

**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

---

**9/3/6**

**Одобрено кафедрой  
«Эксплуатация железных  
дорог»**

# **ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ СТАНЦИИ И УЗЛЫ**

**Задание на курсовой проект № 2  
с методическими указаниями  
для студентов V курса  
специальности**

**190701 ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК И УПРАВЛЕНИЕ  
НА ТРАНСПОРТЕ (ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ) (Д)**



С о с т а в и т е л ь — канд. техн. наук, проф. А.Н. Сухопяткин

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

---

## ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ СТАНЦИИ И УЗЛЫ

Задание на курсовой проект № 2

Редактор *В.И. Чучева*  
Компьютерная верстка *О.А. Денисова*

---

Тип. зак.	Изд. зак. 179	Тираж 2 000 экз.
Подписано в печать 16.09.08	Гарнитура NewtonС	
Усл. печ. л. 3,25		Формат 60×90 <sub>1/16</sub>

---

Издательский центр и Участок оперативной печати  
Информационно-методического управления РГОТУПС,  
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

© **Российский государственный открытый технический университет  
путей сообщения, 2008**

## **ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

### **Тема: Проект железнодорожного узла с горочной сортировочной станцией**

Целью выполнения курсового проекта является закрепление теоретических знаний и получение практических навыков в области проектирования железнодорожного узла, сортировочной, пассажирской и грузовой станций на основе:

выбора лучшего варианта расположения станций в узле и развязок подходов, проектирования элементов узла в плане, с расчетом его пропускной способности и необходимого количества устройств;

разработки принципиальных схем, расчета и проектирования составных элементов сортировочной станции (в частности сортировочной горки), расчета пропускной и перерабатывающей способности этой станции, внедрения передового опыта работы станций с использованием новой техники;

составления принципиальных схем пассажирской, пассажирской технической, грузовой станций и оптимального их размещения в узле.

#### *Исходные данные*

Исходные данные для выполнения курсового проекта принимаются в соответствии с учебным шифром студента из таблиц: по последней цифре шифра — табл. 1 и 3; по сумме последней и предпоследней цифр шифра — табл. 2 и 4 (если последние цифры шифра 90 и 00, в табл. 2 и 4 варианты будут 19 и 20).

## Схемы примыкания железнодорожных линий (А; Б; В; Г) к железнодорожному узлу «Д»

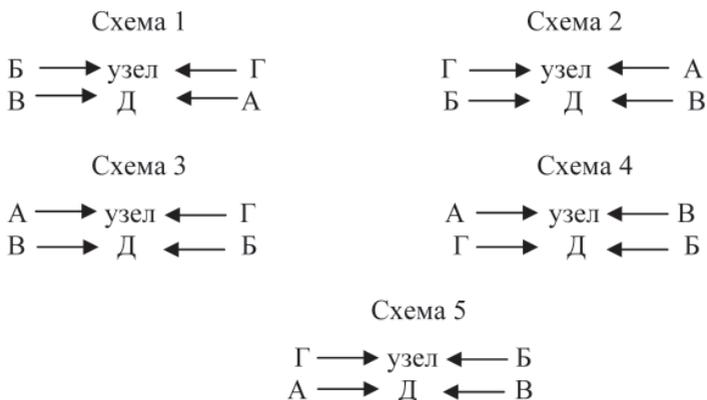


Таблица 1

### Данные к выбору схемы составных элементов железнодорожного узла

Схемы примыкания ж.-д. линий к ж.-д. узлу «Д»	1	2	3	4	5
Вариант (последняя цифра учебного шифра)	1; 6	2; 7	3; 8	4; 9	5; 0

### СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

В курсовом проекте требуется:

1. Провести анализ исходных технических данных и работы станций железнодорожного узла.
2. Разработать варианты принципиальных схем сортировочной станции (в контурах парков) и выбрать наиболее целесообразный из них применительно к заданным условиям работы и плану местности.
3. Рассчитать количество путей в парках прибытия, отправления, парках для транзитных поездов на сортировочной станции (число и размеры других устройств, кроме сортировочной горки, принять по типовым проектам на основе исходных данных задания).

4. Спроектировать автоматизированную сортировочную горку (рассчитать высоту, профиль, тормозные средства и другое оборудование, кривые скатывания бегунов, а также время и скорость их спуска) и определить ее перерабатывающую способность; горловину сортировочного парка принять в соответствии с исходными данными по типовым схемам.

5. По выбранному варианту и на основе произведенных расчетов запроектировать план сортировочной станции (все горловины станции) в горизонтальном и вертикальном масштабе 1:2000, длина всех путей в горизонтальном масштабе 1:5000.

6. Разработать немасштабную, но соразмерную принципиальную схему грузовой станции в осях путей; на схеме показать все проектируемые элементы грузового двора; установить размеры этой станции для накладки на план узла.

7. Разработать немасштабные, но соразмерные принципиальные схемы пассажирской и пассажирской технической станций в осях путей, приняв количество устройств на основе данных задания; установить размеры этих станций для их накладки на план железнодорожного узла.

8. Разработать не менее двух вариантов принципиальных схем узла в контурах парков станций, с развязками подходов к ним в соответствии с исходными данными задания, запроектированными ранее схемами сортировочной, грузовой, пассажирской и пассажирской технической станций. На основе сопоставления положительных и отрицательных сторон разработанных схем и их оценки определить лучший вариант для проектирования.

9. Дать краткое описание организации работы запроектированного железнодорожного узла.

Таблица 2

Направление		Номер варианта (сумма двух последних цифр учебного шифра)																						
		из	на	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
А	Б	12/49	10/20	50/6	50/10	16/29	51/8	56/9	38/8	51/10	10/38	61/5	51/6	10/46	12/22	9/28	10/22	48/6	10/24	58/6	8/46	10/24	58/6	8/46
	В	2/1	4/8	1/1	1/2	6/5	1/2	2/2	2/2	4/3	3/8	1/1	1/2	1/2	4/10	5/12	0/2	1/2	6/4	1/2	6/4	1/2	6/4	1/2
	Г	5/6	2/2	2/3	5/4	4/3	2/4	3/3	5/4	7/3	2/2	4/2	2/2	2/2	2/4	0/2	2/3	0/2	2/3	2/2	3/2	2/2	2/4	2/4
	Д	0/1	0/2	0/1	0/2	0/2	0/2	0/1	0/2	0/1	0/1	0/1	0/1	0/2	0/1	0/2	0/1	0/2	0/1	0/2	0/2	0/1	0/2	0/2
Б	А	53/8	20/10	8/48	6/54	21/14	15/44	11/54	3/43	13/48	42/6	8/58	15/42	58/18	20/12	41/6	8/34	8/46	14/20	6/58	40/14	6/58	40/14	
	В	7/5	2/2	3/6	4/4	2/4	4/7	3/5	4/5	0/2	1/2	2/5	3/7	4/1	1/2	1/3	3/5	2/6	2/4	4/4	4/4	5/3	5/3	
	Г	1/2	5/9	1/1	2/1	6/6	1/2	1/1	2/1	2/1	6/5	5/5	0/1	1/2	1/1	3/8	5/4	1/2	1/1	4/6	1/1	1/2	1/2	
	Д	0/2	0/2	0/1	0/2	0/1	0/1	0/1	0/2	0/2	0/2	0/1	0/1	0/1	0/1	0/2	0/1	0/1	0/2	0/1	0/2	0/1	0/2	0/1
В	А	1/2	2/10	1/1	1/2	5/6	2/1	1/2	2/2	3/4	6/5	1/1	2/1	1/2	6/8	14/3	0/2	1/2	5/5	1/2	1/2	5/5	1/2	1/2
	Б	2/10	2/2	6/3	5/3	4/2	6/5	5/3	5/4	0/2	2/1	5/2	7/3	2/3	1/2	3/1	3/5	6/2	4/2	6/2	6/2	3/5	3/5	
	Г	4/6	9/8	5/4	6/2	6/6	5/4	5/3	5/2	3/5	5/3	6/2	8/2	3/5	14/8	3/4	3/5	8/2	3/4	7/2	4/6	7/2	4/6	
	Д	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/2	0/1	0/1	0/1	0/1	0/2	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
Г	А	8/3	2/2	2/3	7/2	6/1	4/2	3/3	6/3	6/4	0/4	2/4	3/3	3/3	2/2	0/2	1/4	3/2	4/1	2/2	4/1	2/2	4/2	4/2
	Б	2/1	7/7	1/1	1/2	4/5	1/2	0/2	1/2	8/3	4/6	0/1	1/2	1/1	4/7	4/5	0/3	0/2	6/4	0/2	6/4	0/2	2/1	2/1
	В	6/4	7/10	4/5	3/5	6/6	3/6	2/6	2/5	2/5	4/4	2/6	3/7	6/2	10/12	3/4	2/6	3/7	2/5	3/6	0/1	3/6	0/1	0/1
	Д	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/2	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
Д	А	0/1	0/2	0/1	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	0/1	0/1	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	0/1	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2
	Б	0/2	0/2	0/1	0/2	0/1	0/1	0/2	0/2	0/2	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/2	0/1	0/1	0/2	0/1	0/2	0/1	0/2	0/1
	В	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/2	0/1	0/1	0/1	0/1	0/2	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
	Г	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/2	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
Всего		103/107	72/102	84/90	91/103	86/97	95/99	91/106	75/93	104/106	84/92	92/97	100/90	92/98	79/107	88/82	33/103	84/92	62/92	91/101	71/98	62/92	91/101	71/98

**Примечания:** 1. В числителе приведены транзитные поезда, проходящие узел без переработки, в знаменателе — поезда, поступающие на переработку на сортировочную станцию.

2. В прибывающих на сортировочную станцию и перерабатываемых поездах, распределенных в таблице по соответствующим направлениям, вагоны могут быть для различных направлений и назначений.

Таблица 3

## Дополнительные данные

Наименование данных	Номер варианта (последняя цифра учебного шифра)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Количество главных путей в направлениях:										
А-Д	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Б-Д	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
В-Д	2	2	1	1	1	2	2	1	1	2
Г-Д	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2
Автоблокировка										
Средства сигнализации и связи при движении поездов на всех направлениях										
Вид тяги на всех направлениях (Эл-электрическая, Т-тепловая)	Эл	Т	Эл	Т	Эл	Т	Эл	Т	Эл	Эл
Серии локомотивов (грузовых / пассажирских)	ВЛ80 <sup>КС</sup> ЧС2	2ТЭ116 ТЭП60	ВЛ11 ЧС2	2ТЭ10В ТЭП60	ВЛ80 <sup>КС</sup> ЧС4	2ТЭ121 ТЭП60	ВЛ80 <sup>КС</sup> ЧС4	ВЛ80 <sup>РС</sup> ЧС7	2ТЭ10Л ТЭП60	ВЛ10 ЧС3
Основные										
Локомотивное депо в узле										
Полезная длина приемно-отправочных путей на сортировочной станции, м	1250	1250	1050	1050	1250	1050	1050	1250	1050	1050
Средняя длина состава в вагонах	60	58	54	61	56	55	62	57	54	63
Количество путей на грузовой станции (приемо-отправочных / сортировочных)	5/7	6/7	4/6	4/5	5/8	4/6	5/6	5/7	4/6	5/6
Количество крытых складов и площадок на грузовом дворе; кратких механизированных складов для тарно-штучных грузов с внутренним вводом путей	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
площадок для тяжеловесных грузов	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1
площадок для навалочных грузов	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1
Контейнерные площадки	1	1	2	2	1	1	1	2	1	2
Количество перронных путей	8	7	8	10	9	10	11	7	9	9
Размеры пассажирского движения в парках поездов в сутки (дальних/пригородных) по направлениям:										
А – Д	3/6	4/8	3/7	3/5	4/6	6/5	5/7	5/6	5/5	6/6
Б – Д	6/6	3/8	5/7	6/5	6/8	4/6	6/5	4/7	6/6	4/5
В – Д	1/4	2/5	1/4	1/4	1/6	5/5	2/6	1/3	2/3	1/5
Г – Д	2/4	1/4	1/3	2/3	2/6	1/4	3/5	1/4	1/3	4/4
Количество путей в парках технической станции:										
парк приема	5	4	3	7	7	6	8	6	7	6
парк отправления	6	5	6	5	7	8	7	8	8	6
Количество назначений по плану формирования/число сортировочных путей на направления:										
А	8/8	9/11	8/11	9/14	9/12	10/12	10/14	9/11	10/14	7/8
Б	9/14	7/11	3/4	4/5	10/15	5/6	5/6	4/5	4/6	9/11
В	3/4	5/6	3/4	4/5	4/3	4/4	3/4	3/3	3/4	4/5
Г	4/5	4/6	3/3	3/3	4/4	3/3	3/3	3/3	4/6	3/3
Узел	4/4	5/5	4/4	6/6	6/6	3/3	4/4	3/3	6/6	3/3
Дополнительные	0/9	0/9	0/6	0/7	0/8	0/8	0/9	0/7	0/8	0/6

