



В. И. Апатцев, Л. Н. Иванкова, А. Н. Иванов

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ СТАНЦИИ И УЗЛЫ

Часть 2

Учебное пособие

Ай Пи Ар Медиа
Москва • 2020

УДК 656
ББК 39.2
А76

Авторы:

Апатцев В. И. — д-р. техн. наук, проф., директор Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ));
Иванкова Л. Н. — канд. техн. наук, доц. кафедры управления транспортными процессами Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ));
Иванков А. Н. — канд. техн. наук, доц., главный инженер
ООО ПСК «Техпроект»

Рецензенты:

Рыбин П. К. — канд. техн. наук, проф., заведующий кафедрой железнодорожных станций и узлов Петербургского государственного университета путей сообщения (ПГУПС);
Подорожкина А. В. — канд. техн. наук, доц. кафедры управления транспортными процессами (РОАТ (МГУПС (МИИТ)))

Апатцев, В. И.
А76 Железнодорожные станции и узлы. В 2 частях. Часть 2 : учебное пособие / В. И. Апатцев, Л. Н. Иванкова, А. Н. Иванков. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 288 с. — Текст : электронный.

ISBN 978-5-4497-0578-5 (ч. 2)
ISBN 978-5-4497-0576-1

Учебное пособие содержит общие требования к проектированию сортировочных, грузовых, пассажирских станций и железнодорожных узлов, сортировочных устройств. Приведенные контрольные вопросы после каждого раздела позволяют закрепить полученные теоретические знания по курсу.

Подготовлено с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования.

Предназначено для студентов дневной и заочной форм обучения направления подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов» (профиль «Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте») и специальности 23.05.04 «Эксплуатация железных дорог», изучающих дисциплину «Железнодорожные станции и узлы». Издание рекомендуется также для использования студентами при дистанционном обучении.

Учебное электронное издание

© Коллектив авторов, 2020
© ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа», 2020

Редактор *Ю.Ю. Желтова*
Технический редактор, компьютерная верстка *Е.В. Якузович*
Корректор *Т.Г. Саблина*
Обложка *С.С. Сизимовой*

Для создания электронного издания использовано:
Приложение pdf2swf из ПО Swftools, ПО IPRbooks Reader,
разработанное на основе Adobe Air

Подписано к использованию 14.04.2020. Объем данных 16 Мб.

Издание представлено в электронно-библиотечных системах
IPR BOOKS (www.iprbookshop.ru),
Библиокомплектатор (www.bibliocomplectator.ru)

Бесплатный звонок по России: **8-800-555-22-35**
Тел.: 8 (8452) 24-77-97, 8 (8452) 24-77-96

Отдел продаж и внедрения ЭБС:
доб. 206, 213, 144, 145
E-mail: sales@iprmedia.ru

Отдел комплектования ЭБС:
доб. 224, 227, 208
E-mail: mail@iprbookshop.ru

По вопросам приобретения издания обращаться:
доб. 208, 201, 222, 224
E-mail: izdat@iprmedia.ru, author@iprmedia.ru

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
ГЛАВА 1. СОРТИРОВОЧНЫЕ СТАНЦИИ	10
1.1. Назначение и размещение на сети.....	10
1.2. Классификация сортировочных станций.....	11
1.3. Схемы сортировочных станций.....	12
Контрольные вопросы.....	24
Литература.....	25
ГЛАВА 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ	26
2.1. Выбор направления сортировки вагонов.....	26
2.2. Расчет количества путей в парках сортировочной станции.....	27
2.3. Конструкция горловин парков сортировочной станции.....	33
2.4. Проектирование локомотивного и вагонного хозяйства.....	41
2.5. Проектирование парков и путей сортировочной станции в профиле.....	43
Контрольные вопросы.....	45
Литература.....	46
ГЛАВА 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОРТИРОВОЧНЫХ УСТРОЙСТВ. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	48
3.1. Классификация и оборудование сортировочных горок.....	48
3.2. Элементы сортировочной горки и их назначение.....	50
3.3. Основы динамики скатывания вагонов с горки.....	52
3.4. Сопротивления, преодолеваемые вагонами при скатывании с горки, и порядок их определения.....	57
Контрольные вопросы.....	63
Литература.....	64
ГЛАВА 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНА ГОРОЧНОЙ ГОРЛОВИНЫ	66
4.1. Основные требования.....	66
4.2. Конструктивные элементы плана головы сортировочного парка.....	71
4.3. Порядок проектирования плана головы сортировочного парка.....	75
4.4. Координирование основных точек плана.....	83
4.5. Составление разверток трудного по условиям скатывания пути и смежного с ним.....	86
Контрольные вопросы.....	91
Литература.....	92
ГЛАВА 5. РАСЧЕТ ВЫСОТЫ И ПРОФИЛЯ СОРТИРОВОЧНОЙ ГОРКИ	94
5.1. Определение расчетной высоты горки.....	94
5.2. Проектирование продольного профиля спускной части сортировочной горки. Требования к профилю спускной части горки.....	99
5.3. Расчет профиля наливной части горки. Перевальная часть горки.....	110
Контрольные вопросы.....	114
Литература.....	115

ГЛАВА 6. ПРИНЦИПЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВАГОНОВ НА СПУСКНОЙ ЧАСТИ ГОРКИ И ПОДГОРОЧНЫХ ПУТЯХ	117
6.1. Расчет и построение кривых потерь энергетических высот.....	117
6.2. Принципы автоматизации и особенности конструкций устройств для регулирования скорости движения отцепов на отечественных и зарубежных железных дорогах.....	122
6.3. Определение наличной мощности тормозных средств.....	132
6.4. Определение потребной мощности тормозных средств.....	136
6.5. Графическая проверка мощности тормозных средств. Выбор типа и числа замедлителей на тормозных позициях.....	138
6.6. Кривые скорости и времени скатывания отцепов. Оценка качества продольного профиля горки.....	143
Контрольные вопросы.....	154
Литература.....	157
ГЛАВА 7. ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ГОРКИ. СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ СОРТИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА	158
7.1. Расчет перерабатывающей способности горки.....	158
7.2. Мероприятия по увеличению перерабатывающей способности горки.....	165
7.3. Средства автоматизации сортировочного процесса.....	168
Контрольные вопросы.....	172
Литература.....	173
ГЛАВА 8. ГРУЗОВЫЕ СТАНЦИИ	174

