

9/32/4

Одобрено кафедрой  
«Управление эксплуатационной  
работой»

## **ОРГАНИЗАЦИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК**

Задание на курсовой проект  
с методическими указаниями  
для студентов VI курса

специальности  
40100 ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК И УПРАВЛЕНИЕ  
НА ТРАНСПОРТЕ (железнодорожный транспорт) (Д)



С о с т а в и т е л и: канд. техн. наук, доц. А.А. Абрамов,  
канд. техн. наук, ст. преп. А.Н. Кузнецова,  
канд. техн. наук, ст. преп. А.П. Ковалев,  
ст. преп. Е.А. Попова

Р е ц е н з е н т – канд. техн. наук, доц. Г.М. Биленко

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

Задание на курсовой проект  
с методическими указаниями

Редактор *В.И. Чучева*  
Компьютерная верстка *Ю.А. Варламова*

Тип. зак.	Изд. зак. 289	Тираж 3 500 экз.
Подписано в печать 24.10.05	Гарнитура Times.	Офсет
Усл. печ. л. 2,5		Формат 60×90 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>

Издательский центр РГОТУПС,а,  
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Участок оперативной печати РГОТУПС,а, 125993, Москва, Часовая ул., 22/2

© **Российский государственный открытый технический  
университет путей сообщения, 2005**

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Изучение дисциплины «Организация пассажирских перевозок» необходимо для более детального ознакомления с проблемой управления перевозочным процессом в части сервисного обслуживания пассажиров.

Для практического закрепления полученных знаний каждый студент VI курса специальности «Организация перевозок и управление на транспорте» должен выполнить курсовой проект.

Курсовой проект включает в себя проведение практических расчетов по дальним и местным пассажирским перевозкам, перевозкам пассажиров в пригородном сообщении, организации работы вокзалов, определению количественных и качественных показателей пассажирских перевозок.

Кроме того, курсовой проект содержит графическую часть, состоящую в разработке графика движения дальних, местных и пригородных поездов.

Пояснительная записка оформляется на стандартных листах формата А4.

Исходные данные для разработки курсового проекта выбираются по трем последним цифрам учебного шифра, которым, начиная с последней, соответственно присваиваются разряды 1, 2 и 3.

Например, в учебном шифре 02-Д-24579 в первом разряде расположена цифра 9, во втором — 7 и в третьем — 5.

Курсовой проект, выполненный по варианту, не соответствующему учебному шифру студента, к защите не допускается.

## ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

### Содержание курсового проекта

Введение.

1. Организация пассажирских перевозок в дальнем и местном сообщении.

1.1. Определение густоты движения пассажиров по участкам заданного полигона.

Таблица 1

**Пассажиропоток, тыс.чел.**

Сообщения	Цифра в первом разряде учебного шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>A - Д</i>	6,0	7,1	9,4	8,3	6,7	7,5	9,0	6,4	7,8	5,9
<i>A - Г</i>	3,0	4,2	5,4	5,5	4,8	6,1	6,7	3,8	4,6	3,6
<i>A - В</i>	4,3	3,2	4,2	3,6	3,4	5,0	4,1	3,3	4,5	4,3
<i>A - Б</i>	2,1	2,8	3,1	2,7	2,6	3,0	2,5	2,9	3,2	2,4
<i>Б - Д</i>	5,2	6,0	6,4	5,6	6,3	5,3	6,1	5,4	6,2	5,8
<i>Б - Г</i>	4,2	4,4	3,5	3,7	4,5	5,0	3,8	4,6	3,4	4,8
<i>Б - В</i>	2,0	2,5	1,9	2,2	1,8	2,1	2,8	2,7	2,4	2,6
<i>В - Д</i>	5,0	3,4	4,5	3,6	5,1	3,1	4,2	4,8	3,7	4,0
<i>В - Г</i>	1,8	2,2	2,6	2,3	2,7	1,9	2,4	2,0	2,5	2,1
<i>Г - Д</i>	2,8	3,4	3,2	3,7	2,9	3,3	3,0	3,5	3,1	3,6

Таблица 2

**Число вагонов разных категорий в составах пассажирских поездов**

Сообщения	Цифра во втором разряде учебного шифра				
	0	1	2	3	4
<i>A - Д</i>	2,6,9,0,1,1,1	1,7,10,0,1,1,1	3,6,10,0,1,1,1	2,8,8,0,1,1,1	1,9,11,0,1,1,1
<i>A - Г</i>	1,8,9,1,1,1,1	0,8,9,0,1,1,1	2,7,11,1,1,1,1	0,9,8,2,1,0,1	1,7,10,2,1,1,0
<i>A - В</i>	0,6,12,4,1,0,0	1,7,9,3,0,1,1	0,6,11,2,0,0,0	2,5,14,1,1,0,1	0,4,15,1,0,1,0
<i>A - Б</i>	0,3,15,5,0,1,0	0,2,17,4,0,0,0	0,4,10,7,0,0,0	0,0,14,8,0,0,0	0,1,13,6,0,1,0
<i>Б - Д</i>	1,3,7,7,1,1,1	2,4,7,5,1,0,1	1,5,8,3,0,1,0	2,7,8,2,1,0,0	0,5,10,4,0,1,1
<i>Б - Г</i>	0,4,14,2,1,0,0	1,3,10,5,0,0,1	1,6,8,1,1,1,0	0,5,9,5,0,0,0	2,4,7,7,1,0,1
<i>Б - В</i>	0,2,10,9,0,0,0	0,1,9,12,0,0,0	0,3,9,9,0,0,1	0,4,8,11,0,1,0	0,2,7,11,0,0,0
<i>В - Д</i>	1,2,7,8,1,0,0	1,4,8,7,0,0,0	2,3,9,6,1,0,0	2,5,10,4,0,1,0	1,1,11,5,1,0,1
<i>В - Г</i>	0,0,12,9,0,0,0	0,1,11,8,0,0,0	0,2,9,9,0,0,0	0,1,7,12,0,0,1	0,2,6,14,0,1,0
<i>Г - Д</i>	0,0,9,12,0,0,0	0,1,8,14,0,1,0	0,0,11,8,0,0,1	0,2,7,9,0,0,0	0,1,8,10,0,0,0
	5	6	7	8	9
<i>A - Д</i>	4,7,10,0,1,1,1	3,8,11,0,1,0,1	2,7,13,1,1,1,0	1,9,9,2,1,0,0	2,10,7,0,1,1,1
<i>A - Г</i>	2,5,8,2,1,0,1	3,7,10,0,1,1,0	1,6,12,0,1,0,0	2,7,9,1,1,0,1	4,5,11,0,1,1,0
<i>A - В</i>	1,7,10,3,1,0,0	0,5,7,6,0,0,0	1,4,14,5,0,1,0	0,5,9,7,1,0,1	0,6,6,8,0,0,0
<i>A - Б</i>	0,3,7,10,0,0,1	0,2,12,6,0,1,0	0,1,13,7,0,0,0	0,4,5,11,0,1,0	0,0,12,8,0,0,1
<i>Б - Д</i>	2,6,10,2,1,1,1	1,5,7,4,1,0,1	3,5,11,0,1,1,0	0,7,10,0,1,1,1	2,4,14,0,0,0,0
<i>Б - Г</i>	1,3,10,6,1,0,1	0,4,7,8,0,1,0	2,9,12,3,1,0,0	1,5,10,5,0,0,1	0,6,9,4,1,1,0
<i>Б - В</i>	0,1,9,8,0,0,0	0,3,7,11,0,0,1	0,2,5,13,0,1,0	0,1,11,7,0,0,0	0,3,9,8,0,0,0
<i>В - Д</i>	0,5,9,5,1,0,1	0,4,7,13,0,1,0	0,3,8,9,0,0,0	1,4,11,3,1,0,0	2,7,9,1,1,1,1
<i>В - Г</i>	0,0,7,12,0,0,1	0,1,5,14,0,1,0	0,2,5,13,0,0,0	0,3,7,11,0,0,1	0,0,6,15,0,1,0
<i>Г - Д</i>	0,1,6,12,0,0,0	0,2,5,10,0,1,0	0,1,7,11,0,0,1	0,3,6,10,0,0,0	0,0,14,7,0,1,0

Примечание. В табл.2 приведены данные о числе вагонов различных категорий в составах пассажирских поездов в следующей последовательности: СВ, К, Пл, О, ВР, Б, П:

СВ – мягкий вагон с числом мест – 18;

- 1.2. Расчет плана формирования пассажирских поездов.
  - 1.3. Определение потребного числа составов поездов и парка пассажирских вагонов.
  - 1.4. Расчет показателей пассажирских перевозок в дальнем и местном сообщениях.
  2. Организация пассажирских перевозок в пригородном сообщении.
    - 2.1. Определение количества и расположения зонных станций.
    - 2.2. Расчет размеров движения пригородных поездов.
    - 2.3. Расчет показателей пассажирских перевозок в пригородном сообщении.
  3. Определение мощности технических средств для обслуживания пассажиров.
    - 3.1. Определение числа билетных касс дальнего и местного сообщений.
    - 3.2. Расчет показателей обслуживания пассажиров в справочном бюро вокзала.
    - 3.3. Определение потребного числа ячеек в автоматических камерах хранения.
  4. Построение графика движения поездов.
- Выводы.  
Литература.