Данные для проектирования сортировочной горки

Наименование данных	Номер варианта (сумма двух последних цифр учебного шифра )									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вес расчетного отпела (4-осный крытый вагон), т·с	25	40	26	35	50	45	25	30	35	50
Расчетная температура наиболее холодного месяца, °С	-26	-23	-20	-28	-25	-24	-21	-19	-22	-27
Скорость ветра встречного/попутного, м/с	5,5/5	6,5/7	4,5/4	5/6	5/5,5	5/6,5	6/6,5	4,5/5,5	6/4,5	4,5/4
$K$ — коэффициент параллельного роспуска	0,6	0,5	0,40	0,55	0,65	0,55	0,45	0,35	0,45	0,5
$\alpha_n$ — коэффициент повторной сортировки	0,05	0,06	0,08	0,07	0,04	0,07	0,07	0,06	0,05	0,08
$m_n$ — среднее число вагонов в составе при повторной сортировке	25	26	27	34	28	35	29	38	30	37
$t_n$ — время переработки составов с отсевных путей	6	6	8	7	5	6	7	8	6	7
$\beta$ — угол между направлением ветра и осью пути скатывания в градусах	28	24	18	16	26	14	22	20	12	20
Наименование данных	Номер варианта (сумма двух последних цифр учебного шифра)									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Вес расчетного отпела, т·с	46	37	32	27	40	44	33	24	42	28
Расчетная температура холодного месяца, °С	-28	-24	-26	-22	-30	-25	-23	-20	-27	-21
Скорость ветра встречного/попутного, м/с	5,4/5,1	6,3/6,8	4,8/5,2	5,7/5,8	6,5/6,2	5/5,9	6,3/7	6,4/5,7	5,5/5,3	4,9/5,6
$K$ — коэффициент параллельного роспуска состава	0,35	0,30	0,45	0,48	0,50	0,40	0,43	0,52	0,55	0,38
$\alpha_n$ — коэффициент повторной сортировки вагонов	0,09	0,11	0,08	0,06	0,09	0,10	0,07	0,05	0,04	0,06
$m_n$ — среднее число вагонов в составе при повторной сортировке	35	30	40	25	28	34	26	38	37	32
$t_n$ — время переработки $m$	7	6	10	6	7	8	7	10	9	8
$\beta$ — угол между направлением ветра и осью пути, град.	14	28	30	20	18	16	24	22	26	12

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Основными положениями, которыми следует руководствоваться при разработке курсового проекта, являются:

- 1) обеспечение безопасности движения поездов и личной безопасности работников станции и пассажиров;
- 2) обеспечение потребной пропускной способности, срочности перевозок и сохранности грузов, наилучших эксплуатационных показателей работы станций и железнодорожного узла;
- 3) соблюдение комплексности при проектировании;
- 4) обеспечение возможности дальнейшего развития станций и железнодорожного узла;
- 5) достижение наибольших удобств для пассажиров, получателей и отправителей грузов.

Проект должен быть разработан в соответствии с требованиями Правил технической эксплуатации железных дорог, а также основных нормативно-справочных материалов [3; 4; 7] и руководящих документов ОАО РЖД, ФАЖТ.

В соответствии с заданием в железнодорожном узле проектируют: сортировочную, пассажирскую, пассажирскую техническую, грузовую станции и варианты схем железнодорожного узла.

Проект должен состоять из графических работ и пояснительной записки.

Выполняют два чертежа: масштабный план сортировочной станции и чертеж сортировочной горки.

Краткая пояснительная записка должна содержать: введение, анализ исходных данных задания, расчеты количества проектируемых устройств, характеристику составных элементов узла и входящих в его состав станций и их принципиальные схемы, обоснование принятого варианта железнодорожного узла, описание его эксплуатационной работы.

В проекте необходимо использовать передовой опыт работы железных дорог и обеспечить наиболее эффективное внедрение

новой техники. Во введении следует показать основные направления развития железнодорожных узлов и станции, пути совершенствования технического оснащения и эксплуатационной деятельности узлов и станций во взаимодействии с другими видами транспорта, а также (исходя из задания) осветить важнейшие характерные положения для заданного железнодорожного узла, которые должны быть учтены при выполнении проекта.

### **Анализ исходных технических данных и работы узла**

Анализ исходных данных имеет важнейшее значение для установления правильных принципиальных решений по узлу в целом и его составным элементам, от него в значительной мере зависит качество выполняемого проекта.

Необходимо проанализировать исходные данные во взаимосвязи с приложенным рельефом местности, с учетом подходов железнодорожных направлений, размещения города, наличия водных бассейнов и др.

Анализируя задание, следует, прежде всего, изучить характер и объем работы узла, распределение этой работы между станциями. Для этого по табл. 2 (задания) надо выяснить общее число прибывающих грузовых поездов, следующих на сортировочную станцию узла, долю транзитных и перерабатываемых поездов, следующих с разных сторон станции по соответствующим направлениям. Такой анализ поможет в дальнейшем правильно решать вопросы мощности, технического оснащения, комплектности и направления сортировки на сортировочной станции и др.

По дополнительным данным, имеющимся в табл. 3 (задания) необходимо выяснить общие размеры дальнего и пригородного пассажирского движения, установить, как распределено пассажирское движение по сторонам и направлениям подходов к узлу, откуда прибывает большое количество пассажирских поездов, заканчивающих следование в узле, а также пригородных поездов. Это позволит в дальнейшем правильно решать вопросы технического оснащения, принципиальной схемы пассажирской станции, расположения по отношению к ней технической станции и т.д. По данным из той же табл. 3

надо проанализировать намечаемое для проектирования складское хозяйство. Такой анализ поможет в решении вопросов организации переработки местного вагонопотока на сортировочной и грузовой станциях, выбора принципиальной схемы грузовой станции, а также ее технического оснащения.

Анализируя данные для проектирования сортировочной горки, приведенные в табл. 4 (задания) следует установить характер перерабатываемого вагонопотока, климатические и другие условия, оказывающие влияние на процессы расформирования поездов, планируемое оборудование горки. Этот анализ позволит определить в дальнейшем основное направление проектирования сортировочной горки/особенности ее устройства, основные положения по конструкциям и всему техническому оснащению.

Анализ других данных, изложенных в табл. 3, поможет установить влияние на проектирование узла и его составных элементов числа главных путей на подходах к узлу средств сигнализации и связи при движении поездов.

Одновременно с этим важное значение для установления принципиальных положений по развитию узла имеет анализ прилагаемого рельефа местности, в частности степени сложности этого рельефа, места расположения города, сооружения мостов через реки и т.д. Такой анализ позволит в дальнейшем правильно установить оптимальные развязки подходов, необходимые искусственные сооружения, возможности расположения станций по отношению друг к другу (последовательное, параллельное, различные варианты удаления их), требуемые внутриузловые соединения.

### **РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ**

В данном, курсовом проекте (исходя из заданных размеров перерабатываемого потока и его распределения по сторонам подходов к станции) обычно одна односторонняя станция справляется с заданным объемом работы. Однако даже в случае, если одна односторонняя станция может выполнять заданную работу при общем значительном перерабатываемом потоке

(более 5 тыс. вагонов в сутки) и относительно одинаковом его распределении по сторонам подходов, целесообразно сравнить ее с двусторонней станцией и на основе такого сравнения с учетом обеспечения требуемой эксплуатационной надежности выбрать схему станции.

Заданное число расформировываемых поездов сравнивается с технически рациональным уровнем перерабатывающей способности горки и других элементов станции, которые зависят от внутрисуточной неравномерности прибытия транзитных и разборочных грузовых поездов, расписания пассажирских поездов, отказов технических устройств и других причин.

Если одна односторонняя станция не сможет переработать заданное число расформировываемых поездов  $N_{\text{зад}}$  даже при применении частично-параллельного роспуска составов и новейшей техники, то возникают варианты проектирования двух односторонних станций в одном или разных узлах или одной двусторонней станции. Задача эта обычно решается технико-экономическими расчетами с учетом размеров и распределения перерабатываемого вагонопотока по сторонам подходов к узлу, дробности потока по назначениям и других условия.

В случаях выбора односторонней станции необходимо определить направление сортировки и запроектировать сортировочный комплект со стороны большего поступления вагонов в переработку (для приведенного на рис. 1, а примера со стороны Б и Г).

Выбрав направление сортировки, необходимо разработать приемлемые для заданных условий принципиальные схемы станции в контурах парков (не менее двух вариантов). Схемы эти должны быть вычерчены с учетом размерности составных элементов, на них надо показать все основные проектируемые устройства (парки, горку, локомотивное и вагонное хозяйство), а также горловины и внутростанционные соединения.

При проектировании схем односторонних сортировочных станций надо учитывать следующие важнейшие требования:

а) парки в комплекте должны быть, как правило, расположены последовательно друг к другу;

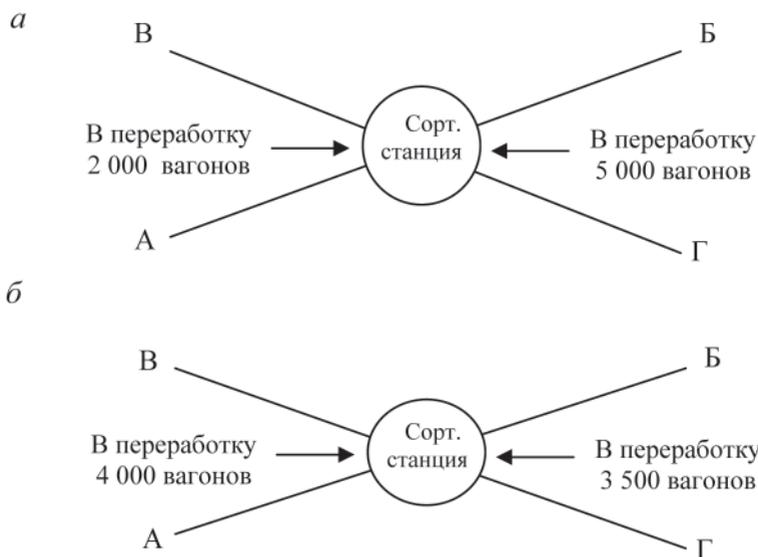


Рис. 1. Варианты распределения перерабатываемых потоков по сторонам подходов к узлу:

*а* — с преобладающим потоком с одной стороны; *б* — с относительно равновзначным потоком

б) парк прибытия должен проектироваться объединенным для всех поездов, поступающих в переработку, таким же объединенным должен быть и парк отправления для всех поездов своего формирования;

в) транзитные парки могут размещаться параллельно парку отправления или парку прибытия с внешних сторон по направлению следования поездов; при соответствующем обосновании транзитный парк для одного из направлений может располагаться у парка прибытия, а другой — у парка отправления;

г) локомотивное хозяйство должно быть запроектировано или параллельно сортировочному парку с левой стороны по ходу расположения парков в комплекте, или в определенных случаях у парка прибытия или парка отправления. Вагонное хозяйство обычно проектируют комплексно на одной территории с локомотивным депо.

Большая загрузка предгорочной горловины предполагает проектирование путепровода у горки для возможности беспрепятственного пропуска локомотивов.

