ . При расчете этого показателя для станций перецепки поездных групп учитываются также прицепляемые и отцепляемые вагонопотоки, для которых эта станция является транзитной.

5. Затраты вагоно-часов накопления  $\Sigma B_{н}$ . Определяются умножением вагоно-часов накопления на станции на число назначений поездов, формируемых на станции.

6. Затраты вагоно-часов переработки  $\Sigma B_{пер}$ . Определяются умножением количества транзитных вагонов с переработкой  $\Sigma n_{тр}^{пер}$  на приведенную экономию от проследования вагоном технической станции без переработки  $t_{эк}$

7. Средний простой вагона под накоплением  $t_n$ , определяемый делением вагоно-часов накопления  $\sum B_n$  на общее количество перерабатываемых вагонов (суммарное число транзитных вагонов с переработкой  $\sum n_{mp}^{nep}$  и местных вагонов  $\sum n_{zp}$  за исключением, следующих в маршрутах  $\sum n_m$ )

$$t_n = \frac{\sum B_n}{\sum n_{mp}^{nep} + (\sum n_{zp} - \sum n_m)} \quad (6.2)$$

8. Средняя дальность пробега вагона без переработки, определяемая делением общего пробега вагонов  $\sum nS$  на сумму отправленных со всех станций транзитных вагонов с переработкой  $\sum n_{mp}^{nep}$  и местных вагонов  $\sum n_{zp}$  за исключением, следующих в маршрутах  $\sum n_m$ .

Общий пробег вагонов (вагоно-км)  $\sum nS$  определяются по каждому назначению окончательного плана формирования, умножением расчетного вагонопотока (с учетом порожнего вагонопотока, если он следует в данном назначении) на расстояние от станции отправления до станции назначения. При этом учитываются назначения групповых поездов, но исключаются отправительские маршруты

$$l_{cp} = \frac{\sum nS}{\sum n_{mp}^{nep} + (\sum n_{zp} - \sum n_m)} \quad (6.3)$$

9. Коэффициент транзитности вагонопотока  $k_{mp}$ , определяется делением суммарного количества транзитных вагонов без переработки по станциям дороги  $\sum n_{mp}^{6/nep}$ , участвующих в плане формирования,

на суммарный транзитный вагонопоток указанных станций

$$k_{mp} = \frac{\sum n_{mp}^{б / пер}}{\sum n_{mp}^{б / пер} + \sum n_{mp}^{пер}} \quad (6.4)$$

10. Коэффициент переработки вагонопотока  $k_{пер}$ , определяется делением суммарного количества транзитных вагонов с переработкой по станциям дороги  $\sum n_{mp}^{пер}$ , участвующим в плане формирования, на суммарный транзитный вагонопоток указанных станций  $(\sum n_{mp}^{б / пер} + \sum n_{mp}^{пер})$

$$k_{пер} = \frac{\sum n_{mp}^{пер}}{\sum n_{mp}^{б / пер} + \sum n_{mp}^{пер}} \quad (6.5)$$

Показатели отправительской маршрутизации.

1. Процент охвата отправительской маршрутизацией, определяемый отношением числа вагонов, отправленных маршрутами  $\sum n_{\text{м}}$  ко всей погрузке на дороге

$$\alpha_{\text{м}} = \frac{\sum n_{\text{м}}}{\sum n_{\text{зп}}} \times 100\% \quad (6.6)$$

2. Среднее расстояние следования маршрута, определяемое отношением общего пробега маршрутов  $\sum n_{\text{м}} l_{\text{м}}$  к общему числу вагонов, отправленных в маршрутах  $\sum n_{\text{м}}$

$$l_{\text{м}} = \frac{\sum n_{\text{м}} l_{\text{м}}}{\sum n_{\text{м}}} \quad (6.7)$$

Общий пробег маршрутов  $\sum n_{\text{м}} l_{\text{м}}$  определяется по каждому маршруту окончательного плана формирования, умножением расчетного вагонопотока на расстояние от станции погрузки до станции выгрузки маршрута.

Рассмотрим расчет вышеприведенных показателей для плана формирования на рис.6.1.

Для определения величин  $\sum n_{\text{тр}}^{б/пер}$ ,  $\sum n_{\text{тр}}^{пер}$ ,  $\sum n_{\text{гр}}$ ,  $\sum B_{\text{н}}$ ,  $\sum B_{\text{пер}}$  можно использовать расчетную таблицу 6.1. В ней количество перерабатываемых вагонов устанавливается как разница их по окончательному плану формирования (рис. 6.1) и исходному варианту (рис.1.1). В число местных вагонов ( $\sum n_{\text{гр}}$ ) входят в том числе вагоны, включенные в маршрут, для которого станция является конечной.

Таблица 6.1.