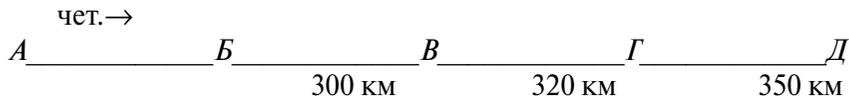
**Исходные данные**

Рис.1. Расчетная схема полигона

1. Время на разгон и замедление пассажирских и пригородных поездов принять равным (по 1 мин).
2. Продолжительность остановки пригородных поездов на отдельных пунктах (1 мин).

- К – купейный вагон с числом мест – 36;
- Пл – плацкартный вагон с числом мест – 54;
- О – общий вагон с числом мест – 81;
- ВР – вагон-ресторан;
- Б – багажный вагон;
- П – почтовый вагон.

Например для цифры 0 в поездах сообщения А–Д имеются: 2 вагона СВ, 6 купейных вагонов, 9 плацкартных, общие вагоны – отсутствуют, 1 вагон-ресторан, 1 – багажный, 1 – почтовый.

3. Продолжительность стоянки пассажирских поездов на попутных станциях Б, В и Г принять равной 12 мин.

4. Время хода пригородных поездов в четном направлении принять из табл.6 по цифре первого, а в нечетном направлении – по цифре второго разряда в учебном шифре.

5. Минимальное время нахождения пригородных поездов на станциях их оборота – 20 мин.

Таблица 3

**Оценка поезда**

Сообщения	Цифра в третьем разряде учебного шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
А-Д	5,2	5,9	5,1	5,6	5,3	5,7	5,4	5,8	5,0	5,5
А-Г	4,5	4,1	4,8	4,2	4,6	4,9	4,0	4,3	4,7	4,4
А-В	3,4	3,0	3,5	3,8	3,1	3,9	3,2	3,6	3,3	3,7
А-Б	2,0	2,5	2,7	2,1	2,4	2,8	2,2	2,6	2,9	2,3
Б-Д	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,6	3,5	3,7	3,8	3,9
Б-Г	2,2	2,9	2,8	2,0	2,6	2,7	2,1	2,5	2,3	2,4
Б-В	1,5	1,8	0,9	1,6	1,0	1,7	1,1	1,3	1,4	1,2
В-Д	3,3	3,7	3,4	3,8	3,0	3,5	3,9	3,1	3,6	3,2
В-Г	2,0	2,4	2,7	2,1	2,5	2,8	2,2	2,6	2,9	2,3
Г-Д	1,1	1,4	1,8	1,0	1,5	1,9	1,2	1,6	1,3	1,7

Таблица 4

**Время хода пассажирских поездов по участкам полигона, ч**

Участки	Цифра в первом разряде учебного шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Б-В	5,0	4,1	6,2	5,7	6,8	4,9	5,9	4,4	5,3	4,6
В-Г	5,5	6,5	4,2	6,7	4,3	6,9	5,1	6,0	7,0	5,4
Г-Д	4,7	5,6	6,6	4,8	6,3	5,8	6,4	5,2	4,5	6,1

Примечания: 1 – время хода поездов задано с учетом их разгона и торможения;

2 – время хода поездов в четном и нечетном направлениях на участках Б-В, В-Г и Г-Д принять одинаковым;

3 – время хода поездов по участку А-Б рассчитать по табл.6 отдельно для четного и нечетного направлений.

Таблица 5

**Минимальное время нахождения пассажирских поездов на станциях их оборота, ч**

Станция	Цифра во втором разряде учебного шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
А	9,1	9,6	9,2	9,7	9,5	9,3	9,8	9,4	9,9	9,0
Б	5,0	7,1	8,2	6,9	7,4	6,2	5,4	6,4	7,8	6,5
В	7,0	6,7	5,1	8,3	5,2	8,5	6,3	7,7	5,6	8,9
Г	5,8	8,1	7,2	6,0	8,4	5,3	7,6	8,7	8,8	5,7
Д	8,0	5,9	6,8	7,3	6,1	7,5	8,6	5,5	6,6	7,9

Таблица 6

**Время хода пригородных поездов по перегонам, мин**

Перегон	Цифра в учебном шифре									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	8	11	9	12	10	8	9	10	8	8
2	11	9	10	11	12	13	10	12	10	10
3	15	13	10	12	11	14	16	11	14	14
4	12	13	11	10	14	12	14	10	11	11
5	9	10	9	8	11	8	7	10	11	11
6	8	9	11	10	7	9	11	8	7	7
7	10	12	9	11	8	13	12	10	11	11
8	9	11	10	8	11	7	9	10	8	8
9	13	10	12	11	14	9	10	12	11	11
10	12	14	10	13	11	10	12	14	13	13
11	10	12	9	11	10	8	13	11	12	12
12	14	15	12	11	13	16	11	13	12	12
13	16	14	17	13	15	14	16	13	17	17
14	13	11	14	15	12	10	11	13	14	14
15	11	13	10	12	14	9	11	12	13	13
16	14	12	15	11	13	14	12	15	13	13

**Раздельные пункты**

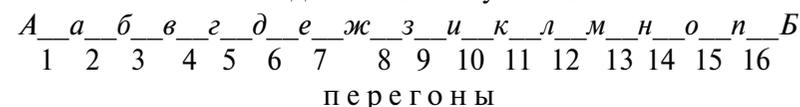


Рис.2. Расчетная схема пригородного участка А–Б

6. В составе пригородного поезда — 10 вагонов; число сидячих мест в одном вагоне — 108.

7. Полигон *А-Д* — двухпутный, оборудован автоблокировкой.

8. Длины отдельных перегонов на участке *А-Б* (в км) принять равным времени хода поездов в четном направлении (в мин), т.е. из табл.6 по цифре первого разряда учебного шифра.

Таблица 7

**Густота пассажиропотоков по перегонам пригородного участка, тыс. чел.**

Перегон	Цифра в третьем разряде учебного шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	50,0	30,0	36,0	40,0	43,0	38,0	47,0	54,0	48,0	33,0
2	48,0	28,5	34,2	37,0	40,3	35,7	44,8	50,6	44,7	30,8
3	46,7	25,3	33,0	34,6	38,2	32,1	42,3	48,0	43,2	29,0
4	45,4	23,9	31,5	28,1	35,7	30,4	39,9	45,1	40,6	23,1
5	40,0	20,7	29,9	25,6	32,6	29,0	36,5	38,4	38,4	20,4
6	38,9	15,0	27,5	19,3	28,2	29,3	33,4	36,9	30,2	19,0
7	36,5	13,9	24,9	16,7	25,0	24,0	32,7	33,4	28,3	16,5
8	25,3	12,4	18,3	14,9	24,1	21,0	30,9	30,1	21,6	14,0
9	23,2	11,5	16,4	13,5	18,4	16,4	24,3	21,8	19,5	12,4
10	20,0	10,4	15,0	11,8	16,0	14,3	23,1	17,8	16,9	13,2
11	17,3	6,3	13,7	10,4	13,8	12,0	15,5	15,1	13,7	13,7
12	14,2	5,7	9,1	7,3	12,0	11,4	12,7	13,6	10,0	14,8
13	12,5	7,9	7,3	6,7	6,2	12,0	10,6	11,0	8,6	8,9
14	11,8	8,5	6,5	6,9	5,5	15,3	8,5	11,3	5,9	5,7
15	12,4	10,0	8,4	7,5	5,8	16,7	6,0	10,5	5,5	5,0
16	14,5	12,1	9,7	9,6	7,1	17,3	5,6	11,7	5,8	5,5

Таблица 8

**Исходные данные для расчета потребного числа ячеек в автоматических камерах хранения**

Показатели	Цифра в первом разряде учебного шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Доля пассажиров, пользующихся услугами КХС, %	0,1	0,4	0,7	0,2	0,8	0,5	1,0	0,3	0,9	0,6
Доля пассажиров с числом мест клади больше двух, %	20	35	25	28	40	30	23	34	45	37

9. Продолжительность разгона грузовых поездов принять 2 мин, время на замедление — 1 мин.

10. Моменты отправления пассажирских поездов со станций *А* и *Б* принять из табл. 9. При приведении числа ниток размерам движения исключать каждую нитку, соответствующую цифре первого разряда для поездов, отправляющихся со станции *А* и каждую нитку, соответствующую цифре второго разряда для поездов, отправляющихся со станции *Б*. Если цифра 0, то исключается каждая десятая нитка.

11. Количество грузовых поездов на участке *А-Б* принять из табл. 10. Минимальный межпоездной интервал (между грузовыми поездами) равен 8 мин. Интервал попутного прибытия пассажирского поезда за грузовым принять 5 мин; интервал попутного отправления грузового поезда за пассажирским — 4 мин.

Таблица 9

**Время отправления пассажирских поездов со станций А и Б**

№ п/п	Время								
1	0–20	11	13–00	21	18–20	31	20–28	41	22–29
2	0–45	12	13–50	22	18–30	32	20–40	42	22–40
3	7–00	13	14–40	23	18–40	33	20–50	43	22–48
4	7–30	14	15–12	24	18–50	34	21–03	44	22–56
5	7–48	15	16–05	25	19–15	35	21–24	45	23–10
6	8–20	16	17–10	26	19–25	36	21–36	46	23–20
7	9–15	17	17–30	27	19–45	37	21–50	47	23–28
8	9–36	18	17–45	28	19–58	38	22–00	48	23–36
9	9–50	19	18–02	29	20–10	39	22–08	49	23–44
10	10–20	20	18–12	30	20–20	40	22–16	50	23–52

Таблица 10

**Количество пар грузовых поездов на участке А-Б**

Цифра во втором разряде учебного шифра									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	50	48	52	42	58	54	44	56	46

12. Время хода грузовых поездов по перегонам участка *А-Б* принять из табл. 6 с коэффициентом 1,3 и округлением до целого большего значения.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

### ВВЕДЕНИЕ

Во введении следует кратко охарактеризовать роль железнодорожного транспорта при перевозках пассажиров в дальнем, местном и пригородном сообщениях. Дать характеристику подвижного состава для пассажирских перевозок, показать роль графика движения пассажирских и пригородных поездов.

### 1. ОРГАНИЗАЦИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В ДАЛЬНЕМ И МЕСТНОМ СООБЩЕНИИ

*1.1. Определение густот движения пассажиров по участкам заданного полигона*

Густота движения пассажиров по участкам рассчитывается на основе отдельных струй пассажиропотоков, заданных в графической или табличной форме. Результирующие данные после соответствующей обработки представляются в виде диаграммы или таблицы пассажиропотоков.

Исходные данные для расчета густоты движения пассажиров получают на основе прогнозирования их размеров на перспективу в зависимости от различных факторов или путем моделирования перевозочного процесса.

Густота движения пассажиров определяется простым сложением величин струй пассажиропотоков по каждому участку. Так, например, для пассажиропотока, приведенного в табл. 1.1, результирующая густота движения по каждому участку составит величины, записанные в табл. 1.2.

Таблица 1.1

**Исходные данные к расчету плана формирования пассажирских поездов**

Сообщения	Пассажиропоток, тыс. чел.	Расчетная вместимость поезда, тыс. чел.	Оценка поезда	Условное обозначение
<i>A - Д</i>	6.4	0.8	6.0	$x_1$
<i>A - Г</i>	4.5	0.9	5.0	$x_2$
<i>A - В</i>	3.6	1.0	4.3	$x_3$
<i>A - Б</i>	5.0	1.3	3.1	$x_4$
<i>Б - Д</i>	4.2	1.2	4.9	$x_5$

Окончание табл. 1.1

<i>Б - Г</i>	2.0	1.1	4.0	$x_6$
<i>Б - В</i>	2.9	1.0	3.2	$x_7$
<i>В - Д</i>	2.6	1.3	4.2	$x_8$
<i>В - Г</i>	3.0	1.2	2.8	$x_9$
<i>Г - Д</i>	2.5	1.3	2.5	$x_{10}$

Таблица 1.2

**Густота пассажиропотоков по участкам, тыс.чел.**

<i>A - Б</i>	<i>Б - В</i>	<i>В - Г</i>	<i>Г - Д</i>
19.5	23.6	22.7	15.7

*1.2. Расчет плана формирования пассажирских поездов*

Известно несколько способов расчета плана формирования пассажирских поездов:

- по условиям освоения пассажиропотока;
- при случайном характере пассажиропотоков;
- по условию минимизации пробега свободных мест.

При этом в расчеты могут быть заложены дополнительные условия и ограничения: по загрузке станции, по пропускной способности железнодорожных линий, с учетом пересадок пассажиров или обеспечения заданного уровня беспересадочных сообщений и др.

В курсовом проекте расчет плана формирования производится по наиболее распространенной методике — по условиям освоения пассажиропотока с использованием симплекс-метода.

Для расчета, помимо данных о густоте движения пассажиров, требуется информация о населенности поездов различных назначений, а также сведения об удельных затратах, приходящихся на один поезд каждого назначения. Последние необходимы для экономической оценки вариантов плана формирования поездов.

Населенность поезда рассчитывают по формуле

$$N_{nc} = \sum_{i=1}^m n_{ei} a_{ei}, \quad (1.1)$$

где  $m$  — число категорий вагонов;

$n_{bi}$  — количество вагонов  $i$ -й категории в составе пассажирского поезда;

$a_{bi}$  — число мест в вагоне  $i$ -й категории.

Например, при наличии в составе пассажирского поезда 2 вагонов СВ, 7 купейных, 8 плацкартных и 2 общих вагонов населенность поезда составит:

$$N_{\text{пс}} = 2 \cdot 16 + 6 \cdot 36 + 8 \cdot 51 + 3 \cdot 81 = 899 \text{ чел.} \cong 0,90 \text{ тыс. чел.}$$

В курсовом проекте расчет населенности пассажирских поездов следует производить с точностью до «второго знака после запятой».

Рассмотрим пример расчета плана формирования пассажирских поездов для исходных данных, приведенных в табл. 1.1.

Для освоения рассчитанной густоты пассажиропотока (см. табл. 1.2) необходимо выполнение следующих ограничений:

$$\left. \begin{aligned} 0,8x_1 + 0,9x_2 + 1,0x_3 + 1,3x_4 &\geq 19,5 \\ 0,8x_1 + 0,9x_2 + 1,0x_3 + 1,2x_5 + 1,1x_6 + 1,0x_7 &\geq 23,6 \\ 0,8x_1 + 0,9x_2 + 1,2x_5 + 1,1x_6 + 1,3x_8 + 1,2x_9 &\geq 22,7 \\ 0,8x_1 + 1,2x_5 + 1,3x_8 + 1,3x_{10} &\geq 15,7 \end{aligned} \right\} \quad (1.2)$$

Существует значительное число вариантов плана формирования, при которых обеспечивается освоение расчетных пассажиропотоков. Например, 30 поездов (23,6/0,8) сообщения А-Д обеспечивают освоение расчетного пассажиропотока, однако при этом имеет место пробег свободных мест на участке А-Б в количестве пяти единиц (поездов без пассажиров), а на участке Г-Д — десяти единиц.

Наиболее универсальным критерием для выбора оптимального варианта плана формирования пассажирских поездов является суммарный уровень затрат на перевозки. В этом случае целевая функция будет иметь вид

$$F = 6,0x_1 + 5,0x_2 + 4,3x_3 + 3,1x_4 + 4,9x_5 + 4,0x_6 + 3,3x_7 + 4,2x_8 + 2,8x_9 + 2,5x_{10} \rightarrow \min. \quad (1.3)$$

Сформулированная задача может быть решена любым из известных методов линейного программирования. При решении задачи симплекс-методом установлен следующий порядок действий:

1. Выбрать свободные неизвестные, положив их равными нулю и найти соответствующее базисное решение. Если оно окажется недопустимым (отрицательные значения неизвестных), следует найти другой набор свободных неизвестных.

Исходя из сущности задачи ясно, что освоение пассажиропотока возможно при обращении поездов только между соседними станциями, поэтому этот вариант может рассматриваться как базисное решение, которому соответствует следующий набор неизвестных:  $x_4, x_7, x_9, x_{10}$ .

2. Базисные неизвестные и минимизируемую функцию цели необходимо записать в виде разности, в которой уменьшаемое — свободный член. Для условий задачи:

$$\left. \begin{aligned} x_4 &= \frac{19,5}{1,3} - \left( \frac{0,8x_1}{1,3} + \frac{0,9x_2}{1,3} + \frac{1,0x_3}{1,3} \right) \\ x_7 &= \frac{23,6}{1,0} - \left( \frac{0,8x_1}{1,0} + \frac{0,9x_2}{1,0} + \frac{1,0x_3}{1,0} + \frac{1,2x_5}{1,0} + \frac{1,1x_6}{1,0} \right) \\ x_9 &= \frac{22,7}{1,2} - \left( \frac{0,8x_1}{1,2} + \frac{0,9x_2}{1,2} + \frac{1,2x_5}{1,2} + \frac{1,1x_6}{1,2} + \frac{1,3x_8}{1,2} \right) \\ x_{10} &= \frac{15,7}{1,3} - \left( \frac{0,8x_1}{1,3} + \frac{1,2x_5}{1,3} + \frac{1,3x_8}{1,3} \right) \end{aligned} \right\} \quad (1.4)$$

После арифметических преобразований:

$$\left. \begin{aligned} x_4 &= 15,00 - (0,62x_1 + 0,69x_2 + 0,77x_3) \\ x_7 &= 23,60 - (0,80x_1 + 0,90x_2 + 1,00x_3 + 1,20x_5 + 1,10x_6) \\ x_9 &= 18,92 - (0,67x_1 + 0,75x_2 + 1,00x_5 + 0,92x_6 + 1,08x_8) \\ x_{10} &= 12,08 - (0,62x_1 + 0,92x_5 + 1,00x_8) \end{aligned} \right\} \quad (1.5)$$

Целевая функция:

$$F = 6,00x_1 + 5,00x_2 + 4,30x_3 + 3,10[15,00 - (0,62x_1 + 0,69x_2 + 0,77x_3)] + 4,90x_5 + 4,00x_6 + 3,20[23,60 - (0,80x_1 + 0,90x_2 + 1,00x_3 + 1,20x_5 + 1,10x_6)] + 4,20x_8 + 2,80[18,92 - (0,67x_1 + 0,75x_2 + 1,00x_5 + 0,92x_6 + 1,08x_8)] + 2,5[12,08 - (0,67x_1 + 0,92x_5 + 1,00x_8)] \rightarrow \min.$$

После арифметических преобразований:

$$F = 205,20 - (1,91x_1 + 2,12x_2 + 1,29x_3 + 4,04x_5 + 2,10x_6 + 1,32x_8) \rightarrow \min. \quad (1.6)$$

Следовательно, если осваивать пассажиропоток поездами, обращающимися между соседними станциями, их число будет строго соответствовать густоте пассажиропотока по каждому участку, а суммарные затраты на выполнение перевозок могут быть оценены в 205,2 стоимостную единицу. Однако этот вариант может быть улучшен.

Дальнейшие решения целесообразно выполнять в симплекс-таблицах (табл. 1.3–1.6).