При разработке принципиальной схемы станции следует решить вопрос о переработке местного вагонопотока и формировании сборных и многогруппных поездов, а также проверить обеспечение безопасности движения, поточности, устранения повторности и внедрения максимальной параллельности выполнения операций [1; 4; 7].

В качестве примера на рис. 2 показаны схемы односторонней сортировочной станции. При проектировании сортировочной станции надо изучить схемы, приведенные в [1; 2; 6; 7]. На станции следует предусматривать, как правило, последовательное расположение парков. При этом особое внимание следует уделить вопросам взаимосвязи между собой всех устройств, обеспечению оптимальных условий переработки угловых и местных вагонопотоков.

### **РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ПУТЕЙ В ПАРКАХ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ**

После установления наиболее приемлемой для заданных условий схемы сортировочной станции необходимо рассчитать количество путей в парках прибытия, отправления и транзитных с применением современных математических методов расчета [2, с. 261—262; 8, с. 107—117 и 158—162; 3. 8].

Количество путей в парке приема, отправления рассчитывают в зависимости от размеров и характера движения, устройств автоматики и телемеханика на станции и прилегающих перегонах и технологических норм обработки поездов [6].

В курсовом проекте можно использовать метод определения путевого развития парков приема, отправления и транзитных по интервалу прибытия и отправления поездов [3].

### **ПАРК ПРИЕМА**

Число путей в парке приема для транзитных с переработкой грузовых поездов определяют по формуле

Схема I

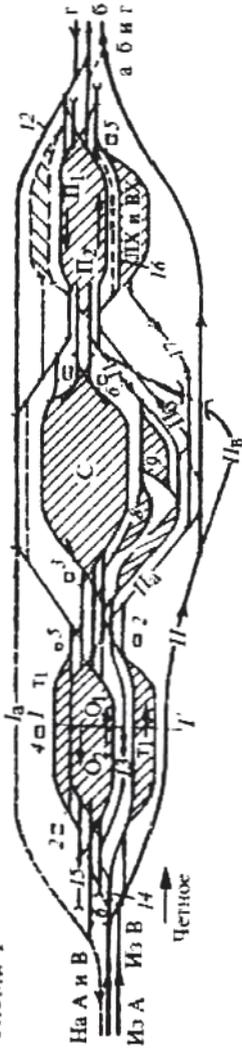


Схема II

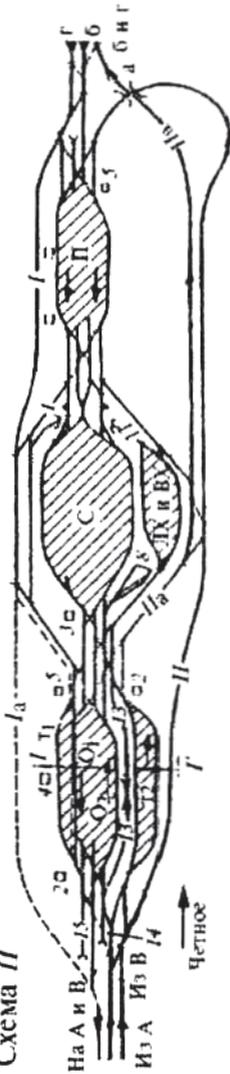


Рис. 2. Схема одноосторонних сортировочных станций с последовательным расположением парков:

П — парк приема; С — сортировочный парк; О — парк отправления; т — транзитный парк; ЛХ — локомотивное хозяйство; ЭУ — экипировочные устройства; ВХ — вагонное хозяйство; ВД — вагонное депо; I — центральный пост управления станцией; 2 — пост дежурного по отправлению (с помещением для обогрева вагонников); 3 — пост дежурного и составителей по формированию поездов; 4 — пункт технического обслуживания (ПТО); 5 — помещение для обогрева вагонников; 6 — компрессорная с мастерскими; 7 — приемный пункт пневмопочты с помещением для обогрева вагонников; 8 — сортировочная платформа и площадка сортировки контейнеров; 9 — механизированный пулы текущего отцепочного ремонта вагонов

$$m_{\text{пп}} = \frac{t_{\text{зан}}}{J_{\text{р}}^{\text{ср.вз}}} + m_{\text{д}},$$

где  $t_{\text{зан}}$  — общее (технологическое и ожидание расформирования) время занятия пути поездом, прибывшим в разборку, мин;

$J_{\text{р}}^{\text{ср.вз}}$  — средневзвешенное значение расчетного интервала прибытия поездов в парк приема со всех направлений, мин;

$m_{\text{д}}$  — дополнительное число путей.

Время занятия пути одним поездом:

$$t_{\text{зан}} = t_{\text{пр}} + t_{\text{оп}} + t_{\text{ож}}^{\text{р}} + t_{\text{осв}},$$

где  $t_{\text{пр}}$  — время занятия маршрута [6] при приеме поезда в парке, мин;

$t_{\text{оп}}$  — технологическое время на операции обработки состава по прибытию [6], мин;

$t_{\text{осв}}$  — время занятия пути при надвиге и роспуске состава при расформировании, мин;

$t_{\text{ож}}^{\text{р}}$  — время простоя состава в ожидании расформирования:

$$t_{\text{ож}}^{\text{р}} = \frac{\rho_{\text{г}}^2 (v_{\text{вх}}^2 + v_{\text{г}}^2) 60}{2\lambda_{\text{пр}} (1 - \rho_{\text{г}})},$$

здесь  $\rho_{\text{г}}$  — коэффициент загрузки горки;

$v_{\text{вх}}$  — коэффициент вариации интервалов между поездами, поступающими в парк приема (можно принять 0,7—1,0);

$v_{\text{г}}$  — коэффициент вариации горочных интервалов (можно принять 0,3—0,4);

$\lambda_{\text{пр}} = \frac{N_{\text{тр}}^{\text{с/п}}}{24}$  — часовая интенсивность поступления поездов в переработку;

$N_{\text{тр}}^{\text{с/п}}$  — суточные размеры транзитных с переработкой поездов, поступающих в парк приема.

$$\rho_r = \frac{N_{\text{тр}}^{c/\text{п}} t_r \mu_{\text{повт}}}{1440 - T_{\text{пост}}},$$

где  $t_r$  — горочный интервал, мин;

$\mu_{\text{повт}}$  — коэффициент, учитывающий повторный роспуск вагонов на горке (в задании может быть принят 1,03–1,15);

$T_{\text{пост}}$  — технологическое время перерыва работы горки, мин.

Расчетный интервал прибытия поездов  $J_p^n$  для одного направления (подхода) определяют по формуле

$$J_p^i = \frac{J_{\text{мин}} + J_{\text{ср}}^i}{2},$$

где  $J_{\text{мин}}$  — минимальный интервал следования грузовых поездов на подходе, мин;

$J_{\text{ср}}^n$  — средний интервал прибытия в парк приема грузовых транзитных с переработкой поездов для данного направления.

Средний интервал прибытия поездов для одного подхода

$$J_p^n = \frac{1440 - \frac{1440}{N_{\text{max}}} \left[ \alpha_{\text{рез}} N_{\text{пас}} \varepsilon_{\text{пас}} + (\alpha_{\text{рез}} - 1) (N_{\text{тр}}^{6/\text{п}} + N_{\text{тр}}^{c/\text{п}}) \right]}{N_{\text{тр}}^{c/\text{п}}},$$

где  $N_{\text{тр}}^{6/\text{п}}$  — суточные размеры транзитных без переработки поездов данного направления;

$N_{\text{пас}}$  — размеры пассажирского движения на направлении;

$N_{\text{max}}$  — максимальная пропускная способность железнодорожного участка с учетом отказов технических средств и колебаний времени хода;

$\varepsilon_{\text{пас}}$  — коэффициент съема грузовых поездов пассажирскими (можно принять  $\varepsilon_{\text{пас}} = 1,8$  на двухпутном и 1,3 на однопутных участках);

$\alpha_{\text{рез}}$  — коэффициент резерва для двухпутных линий 1,10; для однопутных — 1,15.

Максимальная пропускная способность линии равна:

$$N_{\max} = \frac{(1440 - t_{\text{техн}}) \alpha_{\text{н}}}{T_{\text{пер}}},$$

где  $t_{\text{техн}}$  — продолжительность технологического окна в графике движения (на двухпутных линиях 120 мин и на однопутных 60 мин);

$\alpha_{\text{н}}$  — коэффициент надежности технических средств (можно принять 0,91—0,93);

$T_{\text{пер}}$  — период графика движения поездов.

Средневзвешенное значение расчетного интервала прибытия поездов в парке приема со всех направлений равно:

$$J_{\text{п}}^{\text{ср.вз}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^R \frac{1}{J_{\text{п}}^{\text{п}}}},$$

где  $R$  — число подходов.

Дополнительное число путей в парке приема определяется по формуле

$$m_{\text{д}} = R - 1 + m_{\text{х}},$$

где  $m_{\text{х}}$  — число ходовых путей для горочных маневровых и поездных локомотивов (можно принять 1—2 пути).

## ПАРК ОТПРАВЛЕНИЯ

Число путей для отправления поездов своего формирования  $N_{\text{тр}}^{\text{с/ф}}$  определяют отдельно для каждого направления по формуле

$$m_{\text{по}i} = \frac{t_{\text{зан}}^i}{J_{\text{pi}}^{\text{o}}} + m_{\text{д}},$$

где  $t_{\text{зан}}$  — общее время занятия пути одним поездом, мин;

$J_{\text{pi}}^{\text{o}}$  — расчетный интервал отправления поездов для направления, мин;

$m_{\text{д}}$  — дополнительное число путей, специализированных как вытяжные или ходовые пути (можно принять 1—2 пути).

Общее время занятия пути определяют по формуле

$$t_{\text{зан}}^i = t_{\text{выб}} + t_{\text{оп}} + t_{\text{ож}}^o + t_o,$$

где  $t_{\text{выб}}$  — время занятия маршрута [6] при выводе состава из сортировочного парка в парк отправления, мин;

$t_{\text{оп}}$  — технологическое время на операции обработки составов по отправлению [6], мин;

$t_o$  — время занятия маршрута [6] при отправлении поезда из парка, мин;

$t_{\text{ож}}^o$  — время простоя состава в ожидании отправления, мин.

Среднее время простоя состава в ожидании отправления на данное направление

$$t_{\text{ож}}^{oi} = \frac{\rho_{oi}^2 (v_{\text{выб}}^2 + v_o^2) 60}{2\lambda_o^i (1 - \rho_{oi})},$$

где  $\rho_{oi}$  — коэффициент загрузки данного железнодорожного участка по отправлению грузовых поездов;

$v_{\text{выб}}$  — коэффициент вариации интервалов вывода составов из сортировочного парка в парк отправления (можно принять 0,35—0,40);

$v_o$  — коэффициент вариации интервалов отправления поездов (можно принять 0,70—0,90);

$\lambda_o^i$  — часовая интенсивность отправления поездов своего формирования данного направления.

Загрузка данного участка для транзитных поездов равна:

$$\rho_{oi} = \frac{N_{\text{три}}^{c/\phi} + N_{\text{три}}^{6/\pi}}{N_{\text{max}}^i - N_{\text{пас}}^i \varepsilon_{\text{пас}}}.$$

Расчетный интервал отправления поездов для направления равен:

$$J_p^i = \frac{J_{\text{min}} + J_{\text{cp}}^i}{2},$$

$$\text{где } J_{\text{cp}}^i = \frac{1440 - \frac{1440}{N_{\text{max}}^i} \left[ \alpha_{\text{рез}} N_{\text{пас}}^i \varepsilon_{\text{пас}} + (\alpha_{\text{рез}} - 1) (N_{\text{три}}^{c/\phi} + N_{\text{три}}^{6/\pi}) \right]}{N_{\text{три}}^{c/\phi}}.$$

По данной методике необходимо рассчитать число путей и для других направлений, затем и общее число путей в парке.

### ТРАНЗИТНЫЕ ПАРКИ

Количество путей в транзитных четном и нечетном парках определяют по аналогичной методике, изложенной выше, для парка приема и отправления.

