

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

**«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»
(МИИТ)**

Кафедра Эксплуатация железных дорог
(название кафедры)

Авторы: канд.техн.наук, доц. Иванкова Л.Н., канд.техн.наук, проф. Голубев В.В.
(ф.и.о., ученая степень, ученое звание)

**ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ №2 С МЕТОДИЧЕСКИМИ
УКАЗАНИЯМИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Железнодорожные станции и узлы

(название)

Специальность/направление: «Эксплуатация железных дорог» специализации
«Магистральный транспорт», «Грузовая и коммерческая работа»,
«Пассажирский комплекс железнодорожного транспорта», «Безопасность
движения и эксплуатация железных дорог», «Транспортный бизнес и логистика»

Москва 2015 г.

Общие указания

Целью выполнения курсового проекта «Проектирование новой сортировочной станции» является закрепление теоретических знаний и получение практических навыков в области проектирования сортировочной станции с автоматизированной горкой на основе 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.

Исходные данные

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

Схемы примыкания железнодорожных линий (А; Б; В; Г) к железнодорожному узлу "Д"

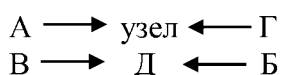


Схема 1

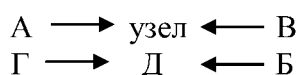


Схема 2

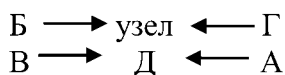


Схема 3



Схема 4

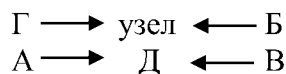


Схема 5

Таблица 1 – Данные к выбору схемы составных элементов железнодорожного узла

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

Содержание курсового проекта

В курсовом проекте требуется:

1. Произвести 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.
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. Запроектировать 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. Дать краткое описание организации работы запроектированной сортировочной станции.

Таблица 2 – Данные для расчета поездопотоков станции

Направление		Номер варианта (сумма двух последних цифр учебного шифра студента)																			
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
	В	2/1	4/8	1/1	1/2	6/5	1/2	1/2	2/2	4/3	3/8	1/1	1/2	1/2	4/10	5/12	0/2	1/2	6/4	1/2	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	2/4	2/2	0/2	2/3	3/2	2/3	2/2	2/4
	Д	0/1	0/2	0/1	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	0/1	0/1	0/1	0/1	0/2	0/2	0/1	0/2	0/2	0/2	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
	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	5/3
	Г	1/2	5/9	1/1	2/1	6/6	1/2	1/1	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
	Д	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	0/2	0/1	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
	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	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
	Д	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/2	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
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	4/2
	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	2/1
	В	6/4	7/10	4/5	3/5	6/6	3/6	2/6	2/5	3/5	4/4	2/6	3/7	6/2	10/12	3/4	2/6	3/7	2/5	3/6	0/1
	Д	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
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	0/1	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	0/2	0/1	0/1	0/2	0/1	0/2	0/1
	В	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/2	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
	Г	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

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 студента)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	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-тепловозная)	Эл	Т	Эл	Т	Эл	Т	Эл	Эл	Т	Эл
Серии локомотивов (грузовых / пассажирских)	<u>ВЛ8</u> <u>ЧС2</u>	<u>2ТЭ116</u> <u>ТЭП60</u>	<u>ВЛ11</u> <u>ЧС2</u>	<u>2ТЭ10В</u> <u>ТЭП60</u>	<u>ВЛ80^к</u> <u>ЧС4</u>	<u>2ТЭ121</u> <u>ТЭП60</u>	<u>ВЛ80^к</u> <u>ЧС4</u>	<u>ВЛ80^р</u> <u>ЧС8</u>	<u>2ТЭ10Л</u> <u>ТЭП60</u>	<u>ВЛ10</u> <u>ЧС7</u>
Локомотивное депо в узле	Основное									
Полезная длина приемо-отправочных путей на сортировочной станции, м	850	1250	1050	1050	1250	1250	1050	1250	1050	850
Средняя длина состава в вагонах	55	65	54	53	70	68	52	71	58	53
Количество сортировочных путей на направления:										
А	6	11	11	14	12	12	14	11	14	8
Б	14	11	4	5	15	6	6	5	6	11
В	3	6	4	5	3	4	4	3	4	5
Г	4	6	3	3	4	3	3	3	6	3
Узел	4	5	4	6	6	3	4	3	6	3
Дополнительные	9	9	6	7	8	8	9	7	8	6

Таблица 4 – Данные для проектирования сортировочной горки

Наименование данных	Номер варианта (предпоследняя цифра учебного шифра студента)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Расчетная температура наиболее холодного месяца, °С.	–26	–23	–20	–28	–25	–24	–21	–19	–22	–27
Скорость ветра встречного/попутного, м/с.	4,5/4	5,1/5,6	4,3/4	4,8/5,3	4,9/5,5	4,2/5,5	4,6/6,1	4,5/5,5	4/4,5	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
α_r – 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 сортировки.	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
β – угол между направлением ветра и осью пути скатывания в градусах.	28	24	18	16	26	14	22	20	12	20

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, Устава железнодорожного транспорта РФ, а также основных нормативно-справочных материалов [3; 4; 11] и руководящих документов ОАО «РЖД».

Проект должен состоять из графических работ и пояснительной записки.

Выполняются 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 станции и ее принципиальные схемы, обоснование принятого варианта сортировочной станции, описание ее 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.

1. Анализ исходных технических данных и работы узла

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

Необходимо проанализировать исходные данные с учетом подходов железнодорожных направлений, размещения города 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.

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 станции числа главных путей на подходах к узлу средств сигнализации и связи при движении поездов.

2. 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 $N_{зад}$ даже при применении 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 условиях.

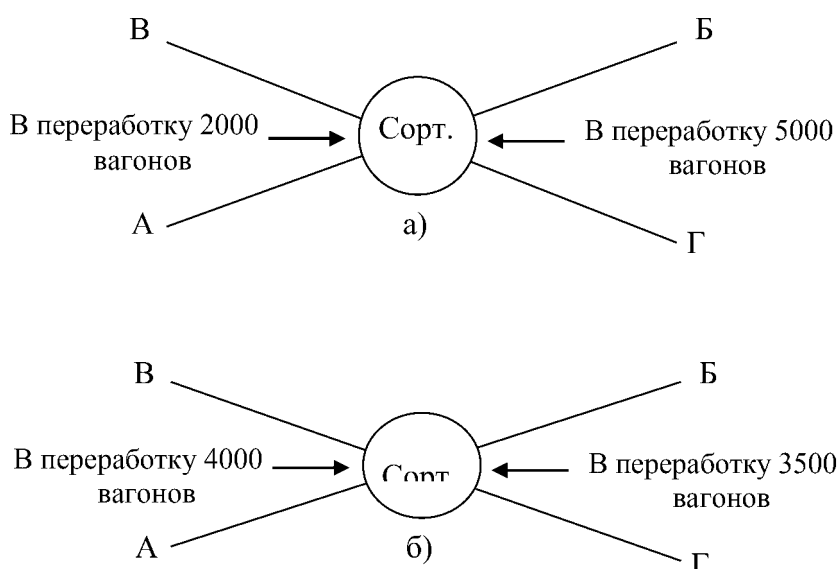


Рис. 1.1. Варианты распределения перерабатываемых потоков по сторонам подходов к узлу: а) – с преобладающим потоком с одной стороны; б) – с относительно равнозначным потоком.

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;

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 проектируется 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, 2, 3, 5, 6].

В качестве примера на рис. 2 показаны схемы односторонней сортировочной станции. При проектировании сортировочной станции надо изучить схемы, приведенные в [1, 2, 3]. 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.

3. 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 [2,5,6,10].

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 [5].

В курсовом проекте можно использовать метод определения путевого развития парков приема, отправления и транзитных по интервалу прибытия и отправления [6].

3.1. Определение числа путей в парке приема

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

$$m_{\text{пл}} = \frac{t_{\text{зан}}^p}{J_{\text{р}}^{\text{ср.вз}}} + m_{\text{д}}, \quad (3.1)$$

где $t_{\text{зан}}^p$ – общее (технологическое и ожидание расформирования) время занятия пути поездом, прибывшим в расформирование, 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.