При этом в базисном решении свободные неизвестные следует расположить по вертикали таблицы (их количество совместно с целевой функцией соответствует числу строк таблицы), а остальные неизвестные — по горизонтали таблицы ( $x_1, x_2, x_3, x_5, x_6, x_8$ ).

3. Внести коэффициенты при неизвестных в уравнениях и целевой функции в верхние ячейки клеток табл. 1.3 (исходный план).

Таблица 1.3

**Базисное решение**

	$-x_1$	$-x_2$	$-x_3$	$-x_5$	$-x_6$	$-x_8$	
F	205,2	1,91	2,12	1,29	4,04	2,10	1,32
	-53,03	-2,72	0	0	4,39	0	-4,39
$x_4$	15,00	0,62	0,69	0,77	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0
$x_7$	23,60	0,80	0,90	1,00	1,20	1,10	0
	-15,70	-0,81	0	0	-1,30	0	-1,30
$x_9$	18,92	0,67	0,75	0	1,00	0,92	1,08
	-13,18	-0,68	0	0	-1,09	0	-1,09
$x_{10}$	12,08	0,62	0	0	0,92	0	1,00
	13,13	0,67	0	0	1,09	0	1,09

Таблица 1.4

**Первая итерация**

	$-x_1$	$-x_2$	$-x_3$	$-x_{10}$	$-x_6$	$-x_8$	
F	152,17	-0,81	2,12	1,29	-4,39	2,10	3,07
	-16,47	0,03	-2,87	0	3,13	2,64	0,03
$x_4$	15,00	0,62	0,69	0,77	0	0	0
	-5,28	0,01	-0,92	0	1,00	-0,85	0,01
$x_7$	7,90	0,80	0,90	1,00	-1,30	1,10	-1,30
	-6,89	0,01	1,20	0	1,30	-1,10	0,01
$x_9$	5,74	-0,01	0,75	0	-1,09	0,92	-0,01
	7,65	-0,01	1,33	0	-1,45	1,23	-0,01
$x_5$	13,13	0,67	0	0	1,09	0	1,09
	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 1.5

**Вторая итерация**

	$-x_1$	$-x_9$	$-x_3$	$-x_{10}$	$-x_6$	$-x_8$	
F	135,70	-0,78	-2,87	1,29	-1,26	-0,54	3,04
	-1,30	-1,04	1,55	-1,29	0	0	1,66
$x_4$	9,72	0,63	-0,92	0,77	1,00	-0,85	0,01
	-0,78	-0,63	0,92	-0,77	0	0	0,99
$x_7$	1,01	0,81	-1,25	1,00	0	0	1,29
	1,01	0,81	-1,27	1,00	0	0	-1,29
$x_2$	7,65	-0,01	1,33	0	-1,45	1,23	0,01
	0	0	0	0	0	0	0
$x_5$	13,13	0,67	0	0	1,09	0	1,09
	0	0	0	0	0	0	0

При этом целевая функция уменьшится на 70,8 и составит 134,4 стоимостных единиц.

Таблица 1.6

**Оптимальный план формирования пассажирских поездов**

	$-x_1$	$-x_9$	$-x_7$	$-x_{10}$	$-x_6$	$-x_8$	
F	134,40	-1,82	-1,32	-1,29	-1,26	-0,54	-1,38
$x_4$	8,94	0	0	-0,77	1,00	0,85	1,00
$x_3$	1,01	0,81	-1,20	1,00	0	0	-1,29
$x_2$	7,65	-0,01	1,33	0	1,45	1,23	-0,01
$x_5$	13,13	0,67	0	0	1,09	0	1,09

4. Выбрать генеральный элемент. Для этого необходимо:

- найти в верхней строке симплекс-таблицы максимальный положительный элемент (4,04). Если в верхней строке симплекс-таблицы нет положительных элементов, то записанное в данной симплекс-таблице базисное решение будет оптимальным, т.е. уменьшить значение целевой функции при переходе от одного допустимого базисного решения к другому не представляется возможным;

- составить отношение свободных членов (см. первый столбец табл. 1.3) к положительным коэффициентам выбранного столбца. В задаче:  $23,60/1,20=19,67$ ;  $18,92/1,00=18,92$ ;  $12,08/0,92=13,13$ ;

- выбрать среди найденных отношений наименьшее (13,13). Если наименьшее отношение достигается при нескольких значениях, то можно выбрать любое. Элемент выбранного столбца, которому соответствует наименьшее отношение, — генеральный элемент (в табл. 1.3 клетка выделена жирной линией).

5. Найти значение, обратное генеральному элементу, внести его в правый угол клетки, содержащей генеральный элемент ( $1/0,92=1,09$ ).

6. Все коэффициенты из верхних отделений строки, где расположен генеральный элемент, умножить на значение, обратное генеральному элементу, и поместить полученные произведения в соответствующие правые углы клеток той же строки ( $12,08 \times 1,09=13,13$ ;  $0,62 \times 1,09=0,67$  и т.д.).

7. Умножить на значение, обратное генеральному элементу, со знаком « $\rightarrow$ » все коэффициенты (кроме генерального элемента) из левых углов клеток столбца, где расположен генеральный элемент, и поместить полученные произведения в соответствующие правые углы клеток этого же столбца ( $4,04 \times 1,09= -4,39$ ;  $1,20 \times 1,09= -1,30$  и т.д.).

8. Выделить числа, находящиеся в левых углах клеток строки, где расположен генеральный элемент, и в правых углах клеток столбца, в котором содержится генеральный элемент.

9. Заполнить оставшиеся правые углы клеток числами, полученными перемножением соответствующих выделенных чисел ( $-4,39 \times 12,08= -53,03$ ;  $-4,39 \times 0,62= -2,72$ ; ...  $-1,30 \times 12,08= -15,70$  и т.д.).

10. Перейти к новому набору свободных неизвестных. Для этого:

- ✓ из правых углов клеток строки и столбца, на пересечении которых находится генеральный элемент, перенести все числа в левые углы соответствующей строки и столбца последующей таблицы (первая итерация — см. табл. 1.4);

- ✓ в левые углы остальных клеток последующей таблицы записать числа, равные алгебраической сумме чисел из левого и правого углов соответствующей клетки предыдущей таблицы ( $-53,03+205,20=152,17$ ;  $-2,72+1,91=-0,81$ ; ...  $-5,70+23,60=7,90$  и т.д.);

- ✓ поменять местами переменные на пересечении строки и столбца, где расположен генеральный элемент ( $x_5$  и  $x_{10}$ ).

11. Если в верхней строке новой таблицы все коэффициенты при свободных неизвестных отрицательны, то полученный результат является оптимальным, план не подлежит улучшению, а целевая функция принимает свое наименьшее значение. В противном случае решение задачи следует продолжить для чего необходимо вновь перейти к п.4.

При решении задачи оптимальный план формирования пассажирских поездов был получен после второй итерации (см. табл. 1.6). Он предусматривает следующие назначения:

- $A-G(x_2)$  — 8 поездов;
- $A-B(x_3)$  — 1 поезд;
- $A-B(x_4)$  — 9 поездов;
- $B-D(x_5)$  — 13 поездов.

Дробную часть результирующего числа пассажирских поездов следует округлять по правилу:

- до 0,2 — отбросить;
- от 0,2 до 0,7 — округлить до 0,5 и предусмотреть назначение дополнительного пассажирского поезда с режимом движения «через день»;
- более 0,7 — округлить до 1.

На заключительной стадии следует проверить выполнение неравенств (1.2). Если они соблюдаются, то задача решена верно.

Анализ полученных результатов показывает отсутствие прямых поездов назначением  $A-D$ . Следовательно, пассажиры,

следующие из  $A$  до  $D$  будут вынуждены делать пересадку на одной из попутных станций:  $B$ ,  $V$  или  $G$ . Пассажиры других маршрутов перемещаются в беспересадочном сообщении.

### 1.3. Определение необходимого числа составов поездов и парка пассажирских вагонов

После расчета оптимального плана формирования пассажирских поездов необходимо перейти к определению необходимого их числа для каждого назначения и в целом для рассматриваемого полигона.

Нахождение необходимого числа составов может проводиться *графическим* или *аналитическим* путем.

В первом случае выполняют построение графика следования пассажирских поездов (отдельно каждого назначения) и их оборота на головной и конечной станциях. При этом период, на который строят график, принимают не менее длительности оборота одного состава. Затем по графику подсчитывают потребное число составов «в обороте».

В курсовом проекте следует отдать предпочтение аналитическому методу. В этом случае потребное число составов пассажирских поездов каждого назначения может быть рассчитано по формуле (с округлением до целого большего):

$$N_{nci} = \frac{T_{оби}}{I_{pi}}, \quad (1.7)$$

где  $N_{nci}$  — потребное число составов пассажирских поездов  $i$ -го назначения;

$T_{оби}$  — продолжительность оборота пассажирского поезда  $i$ -го назначения;

$I_{pi}$  — расчетный интервал отправления пассажирских поездов  $i$ -го назначения с головной станции, равный:

$$I_{pi} = \frac{24}{N_{ni}}, \quad (1.8)$$

где  $N_{ni}$  — число пассажирских поездов  $i$ -го назначения, рассчитанное в соответствии с оптимальным планом их формирования.