8.1. Назначение, основные операции и классификация грузовых станций.....	174
8.2. Особенности грузовых станций тупикового типа	175
8.3. Схема грузовой станции тупикового типа с последовательным расположением грузового двора. Технология ее работы	176
8.4. Схема грузовой станции тупикового типа с параллельным расположением всего комплекса устройств	176
8.5. Особенности грузовых станций сквозного типа	177
8.6. Схема и технология грузовой станции сквозного типа с параллельным расположением всего комплекса устройств	178
8.7. Схема нефтесливной станции с комбинированным расположением всего комплекса устройств	179
8.8. Комбинированная схема перегрузочной пограничной станции	180
8.9. Станции выгрузки и погрузки угля	183
8.10. Предпортовые и портовые станции, районные парки порта	186
8.11. Устройство паромных железнодорожно-морских переправ и технология их работы	193
Контрольные вопросы	199
Литература	200
ГЛАВА 9. ПАССАЖИРСКИЕ СТАНЦИИ	202
9.1. Назначение, основные операции, выполняемые на пассажирских станциях. Классификация пассажирских станций	202
9.2. Основные схемы взаимного расположения пассажирской и технической станций	203
9.3. Тупиковая пассажирская станция с выделением приемоотправочных путей для пригородного и дальнего пассажирского движения	205
9.4. Схема пассажирской станции со сквозными приемоотправочными путями	206
9.5. Схема пассажирской технической станции с наличием полукольцевого объезда	207
Контрольные вопросы	208
Литература	209
ГЛАВА 10. ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ УЗЛЫ	211
10.1. Классификация железнодорожных узлов. Основные комплексы устройств в узлах. Границы узлов	211
10.2. Узлы с одной станцией	213
10.3. Узлы треугольного типа	214
10.4. Узлы крестообразного типа	217
10.5. Узлы, вытянутые в длину (с последовательным расположением основных станций)	219
10.6. Узел с параллельным расположением станций в месте пересечения линий	220
10.7. Узлы радиального типа	221
10.8. Узлы тупикового типа	222
10.9. Полукольцевые узлы (радиально-полукольцевые)	223
10.10. Узлы кольцевого типа	224
10.11. Узлы комбинированного типа	227
10.12. Обходы в узлах	228
10.13. Промышленные железнодорожные узлы	229
10.14. Основные причины развития и реконструкции железнодорожных узлов	231
10.15. Общие принципы и требования по разработке генеральных схем развития узлов	232
10.16. Основные проблемы развития и реконструкции железнодорожных узлов	235
Контрольные вопросы	236
Литература	237
ГЛАВА 11. РАЗВЯЗКИ В УЗЛАХ	239
11.1. Классификация развязок пересечений в одном уровне	239
11.2. Классификация развязок пересечений в разных уровнях	243
11.3. Обоснование экономической целесообразности сооружения путепроводных развязок	252
11.4. Проектирование развязок в плане	254
11.5. Профилировка путепроводных развязок	263
Контрольные вопросы	268
Литература	268
ПРИЛОЖЕНИЕ	270

ВВЕДЕНИЕ

Инженерам в области управления транспортными процессами необходима общесистемная подготовка по сложному транспортному комплексу для обеспечения успешной деятельности в разработке технологии систем управления станциями, узлами, железными дорогами в целом, повышения рентабельности и прибыльности работы железнодорожного транспорта, надежности и безопасности перевозочного процесса.

«Стратегией развития железнодорожного транспорта Российской Федерации до 2030 года» предусмотрено повышение пропускной способности участков и перерабатывающей способности станций и узлов. Кроме того, предусматривается строительство новых железнодорожных линий и устранение барьерных мест существующих железнодорожных объектов.

Примыкание новых железнодорожных линий и путей не общего пользования к существующим отдельным пунктам является сложной технической и технологической задачей. В местах примыкания этих линий возникают железнодорожные узлы, которые выполняют иные функции, чем линейные станции. От рационального взаимного расположения основных комплексов устройств с учетом перспективы развития зависит дальнейшая эксплуатация данных объектов инфраструктуры.

Железнодорожные узлы представляют собой большие транспортные системы, определяющие ритмичную работу полигона сети, так как в узлах происходит взаимодействие и взаимное влияние пересекающихся железнодорожных направлений. Все объекты железнодорожного узла, его системы и подсистемы являются многофункциональными. В узлах размещено от пяти до нескольких десятков грузовых и предузловых станций, две-три пассажирских и сортировочных станций, несколько локомотивных депо, базы путевых машинных станций и других железнодорожных объектов, а также подъездные пути не общего пользования, обслуживающих промышленные предприятия и грузовладельцев. Все эти элементы находятся в постоянной функциональной взаимосвязи.

Пропуск, обработка и переработка пассажирских, грузовых, местных поездов и грузопотоков, выполнение начальных и конечных операций транспортного процесса являются главными производственными процессами, выполняемыми в железнодорожных узлах.

Для сортировки вагонов на станциях применяются сортировочные горки повышенной, большой, средней и малой мощности, вытяжные пути и стрелочные горловины на уклоне, вытяжные пути и стрелочные горловины на площадке.

В настоящее время основным видом устройств для сортировки вагонов являются горки, имеющие по сравнению с другими устройствами, применяемыми для этой цели, ряд преимуществ. Сортировочные горки позволяют:

- повысить перерабатывающую способность сортировочной станции;
- снизить стоимость переработки вагонов вследствие сокращения расходов на содержание штата и маневровые средства;
- ускорить оборот вагона за счет сокращения времени их переработки;
- повысить безопасность и культуру труда станционных работников.

Первые сортировочные горки в нашей стране были сооружены на станциях Ртищево (1899 г.) и Кочетовка (1901 г.). Несколько позже в 1908–1910 гг. построены горочные сортировочные станции в Московском (Лосиноостровская, Люблино, Ховрино, Перово) и других узлах. К 1917 г. на сети дорог России было 10 сортировочных станций с немеханизированными горками.

В связи с быстрым ростом объема расформирования и формирования поездов, стремлением сосредоточить эту работу на основных станциях сети возникла необходимость увеличить производительность сортировочных устройств. Задача была решена путем механизации горок.

Первые механизированные горки были построены на станциях Красный Лиман (1934 г.) и Ленинград — сортировочный Московский (1935 г.).

За годы довоенных пятилеток построено и механизировано свыше 35 сортировочных горок. Начиная с 1947 г., механизированные горки стали оборудовать устройствами горочной автоматической централизации стрелок и сигналов

(ГАЦ). В начале 50-х гг. появились первые системы автоматического регулирования скорости движения вагонов (АРС ГТСС и АРС ЦНИИ МПС).

Современная горка оснащена сложным комплексом технических устройств. В настоящее время на многих станциях используется система горочной автоматики — КСАУ СП (комплексная система автоматизированного управления сортировочным процессом, разработанная и внедряемая Ростовским филиалом НИИАС). Разрабатываются новые системы автоматизации сортировочного процесса. Глубокое знание систем механизации и автоматизации работы горки, тенденций их развития и перспектив — основа качественного проектирования и прогрессивной эксплуатации сортировочных устройств.

Научные исследования по организации сортировочной работы и проектированию сортировочных устройств на станциях появились в начале XX в. Впервые разработал основные положения о высоте и профиле сортировочных горок проф. А. Н. Фролов, В. Л. Арнольд вывел общее уравнение движения отцепов и, исследуя его, пришел к выводу, что идеальная форма профиля — цик-

8

лоида. В 1909 г. проф. Г. Д. Дубелир предложил графический способ расчета и проверки профиля сортировочных горок, а в 1913 г. Е. А. Гишман значительно усовершенствовал его. В 1916 г. акад. В. Н. Образцов разработал очень удобный графо-аналитический метод расчета и проверки профиля сортировочных горок.

Все применяемые в настоящее время методы расчета и проверки профиля сортировочных горок — это, по существу, дальнейшее развитие и усовершенствование уже известных методов применительно к современным требованиям устройства, оборудования и организации работы сортировочных горок.

В учебном пособии учтены изменения методики расчета горок, которые изложены в Правилах и нормах проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1 520 мм, обобщены теоретические работы ряда авторов по вопросам расчета отдельных параметров сортировочных станций и устройств и автоматизации процесса роспуска вагонов, учтен большой опыт проектирования и эксплуатации.

В данном издании рассмотрены вопросы развития и проектирования железнодорожных узлов и их отдельных элементов (сортировочных, грузовых и пассажирских станций, путепроводных развязок и предузловых станций, проектирование сортировочных горок).