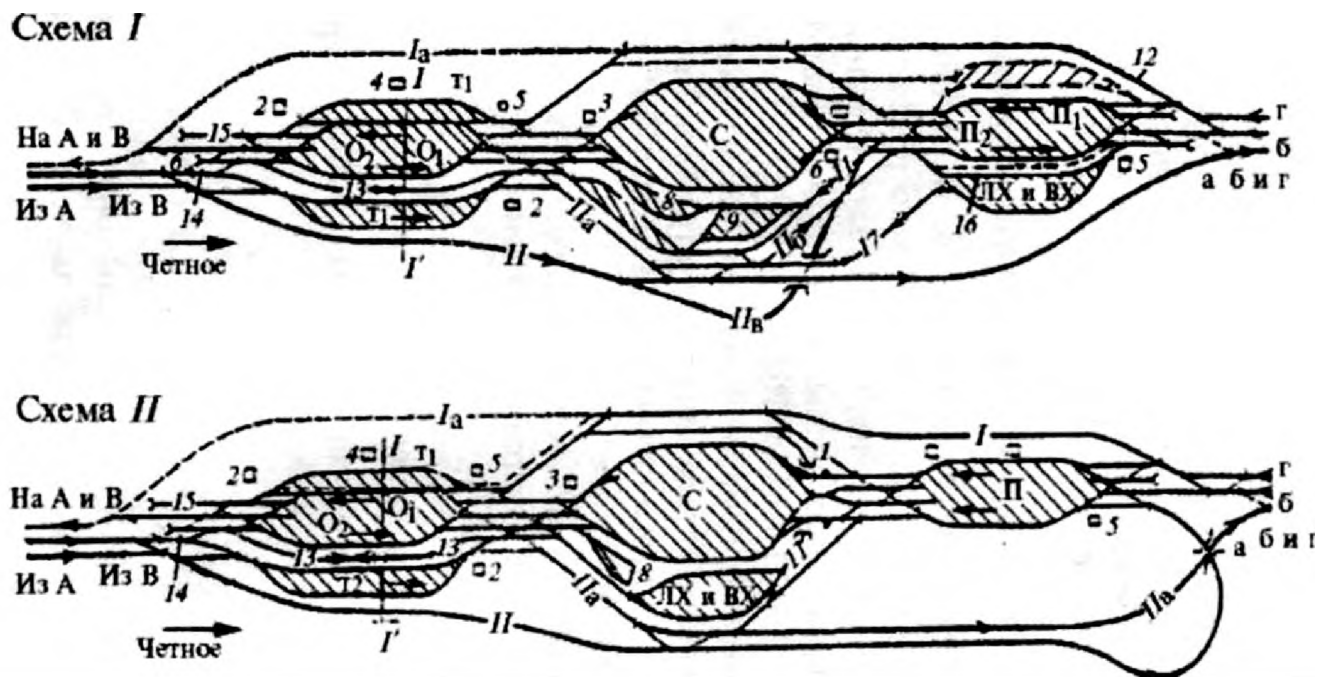


Рис. 1.2. Схема односторонних сортировочных станций с последовательным расположением парков:

П – парк приема; С – сортировочный парк; О – парк отправления; Т – транзитный парк; ЛХ – локомотивное хозяйство; ЭУ – экипировочные устройства; ВХ – вагонное хозяйство; ВД – вагонное депо; 1 – центральный пост управления станций; 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 пульт текущего отцепочного ремонта вагонов.

Время занятия пути одним поездом равно:

$$t_{\text{зан}}^p = t_{\text{пр}} + t_{\text{оп}} + t_{\text{ож}}^p + t_{\text{осв}}, \quad (3.2)$$

где $t_{\text{пр}}$ – время занятия маршрута [10] при приеме поезда в парке, мин;

$t_{\text{оп}}$ – технологическое время на операции обработки состава по прибытию [10], мин;

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

$t_{\text{ож}}^p$ – время простоя состава в ожидании расформирования.

$$t_{\text{ож}}^p = \frac{\rho_{\Gamma}^2 (\nu_{\text{ВХ}}^2 + \nu_{\Gamma}^2) 60}{2\lambda_{\text{пр}} (1 - \rho_{\Gamma})}, \quad (3.3)$$

где ρ_{Γ} – коэффициент загрузки горки;

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

ν_{Γ} – 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.

$$\rho_{\Gamma} = \frac{N_{\text{тр}}^{\text{с/п}} t_{\Gamma} \mu_{\text{повт}}}{1440 - T_{\text{пост}}}, \quad (3.4)$$

где t_{Γ} – горочный технологический 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 $J_{\text{р}}^{\text{п}}$ для одного направления (подхода) определяют по формуле

$$J_{\text{р}}^{\text{п}} = \frac{J_{\text{мин}} + J_{\text{ср}}^{\text{п}}}{2}, \quad (3.5)$$

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

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

Средний интервал прибытия поездов для одного подхода

$$J_{\text{ср}}^{\text{п}} = \frac{1440 - \frac{1440}{N_{\text{max}}} \left[\alpha_{\text{рез}} N_{\text{пас}} \varepsilon_{\text{пас}} + (\alpha_{\text{рез}} - 1) (N_{\text{тр}}^{\text{б/п}} + N_{\text{тр}}^{\text{с/п}}) \right]}{N_{\text{тр}}^{\text{с/п}}}, \quad (3.6)$$

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

$N_{\text{пас}}$ – размеры пассажирского движения па направлении;

N_{max} – максимальная пропускная способность ж.-д. 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 однопутном участках);

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

Максимальная пропускная способность линии равна:

$$N_{\text{max}} = \frac{(1440 - t_{\text{техн}}) \alpha_{\text{н}}}{T_{\text{пер}}}, \quad (3.7)$$

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

α_n – коэффициент надежности технических средств (можно принять 0,90 – 0,92);

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

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

$$J_p^{\text{ср.вз}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^R \frac{1}{J_p^{\text{п}}}}, \quad (3.8)$$

где R – число подходов.

Дополнительное число путей в парке приема определяется по формуле

$$m_d = R - 1 + m_x, \quad (3.9)$$

где m_x – число ходовых путей для горочных маневровых и поездных локомотивов (можно принять 1–2 пути).

3.2. Определение числа путей в парке отправления

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

$$m_{\text{по}i} = \frac{t_{\text{зан}}^{\text{сф}}}{J_{\text{pi}}^{\text{o}}} + m_d, \quad (3.10)$$

где $t_{\text{зан}}^{\text{сф}}$ – общее время занятия пути одним поездом своего формирования, мин;

J_{pi}^{o} – расчетный интервал отправления поездов для направления, мин;

m_d – дополнительное число путей, специализированных как вытяжные или ходовые пути (можно принять 1—2 пути).

Общее время занятия пути определяется по формуле

$$t_{\text{зан}}^{\text{сф}} = t_{\text{выб}} + t_{\text{оо}} + t_{\text{ож}}^{\text{o}} + t_{\text{o}}, \quad (3.11)$$

где $t_{\text{выб}}$ – время занятия маршрута [10] при выводе состава из сортировочного парка в парк отправления, мин;

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

t_{o} – время занятия маршрута [10] при отправлении поезда из парка, мин;

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

Среднее время простоя состава в ожидании отправления на данное направление

$$t_{ож}^{oi} = \frac{\rho_{oi}^2 (\nu_{выб}^2 + \nu_o^2) 60}{2\lambda_o^i (1 - \rho_{oi})}, \quad (3.12)$$

где ρ_{oi} – коэффициент загрузки данного ж.-д. участка по отправлению грузовых поездов;

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

ν_o – коэффициент вариации интервалов отправления поездов (можно принять 0,70–0,90);

λ_o^i – часовая интенсивность отправления поездов своего формирования данного направления.

Загрузка данного участка для транзитных поездов равна:

$$\rho_{oi} = \frac{N_{три}^{с/ф} + N_{три}^{б/п}}{N_{max}^i - N_{пас}^i \varepsilon_{пас}}, \quad (3.13)$$

Расчетный интервал отправления поездов для направления равен:

$$J_p^i = \frac{J_{min} + J_{ср}^i}{2}, \quad (3.14)$$

$$J_{ср}^i = \frac{1440 - \frac{1440}{N_{max}^i} \left[\alpha_{рез} N_{пас}^i \varepsilon_{пас} + (\alpha_{рез} - 1) (N_{три}^{с/ф} + N_{три}^{б/п}) \right]}{N_{три}^{с/ф}}.$$

где

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

3.3. Определение числа путей в транзитных парках

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 ρ_{oi} – коэффициент загрузки данного участка для расчетов путей в парке отправления и транзитных принимается одним и тем же.

$$m_{тр} = \frac{t_{зан}^{тр}}{J_p^{ср.вз.}} + 1, \quad (3.15)$$

где $t_{зан}^{тр}$ – время занятия пути одним транзитным поездом;

$J_p^{ср.вз.}$ – средневзвешенный расчетный интервал прибытия поездов при двух и более подходах, мин.

$$t_{зан}^{тр} = t_{пр} + t_{оо} + t_{ож}^o + t_o, \quad (3.16)$$

Среднее время простоя транзитного поезда в ожидании отправления на данное направление

$$t_{ож\ i}^o = \frac{\rho_{oi}^2 (v_{вх}^2 + v_o^2) 60}{2\lambda_{oi}^{тр} (1 - \rho_{oi})}, \quad (3.17)$$

где ρ_{oi} – коэффициент загрузки данного железнодорожного участка по отправлению грузовых транзитных поездов (рассчитан при определении числа путей в парке отправления);

$\lambda_{oi}^{тр} = \frac{N_{три}^{б/п}}{24}$ – 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 поездов для данного направления равен

$$J_p^i = \frac{J_{\min} + J_{ср}^i}{2}, \quad (3.18)$$

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

Далее рассчитывают число путей в нечетном транзитном парке.