Продолжительность оборота состава пассажирского поезда:

$$T_{оби} = t_{ти} + t_{оби} + t_{xi}^ч + t_{xi}^н + \sum t_{cti} + (n_{cti} + 2)(t_p + t_3), \quad (1.9)$$

где  $t_{ти}$ ,  $t_{оби}$  — минимальное время нахождения пассажирского состава соответственно на головной станции и на станции его оборота, ч;

$t_{xi}^ч$ ,  $t_{xi}^н$  — время хода пассажирского поезда  $i$ -го назначения соответственно в четном и нечетном направлениях, ч;

$\sum t_{cti}$  — суммарное время стоянок пассажирского поезда  $i$ -го назначения на попутных станциях за один оборот (при следовании его в четном и нечетном направлениях), ч;

$n_{cti}$  — количество попутных станций, на которых пассажирский поезд  $i$ -го назначения имеет остановки за полное время его оборота;

$t_p$ ,  $t_3$  — время на разгон и замедление пассажирского поезда, ч.

Так, например, если принять время хода пассажирских поездов по участкам:  $B-B$  — 4 ч,  $B-G$  — 4,5 ч,  $A-B$ : в четном направлении — 3,4 ч, а в нечетном — 3,6 ч; время на разгон и замедление — по 1 мин (в сумме — 0,03 ч); продолжительность стоянки пассажирского поезда на попутной станции 12 мин (0,2 ч); время нахождения состава «по обороту» на станции  $A$  — 6 ч и на станции  $G$  — 4 ч, то суммарное время оборота состава пассажирского поезда, следующего назначением  $A-G$ :

$$T_{об}^{AG} = 6 + 4 + (3,4 + 4 + 4,5) + (3,6 + 4 + 4,5) + 4 \cdot 0,2 + (4 + 2) \cdot 0,03 = 34,98 \text{ ч.}$$

Расчетный интервал следования поездов данного назначения:

$$I_p^{AG} = \frac{24}{8} = 3 \text{ ч.}$$

Тогда потребное число составов пассажирских поездов, следующих назначением  $A-G$ :

$$N_{nc}^{AG} = \frac{34,98}{3} = 11,66 = 12 \text{ составов.}$$

В дальнейшем, зная композицию каждого состава и их количество, определяют потребность в парке пассажирских вагонов: купейных, плацкартных и др.:

$$M_i = \sum_{i=1}^p N_{\text{пци}} n_{\text{ви}}, \quad (1.10)$$

где  $p$  — число назначений пассажирских поездов в оптимальном плане их формирования;

$N_{\text{пци}}$  — рассчитанное число пассажирских составов  $i$ -го назначения «в обороте»;

$n_{\text{ви}}$  — количество вагонов данного типа в составах поездов  $i$ -го назначения.

#### 1.4. Расчет показателей пассажирских перевозок в дальнем и местном сообщениях

Для оценки объема выполненной работы и качества использования подвижного состава применяется система количественных и качественных показателей по дальнему и местному пассажирскому движению.

К количественным показателям относятся:

1) Количество отправленных пассажиров:

$$A_{\text{от}} = 2 \sum_{i=1}^s A_i, \quad (1.11)$$

где  $s$  — число струй пассажиропотоков (в курсовом проекте);

$A_i$  — величина  $i$ -й струи пассажиропотока.

2) Пассажирооборот (пасс.-км):

$$\Pi = 2 \sum_{i=1}^{k_y} \Gamma_i L_i, \quad (1.12)$$

где  $k_y$  — количество участков на рассматриваемом полигоне (в курсовом проекте);

$\Gamma_i$  — густота движения пассажиров на  $i$ -м участке полигона, чел.;

$L_i$  — протяженность  $i$ -го участка, км.

3) Пробег поездов (поездо-км):

$$\sum NL = 2 \sum_{i=1}^p N_{\text{пци}} L_{\text{пци}}, \quad (1.13)$$

где  $L_{\text{пци}}$  — расстояние пробега пассажирского поезда  $i$ -го назначения (расстояние между головной и станцией оборота пассажирского поезда  $i$ -го назначения), км.

4) Пробег вагонов (вагоно-км):

$$\sum ML = 2 \sum_{i=1}^p N_{\text{пци}} m_{\text{пци}} L_{\text{пци}}, \quad (1.14)$$

где  $m_{\text{пци}}$  — число вагонов в составах пассажирских поездов  $i$ -го назначения.

5) Вагоно-осе-км:

$$\sum ML = 8 \sum_{i=1}^p N_{\text{пци}} m_{\text{пци}} L_{\text{пци}}. \quad (1.15)$$

6) Средняя дальность поездки пассажиров (км):

$$l_{\text{сп}} = \frac{\Pi}{A_{\text{от}}}. \quad (1.16)$$

7) Средний состав пассажирского поезда в вагонах:

$$m_c = \frac{\sum_{i=1}^p m_{\text{пци}}}{p} \quad (1.17)$$

и в осях:

$$m_c = \frac{4 \sum_{i=1}^p m_{\text{пци}}}{p}. \quad (1.18)$$

Качественные показатели пассажирских перевозок определяют по формулам:

1) Среднее время оборота составов, ч:

$$T_{об} = \frac{\sum_{i=1}^p N_{пци} T_{оби}}{\sum_{i=1}^p N_{пци}}. \quad (1.19)$$

Здесь  $T_{оби}$  рассчитывают по формуле (1.9) для каждого назначения пассажирских поездов в оптимальном плане их формирования.

2) Среднесуточный пробег состава пассажирского поезда, км:

$$L_{ср}^{пс} = \frac{\sum_{i=1}^p L_{пци} N_{пци} \frac{48}{T_{оби}}}{\sum_{i=1}^p N_{пци}}. \quad (1.20)$$

3) Средняя населенность (пассаж.) состава:

$$a_c = \frac{\Pi}{\sum NL}; \quad (1.21)$$

вагона:

$$a_b = \frac{\Pi}{\sum ML}. \quad (1.22)$$

4) Коэффициент использования вместимости составов:

$$\alpha_{вм} = \frac{a_c}{H_{пс}^{ср}}, \quad (1.23)$$

где  $H_{пс}^{ср}$  — средневзвешенное число посадочных мест в составах пассажирских поездов, рассчитываемое по формуле

$$H_{пс}^{ср} = \frac{\sum_{i=1}^p N_{пци} H_{пци}}{\sum_{i=1}^p N_{пци}}, \quad (1.24)$$

где  $H_{пци}$  — число посадочных мест в пассажирском поезде  $i$ -го назначения, определяемое по формуле (1.1).

5) Ходовая скорость движения пассажирских поездов, км/ч:

$$V_x = \frac{2 \sum_{i=1}^p L_{пци} N_{пци}}{\sum_{i=1}^p N_{пци} (t_{xi}^ч + t_{xi}^н)}. \quad (1.25)$$

6) Техническая скорость движения пассажирских поездов, км/ч:

$$V_T = \frac{2 \sum_{i=1}^p L_{пци} N_{пци}}{\sum_{i=1}^p N_{пци} [t_{xi}^ч + t_{xi}^н + (n_{сри} + 2)(t_p + t_3)]}. \quad (1.26)$$

7) Участковая скорость движения пассажирских поездов, км/ч:

$$V_y = \frac{2 \sum_{i=1}^p L_{пци} N_{пци}}{\sum_{i=1}^p N_{пци} [t_{xi}^ч + t_{xi}^н + \sum t_{ср} + (n_{сри} + 2)(t_p + t_3)]}. \quad (1.27)$$

В формулах (1.25) – (1.27) обозначения слагаемых в знаменателе идентичны приведенным к формуле (1.1).

## 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В ПРИГОРОДНОМ СООБЩЕНИИ

### 2.1. Определение количества и расположения зонных станций

Особенность пригородных перевозок состоит в том, что при расчетах с достаточной степенью точности можно принять идентичными пассажиропотоки четного и нечетного направлений.

Определяют корреспонденции пригородных пассажиропотоков последовательной обработкой отчетных данных о продаже разовых и абонементных билетов в пригородном сообщении на участке. При существующей системе учета перевозок пассажиров в пригородном сообщении первоисточниками учета являются: отчет о продаже пассажирских билетов местного и пригородного сообщений (форма **ФО-1**); отчет о продаже абонементных билетов (форма **ФО-1-АБ**).

На основании разработанных корреспонденций пассажиропотоков строят диаграмму, отражающую густоту перевозок пассажиров на каждом перегоне пригородного участка.

В курсовом проекте густота пассажиропотоков по перегонам пригородного участка принимается из исходных данных задания.

Оптимальное число зон на пригородном участке может быть рассчитано по формуле (с округлением до целого большего):

$$z = \sqrt{\frac{2AL_{пз} \left( \frac{1}{V_y} - \frac{1}{2V_x} \right)}{T_n a_n}}, \quad (2.1)$$

где  $A$  — пассажиропоток, отправляемый с головной станции (в курсовом проекте — со станции  $A$ , что соответствует густоте пассажиропотока на перегоне  $A-a$ ), чел.;

$L_{пз}$  — длина пригородного участка, км;  
 $V_y, V_x$  — соответственно участковая и ходовая скорости движения пригородных поездов, км/ч;

$T_n$  — период движения пригородных поездов (в курсовом проекте принять ч);

$a_n$  — расчетная вместимость пригородного поезда, равная произведению числа сидячих мест в вагоне на количество вагонов в его составе, чел.

Ходовая скорость движения пригородных поездов ориентировочно может быть определена из выражения

$$V_x = \frac{2L_{пз}}{\sum_{i=1}^{k_n} t_{ni}^ч + \sum_{i=1}^{k_n} t_{ni}^н}, \quad (2.2)$$

где  $k_n$  — количество перегонов на пригородном участке ( $k_n=16$ );

$t_{ni}^ч, t_{ni}^н$  — время хода пригородного поезда по  $i$ -му перегону соответственно в четном и нечетном направлении, ч.