Учебное пособие предназначено для студентов дневной и заочной форм обучения направления подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов» (профиль «Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте») и специальности 23.05.04 «Эксплуатация железных дорог» и направлено на овладение следующими знаниями, умениями, навыками:

- **знания** технологии работы и особенности конструкции участковых станций, отдельных устройств и комплексов;
- **умения** определять расчетные вагоно- и поездопотоки станции, выполнять расчеты мощности устройств и их технических параметров; компоновки отдельных устройств на немасштабной схеме станции с учетом поточности передвижений, компактности расположения устройств на отведенной площадке, рациональной конструкции горловин, обеспечивающей параллельность выполнения операций и безопасность движения и маневровой работы;
- **навыки** владения методиками расчета путевого развития, сортировочных устройств, устройств локомотивного и вагонного хозяйств, терминально-складских комплексов (грузовых районов), составления масштабного плана станции.

9

1.1. Назначение и размещение на сети

На сортировочных станциях выполняются следующие операции: расформирование и формирование поездов (сквозных, участковых, сборных, вывозных и передаточных), смена локомотивов или смена локомотивных бригад, осмотр составов транзитных поездов в техническом или коммерческом отношении.

На сортировочных станциях имеются следующие устройства: парки путей (приема, сортировочный, отправления, транзитные или приемо-отправочные), сортировочные горки (различаются по мощности), вытяжные пути.

В небольшом объеме на сортировочных станциях выполняется пассажирская работа. В основном это обслуживание пригородных пассажиров (в т.ч. прибывающих на работу на сортировочную станцию). Для выполнения этих операций на сортировочных станциях имеются пассажирские платформы, переходы в одном или разных уровнях (чаще всего — пешеходные мосты).

Грузовая работа на сортировочных станциях концентрируется, как правило, на грузовых районах (ранее назывались товарными, а затем грузовыми дворами). Кроме того, осуществляется подача-уборка вагонов на пути общего пользования промышленных предприятий как локомотивами станции, так и собственными локомотивами предприятий.

Так как сортировочные станции являются крупным инфраструктурным объектом, то на них сконцентрирована работа всех служб железнодорожного транспорта, имеется значительный комплекс служебно-технических зданий, локомотивные и вагонные депо, пункты технического обслуживания, коммерческого осмотра (иногда станция оборудуется автоматизированной системой коммерческого осмотра поездов и вагонов — АСКО ПВ). Многие процессы на сортировочных станциях автоматизированы.

Размещение сортировочных станций на сети железных дорог характеризуется определенной неравномерностью в силу исторического развития (как правило, сортировочные станции обслуживают крупные города и промышленные центры). Постепенно, при изменении направления следования основных поездопотоков, возникновении новых или развитии существующих объектов инфраструктуры, возникает потребность либо в развитии сортировочных станций либо в изменении их специализации.

10

1.2. Классификация сортировочных станций

Классифицировать сортировочные станции можно по нескольким признакам:

– *по объему выполняемой работы*: на сетевые и районные. Сетевые станции формируют много поездов сетевого назначения (сквозные), а районные в основном формируют участковые, сборные, вывозные и передаточные поезда для станций обслуживаемого железнодорожного узла;

– *по принадлежности*: станции ОАО «РЖД», промышленные сортировочные станции.

В зависимости от числа сортировочных систем сортировочные станции подразделяются на односторонние и двусторонние. На двусторонних имеются два сортировочных комплекта (парк приема-горка-сортировочный парк-парк отправления), которые могут обрабатывать вагонопотоки независимо друг от друга.

По взаимному расположению основных парков (парк приема — сортировочный парк-парк отправления) сортировочные станции могут быть с последовательным, параллельным и комбинированным их расположением.

В зависимости от мощности сортировочных устройств можно выделить станции с горками повышенной, большой, средней и малой мощности.

По взаимному расположению главных путей и парков станции: объемлющее расположение главных путей (рис. 1.1, а), одностороннее расположение главных путей (рис. 1.1, б) и внутреннее расположение главных путей (рис. 1.1, в).

При объемлющем расположении главных путей нет пересечений внутри-станционных маршрутов и маршрутов движения по главным путям. Недостатками является разобщенность пассажирских устройств и неудобство примыка-

ния путей необщего пользования. Эта схема считается самой удачной при выборе расположения главных путей и парков станции.

При одностороннем расположении нет разобщенности пассажирских устройств, удобно примыкать пути необщего пользования с противоположной стороны от главных путей. Однако в этом случае возникает большое количество враждебных пересечений при приеме-отправлении грузовых поездов со станции и маршрутов движения по главным путям.

Внутреннее расположение главных путей очень неудачное, применялось ранее на двусторонних сортировочных станциях. В этом случае легче осуществить примыкание путей необщего пользования к паркам станции, однако возникает большая враждебность передвижений по главным путям и внутростанционных маршрутов при передаче вагонопотока из одной системы в другую.

11

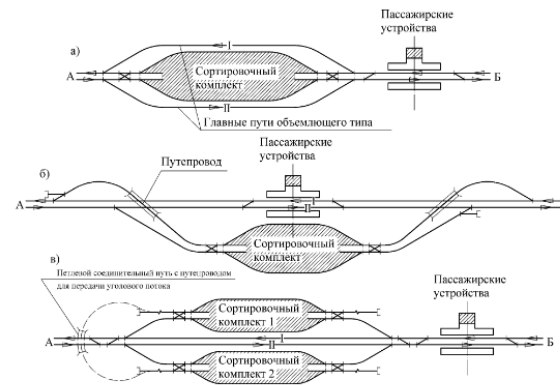


Рис. 1.1. Расположение главных путей в пределах сортировочной станции

1.3. Схемы сортировочных станций

Схемы сортировочной станции с последовательным расположением парков приведены на рис. 1.2.

Как было указано выше, схемы сортировочных станций подразделяются на односторонние и двусторонние. Односторонние станции, в свою очередь, могут быть с последовательным, параллельным и комбинированным расположением парков. Большую пропускную и перерабатывающую способность обеспечивают станции с последовательным расположением парков. Вагонопоток продвигается в одном направлении (поточность), станция обладает большей маневренностью по сравнению с другими схемами. Транзитные парки могут располагаться параллельно любым паркам — приема, отправления или сортировочному. В последнем случае локомотивное и вагонное хозяйства дислоцируются параллельно либо парку приема либо парку отправления.

На рис. 1.2, а приведена схема сортировочной станции с последовательным расположением основных парков и горкой средней мощности. Поезда четного направления (из А) поступают в нижнюю секцию парка прибытия. Поезда

12

нечетного направления по пути I поступают в верхнюю секцию парка. Для устранения конфликтной точки пересечения маршрутов потока разборочных поездов и поездов своего формирования нечетного направления можно запроектировать путепровод. После установки поезда в границах полезной длины путей состав закрепляется, поездный локомотив отцепляется и уходит в локомотивное хозяйство (ЛХ). Состав ограждается и с ним выполняется техниче-

ский и коммерческий осмотр. После осмотра ограждение снимается.