3.4. Определение числа путей в сортировочном парке

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 [3, 10].

4. 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, предусматриваются оптимальные углы поворота пучков. План горочной горловины сортировочного парка проектируется в масштабе 1:1000 или 1:500 для соответствующего типа сортировочного устройства и его оборудования.

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

Сортировочные горки повышенной мощности (ГПМ) проектируются для переработки не менее 5500 вагонов в сутки или при числе путей в сортировочном парке более 40.

Сортировочные горки большой мощности (ГБМ) проектируются для переработки от 3500 до 5500 вагонов в сутки или при числе путей в сортировочном парке от 30 до 40.

Сортировочные горки средней мощности (ГСМ) проектируются для переработки от 1500 до 3500 вагонов в сутки или при числе путей в сортировочном парке от 17 до 29.

Горки малой мощности (ГММ) проектируются для переработки от 250 до 1500 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 полувагоны на роликовых подшипниках, расчетным весом брутто $q_{бр}$ соответственно 22; 25; 70 и 85 тс.

4.1. Расчет высоты сортировочной горки

Высоту горки следует определять для самого трудного по условиям скатывания пути (крайний или смежный с ним) в неблагоприятных условиях скатывания.

В качестве расчетного бегуна принимают порожний 4-осный крытый вагон массой 25 т-с.

Вычерчиваем развертку самого трудного пути и делим на 4 участка:

- 1-й участок – от условной вершины горки (УВГ) до начала I тормозной позиции (ИТП);
- 2-й участок – от начала ИТП до начала ПТП;
- 3-й участок – от начала ПТП до начала парковой тормозной позиции (ПТП);
- 4-й участок – от начала ПТП до расчетной точки (РТ).

По каждому участку определяем длину (l_i), сумму углов поворота ($\Sigma\alpha_i$) стрелкам и кривым, количество стрелочных переводов (n_i).

Высота горки определяется по формуле:

$$H_p = 1,75 \times (\Sigma h_{\text{осн}} + \Sigma h_{\text{св}} + \Sigma h_{\text{ск}}) + h_{\text{си}} - h_0, \text{ м.Э.В.} \quad (4.1)$$

где $\Sigma h_{\text{осн}}$, $\Sigma h_{\text{св}}$, $\Sigma h_{\text{ск}}$ – суммарные значения потерь энергии при преодолении сопротивлений движению (основного, среды и ветра, стрелок и кривых);

$h_{\text{си}}$ – потеря удельной энергии при преодолении сопротивления от снега и инея, м.Э.В.;

h_0 – удельная энергия, соответствующая скорости роспуска $V_0 = 1,7$ м/с (для горок большой и повышенной мощности).

Удельная работа при преодолении основного сопротивления движению вагонов:

$$h_{\text{осн}} = w_0 \times l_i \times 10^{-3}, \quad (4.2)$$

где w_0 – основное удельное сопротивление движению расчетного бегуна, $w_0 = 1,75$ кгс/тс;

l_i – длина расчетного участка, м.

Расчетную весовую категорию и соответствующее основное удельное сопротивление (w кгс/тс) устанавливают по данным, приведенным в приложении П.2.

Удельная работа при преодолении сопротивления от среды и ветра:

$$\begin{aligned} h_{\text{св}} &= w_{\text{св}} \times l_i \times 10^{-3}; \\ w_{\text{св}} &= c \times V_{\text{от}}^2, \end{aligned} \quad (4.3)$$

где $w_{\text{св}}$ – удельное сопротивление от среды и ветра, кгс/тс;

$V_{\text{от}}$ – относительная (результатирующая) скорость вагона с учетом скорости ветра, м/с;

c – приведенный коэффициент воздушного сопротивления.

Приведенный коэффициент воздушного сопротивления определяется по формуле

$$c = \frac{17,8 \times c_x \times S}{(273 + t) \times q_B}, \quad (4.4)$$

где c_x – коэффициент воздушного сопротивления одиночных вагонов, при расчете высоты горки угол обдува принимается равным 0° (направление ветра совпадает с продольной осью сортировочного парка) для расчетного бегуна –

крытого вагона $c_x = 1,12$. Этот коэффициент определяется по приложению П.5 в соответствии с [4].

S – площадь поперечного сечения вагона, $s = 9,7 \text{ м}^2$;

t – расчетная температура наиболее холодного месяца;

$q_{\text{в}}$ – вес вагона, $q_{\text{в}} = 25 \text{ тс}$.

Относительная (результатирующая) скорость вагона, м/с:

$$V_{\text{от}} = V_{\text{ср}} + V_{\text{в}}, \quad (4.5)$$

где $V_{\text{в}}$ – скорость встречного ветра.

Удельная работа сил сопротивления от стрелок и кривых определяется по формуле:

$$h_{\text{ски}} = (0,56 \times n_i + 0,23 \times \Sigma \alpha_i) \times V_{\text{ср}i}^2 \times 10^{-3}, \quad (4.6)$$

где n_i – количество стрелочных переводов на i -м участке, включая глухие пересечения;

$\Sigma \alpha_i$ – сумма углов поворотов на участке, включая углы крестовин стрелочных переводов, град;

$V_{\text{ср}i}$ – средняя скорость движения отцепа на участке, м/с.

Среднюю скорость движения расчетного бегуна по различным участкам горки следует принимать в зависимости от мощности горки по приложению П.3.

Удельная работа сил сопротивления от снега и инея определяется:

$$h_{\text{си}} = l_{\text{си}} \times w_{\text{си}} \times 10^{-3}, \quad (4.7)$$

где $l_{\text{си}}$ – длина зоны действия снега и инея (от конца ПТП до РТ), м;

$w_{\text{си}}$ – удельное сопротивление от снега и инея в зависимости от температуры воздуха, кгс/тс. Принимается по приложению П.4 в зависимости от температуры наружного воздуха в зимний период времени.

Определяем зону действия снега и инея (от конца ПТП до РТ) как сумму 3-го и 4-го расчетных участков за вычетом длины ПТП:

$$l_{\text{си}} = l_3 + l_4 - l_{\text{ПТП}}. \quad (4.8)$$

Удельная энергия, соответствующая скорости роспуска:

$$h_0 = \frac{V_0^2}{2g'_{\text{оп}}}, \quad (4.9)$$

где $g'_{\text{оп}}$ – ускорение свободного падения с учетом инерции вращающихся частей вагонов для очень плохого бегуна.

$$g'_{\text{оп}} = \frac{g}{1 + \frac{0,42 \times n_{\text{ос}}}{q_{\text{в}}}}, \quad (4.10)$$

где $n_{\text{ос}}$ – количество осей у расчетного бегуна, $n_{\text{ос}} = 4$;

$q_{\text{в}}$ – вес расчетного бегуна, $q_{\text{в}} = 25$ тс.

Начальная скорость роспуска V_0 в соответствии с [4] определяется по приложению П.1 в конце методических указаний.

4.2. Профиль подвижной части горки

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

Суммарная крутизна сопряженных на горбе горки уклонов подвижной и спускной частей не должна превышать 55‰. В этом случае необходимо предусматривать на подвижной части непосредственно перед вершиной горки разделительный элемент, располагаемый на подъеме крутизной не менее 5‰ и длиной (между тангенсами вертикальных кривых) не менее 10 м (что соответствует колесной базе вагона). Примыкающий к разделительному элементу участок подвижной части проектируется по условию обеспечения потребной профильной высоты длиной не менее 150 м с подъемом от 8 до 20‰, следующий элемент – на подъеме в сторону горки с крутизной 0 – 2‰.

4.3. Проектирование продольного профиля спускной части горки

Определив высоту горки, следует перейти к расчету ее профиля. Профиль горки проектируется в полном соответствии с требованиями [4]. Основное удельное сопротивление для разных категорий бегунов можно определить по таблице П.6.

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:

$$l(i - w)10^{-3} = \frac{V_{\text{к}}^2 - V_{\text{н}}^2}{2g'}, \quad (4.11)$$

откуда
$$\frac{V_H^2}{2g'} + il \times 10^{-3} = wl \times 10^{-3} + \frac{V_K^2}{2g'},$$

где l – длина участка в м;
 i – уклон спускного пути в ‰;
 w – удельное сопротивление движению бегуна в кгс/т;
 V_H – скорость в начале участка в м/с;
 V_K – скорость в конце участка в м/с.