Сумма значений  $\sum_{i=1}^{k_n} t_{ni}^ч$  и  $\sum_{i=1}^{k_n} t_{ni}^н$  составляет общее «чистое» время хода пригородного поезда по участку  $A-B$  соответственно в четном и нечетном направлениях.

Величина участковой скорости является функцией количества остановок поездов на отдельных пунктах пригородного участка. Поскольку их число зависит от типа применяемого графика и заранее неизвестно для ориентировочных расчетов по определению числа зон можно предположить, что пригородные поезда имеют остановки на всех отдельных пунктах. В этом случае участковая скорость движения пригородных поездов может быть рассчитана по формуле

$$V_y = \frac{2L_{пз}}{\sum_{i=1}^{k_n} t_{ni}^ч + \sum_{i=1}^{k_n} t_{ni}^н + 2(n_{оп} + 1)(t_p + t_3 + t_{ст})}, \quad (2.3)$$

где  $n_{оп}$  — общее количество остановочных пунктов на участке пригородной зоны ( $n_{оп}=15$ );

$t_p, t_3, t_{ст}$  — соответственно время на разгон, замедление и стоянку пригородного поезда на остановочном пункте, ч.

Например, если  $A=40000$  чел.,  $L_{пз}=150$ км,  $a_{п}=1080$ , время хода пригородного поезда в четном направлении — 150 мин (2,5 ч), а в нечетном — 180 мин (3,0 ч), то:

□ ходовая скорость

$$V_x = \frac{2 \cdot 150}{2,5 + 3,0} = 54,55 \text{ км/ч};$$

□ участковая скорость

$$V_y = \frac{2 \cdot 150}{2,5 + 3,0 + 2(15 + 1)0,05} = 42,25 \text{ км/ч};$$

□ число зон

$$z = \sqrt{\frac{2 \cdot 40000 \cdot 150 \cdot \left( \frac{1}{42,25} - \frac{1}{2 \cdot 54,55} \right)}{20 \cdot 1080}} = 2,84 \approx 3 \text{ зоны}.$$

Число зонных станций оборота пригородных поездов, включая последнюю станцию участка (в курсовом проекте — станция *Б*):

$$n_z = z - 1. \quad (2.4)$$

В общем случае место расположения зонных станций (станций оборота пригородного подвижного состава) зависит от величины падения или возрастания густоты пассажиропотока. Поэтому для нахождения отдельных пунктов, которым следует придать статус зонных станций, целесообразно построить диаграмму густоты пассажиропотоков по каждому перегону, указав на ней размеры падения или возрастания числа перевозимых пассажиров. Те остановочные пункты, где такое падение или возрастание будут максимальными, и следует переустроить в зонные станции, имеющие соответствующее путевое развитие и техническое оснащение.

На рис.2.1 приведена диаграмма густоты пассажиропотоков из которой следует, что в качестве зонных станций целесообраз-

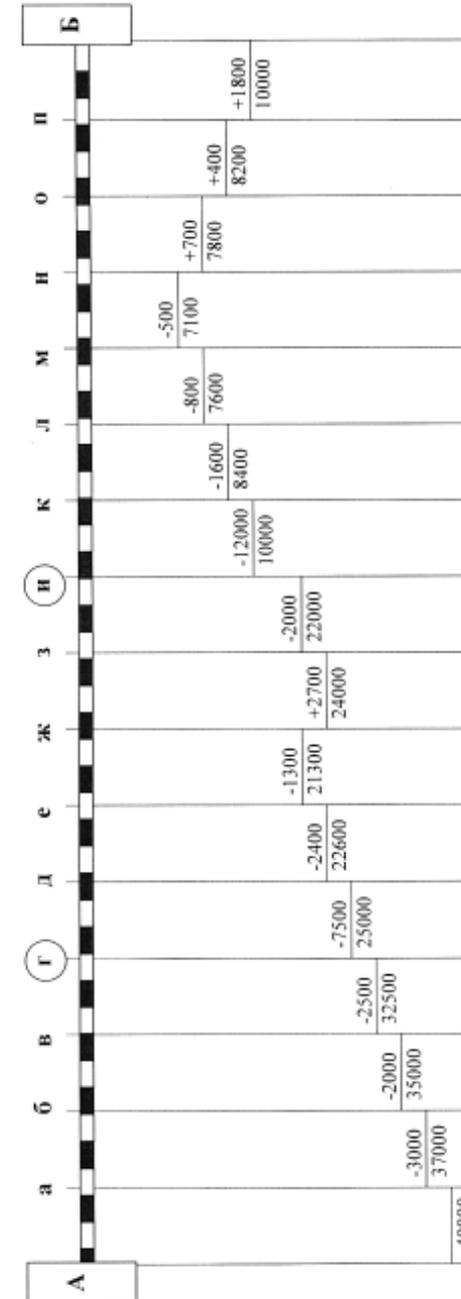


Рис. 2.1. Диаграмма густоты пассажиропотока на пригородном участке А-Б

но иметь остановочные пункты  $u$  (спад пассажиропотока составляет 12 тыс.чел.) и  $z$  (спад пассажиропотока — 7,5 тыс.чел.). Таким образом, пригородный участок  $A-B$  «разбивается» на три зоны:  $A-z$ ,  $z-u$ ,  $u-B$ .

## 2.2. Расчет размеров движения пригородных поездов

Для обеспечения освоения пригородного пассажиропотока необходимо установить потребное число поездов. Размеры движения пригородных поездов зависят от пассажиропотока и вместимости подвижного состава. При расчете размеров движения пригородных поездов учитываются особенности пригородных перевозок, их массовость, неравномерность распределения по зонам, временам года, дням недели и часам суток.

При увеличении размеров движения пригородных поездов снижается пропускная способность участка, требуется больший парк подвижного состава, большее число поездных бригад, увеличиваются расходы на ремонт и содержание вагонов. Чрезмерное уменьшение размеров движения может привести к ухудшению обслуживания пассажиров, так как при этом увеличивается время ожидания ими поездов, а сами поезда будут следовать переполненными.

Число пригородных поездов существенно зависит от типа графика, по которому организованы перевозки [2; 3]. В интенсивные часы пригородных перевозок должны максимально использоваться наличная пропускная способность пригородного участка и расчетная вместимость подвижного состава. Поэтому в эти периоды целесообразно применение зонного параллельного графика движения пригородных поездов, при котором поезда имеют остановки на всех остановочных пунктах и зонных станциях участка.

В периоды спада пассажиропотока возможно применение классического зонного непараллельного графика, обеспечивающего наибольшую скорость продвижения поездов на участке, при котором каждый поезд имеет остановки лишь на промежуточных пунктах своей зоны и на соответствующей зонной станции. В эти периоды возможно также применение и зонного непараллельного графика с остановками поездов на зонных станциях маршрута следования поезда и остановочных пунктах соответствующей зоны или зонного непараллельного графика с остановками поездов на зонных станциях, остановоч-

ных пунктах своей зоны и некоторых остановочных пунктах других зон с большой посадкой и высадкой пассажиров.

Число пригородных поездов определяется из условия проезда в вагоне количества пассажиров равного числу сидячих мест. Допускается проезд 50% пассажиров, занимающих места для стояния (от числа сидячих мест), если продолжительность их поездки не превышает 25–30 мин и 75% — при продолжительности поездки в пределах 10–15 мин. Исходя из этого положения потребное число пар пригородных поездов для каждой  $j$ -й зоны определяется из условия:

$$N_{npj} = \max \left\{ \frac{A_i}{a_n k_{cti}} \right\}, \quad (2.5)$$

где  $A_i$  — густота движения пассажиров на  $i$ -м перегоне;

$a_n$  — число сидячих мест в составе пригородного поезда ( $a_n = 10 \times 108 = 1080$ ) (мест);

$k_{cti}$  — коэффициент, учитывающий пассажиров, проезжающих «стоя»; для перегонов, удаленных от головной (зонной) станции на расстояние, соответствующее времени поездки пассажиров в пределах 10÷15 мин —  $k_{cti} = 1,75$ , 15÷30 мин —  $k_{cti} = 1,5$ , более 30 мин —  $k_{cti} = 1$ .

Так, например, если продолжительность следования пригородного поезда по перегонам первой зоны участка  $A-B$  (см. рис. 2) составляет соответственно:  $A-a$  — 10 мин,  $a-b$  — 12 мин,  $b-в$  — 8 мин,  $в-z$  — 11 мин, то число пар пригородных поездов будет равно:

➤ для перегона  $A-a$ :

$$N_{np}^{Aa} = \frac{40000}{1080 \cdot 1,75} = 21,16 \cong 22 \text{ пары поездов;}$$

➤ для перегона  $a-b$ :

$$N_{np}^{ab} = \frac{37000}{1080 \cdot 1,5} = 22,84 \cong 23 \text{ пары поездов;}$$

➤ для перегона б-в:

$$N_{\text{пр}}^{\text{бв}} = \frac{35000}{1080 \cdot 1,5} = 21,60 \cong 22 \text{ пары поездов};$$

➤ для перегона в-г:

$$N_{\text{пр}}^{\text{вг}} = \frac{32500}{1080 \cdot 1} = 30 \text{ пар поездов.}$$

Таким образом на участке А-г необходимо проложить 30 пар пригородных поездов, из которых часть проследует до станции Б, другая часть — до зонной станции и, а оставшиеся поезда будут иметь оборот по зонной станции г.