Горочный локомотив заезжает по ходовому пути, расположенному в середине парка приема в локомотивный тупик, расположенный во входной горловине, а затем меняет направление движения и заезжает на путь приема, прицепляется к составу, надвигает до горба горки и распускает состав на пути сортировочного парка в соответствии со специализацией путей сортировочного парка. После расформирования состава на путях сортировочного парка вагоны накапливаются по назначениям в соответствии с планом формирования до нормы массы или длины. После накопления состава какого-либо назначения с хвоста сортировочного парка заезжает маневровый локомотив, выполняет операции по окончанию формирования и переставляет состав в парк отправления. Поезда нечетного направления выставляют в верхнюю часть, а четного направления — в нижнюю часть парка отправления. После закрепления состава маневровый локомотив отцепляется и следует в сортировочный парк. Состав ограждают и выполняют технический и коммерческий осмотр. После осмотра ограждение снимают, из локомотивного хозяйства подается поездной локомотив. После прицепки и опробования тормозов закрепление состава снимается, машинисту поезда выдается натурный лист поезда и другие документы. Поезда нечетного направления следуют по пути I в направлении А. При этом происходит сечение потока поездов, поступающих в расформирование. Это один из недостатков схемы.

Устранить его можно при сооружении путепроводной развязки в районе сортировочного парка, как показано на схеме пунктиром.

Для обслуживания транзитных поездов имеются специализированные паркы Тр-1 (для нечетных поездов) и Тр-2 (для четных поездов). В случае смены локомотива состав транзитного поезда закрепляется, локомотив отцепляется и следует в ЛХ. Состав ограждается и с ним выполняется технический и коммерческий осмотр, при необходимости — безотцепочный ремонт вагонов. По готовности состава ограждение снимается, подается поездной локомотив, осуществляется опробование автотормозов.

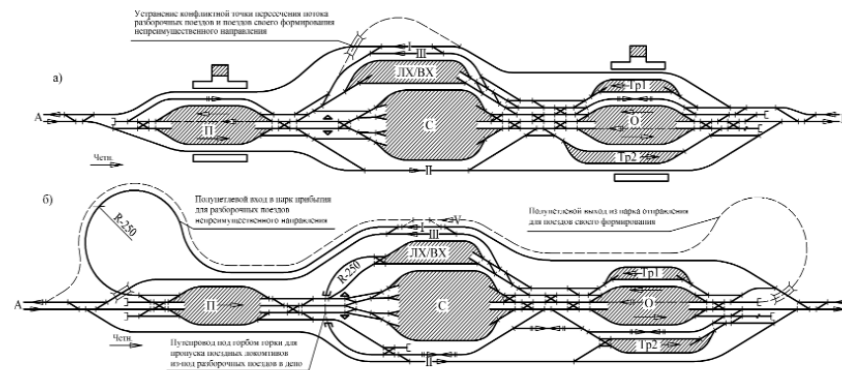


Рис. 1.2. Схемы односторонних сортировочных станций с последовательным расположением парков:
а — с горкой средней мощности; б — с горкой большой или повышенной мощности
с устройством ходового пути для поездных локомотивов под горбом горки и петлевыми входами и выходами в из приемоотправочных парков

Подача и уборка локомотивов производится так же как и к поездам своего формирования по ходовому пути, расположенному между парками О и Тр1. Сортировочная станция с последовательным расположением парков по сравнению со станциями с параллельным расположением парков и комбинированной схемой имеет большую пропускную и перерабатывающую способность. Так как парк прибытия и отправления расположены последовательно с сортировочным, обеспечивается поточность при расформировании и формировании поездов. Нет необходимости дублировать штат ПТО и отдельные постоянные устройства, как при комбинированной схеме.

Однако имеются следующие недостатки: перепробег поездов непремущественного направления (в данном случае нечетного) нечетный вагонопоток проходит дважды расстояние между осями парка приема и отправления. А также имеет место перепробег угловых транзитных поездов при их наличии.

Отправление нечетных поездов транзитных и своего формирования имеет пересечение с приемом разборочных поездов, следующих из Б в парк приема.

При значительных размерах таких поездов, проектируют путепроводную развязку.

Схема сортировочной станции с последовательным расположением парков и горкой большой мощности представлена на рис. 1.2, б. Особенностью данной схемы является наличие полупетлевого ввода поездов непремущественного направления в парк приема, что позволяет исключить операции по пропуску поездных локомотивов через парк приема и разгрузить предгорочную горловину, однако такое решение увеличивает пробег поездов и требует значительного землеотвода для расположения петли. Ходовой путь под горбом горки исключает пересечение маршрутов уборки поездных локомотивов из-под разборочных поездов с надвигом состава на горку. Для разгрузки входной горловины парка отправления и разделения операций по формированию и выstavке готовых составов в парк О с поездной работой по отправлению нечетных поездов своего формирования в парке О может быть устроена полупетля для таких поездов (на схеме показана пунктирной линией).

При значительном объеме местной работы на станции и необходимости детальной подборки вагонов в адрес путей необщего пользования в хвосте сортировочного парка может сооружаться вспомогательное сортировочное устройство с горкой малой мощности и парков для местной работы, имеющим непосредственный выход на пути необщего пользования предприятий. На рис. 1.3, а приведена такая схема, впервые предложенная проф. И. Е. Савченко. Особенностью ее является то, что хвост сортировочного парка выполнен в виде «ла-

сточкиного хвоста» с разделением на три секции: для нечетных поездов своего формирования, для местных поездов и передач и для четных поездов. Имеется два парка отправления для четного и нечетного отправления.

В отдельных случаях вспомогательное сортировочное устройство может располагаться с внешней стороны сортировочного парка. Все зависит от местных условий и примыкания путей необщего пользования.

При отсутствии станционной площадки, необходимой для последовательного размещения парков длины, проектируют сортировочные станции с комбинированного типа. Сортировочный парк может располагаться последовательно парку приема, а парк отправления (четный и нечетный) проектируются параллельно ему. Возможна схема с параллельным расположением парков приема (четного и нечетного) и сортировочного парка. Парк отправления в этом случае размещен последовательно по отношению к сортировочному парку. Первая схема предпочтительнее, т.к. обеспечивает поточность продвижения вагонопотоков при их расформировании. На рис. 1.3, б приведена схема сортировочной станции комбинированного типа с последовательным расположением парка приема и сортировочного парка. Операции по прибытию на такой станции выполняются аналогично рассмотренным ранее. Поездные локомотивы убираются в ЛХ, расположенное параллельно парку приема. После накопления и выполнения операций по окончанию формирования осуществляется перестановка состава в соответствии с назначением в четный О2 или нечетный парк отправления О1. Транзитные поезда принимаются в парк Тр1 и Тр2. Схема предусмат-

ривает возможность параллельного приема транзитных поездов и выставки составов своего формирования в парк отправления.

Недостатки схемы комбинированного типа: большая загруженность вытяжек формирования и примыкающим к ним горловинам парков отправления, перестановка состава выполняется с угловым заездом, что исключает поточность обработки. Вследствие указанных недостатков станции комбинированного типа обладают меньшей перерабатывающей способностью. Также к недостаткам следует отнести тот факт, что для расположения станции на местности необходима достаточно широкая площадка для расположения станции.

Станции с параллельным расположением всех парков встречаются очень редко. В основном это промышленные сортировочные станции, при проектировании которых не имелось площадки необходимой длины и вагонопотоки, поступающие в переработку, были небольшими.