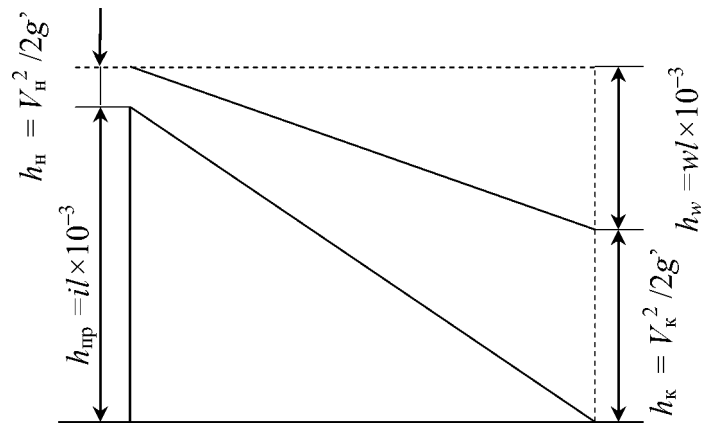


Рис. 4.1. Графическая зависимость величин, используемых при проектировании профиля сортировочной горки

Указанную зависимость полезно сразу же увязать с графическим ее изображением, показанным на рис. 4.1.

На этом рисунке:

$h_H = \frac{V_H^2}{2g'}$ – начальная энергетическая высота, соответствующая начальной скорости, м.эн.в.;

скорости, м.эн.в.;

$h_{пр} = il \times 10^{-3}$ – профильная высота рассчитываемого участка горки, м.эн.в.;

$h_w = wl \times 10^{-3}$ – работа сил сопротивления на данном участке горки, м.эн.в.;

$h_K = \frac{V_K^2}{2g'}$ – конечная энергетическая высота, характеризующая запас кинетической энергии, м.эн.в.

кинетической энергии, м.эн.в.

Запас кинетической энергии бегуна в конце любого участка легко определить» зная его скорость $V_i = \sqrt{2g'h_i}$

Продольный профиль спускной части горки следует проектировать с учетом сопоставления очень хорошего бегуна (полувагон $q_{ваг} = 85$ тс) в благоприятных условиях скатывания (лето при попутном ветре).

Профиль спускной части ГПМ и ГБМ состоит из 8 элементов:

- первый скоростной уклон – $i'_{ск}$, уклон должен быть по возможности крутым, обеспечив высокие скорости отцепов и достаточные интервалы

- между отцепами для их разделения на стрелках и тормозных позициях, максимальная величина уклона ограничена 50‰;
- второй скоростной уклон – $i''_{ск}$, для обеспечения большей динамичности продольного профиля скоростной уклон делят на две части, второй уклон как правило более пологий, разница между $i'_{ск}$ и $i''_{ск}$ не должна превышать 25‰ исходя из обеспечения пропуска через горку длинномерных грузов, погруженных на сцеп из нескольких вагонов;
 - уклон ИТП – $i_{ИТП}$, принимаем $i_{ИТП} \geq 12,0\text{‰}$, величина уклона должна обеспечивать трогание отцепов всех весовых категорий после остановки;
 - уклон промежуточного участка – $i_{пр}$, величина промежуточного (межпозиционного) уклона для обеспечения вогнутости продольного профиля должна быть менее или равна величине уклона ИТП и более или равной величине уклона ПТП;
 - уклон ПТП – $i_{ПТП}$, принимаем $i_{ПТП} = 7,0\text{‰}$ и $10,0\text{‰}$ для обычных и холодных температурных зон, величина уклона соответствует суммарному сопротивлению трогания с места переторможенных плохих бегунов на ПТП, при такой величине уклона отцеп должен самостоятельно тронуться с места после отпуска замедлителей и уйти вглубь сортировочного парка, освободив стрелочную зону вплоть до предельных столбиков, что исключает привлечение горочного локомотива для их осаживания;
 - уклон стрелочной зоны – $i_{сз}$, принимаем $i_{сз} = 2,0 \div 2,5\text{‰}$, величина уклона соответствует суммарному сопротивлению движения очень хороших бегунов, уклон является не ускоряющим, что особенно важно в условиях ограниченности мощности парковых тормозных позиций;
 - уклон ПТП – $i_{ПТП}$, принимаем $i_{ПТП} = 2,0\text{‰}$;
 - уклон путей сортировочного парка – $i_{сп}$, принимаем $i_{сп} = 0,6\text{‰}$, что соответствует сопротивлению массового бегуна и обеспечивает равномерное или равнозамедленное движение всех отцепов после выхода из парковой тормозной позиции, что исключает скорости соударения отцепов на путях подгорочного парка со скоростями выше 1,4 м/с.

Определяем длины элементов профиля. Нельзя делать перелом профиля в крестовинах и остряхах стрелочных переводов, на замедлителях, для этого точки перелома профиля относим на 3,00 м от этих элементов. При необходимости перелома профиля в стрелочном переводе, устраиваем его в переводной кривой на расстоянии 9.00 м от переднего стыка рамного рельса. В местах перелома

профиля предусматриваем устройство сопрягающих вертикальных кривых радиусом 250 м.

Максимальная величина головного участка (от УВГ до начала ИТП) определяется с учетом наибольшего использования допустимых скоростей входа очень хорошего бегуна (ОХБ) на замедлители ИТП при благоприятных условиях скатывания (при таких условия можно принимать $w_{\text{св}}^{\text{ох}}=0$ кгс/тс).

$$h_{\text{ГОЛ}}^{\text{max}} = \frac{V_{\text{max}}^2 - V_{0(\text{max})}^2}{2g'_{\text{охб}}} + \left[w_0^{\text{охб}} l_1 + (0,56n_1 + 0,23\Sigma\alpha_1) \times \left(\frac{V_{\text{max}} + V_{0(\text{max})}}{2} \right) \right] \times 10^{-3}, \quad (4.12)$$

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

$V_{0(\text{max})}$ – максимальная начальная скорость роспуска состава в м/с, принимается $V_{0(\text{max})} = 2,5$ м/с;

$w_0^{\text{охб}}$ – основное удельное сопротивление очень хорошего бегуна в пределах головного (скоростного) участка, кгс/тс, $w_0^{\text{охб}} = 0,5$ кгс/тс;

l_1 – длина головного участка в м;

n_1 – количество стрелочных переводов включая глухие пересечения в пределах головного участка;

$\Sigma\alpha_1$ – сумма углов поворотов в пределах головного участка, включая углы крестовин стрелочных переводов, град.

Конструктивная профильная высота головного участка определяется при известных значениях уклонов начиная с элемента профиля ИТП и заканчивая путями сортировочного парка по формуле, при этом значения этих уклонов принимают минимально возможными, величина промежуточного (межпозиционного уклона) принимается равной уклону ИТП.

$$h_{\text{ГОЛ}}^{\text{пр}} = H_{\Gamma} - \sum_{j=i_{\text{сп}}}^{i_{\text{ИТП}}} i_j \times l_j \times 10^{-3}, \quad (4.13)$$

Если $h_{\text{ГОЛ}}^{\text{пр}} < h_{\text{ГОЛ}}^{\text{max}}$ к дальнейшему расчету принимают величину $h_{\text{ГОЛ}} = h_{\text{ГОЛ}}^{\text{пр}}$, корректировка значений межпозиционного уклона, уклонов I-й и II-й тормозных позиций не требуется. Если $h_{\text{ГОЛ}}^{\text{пр}} > h_{\text{ГОЛ}}^{\text{max}}$, то далее используют величину высоты головного участка равную $h_{\text{ГОЛ}} = h_{\text{ГОЛ}}^{\text{max}}$, при этом необходимо откорректировать величину промежуточного уклона и уклона ИТП

$$i_{\text{ИТП}} = i_{\text{пр}} = \frac{(H_{\Gamma} - h_{\text{ГОЛ}}) \times 10^3 - \sum_{j=i_{\text{сп}}}^{i_{\text{ИТП}}} i_j \times l_j}{l_{\text{ИТП}} + l_{\text{пр}}} \quad (4.14)$$

Полученное значение уклона ИТП не должно превышать 25‰ для обеспечения эффективности работы тормозных средств, если по расчету получится большее значение, то необходимо увеличить уклон ИТП.

Продольный профиль спускной части горки приведен на рис. 4.2.