Необходимо учесть, что средневзвешенный интервал прибытия (для двух направлений) следует определять по аналогии с расчетом его для парка приема, а общее время занятия пути транзитного парка следует рассчитать аналогично времени занятия пути парка отправления, при этом  $\rho_{oi}$  — коэффициент загрузки данного участка для расчетов путей в парке отправления и транзитных принимается одним и тем же.

$$m_{\text{тр}} = (t_{\text{зан}}^{\text{ср.вз.чет.}} / J_{\text{р}}^{\text{ср.вз.}}) + 1,$$

где  $t_{\text{зан}}^{\text{ср.вз.чет.}}$  — время занятия пути одним транзитным поездом;  
 $J_{\text{р}}^{\text{ср.вз.}}$  — средневзвешенный расчетный интервал прибытия поездов при двух и более подходах.

$$t_{\text{зан}}^{\text{ср.вз.чет.}} = t_{\text{пр}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{ож}}^{\text{о.ср.вз.}} + t_{\text{о}}.$$

Среднее время простоя четного транзитного поезда в ожидании отправления на данное направление

$$T_{\text{ож.ч}}^{\text{о}} = \frac{\rho_{oi}^2 (V_{\text{вх}}^2 + V_{\text{о}}^2) 60}{2\lambda_{oi}^{\text{тр}} (1 - \rho_{oi})}.$$

$\rho_{oi}$  — коэффициент загрузки данного железнодорожного участка по отправлению грузовых транзитных поездов (рассчитан при определении числа путей в парке отправления);

$\lambda_{oi}^{\text{тр}} = \frac{N_{\text{гр.ч}}^{\text{б.п.}}}{24}$  — часовая интенсивность отправления транзитных поездов данного направления.

Аналогично определяют время ожидания отправления транзитного поезда для других направлений, а затем средневзвешенную величину.

Расчетный интервал прибытия транзитных без переработки поездов для данного направления равен:

$$J_p^i = \frac{J_{\min}^i + J_{\text{cp}}^i}{2},$$

$$\text{где } J_{\text{cp}}^i = \frac{1440 - \frac{1440}{N_{\max}^i} [\alpha_{\text{рез}} N_{\text{пас}}^i \varepsilon_{\text{пас}} + (\alpha_{\text{рез}} - 1)(N_{\text{тр}}^{c/\text{п}} + N_{\text{тр}}^{\delta/\text{п}})]}{N_{\text{тр}}^{\delta/\text{п}}}.$$

При примыкании к станции с четной стороны двух или более подходов расчетный интервал прибытия транзитных поездов определяют для каждого подхода, затем определяют средне-взвешенный расчетный интервал.

Далее рассчитывают число путей в нечетном транзитном парке.

### СОРТИРОВОЧНЫЙ ПАРК

Количество основных путей в сортировочном парке задано (см. табл. 3 исходных данных). Кроме заданных должны быть запроектированы дополнительные пути для местных, неисправных вагонов и др. Количество таких путей в курсовом проекте может быть принято от 6 до 8. На двусторонних станциях дополнительные пути предусматриваются в обоих сортировочных парках, а также пути для вагонов угловых потоков.

Пути сортировочного парка группируются со стороны горки в пучки обычно от 6 до 8 путей в каждом.

Рекомендации по определению путей в сортировочном парке подробно изложены в [2; 6; 9].

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОРТИРОВОЧНОЙ ГОРКИ

В курсовом проекте должно быть предусмотрено сооружение горловины сортировочного парка с учетом оборудования горки КСАУ СС, применения прогрессивных технологических режимов работы (переменной скорости, параллельного роспуска составов и т.д.). Для параллельного роспуска составов рекомендуется проектировать путевое развитие горки повышенной и

большой мощности с тремя или пятью путями надвига и обычно с тремя спускными путями.

Во всех случаях при централизованных стрелочных переводах необходимо предусмотреть изолированные секции, не допускающие перевода стрелок под отцепами, а при автоматизации горок — укладку вагонозамедлителя на трех тормозных позициях (включая парковую) и проектирование измерительных участков.

Горловина сортировочного парка должна быть возможно более компактной для получения наименьшей расчетной длины горки. Кривые проектируются радиусом 200 м а в отдельных случаях меньше, но не менее 180 м с соответствующим усилением этих кривых, в парке укладываются симметричные стрелочные переводы с маркой крестовины 1/6 с, предусматриваются оптимальные углы поворота пучков. План горочной горловины сортировочного парка проектируется в масштабе 1:500 для соответствующего типа сортировочного устройства и его оборудования.

В соответствии с Правилами и нормами проектирования сортировочных устройств [4; 5; 11] проектируют сортировочные горки повышенной, большой, средней и малой мощности.

Сортировочные горки повышенной мощности (ГПМ) проектируют для переработки не менее 5 500 вагонов в сутки или при числе путей в сортировочном парке более 40.

Сортировочные горки большой мощности (ГБМ) проектируют для переработки от 3 500 до 5 500 вагонов в сутки или при числе путей в сортировочном парке от 30 до 40.

Сортировочные горки средней мощности (ГСМ) проектируют для переработки от 1 500 до 3 500 вагонов в сутки или при числе путей в сортировочном парке от 17 до 29.

Горки малой мощности (ГММ) проектируют для переработки от 250 до 1 500 вагонов в сутки при числе путей в сортировочном парке от 4 до 16.

Для конструктивных и технологических расчетов (кроме расчета высоты горки) за расчетные бегуны (ОП — очень плохой, П — плохой, Х — хороший, ОХ — очень хороший) принимаются четырехосные крытые и полувагоны на роликовых под-

шипниках, расчетным весом брутто  $g_{бр}$  соответственно 22;25: 70 и 85 т·с.

Конструкция и техническое оснащение горки должны обеспечивать непрерывное, бесперебойное и безопасное расформирование составов при соблюдении всех технических и технологических требований со скоростью роспуска не менее, указанной в табл. 5.

Таблица 5

Сортировочная горка		Расчетное сочетание бегунов	Скорость роспуска $v_{ор}$ , м/с	
Повышенной мощности		ОП-ОХ-ОП	1,7	
Большой мощности		ОП-ОХ-ОП	1,7	
Средней мощности		ОП-Х-ОП	1,4	
Малой мощности	С тормозной позицией на спускной части	механизированной	ОП-Х*-ОП*	1,2
		немеханизированной	ОП*-Х-ОП*	1,0
	Без тормозной позиции на спускной части		ОП*-Х-ОП*	0,8

### РАСЧЕТ ВЫСОТЫ СОРТИРОВОЧНОЙ ГОРКИ

При расчете высоты горки за расчетный отцеп (бегун) принимают четырехосный крытый вагон на роликовых подшипниках. Вес расчетного бегуна устанавливается на основании анализа структуры всего вагонопотока, перерабатываемого на горке в наиболее напряженный период года. Расчетную весовую категорию и соответствующее основное удельное сопротивление ( $\omega$  кгс/т·с) устанавливают по табл. 6.

Таблица 6

Диапазон веса вагонов, т·с	Весовая категория вагонов		Числовые характеристики распределения $\omega$ , кгс/т·с	
	наименование	обозначение	среднее значение	среднеквадратическое отклонение
До 28	Легкая	Л	1,75	0,67
28-44	Легко-средняя	ЛС	1,54	0,59
44-60	Средняя	С	1,40	0,50
60-72	Среднетяжелая	СТ	1,25	0,38
Свыше 72	Тяжелая	Т	1,23	0,35

В курсовом проекте студент устанавливает весовую категорию вагонов в соответствии с исходными данными задания.

Высоту сортировочной горки определяют как сумму расчетных профильных высот элементов продольного профиля и проверяют по условию обеспечения пробега вагонов расчетной весовой. Категории при неблагоприятных условиях работы горки от вершины горки (ВГ) до расчетной точки (РТ). Расчетную точку принимают на расчетном трудном сортировочном пути на расстоянии 50 м от выходного конца парковой тормозной позиции (III ТП), которая располагается на закрестованной кривой не менее 15 м (длина вагона) от предельного столбика последнего стрелочного перевода или на прямом пути за этой кривой. Парковые замедлители располагают по возможности в створе (одной или несколькими группами).

За расчетный трудный сортировочный путь принимают тот путь, на котором по маршруту скатывания суммарная удельная работа сил сопротивления движения имеет наибольшее значение.

Высота сортировочной горки в пределах расчетной длины в общем виде может быть определена как сумма трех предельных высот расчетных участков: головного участка (между ВГ и началом I ТП)  $h_1$ , среднего участка (между началом I ТП и началом пучковой II ТП)  $h_2$ , нижнего участка (между началом II ТП и РТ)  $h_3$  [5; 10].

Среднюю скорость движения расчетного бегуна по различным участкам горки следует принимать в зависимости от мощности горки по табл. 7.

Таблица 7

Расчетные участки горки	Средняя скорость движения вагона на горках, м/с						
	с двумя и более ТП на спускной части				с одной ТП на спускной части		без ТП на спускной части
	ГПМ	ГБМ	ГСМ	ГММ	ГСМ	ГММ	ГММ
От вершины горки до начала I ТП	4,5	4,2	4,0	3,5			
От начала I ТП до начала II ТП	6,0	5,5	5,0	4,0	4,5	3,5	3,0
От начала II ТП до начала парковой механизированной тормозной позиции или до башмако-сбрасывателя	5,0	5,0	4,0	3,0	4,0	3,0	
Сортировочные пути (до расчетной точки)	2,0	2,0	2,0	1,4	2,0	1,4	1,4

Высоту горки (м) определяют по формуле

$$H_r = 10^{-3} \left[ 1,75 \omega_o L_p + 1,75 \sum_1^{\kappa=4} \omega_{\text{ср.в}} \times l_i + 1,75 \sum_1^{\kappa=4} (0,23 \sum \alpha_{\text{кс}} + 0,56 n_{\text{стр}}) v_{\text{ср}}^2 + \omega_{\text{си}} L_{\text{си}} \right] - \frac{v_o^2}{2g},$$

где  $\omega_{\text{си}}$  — удельное сопротивление движению вагонов от снега и инея (определяют по табл. 8), кгс/т·с;

$\omega_{\text{ср.в}}$  — удельное сопротивление движению вагонов от воздушной среды и ветра, кгс/тс;

$L_p, L_{\text{си}}$  — расчетная длина от вершины горки до расчетной точки и расстояние от начала первой стрелки пучка до расчетной точки;

$l_i$  — длина расчетных участков горки, на которых принята средняя скорость движения вагонов в соответствии с табл. 7;

$\kappa$  — число расчетных участков общей расчетной длины ( $\kappa = 4$ );

$\sum \alpha_{\text{кси}}^o$  — сумма углов поворота (кривых и стрелочных переводов) на участке;

$n_{\text{стри}}$  — число стрелочных переводов на соответствующем участке;

$v_0$  — начальная скорость роспуска вагонов, м/с;

$q'$  — ускорение свободного падения с учетом инерции вращающихся частей вагона, м/с<sup>2</sup>.

Удельное сопротивление движению вагонов от снега и инея и от воздушной среды и ветра определяют в зависимости от расчетной температуры наружного воздуха, которую, в свою очередь, определяют для условий:

неблагоприятных:

$$t = t_{\text{cp}} + 0,3\tau(t_{\text{min}} - t_{\text{cp}}),$$

благоприятных:

$$t = t_{\text{cp}} + 0,3\tau(t_{\text{max}} - t_{\text{cp}}),$$

где  $t_{\text{cp}}$  — средняя месячная температура воздуха, °С;

$\tau$  — нормированное отклонение (принимается для горки ГПМ –3,0 и ГСМ–2,5);

$t_{\text{min}}, t_{\text{max}}$  — соответственно абсолютный минимум и максимум температуры воздуха для данного месяца, °С.

Удельное сопротивление движению вагонов от снега и инея определяют по табл. 8.