Расчетная таблица для определения показателей  
плана формирования в четном направлении движения

| Станция | Количество вагонов                               |                                               |                                |                                                 | Вагоно-часы                        |                                       |
|---------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
|         | транзитных                                       |                                               | местных                        |                                                 | накопления,<br>$\sum B_{\text{н}}$ | переработки,<br>$\sum B_{\text{пер}}$ |
|         | без переработки,<br>$\sum n_{\text{тр}}^{б/пер}$ | с переработкой,<br>$\sum n_{\text{тр}}^{пер}$ | всего,<br>$\sum n_{\text{гр}}$ | в том числе в маршрутах.<br>$\sum n_{\text{м}}$ |                                    |                                       |
| А       | -                                                | -                                             | -                              | -                                               | 1200                               | -                                     |
| Б       | 460                                              | 240                                           | 70                             | -                                               | 2600                               | 840                                   |
| В       | 1190                                             | -                                             | 180                            | -                                               | 1340                               | -                                     |
| Г       | 1670                                             | 150                                           | 230                            | -                                               | 1240                               | 1050                                  |
| Д       | 880                                              | 170                                           | 580                            | -                                               | 600                                | 510                                   |
| Е       | -                                                | -                                             | 780                            | 70                                              | 1080                               | -                                     |
| Ж       | 560                                              | 210                                           | 330                            | -                                               | 590                                | 840                                   |
| З       | -                                                | -                                             | 340                            | -                                               | 560                                | -                                     |
| Всего   | 4760                                             | 770                                           | 2510                           | 70                                              | 9210                               | 3240                                  |

С учетом данных табл. 6.1 определим остальные показатели окончательного плана формирования поездов.

Общее число назначений грузовых поездов – 15, из них

сквозных – 9;

участковых – 6;

Число назначений маршрутов из порожних вагонов – 1;

Число назначений групповых поездов – 1;

Коэффициент транзитности

$$k_{mp} = \frac{4760}{4760 + 770} = 0,84.$$

Средний простой вагона под накоплением

$$t_n = \frac{9210}{770 + (2510 - 70)} = 2,8 \text{ ч.}$$

Средняя дальность пробега вагона без переработки

$$l_{cp} = \frac{460 \times 611 + 250 \times 611 + 190 \times 421 + 290 \times 284 + 70 \times 634 + 200 \times 634 + 310 \times 130 + 180 \times 100 + 290 \times 147 + 260 \times 180 + 120 \times 137 + 270 \times 170 + 290 \times 634 + 70 \times 511 + 230 \times 321}{770 + (2510 - 70)} = 383 \text{ км.}$$

Коэффициент переработки вагонопотока

$$k_{пер} = \frac{770}{4760 + 770} = 0,14.$$

Процент охвата отправительской маршрутизацией

$$\alpha_m = \frac{70 \times 100}{2510} = 2,7\%.$$

Поскольку в данном примере только один маршрут, то расстояние его следования и будет средним расстоянием. Оно равно 511 км.

## **СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Инструктивные указания по организации вагонопотоков на железных дорогах РАР «РЖД» . М.: Техинформ, 2007. 528 с.
2. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте. Под. редакцией П.С. Грунтова . М.: Транспорт. 1994. 543 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Общие положения. ....                                                                                           | 3  |
| 1. Разработка исходных данных для расчета плана формирования одногруппных поездов.....                          | 5  |
| 1.1. Техничко-эксплуатационная характеристика расчетного полигона.....                                          | 5  |
| 1.2. Составление поструйного графика вагонопотоков.....                                                         | 7  |
| 2. Расчет плана формирования одногруппных поездов.....                                                          | 10 |
| 2.1. Расчет плана формирования одногруппных поездов методом ссвмещенных аналитических сопоставлений.....        | 10 |
| 2.2. Расчет плана формирования одногруппных поездов методом непосредственного расчета.....                      | 26 |
| 2.2.1.Классификация струй вагонопотоков..                                                                       | 26 |
| 2.2.2. Выбор вспомогательных поездных назначений плана формирования....                                         | 30 |
| 2.2.3. Проверка эффективности включения остальных струй вагонопотоков в исходные струи.....                     | 36 |
| 2.2.4. Объединение исходных струй вагонопотоков и нахождение оптимального варианта плана формирования поездов.. | 44 |
| 2.3. Сравнение результатов расчета плана формирования одногруппных поездов.....                                 | 55 |
| 3. Расчет плана формирования поездов из порожних вагонов                                                        | 56 |
| 3.1. Расчет баланса порожних вагонов и составление поструйного графика порожних вагонопотоков.....              | 57 |
| 3.2. Расчет плана формирования поездов из порожних                                                              |    |

|                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| вагонов с учетом характера изменения порожних вагонопотоков...                                                                                 | 60 |
| 3.3. Расчет плана формирования поездов из порожних вагонов аналитическим методом непосредственного расчета.....                                | 65 |
| 4. Оценка целесообразности организации отправительских маршрутов для заданных станций при оптимальном варианте плана формирования поездов..... | 67 |
| 5. Выделение групповых поездов.....                                                                                                            | 77 |
| 6. Расчет показателей плана формирования поездов.....                                                                                          | 83 |
| Список рекомендуемой литературы.....                                                                                                           | 90 |