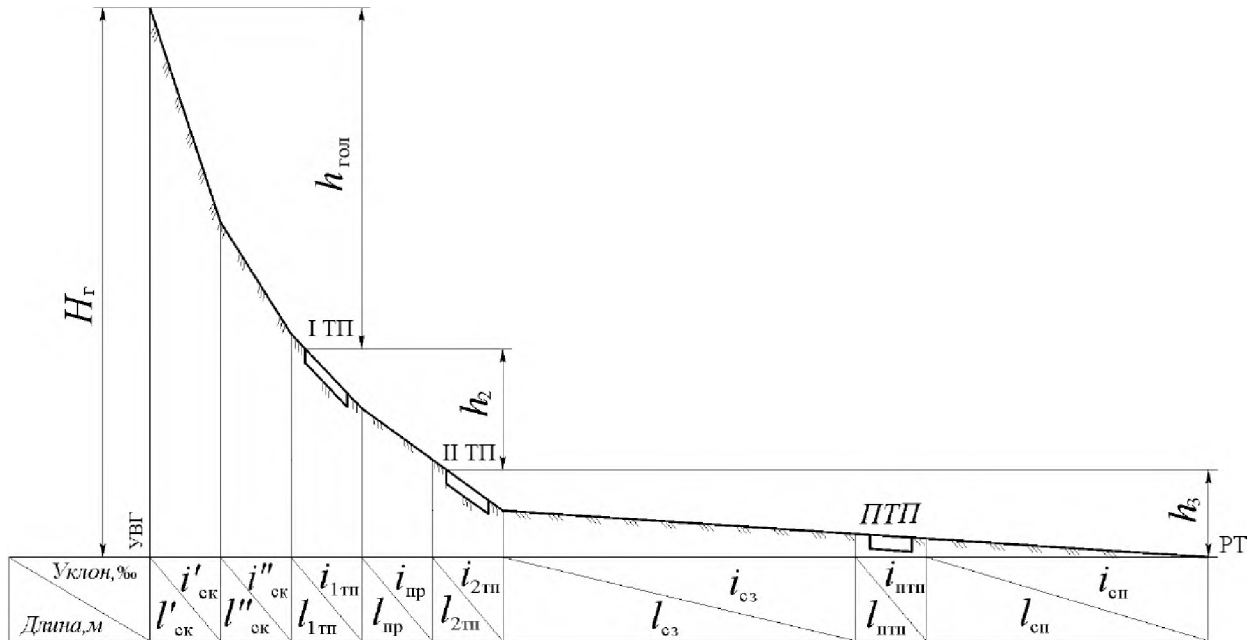


Рис. 4.2. Продольный профиль спускной части горки

Первый и второй скоростные уклоны определяются из системы уравнений:

$$\begin{cases} i'_{ск} l'_{ск} + i''_{ск} l''_{ск} = h_{гол} \times 10^3 \\ i'_{ск} - i''_{ск} \leq 25\text{‰} \end{cases} \quad (4.16)$$

Решая систему уравнений, получим

$$i'_{ск} = \frac{h_{гол} \times 10^3 + 25 \times l''_{ск}}{l'_{ск} + l''_{ск}} \leq 50\text{‰}, \quad (4.17)$$

$$i''_{ск} = i'_{ск} - 25 \geq i_{2тп}.$$

В случае, если величина $i'_{ск}$ будет более 50‰, принимаем $i'_{ск} = 50\text{‰}$ и

$$i''_{ск} = \frac{h_{гол} \times 10^3 - i'_{ск} l'_{ск}}{l''_{ск}}.$$

пересчитываем величину $i''_{ск}$ по формуле

Если же крутизна уклона $i''_{ск}$, рассчитанная по формуле (4.17) будет менее второй (пучковой) тормозной позиции $i_{2тп}$, тогда принимаем $i''_{ск} = i_{2тп}$ и корректируем в сторону уменьшения величину первого скоростного уклона

$$i'_{ск} = \frac{h_{гол} \times 10^3 - i''_{ск} l''_{ск}}{l'_{ск}}.$$

Значения величин уклонов округляют до 0,1.

Расчеты высоты, продольного профиля сортировочной горки могут быть выполнены с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel.

4.4. Кривые скорости и времени скатывания отцепов. Оценка качества продольного профиля горки

Кривые скорости строят для очень плохого бегуна, скатывающегося на трудный путь при неблагоприятных условиях, и очень хорошего бегуна, скатывающегося на путь, смежный с трудным при неблагоприятных условиях с частичным торможением, а также для ОХБ в благоприятных условиях скатывания (для проверки мощности тормозных средств).

Для построения кривых скорости и времени скатывания отцепов расчетный путь на всем протяжении, начиная от УВГ до РТ, разбивается на участки длиной не более 10 м. Границы участков назначаются:

- в точках, соответствующих положению УВГ и РТ;
- в точках перелома профиля;
- на расстоянии половины базы вагона от границ стрелочных изолированных участков;
- то же, от изостыков первого замедлителя тормозной позиции (1 ТП и 2 ТП);
- на границах зон торможения.

С этой целью предварительно рассчитывают координаты начала и конца элементов развертки трудного пути. Координату УВГ принимают равной 0,00 м, а положение последующих точек относительно УВГ определяют суммированием длин предшествующих элементов, после чего полученные значения наносят на развертку.

Длинные элементы (более 10 м) разбиваются на ряд участков.

4.5. Построение кривых скорости и времени скатывания отцепов при графоаналитическом способе

Остаточную энергетическую высоту, характеризующую кинетическую энергию отцепов, можно определить в любой точке расчетного пути как ординату между соответствующей суммарной кривой потерь энергетических высот и линией профиля.

Скорость бегуна в любой точке определяем по формуле

$$V_k = \sqrt{V_H^2 + 2g'l(i - w) \cdot 10^{-3}}. \quad (4.18)$$

Здесь w – суммарное сопротивление на элементе, кгс/тс;

l – длина участка между смежными точками, м;

V_n – скорость отцепа в начале участка, м/с;

i – величина уклона между смежными точками, ‰.

g' – ускорение свободного падения с учетом инерции вращающихся масс бегуна, м/с² (для ОП $g' = 9,11$ м/с²; для ОХ $g' = 9,62$ м/с²).

Торможение вагонов на элементах, включающих тормозные позиции, учитывается как дополнительное сопротивление, т.е. на этих элементах величина w увеличивается на $w_T = \frac{h_{\text{торм}}}{l_T}$ (здесь $h_{\text{торм}}$ – погашаемая энергетическая высота на тормозной позиции в м.э.н.в., а l_T – ее длина, м). При этом на парковой тормозной позиции необходимо погасить 0,8–0,85 м.э.н.в. (исходя из использования 80–85‰‰ мощности тормозной позиции и оставления 15–20‰‰ резерва), обеспечив вход отцепа в расчетную точку со скоростью не более 1,4 м/с. При этом скорость входа отцепа на парковую тормозную позицию должна быть в диапазоне от 3,5 до 4,5 м/с, а на первой и второй тормозных позициях необходимо гасить всю избыточную энергетическую высоту, распределив ее примерно поровну или в соотношении 60:40, 55:45 ‰‰. Это обеспечит выравнивание скоростей движения ОП и ОХ на участках между тормозными позициями и достаточность интервалов времени для перевода разделительных стрелок, затормаживания и оттормаживания замедлителей. Скорость входа отцепа на замедлители второй тормозной позиции должна быть не более допустимой скорости для данной конструкции замедлителя, определяемая по приложению П.7.

Время хода отцепа между двумя соседними точками определяем по формуле

$$t_i = \frac{2 \cdot l_i}{V_i + V_{i+1}}, \quad (4.19)$$

где l_i – длина участка, на котором определяется время хода, м;

V_i, V_{i+1} – скорости бегуна соответственно в начале и конце участка, м/с.

Суммарное время хода бегунов от УВГ до i -й точки вычисляем по формуле

$$T_i = \sum t_i. \quad (4.20)$$

Значения T_i рассчитываем отдельно для ОХ(Х) и ОП(П).

Расчеты сводят в таблицу 4.1.

Кривые скорости строятся в масштабе 1 м/с – 4 см, кривые времени хода строятся в масштабе 1 сек – 2 мм. Кривые времени для ОП(П) и ОХ_т(Х_т) строятся:

– первая кривая для ОП(П) от нуля;

– кривая времени для ОХ_т(Х_т) сдвигается вверх на величину интервала следования бегунов через вершину горки t_0 при скорости роспуска V_0 .

Выше кривой $O\dot{X}_T(X_T)$ также на величину t_0 начинают построение второй кривой времени для ОП(П).

Величину интервала на вершине горки определяем из расчетной схемы (рис.4.3).