Таблица 8

Весовая категория	Дополнительное сопротивление $\omega_{\text{сп}}$ , кгс/т·с, при температуре, °С					
	–10	–20	–30	–40	–50	–60
Легкая	0,2	0,3	0,5	0,9	1,7	3,3
Легко-средняя	0,1	0,2	0,4	0,7	1,3	2,4
Средняя	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	2,0
Среднетяжелая	—	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6
Тяжелая	—	0,1	0,2	0,3	0,7	1,5

Величину сопротивления от воздушной среды и ветра при расчете высоты горки в курсовом проекте можно определить по формуле для спуска одиночных вагонов:

$$\omega_{\text{ср}} = \pm \frac{17,8C_x S}{(273+t)q_{\text{бр}}} v_p^2,$$

где  $C_x$  — коэффициент воздушного сопротивления одиночного вагона;

$S$  — площадь поперечного сечения вагона в м<sup>2</sup>;

$q_{\text{бр}}$  — вес вагона в т;

$t$  — температура наружного воздуха в °С (задана);

$v_p$  — результирующая относительная скорость отцепа с учетом скорости и направления ветра в м/с.

Таблица 9

Род вагонов	Число осей	Площадь поперечного сечения в м <sup>2</sup>	Угол $\alpha$ в градусах						
			0	10	20	30	50	70	90
Полувагон	4	8,5	1,36	1,68	1,83	1,76	1,11	0,43	0,1
Крытый	4	9,7	1,12	1,46	1,64	1,58	0,92	0,29	0,1
Полувагон	8	10,7	1,56	1,95	2,09	2,03	1,15	0,4	0,15
Платформа*	4	4,1	1,51	2,02	2,30	2,23	1,30	0,4	0,1
Цистерна	4	9,8	0,59	0,82	0,96	0,96	0,56	0,19	0,05
Цистерна	8	10,3	0,81	1,08	1,22	1,10	0,65	0,19	0,05
Хоппер	4	9,9	0,92	1,18	1,38	1,46	1,21	0,68	0,25

\*Воздушное сопротивление 4-осной платформы с контейнерами приравнивают сопротивлению крытого 4-осного вагона.

Коэффициент воздушного сопротивления  $C_x$  выбирают в зависимости от рода вагона и угла  $\alpha$  (угла между результирующим вектором движения отцепа и направлением ветра) (табл. 9).

Результирующая скорость  $v_p$  и угол  $\alpha$  могут быть определены по формулам:

$$v_p^2 = v_{\text{ср}}^2 + v_{\text{в}}^2 \pm 2v_{\text{ср}} v_{\text{в}} \cos\beta; \quad \alpha = \arcsin \frac{v_{\text{в}} \sin\beta}{v},$$

где  $v_{\text{ср}}$  — средняя скорость скатывания отцепа на участке в м/с;

$v_{\text{в}}$  — скорость ветра в м/с;

$\beta$  — угол между направлением ветра и осью участка пути, по которому движется отцеп.

## РАСЧЕТ ПРОФИЛЯ ГОРКИ

Определив высоту горки, следует перейти к расчету ее профиля. Профиль горки проектируют в полном соответствии с требованиями [4; 5].

Проектирование профиля и расчет скоростей скатывания основаны на равенстве работы движущей силы на определенном участке превышению кинетической энергии на этом участке. При этом следует учитывать следующую зависимость величин, используемых при расчетах:

$$l(i - \omega)10^{-3} = \frac{v_k^2 - v_n^2}{2q_i},$$

откуда

$$\frac{v_n^2}{2q'} + il \times 10^{-3} = l\omega \times 10^{-3} + \frac{v_k^2}{2q'},$$

где  $l$  — длина участка в м;

$i$  — уклон спускного пути в ‰;

$\omega$  — удельное сопротивление движению бегуна в кгс/т;

$v_n$  — скорость в начале участка в м/с;

$v_k$  — скорость в конце участка в м/с.

Указанную зависимость полезно сразу же увязать с графическим ее изображением» показанным на рис. 3. На этом рисунке:  $h_3'' = \frac{v_n^2}{2g'}$  — начальная энергетическая высота, соответствующая начальной скорости;  $h = il$  — высота рассчитываемого участка горки;  $h_\omega = \omega l$  — высота, показывающая работу сил сопротивления;  $h_3^k = \frac{v_k^2}{2g'}$  — конечная энергетическая высота, характеризующая запас кинетической энергии.

Запас кинетической энергии бегуна в конце любого участка легко определить, зная его скорость  $v = \sqrt{2gh_3}$ .

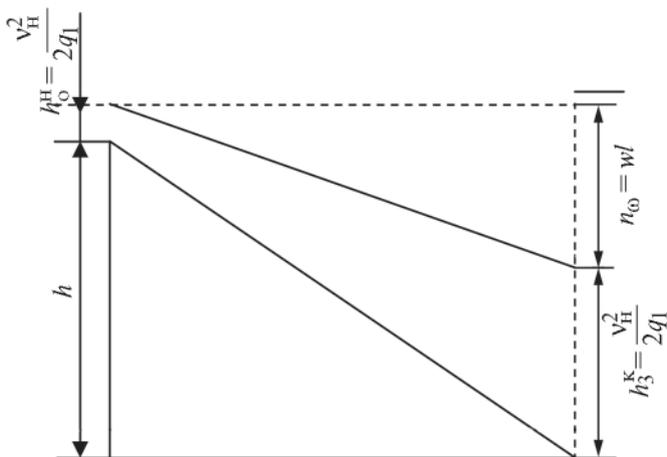


Рис. 3. Графическая зависимость величин, используемых при проектировании профиля сортировочной горки

### ПРОФИЛЬ НАДВИЖНОЙ ЧАСТИ ГОРКИ

Радиусы вертикальных кривых при сопряжении элементов профиля на горбе горки должны быть 350–400 м в сторону надвигной части и 250–300 м — в сторону спускной части. При сопряжении остальных элементов на надвигной частице менее 350 м, спускной части горки — не менее 250 м.

Суммарная крутизна сопряженных на горбе горки уклонов надвигной и спускной частей не должна превышать 55%. В этом случае необходимо предусматривать на надвигной части непосредственно перед вершиной горки профильный разделительный элемент, располагаемый на подъеме крутизной не менее 5% и длиной (между тангенсами вертикальных кривых) не менее 10 м. Примыкающий к разделительному элементу участок надвигной части проектируют по условию обеспечения потребной профильной высоты  $h_{n_1}$  длиной не менее 20 м с подъемом от 8 до 20% следующий элемент — на подъеме в сторону горки с крутизной 0–2%.

## Профиль спускной части горки

Продольный профиль спускной части горки следует проектировать с учетом скатывания очень хорошего бегуна (одиночный вагон) при благоприятных условиях с основным удельным сопротивлением движению, принимаемым по табл. 10.

Таблица 10

Характеристики	Числовые характеристики расчетных бегунов (вагонов)			
	ОП	П	Х	ОХ
Расчетный вес $g$ , т·с	22	25	70	85
Основное удельное сопротивление $\omega_0$ , кгс/т·с	4,5	4,0	0,8	0,5

При проектировании профиля спускной части горки определяют несколько его элементов: уклоны скоростного участка (между вершиной горки и первой тормозной позицией), уклон первой тормозной позиции, уклон промежуточного участка (между «концом первой и началом второй тормозной позиции»), уклон второй тормозной позиции, а также уклоны стрелочной зоны и путей сортировочного парка (рис. 4).

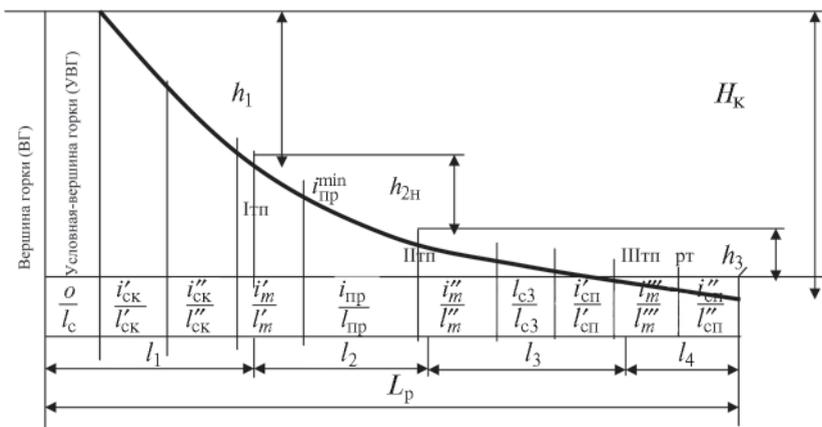


Рис. 4. Высота и длина расчетных участков горки

В расчетах профиля автоматизированной горки необходимо учитывать дополнительные требования, связанные с оборудованием АРС, наличием измерительного участка, парковых тормозных позиций и др.

Скоростной элемент спускной части горки следует проектировать возможно более крутым, но не более 50‰. Разница крутизны этого элемента и следующего за ним допускается не более 25‰. Прямой (в профиле) участок скоростного элемента, ограниченный тангенсами вертикальных сопрягающих кривых, должен иметь длину не менее 20 м.

Участок I ТП горок ГПМ, ГБМ и ГСМ необходимо размещать на спуске крутизной, устанавливаемой расчетом (но не менее 12‰) а на ГММ не менее 7‰.

Участок II ТП необходимо проектировать на спуске крутизной, обеспечивающей в плохих условиях трогание с места расчетных плохих бегунов, но не менее 7‰, а в холодных IV—VI температурных зонах — не менее 10‰. Крутизна участка стрелочной зоны до ее конца должна проектироваться в пределах 1,0—1,5‰ на крайних пучках до 2‰, для горок с числом путей в СП до 30 и до 2,5‰ для горок с числом путей в сортировочном парке более 30 в холодных температурных зонах. Допускается продлевать уклоны крутизной до 2‰ в пределы закрестованных кривых в начале сортировочных путей. Крутизну участка сортировочных путей от предельного столбика до (конца III тормозной позиции (III ТП) при расположении ее в кривой допускается выбирать согласно предыдущему пункту (до 2‰), а на прямой — 1,5‰.

Сортировочный путь за III ТП вновь сооружаемых горок следует проектировать на равномерном спуске крутизной 0,6‰.

Средний уклон скоростного участка при условии скатывания очень хорошего бегуна определяют по формуле

$$i_{\text{ск}}^{\text{сп}} = \frac{10^3(v_{\text{max}}^2 - v_0^2)}{2g l_{\text{ск}}^{\text{сп}}} + \omega_{\text{ок}},$$

где  $v_{\text{max}}$  — максимально допускаемая скорость входа отцепа на тормозную позицию (в зависимости от конструкции тормозных средств  $v_{\text{max}} = 7$  и 8 м/с);

- $v_0$  — начальная скорость роспуска состава в м/с;  
 $\omega_{\text{ок}}$  — суммарное удельное сопротивление очень хорошего бегуна в пределах скоростного участка при высокой температуре и попутном ветре в кгс/т·с;  
 $l_{\text{ск}}^{\text{cp}}$  — длина среднескоростного участка в м.

$$\omega_{\text{ок}} = \omega_0^{\text{ок}} \pm \frac{17,8C_x S}{(273+t)g_{\text{бп}}^{\text{ок}}} v_p^2 + \frac{0,23v_p^2 \sum \alpha_{\text{кв}} + 0,56n_{\text{стр}} v_{\text{стр}}^2}{l_{\text{ск}}^{\text{cp}}}.$$

Скоростной участок состоит из двух элементов (рис. 5).

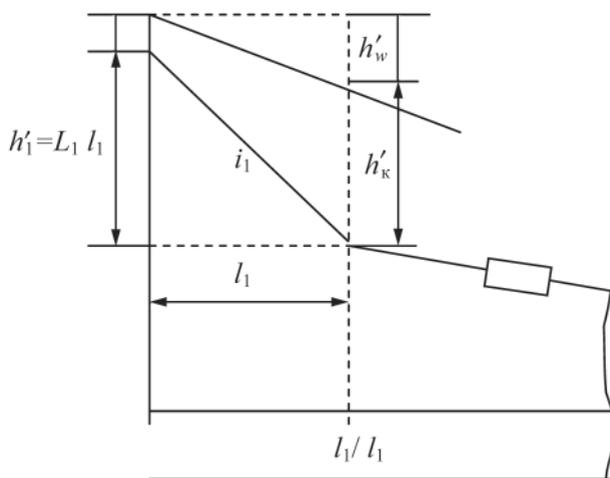


Рис. 5

Уклон второго элемента скоростного участка следует определять по формуле

$$i''_{\text{ск}} = \frac{h_{\text{ск}} - l'_{\text{ск}} i'_{\text{ск}}}{l''_{\text{ск}}},$$

где  $h_{\text{ск}}$  — высота среднескоростного участка в м (см. рис. 4), равна  $h_{\text{ск}} = i_{\text{ск}}^{\text{cp}} l_{\text{ск}}^{\text{cp}}$ ;

$l'_{\text{ск}}$  — длина первого элемента скоростного участка, м;

$l''_{\text{ск}}$  — длина второго элемента скоростного участка, м.