Рассчитав аналогичным образом потребное число пригородных поездов для второй и третьей зоны, окончательно определяют маршруты и количество поездов, следующих по всему участку. Например, если для второй зоны был получен результат 22 пары поездов, а для третьей — 9 пар поездов, то окончательно принимают следующий вариант организации их следования по пригородному участку:

- ❖ назначение А-Б — 9 пар поездов;
- ❖ назначение А-и — 13 пар поездов;
- ❖ назначение А-г — 8 пар поездов.

### 2.3. Расчет показателей пассажирских перевозок в пригородном сообщении

Как и для дальнего и местного пассажирского движения, так и для пригородных перевозок рассчитывают следующие основные количественные и качественные показатели:

1. Количество перевезенных пассажиров

$$A_{\text{от}} = 2 \sum_{i=1}^{n_{\text{оп}}} A_i, \quad (2.6)$$

где  $n_{\text{оп}}$  — число отдельных пунктов, на которых производится посадка пассажиров, следующих в одном направлении;

$A_i$  — количество пассажиров, садящихся в пригородные поезда на  $i$ -м отдельном пункте и следующих в одном направлении.

Поскольку для расчета данного показателя требуется информация о корреспонденциях (в том числе и внутри участка) пассажиропотоков, которая отсутствует в исходных данных, то в пояснительной записке он не приводится.

2. Пассажирооборот рассчитывают по формуле, аналогичной формуле (1.12):

$$\Pi_n = 2 \sum_{i=1}^{k_n} \Gamma_{ni} l_{ni}, \quad (2.7)$$

где  $\Gamma_{ni}$  — густота перевозок пассажиров на  $i$ -м перегоне рассматриваемого участка, чел.;

$l_{ni}$  — протяженность  $i$ -го перегона, км.

3. Пробег пригородных поездов (поездо-км)

$$\sum NL_{\text{приг}} = 2 \sum_{i=1}^z N_{ni} L_{ni}, \quad (2.8)$$

где  $N_{ni}$  — количество пригородных поездов, обращающихся в  $i$ -й зоне;

$L_{ni}$  — протяженность  $i$ -й зоны, км.

4. Пробег вагонов (вагоно-км)

$$\sum ML_{\text{приг}} = 2 m_n \sum_{i=1}^z N_{ni} L_{ni}, \quad (2.9)$$

где  $m_n$  — число вагонов в составе пригородного поезда ( $m_n = 10$  ваг.).

5. Вагоно-осе-км:

$$\sum ML_{\text{приг}} = 8 m_n \sum_{i=1}^z N_{ni} L_{ni}. \quad (2.10)$$

6. Средняя населенность пригородного поезда (пасс.)

$$a_{\text{нс}} = \frac{\Pi_n}{\sum NL_{\text{приг}}}; \quad (2.11)$$

вагона:

$$a_{нс} = \frac{\Pi_n}{\sum ML_{приг}}. \quad (2.12)$$

7. Потребное число составов пригородных поездов в обороте ( $N_{пр}$ ) определяют после построения графика движения (см. гл. 4).

8. Потребный парк вагонов пригородных поездов

$$M_{пр} = N_{пр} m_n. \quad (2.13)$$

9. Средний простой составов пригородных поездов на головной станции ( $t_{гол}$ ) и в пунктах оборота ( $t_{об}$ ) также рассчитывают после построения графика движения (см. гл. 4).

10. Средняя дальность поездки пассажиров (км)

$$l_{сп}^n = \frac{\Pi_n}{A_{ом}}. \quad (2.14)$$

В курсовом проекте среднюю дальность поездки не рассчитывают.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПассажиРОВ

*3.1. Определение числа билетных касс дальнего и местного сообщений*

Потребное число билетных касс на конкретном вокзале определяют для периода максимальных перевозок с учетом внутрисуточной неравномерности обращения пассажиров в кассу.

В курсовом проекте потребное число касс рассчитывают для вокзала станции  $A$ .

Потребное число касс определяют из условия

$$\frac{S^2 - \lambda t_{об} S - \lambda t_{об}^2}{T - t_{об}} > 0, \quad (3.1)$$

где  $S$  — потребное число билетных касс;

$\lambda$  — интенсивность обращения в кассы суточной продажи билетов, пасс./мин;

$t_{об}$  — среднее время обслуживания пассажира в системе «Экспресс» ( $t_{об} = 1$  мин);

$T$  — максимально допустимое время, затрачиваемое пассажиром на приобретение билета,  $T = 20$  мин.

Интенсивность обращения пассажиров в кассы:

$$\lambda = \frac{\alpha_{сут} P_{max} k_n}{1440\beta(1-\gamma)}, \quad (3.2)$$

где  $\alpha_{сут}$  — доля пассажиров, приобретающих билеты в кассах суточной продажи на вокзале в день отправления поезда, можно принимать  $\alpha_{сут} = 0,45 \div 0,70$ ;

$P_{max}$  — число пассажиров, отправленных в сутки максимальных перевозок, определяют в соответствии с заданием из таблицы густоты перевозок на участке  $A-B$ ;

$k_n$  — коэффициент суточной неравномерности,  $k_n = 1,8$ ;

$\beta$  — среднее число билетов, приобретаемых одним пассажиром,  $\beta = 1,3$ ;

$\gamma$  — доля пассажиров, не сумевших приобрести билет за одно обращение в кассу,  $\gamma = 0,15$ .

На основании изложенного выше можно записать:

$$S^2 - \lambda S - \frac{\lambda}{19} = 0. \quad (3.3)$$

Решая квадратное уравнение относительно  $S$ , находят положительное решение, которое округляют до ближайшего большего целого значения.

После определения потребного числа касс рассчитывают показатели обслуживания пассажиров. Для этого находят:

1) среднюю интенсивность обслуживания пассажиров кассирами:

$$\mu = \frac{S}{t_{об}}. \quad (3.4)$$

2) коэффициент загрузки кассира:

$$\varphi = \frac{\lambda}{\mu}; \quad (3.5)$$

3) среднюю длину очереди в кассу:

$$L_q = \frac{\varphi}{(1-\varphi)S}; \quad (3.6)$$

4) среднее время обслуживания пассажира:

$$W = t_{об} + \frac{\varphi}{(1-\varphi)\mu}. \quad (3.7)$$

### 3.2. Расчет показателей обслуживания пассажиров в справочном бюро вокзала

Показатели обслуживания пассажиров в справочном бюро вокзала — количество окон, обеспечивающих предоставление необходимого числа справок, длина очереди и ассортимент справок.

В курсовом проекте они определяются для вокзала станции А.

Число окон справочного бюро вокзала зависит от классности вокзала, числа отправляющихся и прибывающих пассажиров, технической и информационно справочной оснащенности вокзала, маршрутно-территориальной особенности движения поездов и др. и рассчитывают по формуле (с округлением до целого большего значения):

$$k_c = 0,5\lambda_c t_{об}^c \left\{ 1 + \left[ 1 + \frac{4}{\lambda_c (T_c - t_{об}^c)} \right]^{0,5} \right\}, \quad (3.8)$$

где  $\lambda_c$  — интенсивность обращения пассажиров в справочное бюро вокзала, пасс./мин;

$t_{об}^c$  — среднее время обслуживания пассажира агентом справочной службы; можно принять мин;

$T_c$  — максимальное время, затрачиваемое пассажиром на получение справки; можно принять мин.

Интенсивность обращения пассажиров

$$\lambda_c = \frac{0,15\Gamma}{1440}, \quad (3.9)$$

где  $\Gamma$  — густота движения пассажиров на участке А-Б.

Коэффициент загрузки агента

$$\varphi_c = \frac{\lambda_c t_{об}^c}{k_c}. \quad (3.10)$$

Среднее число пассажиров в очереди к окну справочной службы

$$L_q^c = \frac{\varphi_c}{(1-\varphi_c)k_c} - \varphi_c^{k_c}. \quad (3.11)$$

### 3.3. Определение потребного числа ячеек в автоматических камерах хранения

На вокзале станции А для периода максимальных перевозок с учетом внутрисуточной неравномерности прибытия пассажиров определяют потребное число ячеек в автоматической камере хранения (КХС):

$$n_{я} = a_{\max} (1 + \gamma_{я}), \quad (3.12)$$

где  $a_{\max}$  — максимальное число пассажиров, пользующихся услугами КХС;

$\gamma_{я}$  — доля пассажиров, обращающихся в КХС, у которых число мест ручной клади превышает 2 (принимают в соответствии с заданием).

Максимальное число пассажиров, пользующихся услугами КХС:

$$a_{\max} = f\Gamma, \quad (3.13)$$

где  $f$  — доля пассажиров, пользующихся услугами КХС (принимается в соответствии с заданием).

#### 4. ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПОЕЗДОВ

График движения дальних, местных и пригородных пассажирских поездов строят на стандартном листе ватмана. Масштаб времени принять: 10 мин — 5 мм. Цвет сетки графика — синий, ниток пассажирских и пригородных поездов — красный, грузовых — черный.

График строят для участка *А-Б*. В левой части графика указывают наименование отдельных пунктов и время хода поездов по перегонам в четном и нечетном направлениях без учета их разгона и торможения (рис.4.1). Расстояние между отдельными пунктами на графике принять пропорционально длинам перегонов.

Первоначально на график наносят линии хода пассажирских поездов. Количество таких поездов принимают в соответствии с результатами расчета плана их формирования (см. п. 1.2). Выбор моментов отправления поездов со станций *А* и *Б* производится из табл.9 задания с приведением числа ниток размерам пассажирского движения. Например, имеется 14 ниток:

0-10,	1-15,	7-00,	8-10,	<b>9-15,</b>	14-00,	15-10,	16-15,	17-20,	<b>18-00,</b>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18-30,	19-00,	20-16,	22-10						
11	12	13	14						

Согласно расчетам требуется проложить 9 пассажирских поездов. Допустим последняя цифра учебного шифра — 5. Тогда исключаются следующие нитки 9-15, 18-00. Затем 0-10, 15-10 и 20-16, т.е. каждая пятая нитка.