16

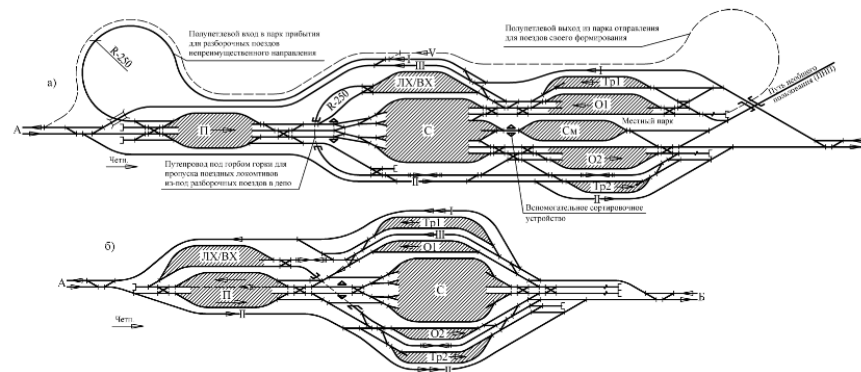


Рис. 1.3. Схемы односторонних сортировочных станций:
а — схема проф. И. Е. Савченко для переработки большого местного потока;
б — схема с комбинированным расположением парков

17

Двусторонние сортировочные станции сооружаются при объеме переработки свыше 6000 вагонов/сутки и наличии перспективы его роста. Однако последнее время специалисты склоняются к возможности переработки до 9000 вагонов/сутки на высокопроизводительных односторонних сортировочных станциях, оборудованных системой горочной автоматики, позволяющей вести параллельный роспуск составов.

Схемы двусторонних станций могут иметь различное расположение парков в каждой системе. Наиболее предпочтительной является схема двусторонне-сортировочной станции с последовательным расположением парков в каждой системе (рис. 1.4). Сортировочные системы относительно независимы и технология переработки вагонов прямого назначения мало чем отличается от технологии работы односторонних сортировочных станций. При этом локомотивное хозяйство следует располагать между системами, чтобы обеспечить удобство подачи-уборки локомотивов в каждую систему.

Для сокращения пробега поездных локомотивов в противоположной сто-

роне станции могут быть устроены дополнительные экипировочные устройства.

Двусторонние станции имеют большую пропускную и перерабатывающую способность. Однако на таких станциях зачастую возникают угловые вагонопотоки, которые необходимо передавать из одной системы в другую. Такие вагонопотоки дважды перерабатываются на сортировочных горках разных систем, дважды накапливаются, возникают дополнительные пробеги подвижного состава и увеличиваются объемы маневровой работы. Существуют различные способы передачи угловых вагонопотоков в другую систему. Наилучшим является вариант 1 — передача по соединительным путям с сортировочного парка одной системы в парк приема другой системы (рис. 1.4).

Передача углового потока в зависимости от местных условий может быть организована по-другому. Например, с использованием петли, располагаемой между парком отправления одной системы и парком прибытия другой системы (вариант 2). В этом случае обеспечивается поточность выставления угловой передачи из одной системы в другую, однако увеличивается пробег вагонов и маневровых локомотивов. В качестве альтернативы может использоваться вытяжной путь, уложенный между главными путями (вариант 3). При таком варианте угловая передача переставляется угловым заездом.

18

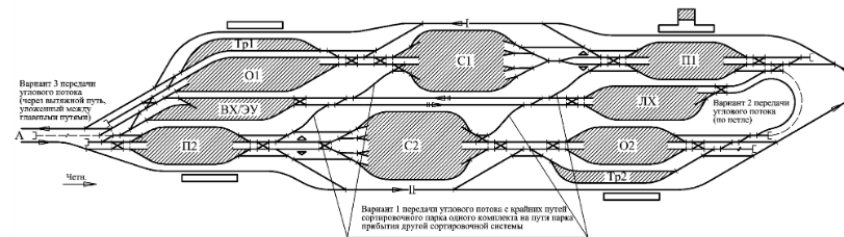


Рис. 1.4. Схема двусторонней сортировочной станции с последовательным расположением парков

19

Кроме станции с последовательным расположением парков в обеих си-

стемах применяются и другие схемы двусторонних сортировочных станций.

В качестве альтернатив двусторонним сортировочным станциям могут служить односторонние станции с повышенной перерабатывающей способностью. Основной проблемой односторонних сортировочных станций при применении параллельного роспуска составов, дающего значительный прирост пере-

рабатывающей способности, является наличие вагонов перекрещивающихся назначений, следующих в разные части сортировочного парка. План сортировочной горки должен иметь соответствующую конструкцию, где будут выделены отсечные пути для перекрещивающихся назначений в каждом полукомплекте. В режиме параллельного роспуска работает при интенсивном подводе поездов в расформирование, при уменьшении интенсивности входящего потока горка переходит в режим последовательного роспуска и занимается повторной переработкой вагонов с отсечных путей.

Четырехпарковая схема проф. К. А. Бернгарда позволяет уменьшить долю перекрестного потока за счет первичной переработки составов в парке предварительной сортировки, который разделен на четыре секции (рис. 1.5). Затем параллельно можно расформировывать составы из верхнего пучка C1 и пучка C1, находящегося в середине парка предварительной сортировки, на пути основного сортировочного парка в секцию C1. Аналогично поступают и с потоками в адрес второго полукомплекта C2. Наряду с неоспоримыми достоинствами по увеличению объема переработки данная схема имеет недостатки: увеличение пробега поездов непрямого потока, даже по сравнению со станциями с продольным расположением парков (на величину расстояния между осью парка приема и осью парка предварительной сортировки); двойная переработка всего поступающего вагонопотока, что с точки зрения энергозатрат не эффективно, очень большая длина станционной площадки.

Отечественными инженерами разработан ряд интересных схем для обеспечения параллельного роспуска составов. Схемы инженера Ботавина представлены на рис. 1.6. Предусматриваются два способа проведения параллельного роспуска составов. На рис. 1.6, а сортировочный комплект делится на две части, работающие независимо — правый и левый. Маршруты следования вагонов, расформировываемых с разных горбов горки, не пересекаются.

На рис. 1.6, б представлена схема, которая не требует такой жесткой специализации и допускает пересечение маршрутов скатывания отцепов с достаточными интервалами для перевода разделительных стрелок.