Средний уклон между началом первой тормозной позиции и началом второй тормозной позиции определяют по формуле

$$i_{\text{cy}} = \frac{1000 H_r - (i'_{\text{ck}} l'_{\text{ck}} + i''_{\text{ck}} l''_{\text{ck}} + i''_{\text{T}} l''_{\text{T}} + i_{\text{c3}} l_{\text{c3}} + i'_{\text{п}} l'_{\text{п}} + i''_{\text{п}} l''_{\text{п}} + i'''_{\text{T}} l'''_{\text{T}})}{i'_{\text{T}} + l_{\text{пр}}},$$

где  $l'_{\text{п}}, l''_{\text{п}}$  — длина участков подгорочных путей, м;  
 $l_{\text{пр}}$  — длина промежуточного участка, м;  
 $l'_{\text{T}}$  — длина участка первой тормозной позиции, м;  
 $i'_{\text{п}}, i''_{\text{п}}$  — уклон подгорочных путей, ‰;  
 $l_{\text{c3}}$  — длина стрелочной зоны, м;  
 $i_{\text{c3}}$  — уклон стрелочной зоны, ‰;  
 $l''_{\text{T}}, l'''_{\text{T}}$  — длина участка 2-й и 3-й тормозной позиции, м;  
 $i''_{\text{T}}, i'''_{\text{T}}$  — уклон на участке 2-й и 3-й тормозной позиции, ‰.

Продольный профиль спускной части горки должен иметь вогнутое очертание ( $i''_{\text{ck}} \geq i'_{\text{T}} \geq i_{\text{пр}} \geq i''_{\text{T}}$ ).

Исходя из этого, приняв уклон первой тормозной позиции  $i'_{\text{T}}$  не менее 12‰, найдем уклон промежуточного участка

$$i_{\text{пр}} = \frac{i_{\text{cy}}(l'_{\text{T}} + l_{\text{пр}}) - i'_{\text{T}} l'_{\text{T}}}{l_{\text{пр}}}.$$

Поскольку в курсовом проекте проектируют горку с автоматизированным регулированием скоростей скатывания, необходимо учитывать особенности в расчете горки, связанные с применением той или иной системы АРС.

## РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ТОРМОЗНЫХ СРЕДСТВ

Мощность тормозных средств горки определяют с учетом скатывания очень хорошего бегуна при благоприятных условиях и с остановкой ОХБ в конце пучковой тормозной позиции (II ТП).

Наличная мощность монтируемых в пути замедлителей устанавливается при использовании справочных данных о выбранном типе замедлителей и должна быть не менее потребной.

Суммарную потребную расчетную мощность тормозных позиций спускной части горки, м. эн. в, определяют по формуле

$$H_T = K_y (H_r + h_0 - h_{\text{оох}} - h_{\text{пр}}),$$

где  $K_y$  — коэффициент увеличения потребной расчетной мощности тормозных позиций спускной части горки, вызываемой требованиями совместного интервального и прицельного торможения, безопасной сортировки вагонов при занятии участка между пучковой и парковой тормозными позициями, компенсации погрешностей регулирования скорости скатывания вагонов и обеспечения живучести технологической системы этого регулирования. Значения  $K_y$  может быть 1,20—1,25 при двух тормозных позициях в пределах спускной части горки;

$h_{\text{оох}}$  — удельная энергия, теряемая ОХБ при преодолении в хороших условиях сил сопротивления движению на участке от ВГ до конца пучковой тормозной позиции, м. эн. в;

$h_{\text{пр}}$  — профильная высота участка от конца пучковой тормозной позиции до расчетной точки, м.

Потребная расчетная мощность 1 ТП на горке ГПМ и ГБМ может находиться в пределах 2—2,5 м, эн. в. Суммарная наличная мощность тормозных средств в пределах спускной части горки ГПМ, ГБМ и ГСМ по маршруту скатывания отцепов должна обеспечивать при благоприятных условиях скатывания остановку четырехосного вагона весом 100 т-с и сопротивлению 0,5 кгс/т-с на пучковой тормозной позиции. При этом торможение вагона на I ТП предусматривается до уровня, определяемого по условиям оптимизации расчетной скорости роспуска (0,7—1,2 м.эн.в).

Наличная мощность пучковой (II ТП) тормозной позиции на горке повышенной и большой мощности должна обеспечивать остановку ОХБ при наибольшей допустимой скорости входа  $v_{\text{вх}}$  его на эту позицию и составлять 2,5 м. эн. в. при  $v_{\text{вх}} = 7$  м/с и 3,2 м. эн. в. при  $v_{\text{вх}} = 8,0$  м/с.

Потребная расчетная мощность парковой тормозной позиции (III ТП) для ГПМ, ГБМ и ГСМ устанавливается в ходе

оптимизационных расчетов при комплексном проектировании высоты и продольного профиля горки в зависимости от расчетной скорости роспуска.

Отсюда

$$h_{\text{пр}} = 10^{-3}(i_{\text{сз}}l_{\text{сз}} + i'_{\text{п}}l'_{\text{п}} + i''_{\text{п}}l''_{\text{п}} + i'''_{\text{т}}l'''_{\text{т}});$$

$$h_{\text{оох}} = 10^{-3} \left[ (\omega_0^{\text{оx}} \pm \omega_{\text{ср.в}}^{\text{оx}})(L_{\text{п}} - l_{\text{сз}} - l'_{\text{п}} - l''_{\text{п}} - l'''_{\text{т}}) + \sum_{i=1}^{R=2} (0,23 \sum \alpha_{\text{кci}} + 0,56n_{\text{стрi}})v_{\text{срi}}^2 \right].$$

Минимальная мощность I ТП из условия входа ОХБ на II ТП с максимальной скоростью  $v_{\text{max}}$  равна:

$$h'_{\text{т1min}} \geq h_{\text{проф}} - 10^{-3} \left[ (\omega_0^{\text{оx}} \pm \omega_{\text{ср.в}}^{\text{оx}})(l'_{\text{т}} + l_{\text{пр}}) + (0,23 \sum \alpha_{\text{кc}} + 0,56n_{\text{стр}})v_{\text{ср}}^2 \right],$$

где  $h_{\text{проф}}$  — профильная высота участков I ТП и промежуточного, м;

$\sum \alpha_{\text{кc}} n_{\text{стр}}$  — сумма углов поворота и стрелок на этих участках.

Наличная мощность II ТП из условия входа ОХБ на II ТП с максимальной скоростью и остановкой его в конце позиции должна быть

$$h''_{\text{т}} = \frac{v_{\text{max}}^2}{2g'_{\text{оx}}} + l'_{\text{т}}(i''_{\text{т}} - \omega_0^{\text{оx}} - \omega_{\text{ср.в}}^{\text{оx}})10^{-3}.$$

Затем суммарную тормозную мощность необходимо распределить между позициями, установить тип и количество укладываемых замедлителей [1; 2; 3]. Минимальная мощность первой тормозной позиции должна обеспечивать такое снижение скорости очень хорошего бегуна, которое обеспечивало бы его вход на вторую позицию с максимально допустимой скоростью.

На первой позиции рекомендуется устанавливать два замедлителя, если даже по расчету потребуется один замедлитель, с тем, чтобы в периоды ремонта не нарушать нормальный роспуск составов. На второй позиции обычно укладывают также два замедлителя. Типы замедлителей, их секционность или звенность устанавливаются па основе расчетов [2; 7]. На третьей позиции укладывают замедлители РНЗ-2.

Количество замедлителей на каждой позиции устанавливают с учетом необходимой энергетической высоты погашения ее тормозными позициями и расчетной мощностью замедлителей соответствующего типа (табл. 11).

После указанных выше расчетов необходимо выполнить проверку профиля горки, размещения и мощности тормозных средств для определения возможности обеспечения расчетной скорости роспуска составов. При этом должно быть проверено, достаточны ли интервалы для перевода разделительных стрелок, а также перевода балок замедлителей из нетормозного в тормозное положение. Для автоматизированных горок рассчитывают скорости роспуска при выключении замедлителей на второй тормозной позиции для ремонта.

Проверку профиля спускной части горки производят графоаналитическим способом [1; 3; 4].

На чертеже горки в верхней части листа чертежной бумаги во взаимосвязи с планом головы сортировочного парка надо вычертить профиль спускной части горки (продольный масштаб 1:500, вертикальный 1:20). В нижней части листа вычерчивают кривые скорости и времени спуска плохого и хорошего бегунов в плохих условиях и очень хорошего бегуна в очень хороших условиях (масштаб 1 м/с — 20 мм и 1с — 2 мм).

Для построения кривых энергетических высот требуется провести соответствующие расчеты, сущность которых заключается в установлении свободной энергетической высоты  $h_c$  для очень плохого, плохого, хорошего и очень хорошего бегунов, спускаемых по расчетному пути на протяжении от вершины горки до расчетной точки остановки плохого бегуна (например, рис. 5).

Расчетный путь разбивают на короткие участки (длиной не более 20—25 м) с учетом имеющихся точек перелома профиля, начала и конца кривых, размещения замедлителей и т.д.

Для проверки спускной части профиля должна быть составлена таблица по форме табл. 12 [5; 6; 10]. По окончании табличных расчетов строят кривые энергетических высот, скорости и времени.

На чертеже горки (рис. 6) кривые энергетических высот, времени и скорости скатывания бегунов вычерчивают для ОП, П,

Таблица 11

Показатели	Значение показателя замедлителя									
	КЗ-3	КЗ-5	ВЗП-5	КНП-5	ВЗПП		РНЗ-2	РНЗ-2М	РНЗ-1	
					5-звенный	3-звенный				
Масса (без рельсов и шпальных брусьев), т	17,0	28,0	25,0	34,8	23	13	6,5	7,3	5,5	
Длина по балкам, м	7,925	12,475	12,475	12,475	12,475	7,9	3,6	3,6	3,6	
Ширина конструкции, м	3,68	3,68	3,30	3,9	3,25	3,25	4,84	4,84	3,42	
Глубина, заложенная от уровня головки рельса, м	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,55	0,55	0,55	
Расчетная погашаемая энергетическая высота отцепов, м.ЭН.В.*	1,0	1,4	1,4	1,2	1,3	1,0	0,35	0,45	0,25	
Время затормаживания, с	0,8	0,8	1,0	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	
Время отгормаживания, с	0,7	0,7	1,0	1,2	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
Допустимая скорость входа вагонов, м/с	8,0	8,0	8,5	7	8	8	6,0	6,0	6,0	
Расход свободного воздуха на одно срабатывание, м³	0,8	1,28	1,05	1,5	0,2	0,13	0,2	0,18	0,1	
Тип рельсов	Р65	Р65	Р65	Р50	Р65	Р50	Р50	Р65	Р65	

\* Принимают 80% среднего значения при торможении любых полногрузных вагонов и давлении воздуха 0,65 Мпа.