Таблица 4.1 – Расчет скорости и времени скатывания бегунов ОП и ОХ

$t, ^\circ\text{C}$			Скорость ветра $V_{\text{в}}$, м/с			Вид бегунов			w_0	$w_{\text{си}}$	$q_{\text{в}}$	g'	c_x	$c = \frac{18,7c_x S}{(273+t)q_{\text{в}}}$	Угол * $\beta =$				
			Встречный			ОП ПБ ХБ													
			Попутный			ОХБ													
Трудный путь						Работа сопротивлений					Очень плохой (или плохой) бегун при неблагоприятных условиях								
Номер точек	Уклоны профиля, %	Расстояние между точками l_i	Суммарное расстояние от ВГ	Суммарная высота h_i от ВГ до конца участка	Средняя скорость скатывания $V_{\text{ср}}$	Число стрелок $n_{\text{стр}}$	От стрелок $0,56 n_{\text{стр}} V_{\text{ср}}^2 \times 10^{-3}$	$\Sigma \alpha_{\text{кс}}$	$0,23 \Sigma \alpha_{\text{кс}} V_{\text{ср}}^2 \times 10^{-3}$	$10^{-3} [0,56 \times n_{\text{стр}} + 0,23 \times \Sigma \alpha V_{\text{ср}}^2]$, гр.8+гр.10	$w_{\text{св}} = c^{\text{оп}} (V_i + V_{\text{в}})^2$	$10^{-3} (w_0 + w_{\text{св}} + w_{\text{си}}) \times l_i$	Работа сопротивлений на участке (гр.11+гр.13)	Суммарная работа от ВГ	$h_{\text{св } i}$ в конце участка (гр.5 + h_0 – гр.15)	$V_i = \sqrt{2g'h_{\text{св } i}}$, м/с	$V_{\text{ср } i} = (V_{1i} + V_{2i})/2$, м/с	$t_i = l_i / V_{\text{ср } i}$, с	Σt_i от ВГ, с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0																			
1																			
2																			
3																			
4																			
и т.д.																			
Очень хороший бегун (или хороший) при неблагоприятных условиях											Очень хороший бегун при благоприятных условиях при проверке мощности тормозных средств спускной части горки								
$h_{\text{торм}}$	$w_{\text{св}} = c^{\text{ох}} (V_i + V_{\text{в}})^2$	$10^{-3} (w_0 + w_{\text{св}} + w_{\text{си}}) \times l_i$	Работа сопротивлений на участке (гр.11+гр.23+гр.21)	Суммарная работа от ВГ	$h_{\text{св } i}$ в конце участка (гр.5 + h_0 – гр.25)	$V_i = \sqrt{2g'h_{\text{св } i}}$, м/с	$V_{\text{ср } i} = (V_{1i} + V_{2i})/2$, м/с	$t_i = l_i / V_{\text{ср } i}$, с	Σt_i от ВГ, с	$h_{\text{торм}}$	$\pm w_{\text{св}} = \pm c^{\text{ох}} (V_i + V_{\text{в}})^2$	$10^{-3} (w_0 + w_{\text{св}}) \times l_i$	Работа сопротивлений на участке (гр.11+гр.33+гр.31)	Суммарная работа от ВГ	$h_{\text{св } i}$ в конце участка (гр.5 + h_0 – гр.35)	$V_i = \sqrt{2g'h_{\text{св } i}}$, м/с			
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37			

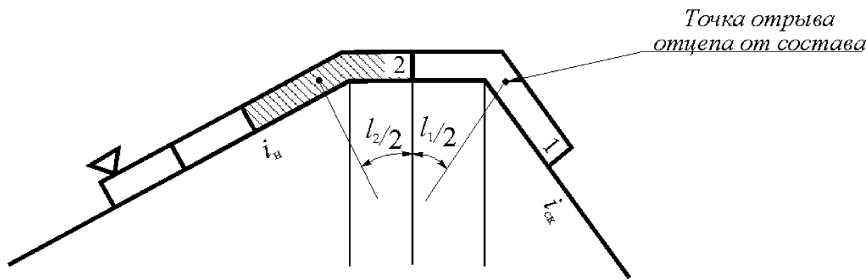


Рис.4.3. Расчетная схема для определения интервала времени на вершине горки

Расстояние между отцепами на вершине горки в момент отрыва 1-го отцепа от состава равно

$$l = \frac{l_1 + l_2}{2}, \quad (4.21)$$

где l_1, l_2 – соответствующие длины 1-го и 2-го отцепов (для 4-осного полувагона $l_1 = l_2 = 13,92$ м).

Интервал времени t_0 составит

$$t_0 = \frac{l}{V_0} = \frac{l_1 + l_2}{2 \cdot V_0}, \quad (4.22)$$

где V_0 – заданная скорость роспуска.

Пример построения продольного профиля спускной части горки, кривых потерь энергетических высот, скорости и времени скатывания представлен в приложении на рис. П.1.

4.6. Проверки по условию разделения отцепов на разделительных элементах

4.6.1. Проверка опасности нагонов отцепов у предельного столбика

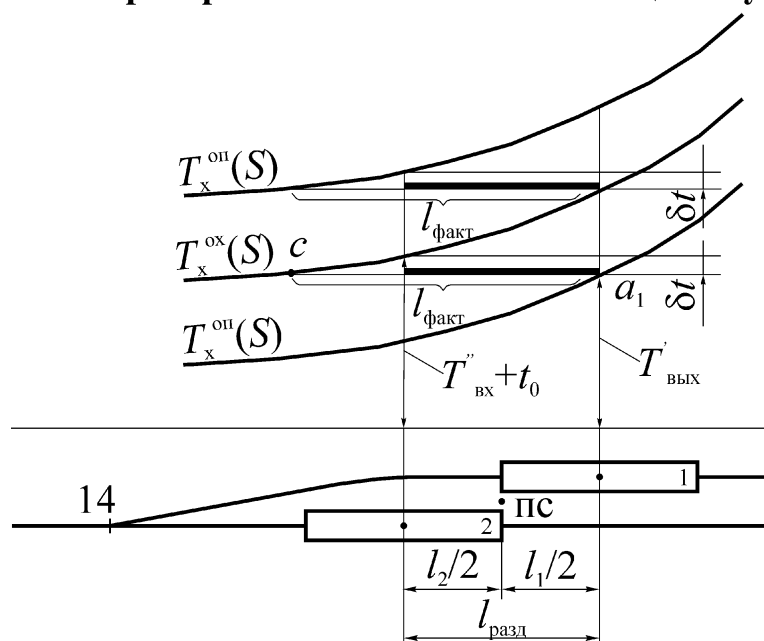


Рис.4.4. Схема проверки опасности нагонов отцепов у предельного столбика

Когда первый отцеп длиной l_1 прошел предельный столбик и его центр тяжести находится на расстоянии $l_1/2$ за предельным столбиком, второй отцеп длиной l_2 , следующий на смежный путь, не должен выступать за предельный столбик. В этот момент наименьшее расстояние от центра тяжести второго отцепа до предельного столбика будет равно $l_2/2$, а минимальное расстояние между центрами тяжести отцепов в положении, показанном на рис.4.4, составит

$$l_{\text{разд}} = \frac{l_1 + l_2}{2}, \quad (4.23)$$

где l_1, l_2 – длины соответственно 1–го и 2–го отцепов, равны 13.92 м (длина 4–осн. полувагона по осям автосцепок).

Для проверки опасности нагонов используют кривые времени скатывания отцепов. Принцип выполнения данной проверки представлен на рис. 4.4.

На кривой времени первого отцепа отмечают точку a_1 на расстоянии $l_1/2$ за предельным столбиком и от этой точки проводят горизонтальный луч до кривой времени второго отцепа. Фактическое расстояние $l_{\text{факт}}$ между полученными точками a_1 и c должно удовлетворять условию

$$l_{\text{факт}} \geq l_{\text{разд}}. \quad (4.24)$$

4.6.2. Проверка разделения отцепов на стрелочных переводах

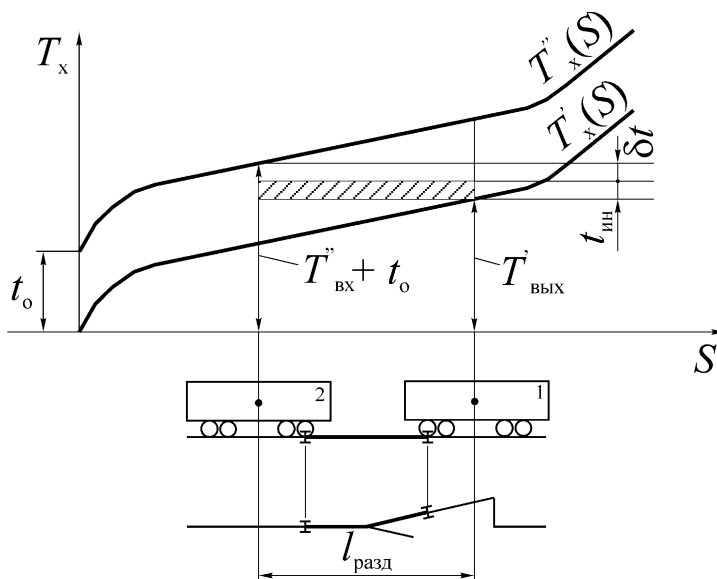


Рис. 4.5. Схема проверки разделения отцепов на стрелочных переводах

Для проверки возможности перевода разделительных стрелок надо знать минимальное расстояние между отцепами, фактические интервалы между отцепами и скорость следования первого отцепа.