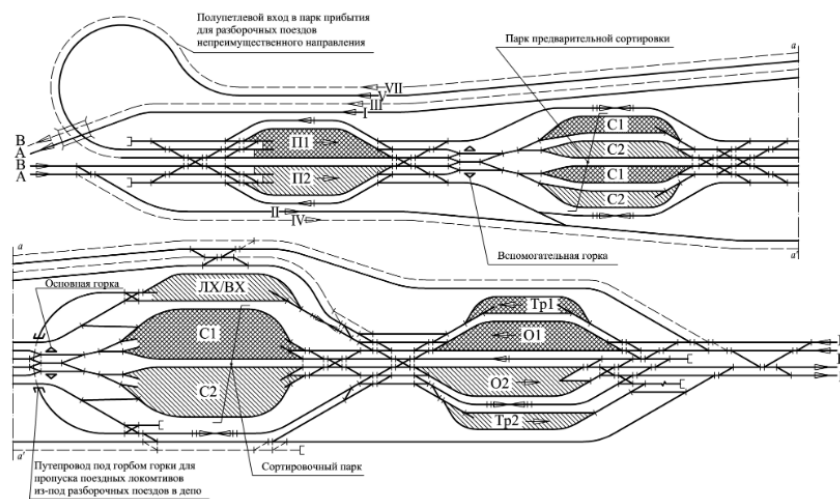


Рис. 1.5. Четырехпарковая схема проф. К. А. Бернгарда

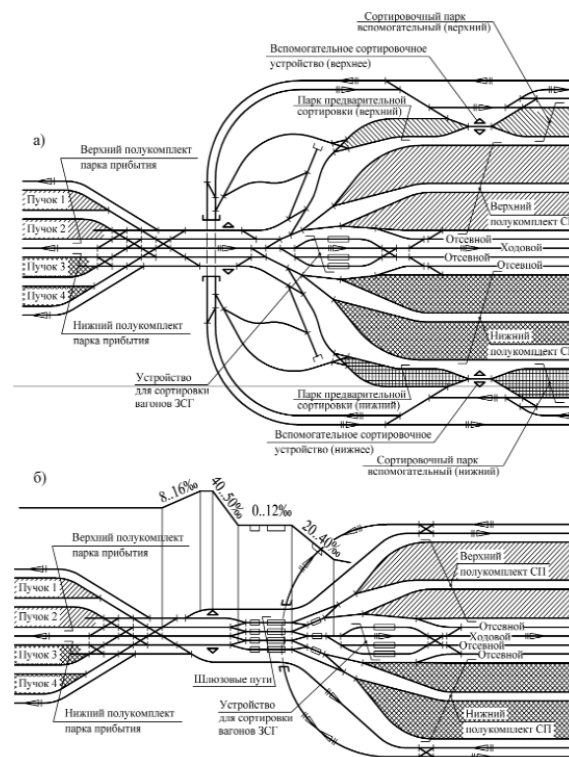


Рис. 1.6. Схемы инженера П. Р. Ботавина:
а — схема с разделением сортировочного комплекса
на два «полукомплекта»; б — схема со шлюзовыми путями

При первом способе (рис. 1.6, а) предусматривается горка с пятью горбами и пятью путями надвига. Верхние и нижние пути проектируются для надвига и роспуска составов в свой полукомплект, средний путь также используется для пропуска локомотивов в депо по ходовому пути, уложенному в середине сортировочного парка.

Парк прибытия состоит из четырех пучков, имеет три ходовые пути. Транзитный парк размещен рядом с парком прибытия. Уборка поездных локомотивов из-под разборочных поездов может производиться по крайним путям надвига в тупики и далее в путепровод под горбом горки.

Для работы с местными вагонами рекомендуются вспомогательные сортировочные комплекты, которые должны иметь подгорочные парки (левый и правый) и сортировочные парки (также левый и правый), расположенные последовательно. Парки предварительной сортировки связываются между собой полукольцевым соединительным путем, проходящим под горбом горки, и служат для приема отцепных вагонов с противоположной стороны комплекта.

При втором способе (рис. 1.6, б) — для параллельного роспуска с учетом наличия враждебных маршрутов — каждый из двух крайних спускных путей трехгорбой горки после первой разделительной стрелки разветвляется на два спускных пути, вместимость шлюзовых путей предусматривается по 15–20 условных вагонов. Два внешних шлюзовых пути специализируются для роспуска отцепов только на свою половину сортировочного парка (левую или

правую) и выхода на противоположную сторону не имеют. Со средних путей, служащих для отсева отцепов на противоположную сторону парка, выход предусматривается на все пути СП или обеспечивается одновременное скатывание на внутренних пучок.

Получается, что ступенчатая горка является как бы комбинацией обычной горки и полугорки, соответственно в начале и конце шлюзовой зоны. При этом от горба горки до первой разделительной стрелки проектируется обычный скоростной уклон, распределительная шлюзовая зона располагается после первой разделительной стрелки на уклоне 0–12 ‰ и при небольших уклонах (до 4 ‰) оборудуется вагоноосаживателями, а распределительные пути заканчиваются скоростным уклоном 20–40 ‰. Вместо этого уклона в конце распределительных путей могут устанавливаться ускорители-замедлители, а затем проектируется обычный профиль спускной части горки. Замедлители должны быть в начале и в конце распределительных шлюзовых путей.

23

Верхние замедлители обеспечивают интервальное торможение следующих отцепов без остановки по распределительным путям и целевое при необходимости остановки. Нижние на скоростном уклоне должны обеспечивать остановку отцепов и предотвращение самопроизвольной остановки отцепов и выхода на враждебный маршрут.

Накопившиеся вагоны на шлюзовом пути в период между расформированием двух поездов к моменту роспуска очередного состава могут быть направлены на свои пути.

Контрольные вопросы

1. Основное назначение сортировочных станций.
2. Какие технические операции выполняются на сортировочных станциях?
3. Какое техническое оснащение имеется на сортировочных станциях?
4. Чем объясняется неравномерность расположения сортировочных станций на сети железных дорог?
5. Дайте классификацию сортировочных станций.
6. Перечислите достоинства и недостатки различного взаимного расположения сортировочной станции и главных путей.
7. Перечислите типы схем односторонних сортировочных станций и дайте их сравнительную характеристику.
8. Укажите достоинства и недостатки схемы односторонней сортировочной станции с последовательным расположением парков.
9. Перечислите достоинства и недостатки схемы односторонней сортировочной станции с комбинированным расположением парков.
10. В каких случаях рекомендуется использование вспомогательного сортировочного устройства на сортировочных станциях?
11. Укажите условия, при которых необходимо сооружение двусторонней сортировочной станции.
12. Перечислите типы схем двусторонних сортировочных станций и дайте их сравнительную характеристику.
13. На схеме двусторонней сортировочной станции покажите способы передачи углового потока из одной сортировочной системы в другую и охарактеризуйте их.
14. Укажите достоинства и недостатки двусторонних сортировочных станций по сравнению с односторонними.

24

15. Охарактеризуйте особенности схемы сортировочной станции проф. К. А. Бернгарда (четырёхпарковая схема).
16. Укажите особенности схем станций, предназначенных для параллель-

Литература

1. СП 237.1326000.2015. Свод правил. Инфраструктура железнодорожного транспорта. Общие требования (утв. и введен в действие Приказом Минтранса России от 06.07.2015 № 208) // Текст : электронный // Справочная правовая система «Консультант Плюс» Информационный банк «Строительство»: [сайт]. — URL: www.consultant.ru/ (дата обращения: 25.02.2020).
2. СП 225.1326000.2014. Свод правил. Станционные здания, сооружения и устройства (утв. Приказом Минтранса России от 02.12.2014 № 331) // Текст : электронный // Справочная правовая система «Консультант Плюс» Информационный банк «Строительство»: [сайт]. — URL: www.consultant.ru/ (дата обращения: 25.02.2020).
3. Железнодорожные станции и узлы : учебник для вузов железнодорожного транспорта / В. И. Апатцев, Ю. И. Ефименко [и др.]. — Москва : ФГБОУ «УМЦ ЖДТ», 2014. — 855 с.
4. Железнодорожные станции и узлы : учебник для вузов железнодорожного транспорта / В. Г. Шубко, Н. В. Правдин, Е. В. Архангельский [и др.] ; под редакцией В. Г. Шубко и Н. В. Правдина. — Москва : УМК МПС России, 2002. — 386 с.
5. *Болотный, В. Я.* Проектирование железнодорожных узлов : учебное пособие / В. Я. Болотный. — Москва : Транспорт, 1989. — 152 с.

ГЛАВА 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

ГЛАВА 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

2.1. Выбор направления сортировки вагонов

Исходными данными для разработки принципиальной схемы сортировочной станции являются расчетные вагоно- и поездопотоки на 10 лет эксплуатации и данные топогеодезических изысканий. При объеме переработки более 6 000 вагонов/сутки и наличии перспективы роста в узле проектируют двухстороннюю сортировочную станцию. При стабилизации перерабатываемого потока и отсутствии перспективы увеличения сортировочной работы может проектироваться односторонняя сортировочная станция при объемах сортировки до 7 000–8 000 вагонов/сутки. В этом случае необходимо выполнить технико-экономическое сравнение вариантов проектных решений с точки зрения величины инвестиций, эксплуатационных показателей, надежности работы комплекса расформирования-формирования.