Таблица 12

l, С	Скорость ветра v <sub>в</sub>		Вид бегунов	ω <sub>0</sub>	ω <sub>сн</sub>	h <sub>0</sub>	d'	z	v <sub>в</sub> ' = √(2g'h <sub>сн</sub> ), м/с	v <sub>в</sub> <sup>ср</sup> = (v <sub>в</sub> <sup>н</sup> + v <sub>в</sub> <sup>л</sup> )/2, м/с	t <sup>l</sup> = l/v <sub>в</sub> <sup>ср</sup> , с	Σ t <sup>l</sup> от ВЛ, с																															
	Встречный	Попутный																																									
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	Номер точек	Уклоны профиля, %	Расстояние между точками l <sub>l</sub>	Трудный путь	Работа сопротивления	Очень плохой (или плохой) бегун	Суммарная высота h <sup>l</sup> от ВЛ до конца участка	Средняя скорость скатывания v <sup>ср</sup>	Число стрелок n <sup>ср</sup>	От стрелок 0,56n <sup>ср</sup> v <sup>2</sup> × 10 <sup>-3</sup>	Σ α <sup>к<sub>с</sub></sup>	0,23Σ α <sup>к<sub>с</sub></sup> v <sup>2</sup> × 10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup> [0,56n <sup>ср</sup> + 0,23 Σ αv <sup>2</sup> , гр.8 + гр.10	ω <sup>ср.в</sup> = z(v <sub>в</sub> <sup>l</sup> + v <sub>в</sub> <sup>в</sup> ) <sup>2</sup>	10 <sup>-3</sup> (ω <sub>0</sub> + ω <sup>ср.в</sup> + ω <sup>ч</sup> )l <sup>l</sup>	Работа сопротивления на участке (гр.11 + гр.13)	Суммарная работа от ВЛ	h <sub>св</sub> <sup>l</sup> в конце участка (гр.5 + h <sub>0</sub> - гр.15)	v <sub>в</sub> <sup>л</sup> = √(2g'h <sub>сн</sub> ), м/с	v <sub>в</sub> <sup>ср</sup> = (v <sub>в</sub> <sup>н</sup> + v <sub>в</sub> <sup>л</sup> )/2, м/с	t <sup>l</sup> = l/v <sub>в</sub> <sup>ср</sup> , с	Σ t <sup>l</sup> от ВЛ, с																					
																							0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Хороший бегун		Очень хороший бегун	
$h_{\text{topm}}$	21	$h_{\text{topm}}$	31
$\omega_{\text{cp.B}} = z_{\text{ox}}(\nu_{\text{p}}^i + \nu_{\text{B}}^i)^2$	22	$\pm \omega_{\text{cp.B}} = \pm z_{\text{ox}}(\nu_{\text{p}}^i - \nu_{\text{B}}^i)^2$	32
$10^{-3}(\omega_0 + \omega_{\text{cp.B}} + \omega_{\text{CH}})l^i$	23	$10^{-3}(\omega_0 \pm \omega_{\text{cp.B}} + \omega_{\text{CH}})l^i$	33
Работа сопротивления на участке (рп.11 + рп.23 + рп.21)	24	Работа сопротивления на участке (рп.11 + рп.33 + рп.31)	34
Суммарная работа от ВГ	25	Суммарная работа от ВГ	35
$h_{\text{свт}}$ в конце участка (рп. 5 + $h_0^x$ – рп. 25)	26	$h_{\text{свт}}$ в конце участка (рп. 5 + $h_{\text{ox}}^0$ – рп. 35)	36
$\nu_{\text{p}}^i = \sqrt{2g h_{\text{свт}}}$ , м/с	27	$\nu_{\text{p}}^i = \sqrt{2g h_{\text{свт}}}$ , м/с	37
$\nu_{\text{p}}^{\text{cпт}} = (\nu_{\text{p}}^{\text{л}} + \nu_{\text{p}}^{\text{л2}})/2$ , м/с	28		
$t^i = l/\nu_{\text{p}}^{\text{cпт}}$ , с	29		
$\sum t^i$ от ВГ, с	30		



Хт и ОХ<sub>р</sub>, т.е. для плохого бегуна без торможения, хорошего и очень хорошего бегунов с торможением.

Расчет и построение кривых скоростей и времени скатывания бегунов производятся в соответствии с указаниями, имеющимися в [5; 6; 10].

На основе анализа кривых скорости и времени скатывания бегунов с горки проверяют рассчитанную ранее высоту горки, величину скоростного уклона, принятую мощность тормозных позиций, возможность нагона бегунов до предельного столбика, необходимые интервалы для обеспечения перевода шин вагонных замедлителей и перевода разделительных стрелок между последовательно идущими отцепами, а также разницу во времени скатывания очень плохих и хороших бегунов.

При расчетах времени и скорости скатывания следует учитывать минимальный расчетный интервал между отцепами у вершины горки, при котором возможен перевод разделительной стрелки. Если известна фактическая минимальная скорость следования отцепов на этой стрелке, то

$$t_o^p = \frac{l_{\text{разд}}}{v_{\text{min}}} + \Delta t.$$

Поскольку расчетному интервалу соответствует расчетная скорость роспуска  $v_o^p$ , м/с, то

$$t_o^p = \frac{l_1 + l_2}{2v_o^p},$$

отсюда

$$v_o^p = \frac{l_1 + l_2}{2t_o^p} = \frac{l_1 + l_2}{2 \left( \frac{l_{\text{разд}}}{v_{\text{min}}} + \Delta t \right)}.$$

В приведенных выше формулах:

- $l_{\text{разд}}$  — разделительное расстояние между отцепами, м;
- $v_{\text{min}}$  — минимальная скорость следования отцепов, м/с, на стрелках пучка;

- $\Delta t$  — разница времени спуска очень плохих и хороших бе-  
гунов до проверяемого элемента, с;  
 $l_1$  и  $l_2$  — соответственно длина очень плохого и хорошего бе-  
гунов, м.

Расчетная скорость роспуска составов должна быть провере-  
на по условиям перевода шин вагонных замедлителей. Для про-  
верки следует использовать формулу

$$v_o^p = \frac{l_1 + l_2}{2 \left( \frac{l_{\text{зам}} + \frac{b_1 + b_2}{2}}{v_1} + t_{\text{перш}} + \Delta t \right)},$$

- где  $l_{\text{зам}}$  — длина одного самостоятельного управляемого замед-  
лителя (с учетом расстояний до изолирующих сты-  
ков), м;  
 $b_1, b_2$  — база первого и второго отцепов, м;  
 $t_{\text{перш}}$  — время перевода шин замедлителя из одного положения  
в другое, с.

При расчете скорости роспуска для нескольких стрелок, рас-  
положенных на расчетном пути, самая низкая скорость получа-  
ется обычно на наиболее удаленной последней разделительной  
стрелке, однако эта скорость не будет расчетной для роспуска  
всего состава. При роспуске состава с переменной скоростью  
с учетом различного распределения отцепов по путям парка и  
других условий должна быть определена средняя скорость ро-  
спуска, которая будет выше скорости на последней стрелке.

После указанных выше расчетов следует перейти к опре-  
делению перерабатывающей способности горки с учетом при-  
менения частично-параллельного роспуска составов.

Перерабатывающую способность горки в вагонах при ча-  
стично-параллельном роспуске составов рекомендуется опре-  
делять по формуле

$$N_{\Pi} = \frac{(1440 - T_{\text{пост}}) m_c \alpha_{\text{вр}}}{t'_r (1 - K) + K t''_r + t_{\text{пер}} \alpha \frac{m_c}{m_{\Pi}}}$$

где  $m_c$  — средняя длина состава в вагонах (задана, см. табл. 3);

$m_{\Pi}$  — среднее число вагонов в составе при повторной сортировке (задано, см. табл. 4);

$\alpha_{\text{вр}}$  — коэффициент, учитывающий возможные пере­рывы в использовании горки из-за враждебных передвижений (можно принять  $\alpha_{\text{вр}} = 0,97$ );

$t'_r = t_{\text{рос}} + t_{\Pi}$  — горочный интервал в режиме последовательного отпуска;

$t_{\text{рос}}$  — время отпуска состава  $\left( t_{\text{рос}} = \frac{m_c l_{\text{ваг}}}{60 v_o^p} \right)$ ;

$t_{\Pi}$  — средний интервал между отпусками двух по­следовательно расформировываемых составов (при работе двух локомотивов  $t_{\Pi} = 1 \div 2$  мин);

$K$  — коэффициент параллельности отпуска составов, показывающий отношение числа составов, пе­рерабатываемых в режиме параллельного рос­пуска, к общему числу перерабатываемых составов (задан, см. табл. 4);

$\alpha_{\Pi}$  — коэффициент повторной сортировки вагонов при параллельном отпуске составов (задан, см. табл. 4);

$t_{\text{пер}}$  — время занятия горки (в среднем) повторной пе­реработкой состава, поступающего с отсевных путей, мин (задано, см. табл. 4);

$t''_r$  — горочный интервал при параллельном отпуске составов (в среднем на один состав), мин.

В курсовом проекте эта величина может быть принята ори­ентировочно равной  $t''_r = 0,88 + (0,5 + 0,55\alpha) t'_r$ .

При определении  $t''_r$  и  $t'_r$  с большей точностью следует по­строить горочные технологические графики.

В проекте рекомендуется определить требуемую перерабатывающую способность сортировочной горки, (которая меньше расчетной на 15–20%, сравнить ее с заданным объемом переработки вагонов на станции).

Расчетом перерабатывающей способности завершается проектирование сортировочной горки.

### **РАЗРАБОТКА МАСШТАБНОГО ПЛАНА СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ И ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ ПАССАЖИРСКОЙ, ПАССАЖИРСКОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ И ГРУЗОВОЙ СТАНЦИЙ**

Масштабный план сортировочной станции в осях путей разрабатывается на основе выбранной ранее принципиальной схемы (горизонтальный масштаб 1:5 000, вертикальный 1:2 000). План станции должен быть вычерчен на листе чертежной бумаги, на нем необходимо показать все проектируемые станционные устройства (см. рис. 9).

Особое внимание при вычерчивании схемы надо обратить на обеспечение минимума враждебных пересечений, максимальной поточности выполнения операций, лучшей взаимосвязи между взаимодействующими элементами, оптимальное построение горловины и внутристанционных соединений.

Принципиальные схемы пассажирской и пассажирской технической станций разрабатываются, в осях путей на основе исходных данных (см. табл. 3) в соответствии с указаниями, имеющимися в [2; 6]. На схеме пассажирской станции следует показать пассажирское здание, платформы и переходы для пассажиров, устройства для переработки багажа и почты и др. Особое внимание следует уделить вопросам обеспечения безопасности движения поездов, удобства обслуживания пассажиров, устройства горловин станции с достаточной пропускной способностью.

Принципиальная схема грузовой станции составляется на основе исходных данных в осях путей. На схеме показываются все съезды, внутристанционные соединения, устройства грузового двора и др. Типовые схемы грузовых станций приведены в [6; 8]. При выборе схемы предпочтение следует отдавать комбинированным и сквозным схемам грузовых станций.

При разработке схем станций определяют их основные размеры (длина, ширина) для накладки этих схем в масштабе на план железнодорожного узла.

При примыкании подъездных путей к грузовой станции необходимо определить места их примыкания к горловине станции, показать на схеме пути, предназначенные для их обслуживания, а также учесть, что примыкание должно быть по возможности осуществлено с противоположной стороны горловины, связывающей парк станции с грузовым двором.

В случае, если в проекте предусматривается примыкание путей необщего пользования (подъездных путей) непосредственно к сортировочной станции, то вопрос о месте их примыкания решается одновременно с разработкой схемы этой станции.

На этом заканчивается проектирование станций, входящих и состав железнодорожного узла.

### **РАЗРАБОТКА ВАРИАНТОВ СХЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО УЗЛА И РАЗВЯЗОК ПОДХОДОВ**

Для решения вопросов, связанных с проектированием железнодорожного узла, рекомендуется, прежде всего, с учетом заданного рельефа местности и подходов направлений, примыкающих к узлу, а также разработанных ранее схем станций составить на двойном листе бумаги (склеенных по длине) принципиальные схемы железнодорожного узла (безмасштабные, но соразмерные), которые будут служить основой для проектирования плана узла. На таких схемах должны быть нанесены все станции в контурах парков, развязки подходов и внутриузловые соединения. Следует разработать не менее двух приемлемых для заданных условий вариантов схем узла. Принципиально варианты могут отличаться по развязкам подходов, внутриузловым соединениям. Например, в одном из вариантов развязки подходов могут быть выполнены, как показано на рис. 7, а в другом — развязки подходов принимаются из рис. 8. При наличии реки в пределах размещения узла и соответствующих подходов к нему возможен вариант выноса развязки за реку (см. рис. 8) [1; 6].