Если маршруты следования двух смежных отцепов разделяются на какой-либо стрелке (см. рис. 4.5), то наименьшее расстояние между центрами тяжести этих отцепов должно удовлетворять условию

$$l_{\text{разд}} = \frac{b_1}{2} + l_{\text{из}} + \frac{b_2}{2} + t_{\text{ин}} \cdot V_2, \quad (4.25)$$

где $l_{\text{из}}$ – длина стрелочного изолированного участка, 11.38 м;

$t_{\text{ин}}$ – инерционность ГАЦ, принять равной 1 сек;

V_2 – скорость второго отцепа перед предстрелочным участком;

b_1, b_2 – длина колесной базы соответственно 1-го и 2-го отцепов, м.

4.6.3. Проверка разделения отцепов на замедлителях

Необходимое расстояние для разделения отцепов на замедлителях должно составлять (см. рис. 4.6)

$$l_{\text{разд}} = \frac{b_1}{2} + l_{\text{из}} + \frac{b_2}{2} + t_{\text{пш}} \cdot V_2, \quad (4.26)$$

где $l_{\text{из}}$ – длина изолированной секции одного самостоятельного управляемого замедлителя, 13.475 м;

V_2 – скорость движения второго отцепа перед замедлителем, м/с;

$t_{\text{пш}}$ – время перевода шин замедлителя из одного положения в другое: при сочетании бегунов ОП – ОХ – $t_{\text{пш}}$ – время на затормаживание замедлителей. При сочетании ОХ – ОП – $t_{\text{пш}}$ – время на оттормаживание замедлителей.

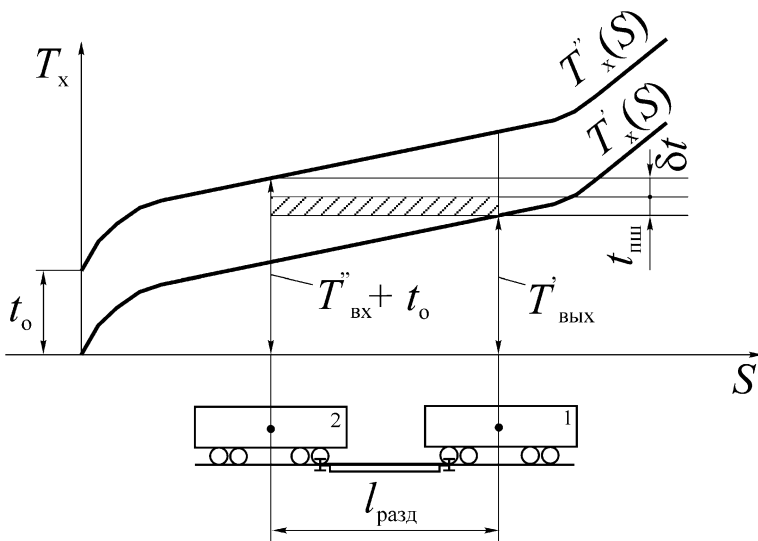


Рис.4.6. Схема проверки разделения отцепов на замедлителях

h_w^{OX} – работа сил сопротивления, преодолеваемая ОХ в благоприятных условиях на участке от УВГ до конца последнего замедлителя пучковой тормозной позиции, м. эн. в.;

$h_{пр}$ – профильная высота участка от конца последнего замедлителя пучковой тормозной позиции до расчетной точки, м. эн. в.

Удельная энергия, соответствующая скорости роспуска,

$$h_0 = \frac{V_0^2}{2g'} \quad (4.28)$$

Работа сил сопротивления, преодолеваемая ОХ в благоприятных условиях на участке от УВГ до конца последнего замедлителя пучковой тормозной позиции,

$$h_w^{OX} = \left((w_0^{OX} \pm w_{св}^{OX}) \times l_{AB} + V_{2тп}^2 (0,56n_{2тп} + 0,23 \sum \alpha_{2тп}) \right) \times 10^{-3}, \quad (4.29)$$

где w_0^{OX} – основное удельное сопротивление бегуна ОХ (принимается 0,5 кгс/тс);

$w_{св}^{OX}$ – удельное сопротивление от воздушной среды и ветра движению четырехосного вагона весом 100 тс при попутном расчетном ветре;

l_{AB} – расстояние от условной вершины горки до конца второй тормозной позиции;

$V_{2тп}$ – среднее значение скорости движения ОХ на указанном участке;

$n_{2тп}$ – число стрелочных переводов на маршруте следования отцепа от УВГ до второй тормозной позиции;

$\alpha_{2тп}$ – сумма углов поворота на данном участке.

Профильная высота участка от конца последнего замедлителя пучковой тормозной позиции до расчетной точки, м

$$h_{пр} = (i_{стр} l_{стр} + i_{сп} \Delta l_{сп}) \times 10^{-3}, \quad (4.30)$$

где $i_{стр}$ – крутизна уклона стрелочной зоны, ‰;

$l_{\text{стр}}$ – расстояние от конца второй тормозной позиции до предельного столбика стрелочного перевода, ведущего на легкий путь, м;

$i_{\text{сп}}$ – средняя крутизна уклона начальной части путей сортировочного парка до расчетной точки по проекту, ‰;

$\Delta l_{\text{сп}}$ – расстояние от предельного столбика стрелочного перевода, ведущего на легкий путь, до расчетной точки.

Торможение нажимными замедлителями отцепов, состоящих из нескольких вагонов с сильно различающимися уровнями нагрузок (например, принадлежащими к разным весовым категориям), является достаточно сложной операцией. В этих условиях торможение всех вагонов такого отцепа на высокой степени нажатия может вызвать выжимание колес легковесного вагона, а на низкой – выход отцепа с недопустимо высокой скоростью. Последний исход может быть предупрежден увеличением расчетной мощности тормозных позиций спускной части горки.

В связи с этим суммарную потребную мощность тормозных позиций спускной части горки необходимо определять по формуле

$$H_{\text{т}} = k_{\text{у}} \cdot H_{\text{т}}^{\min}, \quad (4.31)$$

где $k_{\text{у}}$ – коэффициент увеличения потребной расчетной мощности тормозных позиций спускной части горки, вызываемый требованиями совместного интервального и прицельного торможения, безопасной сортировки вагонов при занятии участка между пучковой и парковой тормозными позициями, компенсации погрешности регулирования скорости скатывания вагонов и обеспечения живучести технологической системы этого регулирования. Значение $k_{\text{у}}$ может быть принято 1,20 – 1,25 при двух тормозных позициях и 1,15 – 1,20 при одной тормозной позиции в пределах спускной части горки.

Суммарная наличная мощность тормозных средств горок малой мощности с числом тормозных позиций 1–2 (включая парковую тормозную позицию) должна обеспечивать при благоприятных условиях скатывания остановку 4-осного вагона весом 100 тс и сопротивлением 0,5 кгс/тс на парковой тормозной позиции.

Характеристики замедлителей приведены в приложении П.7.

4.8. Определение перерабатывающей способности горки

Перерабатывающая способность горки в вагонах при частично-параллельном роспуске определяется по формуле:

$$N_{\Pi} = \frac{(1440 - T_{\text{пост}}) m_c \alpha_{\text{вр}}}{t_{\Gamma}^* (1 - K) + K t_{\Gamma}'' + t_{\text{пер}} \alpha_{\Gamma} \frac{m_c}{m_{\Pi}}}, \quad (4.32)$$

где m_c – средняя длина состава в вагонах (задана – см. табл. 3);

m_{Π} – 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 $\alpha_{\text{вр}} = 0,97$);

$t_{\Gamma}^* = t_{\text{рос}} + t_{\text{и}}$ – горочный интервал в режиме последовательного роспуска;

$t_{\text{рос}}$ – время роспуска состава $\left(t_{\text{рос}} = \frac{m_c \times l_{\text{ваг}}}{60 \times V_0} \right)$;

$t_{\text{и}}$ – средний интервал между роспусками двух последовательно расформировываемых составов (при работе двух локомотивов $t_{\text{и}} = 1 \div 2$ мин);

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

α_{Γ} – коэффициент повторной сортировки вагонов при параллельном роспуске 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_{Γ}'' – горочный интервал при параллельном роспуске составов (в среднем на один состав), мин.