Сначала следует определить, какую станцию необходимо запроектировать для переработки заданного вагонопотока с учетом перспективы. При этом необходимо учитывать неравномерность поступления поездов на станцию, т.е. в определенные моменты может происходить сгущенный подвод поездопотока в расформирование. Альтернативными вариантами при невозможности переработать необходимый вагонопоток могут быть проектирование двусторонней сортировочной станции или двух односторонних (на входе и выходе из желез-

нодорожного узла).

В случае проектирования односторонней станции важной задачей является правильное определение направления сортировки вагонов. Сортировочная горка должна проектироваться со стороны максимального поступления разбортных поездов. Вторым фактором является профиль местности. Если запроектировать горку в сторону естественного уклона, то объем земляных работ, а, следовательно, и стоимость строительства существенно снизится. Если эти два фактора противоречат друг другу, вопрос должен решаться с помощью экономических расчетов при сравнении альтернативных вариантов. На рис. 2.1 представлены возможные варианты поступления вагонопотока на сортировочную станцию: с явно выраженным преобладанием вагонопотока с одной стороны (рис. 2.1, а) и с примерно одинаковым вагонопотоком (рис. 2.1, б).

26

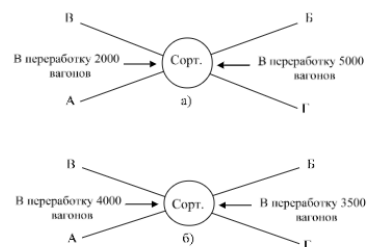


Рис. 2.1. Варианты распределения перерабатываемых потоков по сторонам подходов к узлу: а — с преобладающим потоком с одной стороны; б — с относительно равнозначным потоком

Возможная компоновка устройств была рассмотрена ранее (п. 1.3).

2.2. Расчет количества путей в парках сортировочной станции

После разработки принципиальной схемы сортировочной станции необходимо определить требуемое число путей в парках станции. Для учета возникающей неравномерности в поступлении поездов на станцию целесообразно проводить расчет с использованием теории массового обслуживания. Требуемое число путей зависит от размеров движения грузовых и пассажирских поездов на прилегающих подходах к станции (интервала поступления поездов в парк), времени занятия одним поездом одного пути (с учетом времени межоперационных простоев).

Определение числа путей в парке приема

Число путей в парке приема для поездов, поступающих в расформирование, составит:

$$m_{\text{п}} = \frac{t_{\text{п}}^{\text{р}}}{J_{\text{п}}^{\text{р}}} + m_{\text{з}}, \quad (2.1)$$

27

где $t_{\text{п}}^{\text{р}}$ — общее (технологическое и ожидание расформирования) время занятия пути поездом, прибывшим в расформирование, мин; $J_{\text{п}}^{\text{р}}$ — средневзвешенное значение расчетного интервала прибытия поездов в парк

приема со всех направлений, мин; m_z — дополнительное число путей.

Время занятия пути одним поездом равно:

$$t_{\text{зан}}^p = t_{\text{пр}} + t_{\text{ос}} + t_{\text{ож}}^p + t_{\text{осж}}, \quad (2.2)$$

где $t_{\text{пр}}$ — время занятия маршрута при приеме поезда в парке, мин; $t_{\text{ос}}$ — технологическое время на операции обработки состава по прибытию, мин; $t_{\text{осж}}$ — время занятия пути при надвиге и роспуске состава при расформировании, мин; $t_{\text{ож}}^p$ — время простоя состава в ожидании расформирования.

$$t_{\text{ож}}^p = \frac{\rho_i^2 (v_{\text{ж}}^2 + v_i^2) 60}{2\lambda_{\text{пр}}(1 - \rho_i)}, \quad (2.3)$$

где ρ_i — коэффициент загрузки горки; $v_{\text{ж}}$ — коэффициент вариации интервалов между поездами, поступающими в парк приема (можно принять 0,7–1,0); v_i — коэффициент вариации горочных интервалов (можно принять 0,3–0,4); $\lambda_{\text{пр}} = \frac{N_{\text{пр}}^{\text{сн}}}{24}$ — часовая интенсивность поступления поездов в переработку; $N_{\text{пр}}^{\text{сн}}$ — суточные размеры транзитных с переработкой поездов, поступающих в парк приема.

$$\rho_i = \frac{N_{\text{пр}}^{\text{сн}} t_{\text{г}} \mu_{\text{повт}}}{1440 - T_{\text{пост}}}, \quad (2.4)$$

где $t_{\text{г}}$ — 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_i^p для одного направления (подхода) определяют по формуле:

28

$$J_i^p = \frac{J_{\text{мин}} + J_{\text{ср}}^p}{2}, \quad (2.5)$$

где $J_{\text{мин}}$ — минимальный интервал следования грузовых поездов на подходе, мин; $J_{\text{ср}}^p$ — средний интервал прибытия в парк приема грузовых транзитных с переработкой поездов для данного направления.

Средний интервал прибытия поездов для одного подхода:

$$J_{\text{ср}}^p = \frac{1440 - \frac{1440}{N_{\text{мак}}} [\alpha_{\text{пр}} N_{\text{мак}} \varepsilon_{\text{мак}} + (\alpha_{\text{пр}} - 1)(N_{\text{пр}}^{\text{сн}} + N_{\text{пр}}^{\text{сн}})]}{N_{\text{пр}}^{\text{сн}}}, \quad (2.6)$$

где $N_{\text{пр}}^{\text{сн}}$ — суточные размеры транзитных без переработки поездов данного направления; $N_{\text{мак}}$ — размеры пассажирского движения на направлении; $N_{\text{мак}}$ — максимальная пропускная способность ж.-д. участка с учетом отказов технических средств и колебаний времени хода; $\varepsilon_{\text{мак}}$ — коэффициент съема грузовых поездов пассажирскими (можно принять $\varepsilon_{\text{мак}} = 1,8$ на двухпутном и 1,3 на однопутном участках); $\alpha_{\text{пр}}$ — коэффициент резерва для двухпутных линий 1,10; для однопутных линий соответственно 1,15.

Максимальная пропускная способность линии равна:

$$N_{\text{мак}} = \frac{(1440 - t_{\text{зан}}) \alpha_{\text{п}}}{T_{\text{пр}}}, \quad (2.7)$$

где $t_{\text{тех}}$ — 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:

29

$$J_p^{\text{ср}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^R J_p^i}, \quad (2.8)$$

где R — число подходов.

Дополнительное число путей в парке приема определяется по формуле:

$$m_z = R - 1 + m_k, \quad (2.9)$$

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

Определение числа путей в парке отправления

Число путей для отправления поездов своего формирования $N_{\text{от}}^{\text{сф}}$ определяют отдельно для каждого направления по формуле:

$$m_{\text{от}} = \frac{t_{\text{зан}}^{\text{сф}}}{J_p^{\text{от}}} + m_k, \quad (2.10)$$

где $t_{\text{зан}}^{\text{сф}}$ — общее время занятия пути одним поездом своего формирования, мин; $J_p^{\text{от}}$ — расчетный интервал отправления поездов для направления, мин; m_k — дополнительное число путей, специализированных как вытяжные или ходовые пути (можно принять 1–2 пути).