<b>0-10,</b>	1-15,	7-00,	8-10,	14-00,	<b>15-10,</b>	16-15,	17-20,	18-30,	19-00,
1	2	3	4	6	7	8	9	11	12
<b>20-16,</b>	22-10								
13	14								

Оставшиеся нитки будут являться моментами отправления пассажирских поездов со станции *А*.

Если предпоследняя цифра шифра 1, то исключаются первые пять ниток, а оставшиеся 9 будут являться моментами отправления пассажирских поездов со станции *Б*.

Пассажирские поезда прокладывают с учетом остановок на станции *Б*.

После прокладки пассажирских поездов выполняют их подвязку по станции *А* и, при наличии поездов назначения *А-Б*, — по станции *Б*.

Затем на график наносят пригородные поезда. При этом следует иметь в виду, что:

- ❖ 40% пригородных поездов четного и нечетного направления следует проложить в утренние часы «пик»: с 6-00 до 9-00;
- ❖ 30% пригородных поездов прокладывают в вечерние часы «пик»: с 16-00 до 20-00;
- ❖ 30% поездов прокладывают в остальные часы суток;
- ❖ время работы пригородных поездов принять с 4-00 до 24-00.

Все пригородные поезда должны иметь остановку на зонных станциях, продолжительностью 2 мин. На остальных отдельных пунктах продолжительность остановки принять 1 мин. На конечных станциях минимальное время нахождения пригородных поездов «по обороту» принять 20 мин.

При прокладке пригородных поездов можно принять: в часы «пик» — зонный параллельный график, а в остальные часы — зонный непараллельный график [2; 3].

Минимальный интервал между отправлением пригородных поездов с головных и зонных станций принять 4 мин. При прокладке пригородных поездов «в пакете» первоначально следует отправлять поезда более дальних зон. Одновременно необходимо стремиться к равномерной прокладке пригородных поездов на графике внутри каждого периода.

На конечных станциях назначения пригородных поездов показать их подвязку «по обороту».

При прокладке ниток, в тупом углу каждого отдельного пункта проставляют минуты отправления и прибытия поезда (если поезд следует через отдельный пункт без остановки, то время проставляют один раз — по отправлению).

На графике необходимо предусмотреть технологическое «окно» для ремонтно-путевых работ по каждому главному пути в светлое время суток (между утренними и вечерними часами «пик»). Продолжительность «окна» принять 120 мин. «Окно» выделить желтым цветом.

После нанесения на график дальних, местных и пригородных, производится прокладка ниток грузовых поездов. Количество грузовых поездов принимают из табл.10 задания. Грузовые поезда прокладывают через средний интервал:

$$I_r^{cp} = \frac{1320}{N_r}, \quad (4.1)$$

где  $N_r$  — число грузовых поездов.

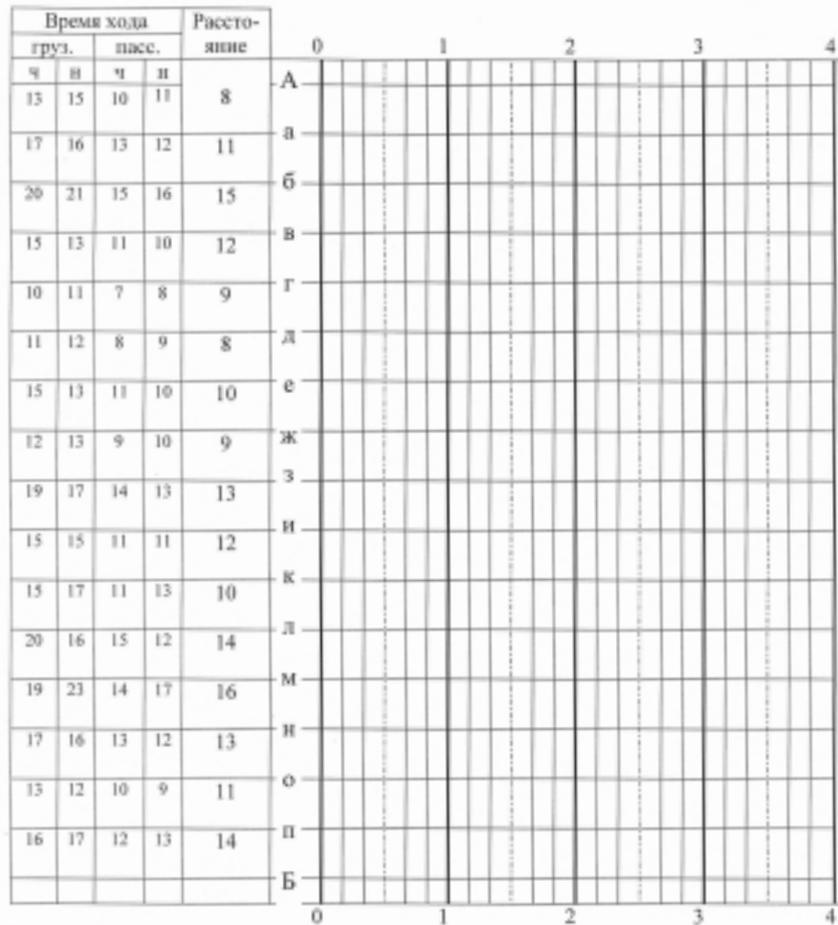


Рис. 4.1. Вид графика движения поездов

Если нитка грузового поезда накладывается на нитку пассажирского или пригородного (несоблюдаются необходимые интервалы), то первую допускается сдвинуть в сторону меньшей погрешности. Например, на рис.4.2 показан фрагмент графика движения поездов.

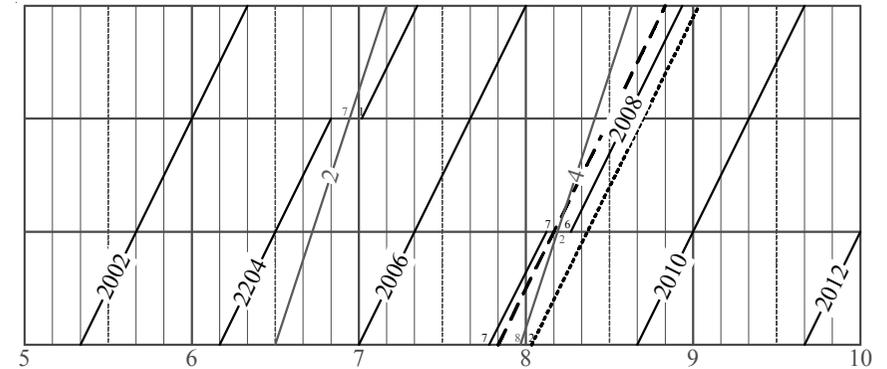


Рис.4.2. Фрагмент графика движения поездов

Из графика видно, что при прокладке грузовых поездов через интервал мин нитка поезда 2008, отправлением в 7-50 не обеспечивает необходимый интервал попутного прибытия 5 мин (см. задание). Указанный поезд можно отправить в 8-02 (сдвигка составит 12 мин), либо в 7-47 (сдвигка 3 мин). Поскольку во втором случае погрешность меньше – принят данный вариант пропуска грузового поезда 2008.

После построения графика производится нумерация дальних, местных, пригородных и грузовых поездов порядком, установленным на сети железных дорог. Номера поездов проставляют на первом перегоне после станции их отправления и на последнем перегоне перед конечной станцией.

Для грузовых поездов следует определить участковую скорость в каждом направлении, для чего составить таблицы времени хода по типу табл.4.1

Таблица 4.1

**Расчет времени нахождения нечетных грузовых поездов  
на участке А-Б**

Номер поезда	Время отправления со ст. А	Время прибытия на ст. Б	Время в пути
2201	0-15	4-40	4-25
2203	0-50	5-24	4-34
2205	1-25	5-33	4-08
.....	.....	.....	.....
Итого			216-40

Участковую скорость рассчитывают по формуле

$$V_{\text{уч}} = \frac{L_{A-B} N_{\Gamma}}{\sum T}, \quad (4.2)$$

где  $L_{A-B}$  — длина участка А-Б, км;

$\sum T$  — суммарное время нахождения грузовых поездов на участке А-Б, ч.

В заключении необходимо подсчитать потребное количество пригородных поездов в обороте, а также время их простоя на станциях оборота и головной станции. Указанные характеристики используются для расчета показателей пригородных перевозок (см. п. 2.3).

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок / Под ред. П.С.Грунтова.— М.: Транспорт, 1994. — 544 с.
2. К о ч н е в Ф.П. Пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте/ Учеб. для вузов жел.-дор. транспорта. — 6-е изд., перераб. и доп.— М.: Транспорт, 1980. — 496 с.
3. К о ч н е в Ф.П. Оптимальные параметры пригородных пассажирских перевозок.— М.: Транспорт, 1975.— 304 с.
4. П р а в д и н Н.В., Р я б у х а Л.С., Л у к а ш е в В.И. Технология работы вокзалов и пассажирских станций. — М.: Транспорт, 1990.— 320 с.
5. П а з о й с к и й Ю.О., Р я б у х а Л.С., Ш у б к о В.Г. Организация пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте (в примерах и задачах). — М.: Транспорт, 1991.— 240 с.