В курсовом проекте эта величина может быть принята ориентировочно равной

$$t_{\Gamma}'' = 0,88 + (0,5 + 0,55 \alpha_{\Gamma}) t_{\Gamma}^*. \quad (4.33)$$

В проекте рекомендуется определить потребную 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.

5. Разработка масштабного плана сортировочной станции

Масштабная схема сортировочной станции в осях путей разрабатывается на основе выбранной ранее принципиальной схемы (горизонтальный масштаб 1:5000, вертикальный 1:2000). План станции должен быть вычерчен на листе чертежной бумаги, на нем необходимо показать все проектируемые станционные устройства.

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.

6. Технология работы сортировочной станции

В этом разделе необходимо разработать технологию работы станции с поездами, прибывающими в расформирование, с транзитными поездами, с поездами своего формирования. Следует указать маршруты следования поездных локомотивов по станции, порядок подачи-уборки местных вагонов на пункты погрузки-выгрузки.

Для запроектированной схемы сортировочной станции необходимо выявить достоинства и недостатки и сделать вывод о возможности данной станции обеспечить переработки заданного вагонопотока.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица П.1 – Начальная скорость роспуска

Сортировочная горка			Расчетное сочетание бегунов	Скорость роспуска V_0 , 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

Таблица П.2 – Основное удельное сопротивление вагонов

Диапазон веса вагонов, тс.	Весовая категория вагонов		Числовые характеристики распределения w_0 , кгс/тс	
	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	Средне-тяжелая	СТ	1,25	0,38
Свыше 72	Тяжелая	Т	1,23	0,35

Таблица П.3 – Средняя скорость движения расчетного бегуна по различным участкам горки

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
	ГПМ	ГБМ	ГСМ	ГММ	ГСМ	ГММ	ГММ
От вершин 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 башмакосбрасывателя	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

Таблица П.4 – Удельное сопротивление движению вагонов от снега и инея

Весовая категория	Дополнительное сопротивление $w_{сн}$, кгс/тс, 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
Средне-тяжелая	-	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6

Тяжелая	-	0,1	0,2	0,3	0,7	1,5
---------	---	-----	-----	-----	-----	-----

Таблица П.5 – Коэффициент воздушного сопротивления движению вагонов

Род вагонов	Число осей	Площадь поперечного сечения в м ²	Угол α 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.

Таблица П.6 – Данные для расчета профиля спускной части горки

Характеристики	Числовые характеристики расчетных бегунов (вагонов)			
	ОП	П	Х	ОХ
Расчетный вес q , тс	22	25	70	85
Основное удельное сопротивление w_0 , кгс/тс	4,5	4,0	0,8	0,5

Таблица П.7 – Характеристики замедлителей

Показатели	Значение показателя замедлителя								
	КЗ-3	КЗ-5	ВЗП-5	КНП-5	ВЗПГ		РНЗ-2	РНЗ-2М	ПНЗ-1
					5-звен.	3-звен.			
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 оттормаживания, с	0,7	0,7	1,0	1,2	0,6	0,6	0,6	0,6	9,6
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, м ³	0,8	1,28	1,05	1,5	0,2	0,13	0,2	0,18	0,1
Тип рельсов	P65	P65	P65	P50	P65	P50	P50	P65	P65

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

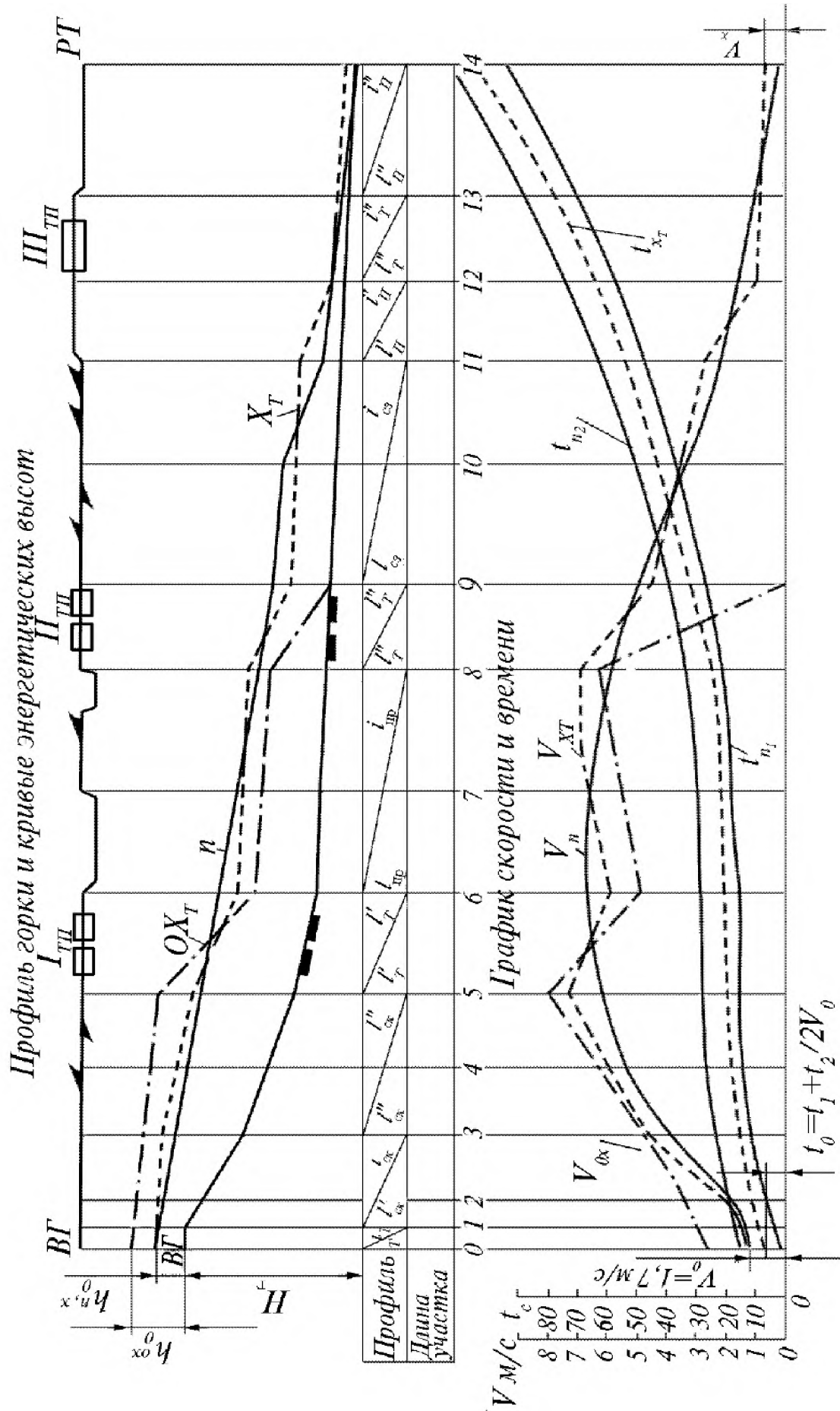


Рис. П.1.1. Продольный профиль сортировочной горки, кривые энергетических высот, скорости и времени скатывания расчетных бегунов

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

1. Железнодорожные станции и узлы. Учебник для вузов ж.д. транспорта// Под ред. Апатцева В.И., Ефименко Ю.И. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на ж.д. транспорте», 2014.
2. Акулинчев В.М. и др. Железнодорожные станции и узлы. – М.: Транспорт, 1992.
3. Правила и нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм. – М.: «Техинформ», 2001.
4. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1520 мм. – М.: «Техинформ», 2003.
5. Проектирование инфраструктуры железнодорожного транспорта. Уч. пособие для вузов/Под ред. С.П. Вакуленко, Н.В. Правдина – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на ж.д. транспорте», 2013.

Дополнительная литература

6. Железнодорожные станции и узлы / Под ред. В.Г. Шубко и Н.В. Правдина. – М.: УМК МПС России, 2002. – 386 с.
7. Железнодорожные станции и узлы (задачи, примеры, расчеты): учебное пособие для вузов ж.д. транспорта/ Н.В. Правдин, В.Г. Шубко, Е.В. Архангельский и др.; Под ред. Н.В. Правдина и В.Г. Шубко. – М.: Маршрут, 2005. – 502 с.
8. Апатцев В.И., Болотный В.Я., Сухопяткин А.Н. Проектирование сортировочных устройств (горки повышенной, большой и средней мощности). – М.: РГОТУПС, 2005.
9. Апатцев В.И., Болотный В.Я., Сухопяткин А.Н., Кол С.Н. Альбом горочных горловин сортировочных станций. – М.: РГОТУПС, 2007.
10. Сухопяткин А.Н. Железнодорожные станции и узлы. Курс лекций. – М.: РГОТУПС, 2003.
11. Типовой технологический процесс работы сортировочной станции. – М.: ТЕХИНФОРМ, 2005.