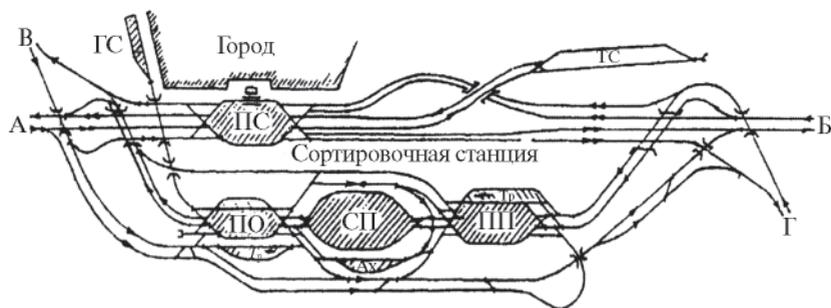


Рис. 7. Схема узла с параллельным расположением станций

Возможны разнообразные варианты развязок подходов. Так, например, развязки могут быть осуществлены частично перед рекой (со стороны подходов), а частично за рекой при ближнем подходе к станциям; может быть рассмотрен вариант, когда все развязки и по направлениям и по роду движения запроектированы за рекой вблизи станций, или развязки по направлениям движения могут быть осуществлены до реки, а по роду движения на ближних подходах к узлу и т.д. Отдельные примеры таких развязок показаны на рис. 8.

При разработке схем железнодорожных узлов в курсовом проекте для первого варианта развязки подходов принимают из рис. 8 по первой и последней цифрам шифра, а для второго варианта узла — по второй и предпоследней цифрам учебного шифра.

Развязки подходов проектируют как в плане, так и в профиле. При проектировании плана развязки надо учитывать допускаемые радиусы кривых, величины прямых вставок между ними, а также минимально допустимые расстояния этой развязки от путепровода и до места подключения сливающихся (в одном месте станции), развязываемых путей [2, с. 405—409].

В проекте могут возникать различные варианты внутриузловых развязок, в частности при соединениях сортировочной станции с грузовой, при различных условиях примыкания подъездных путей, взаимосвязи пассажирской станции с сортировочной, при проектировании в узле одного объединенного локомотивного депо и т.д.

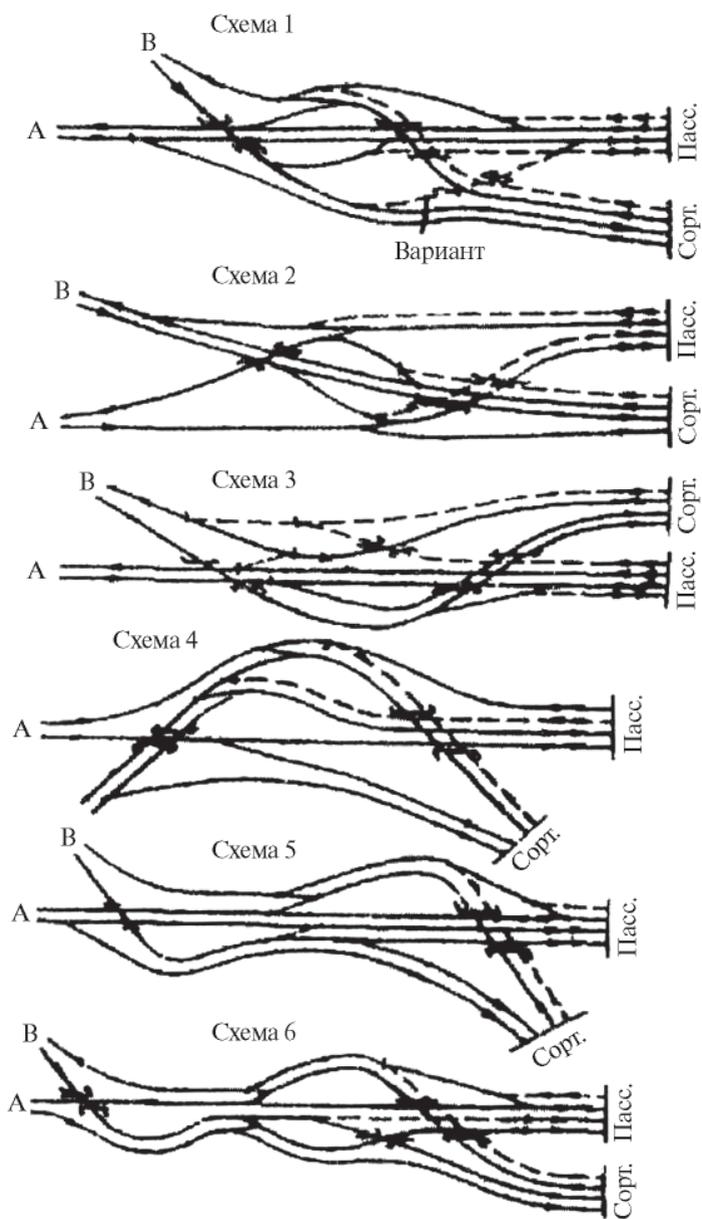


Рис. 8. Схемы развязок подходов по роду движения и направлениям

Схема 7

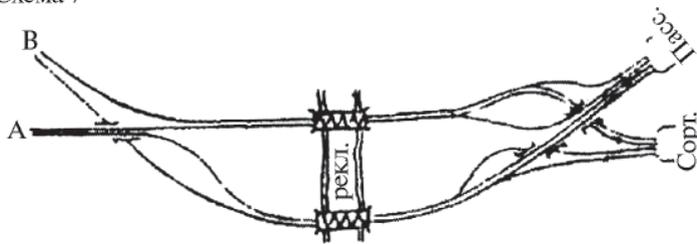


Схема 8



Схема 9

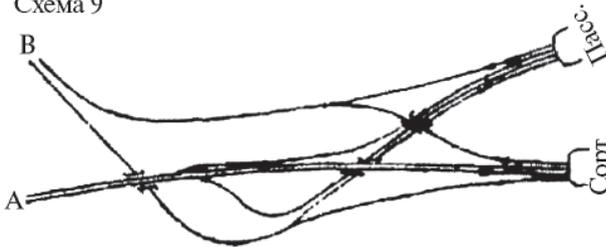


Схема 10

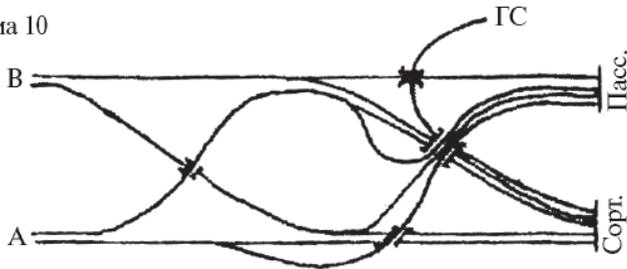


Рис. 8. Окончание

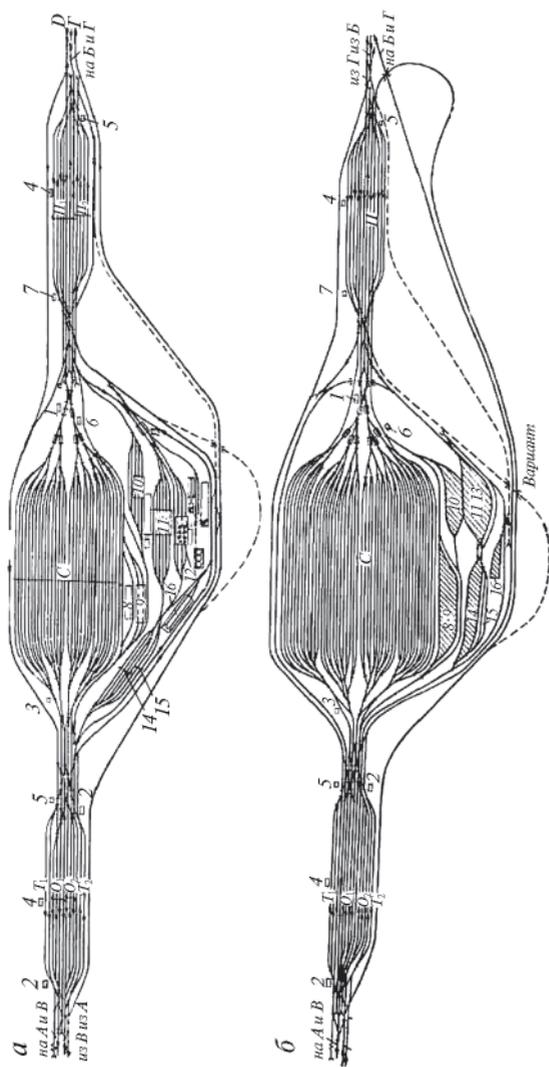


Рис. 9. Схема односторонних сортировочных станций с последовательным расположением парков:

*а* — 32 пути в сортировочном парке; *б* — 48 путей в сортировочном парке с устройством полукольцевого подхода в парк приема и путепровода под горкой для ходового локомотивного пути; *1* — центральный пост управления; *2* — пост дежурного по отправлению; *3* — пост дежурного и составителей по формированию поездов; *4* — пункт технического обслуживания; *5* — помещение для обогрева вагонников; *6* — компрессорная и мастерские; *7* — приемный пункт пневмопочты; *9* — сортировочная платформа; *10* — вагонное депо; *11* — локомотивное депо; *12* — депо технического обслуживания и экипировки локомотивов; *13* — площадка наружной очистки и обмывки локомотивов; *14* — парк стоянки готовых к работе локомотивов; *15* — пути пожарного и восстановительного поездов; *16* — материальный склад

Разработанные схемы оценивают по имеющимся в них положительным и отрицательным свойствам, устанавливают их преимущества и недостатки в строительном и эксплуатационном отношениях и выбирают оптимальный вариант железнодорожного узла, который и принимают для масштабной накладки. Сравнимые схемы должны быть обязательно приемлемыми для заданных условий и обеспечивать требуемую пропускную способность и безопасность движения.

При желании углубить разработку курсового проекта — студент может провести технико-экономическое сравнение двух вариантов с различными развязками подходов или размещением станций, определить строительные и эксплуатационные расходы по этим вариантам, а затем подсчитать приведенные годовые расходы.

При планируемой накладке плана железнодорожного узла необходимо максимально придерживаться рекомендуемых значений масштаба. Отклонения допустимы лишь при откладывании междупутий между главными путями на подходах и при внутриузловых развязках (в этих случаях можно допускать эти отклонения в пределах до 1 мм). Все кривые и углы при подключении одного пути к другому должны быть вычерчены в масштабе.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### *Основная*

1. Шубко В.Г. Железнодорожные станции и узлы. — М.: УМК МПС России, 2002.
2. Акулиничев В. М. и др. Железнодорожные станции и узлы. — М.: Транспорт, 1992.
3. Правила и технические нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1 520 мм. — М.: «Техинформ», 2001.
4. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1 520 мм. — М.: «Техинформ», 2003.
5. Архангельский Е.В., Сухопяткин А.Н. Расчет и проектирование сортировочных горок повышенной, большой и средней мощности: Уч. пос. — М.: РГОТУПС, 2003.
6. Сухопяткин А.Н. Железнодорожные станции и узлы: Курс лекций. — М.: РГОТУПС, 2003.

### *Дополнительная*

7. Типовой технологический процесс работы сортировочной станции. — М.: ТЕХИНФОРМ, 2003.
8. Железнодорожные станции и узлы (задачи, примеры, расчеты) / Под ред. Н.В. Правдина. — М.: Маршрут, 2005.
9. Технология работы сортировочных станций / Под ред. А.Ф.Бородина. — М.: РГОТУПС, 2002.
10. Апатцев В.И., Болотный В.Я., Сухопяткин А.Н. Проектирование сортировочных устройств (горок повышенной, большой и средней мощности). — М.: РГОТУПС, 2005.
11. Апатцев В.И., Болотный В.Я., Сухопяткин А.Н., Кол С.Н. Альбом горочных горловин сортировочных станций. — М.: РГОТУПС, 2007.