Общее время занятия пути определяется по формуле:

$$t_{\text{зан}}^{\text{сф}} = t_{\text{мар}} + t_{\text{от}} + t_{\text{ож}}^{\text{сф}} + t_{\text{ож}}, \quad (2.11)$$

где $t_{\text{мар}}$ — время занятия маршрута при выводе состава из сортировочного парка в парк отправления, мин; $t_{\text{от}}$ — технологическое время на операции обработки составов по отправлению, мин; $t_{\text{ож}}$ — время занятия маршрута при отправлении поезда из парка, мин; $t_{\text{ож}}^{\text{сф}}$ — время простоя поезда в ожидании отправления, мин.

30

Среднее время простоя состава в ожидании отправления на данное направление:

$$t_{\text{ож}}^{\text{ср}} = \frac{\rho_{\text{от}}^2 (V_{\text{вм}}^2 + V_{\text{от}}^2) 60}{2 \lambda_{\text{от}}^i (1 - \rho_{\text{от}})}, \quad (2.12)$$

где $\rho_{\text{от}}$ — коэффициент загрузки данного ж.-д. участка по отправлению

грузовых поездов; v_{max} — 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); λ'_o — часовая интенсивность отправления поездов своего формирования данного направления.

Загрузка данного участка для транзитных поездов равна:

$$\rho_{\pi} = \frac{N_{\pi}^{\text{тн}} + N_{\pi}^{\text{дн}}}{N_{\text{max}}^{\pi} - N_{\text{min}}^{\pi} \varepsilon_{\text{max}}}, \quad (2.13)$$

Расчетный интервал отправления поездов для направления равен:

$$J_{\pi}^i = \frac{J_{\text{max}} + J_{\pi}^o}{2}, \quad (2.14)$$

$$\text{где } J_{\pi}^i = \frac{1440 - \frac{1440}{N_{\text{max}}^{\pi}} [\alpha_{\pi\pi} N_{\text{max}}^{\pi} \varepsilon_{\text{max}} + (\alpha_{\pi\pi} - 1) (N_{\pi}^{\text{тн}} + N_{\pi}^{\text{дн}})]}{N_{\pi}^{\text{тн}}}.$$

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

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

31

времени занятия пути парка отправления, при этом ρ_{π} — коэффициент загрузки данного участка для расчетов путей в парке отправления и транзитных принимается одним и тем же.

$$m_{\pi}^{\pi} = \frac{t_{\text{max}}^{\pi}}{J_{\pi}^{\pi\pi}} + 1, \quad (2.15)$$

где t_{max}^{π} — время занятия пути одним транзитным поездом; $J_{\pi}^{\pi\pi}$ — средневзвешенный расчетный интервал прибытия поездов при двух и более подходах, мин.

$$t_{\text{max}}^{\pi} = t_{\pi\pi} + t_{\pi o} + t_{\pi s}^s + t_o. \quad (2.16)$$

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

$$t_{\pi s}^s = \frac{\rho_{\pi}^2 (v_{\pi}^2 + v_o^2) 60}{2 \lambda_{\pi}^{\pi} (1 - \rho_{\pi})}, \quad (2.17)$$

где ρ_{π} — коэффициент загрузки данного железнодорожного участка по отправлению грузовых транзитных поездов (рассчитан при определении числа путей в парке отправления); $\lambda_{\pi}^{\pi} = \frac{N_{\pi}^{\text{дн}}}{24}$ — 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:

$$J'_p = \frac{J_{\text{па}} + J'_{\text{г}}}{2}. \quad (2.18)$$

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.

32

Определение числа путей в сортировочном парке

Количество основных путей в сортировочном парке определяется планом формирования поездов на расчетный 10 год эксплуатации. При этом в случае мощности назначения более 200 вагонов/сутки за назначением закрепляется два сортировочных пути. Для возможности выполнения роспуска при завершении накопления состава и его формировании на соседнем пути. За сборными и групповыми назначениями закрепляется, как правило, один путь сортировочного парка. При формировании двухгруппных поездов для каждой включаемой группы в назначении выделяется самостоятельный путь сортировочного парка, как правило, короткий. Кроме указанных путей в сортировочном парке предусматриваются пути для местных нужд (подбор и сортировка местных вагонов по путям необщего пользования, по грузовым фронтам или по роду груза), для накопления вагонов углового потока (на двусторонних сортировочных станциях), 1–2 пути для неисправных вагонов в техническом отношении (как правило, эти пути относятся в механизированному пункту ремонта вагонов и имеют соответствующее оборудование для производства отцепочного ремонта вагонов), диспетчерские пути со скользящей специализацией для освоения увеличивающегося потока, для возможности производства уборки снега в зимнее время и переключения части потока на эти пути, пути для вагонов с коммерческим браками (как правило, для вагонов без документов или требующих исправления схемы погрузки и крепления груза на открытом подвижном составе).

Пути сортировочного парка группируются со стороны горки в пучки обычно от 6 до 8 путей в каждом. С крайних пучков проектируются выходы в обход горба горки для возможности осуществления попутного надвига в этом случае горочный локомотив после роспуска очередного состава спускается в парк за пошерстную стрелку, ведущую в обход горки и после перевода стрелки следует в парк приема за следующим составом, освободив путь надвига для очередного состава, подлежащего роспуску.

2.3. Конструкция горловин парков сортировочной станции

Стрелочные горловины на сортировочных станциях обеспечивают связь между парками, выполнение необходимых поездных и маневровых операций, а также передвижений одиночных локомотивов.

33

При разработке конструкций горловин парков необходимо обеспечивать:

- выполнение необходимого числа параллельных операций, что достигается объединением путей в группы — секции, и укладкой между ними съездов;
- минимальное число пересечений враждебных маршрутов;
- возможность приема поезда (передачи состава) с любого примыкания на любой путь парка и наоборот — отправления поезда с любого пути парка на любой примыкающий подход;
- минимальные длины горловин и число стрелочных переводов;
- максимальную идентичность полезных длин путей;
- возможность увеличения числа путей парка при минимальных работах по разборке существующего путевого развития.

При проектировании парков следует учитывать такие рекомендации:

- при последовательном расположении предгорочного и сортировочного парков их продольные оси располагать на одной прямой, что обеспечит лучшую видимость при маневрах. Если по местным условиям это невозможно, то искривления осей предусматривать в выходных горловинах парков приема и сортировочного или, в крайнем случае, в пределах парков с использованием допустимых радиусов;
- от горловин парков приема и отправления до мест примыкания к главным путям должны предусматриваться прямые участки длиной 200–400 м;
- между последним стрелочным переходом сортировочного и первым отправочного парка (при последовательном размещении парков) необходимо предусматривать расстояние 400–500 м;
- между крайними стрелочными переходами предгорочного парка и вершиной горки необходимо выдерживать расстояние не менее 350 м, в стесненных условиях 150 м, а в особо трудных — не менее 100 м. Данные прямые участки предусматриваются в целях обеспечения возможности дальнейшего развития парков.

Проектирование парков приема

1. Парк приема проектируют, как правило, на горизонтальной площадке с трехэлементным профилем, согласно Своду правил СП 225.1326000.2014 «Станционные здания, сооружения и устройства».

Допускается сохранять этот парк на спуске в сторону горки крутизной до 0,001. Расположение этого парка на спуске от 0,001 до 0,0025 или на подъеме до 0,002 допускается лишь на переустрояемых станциях в особо трудных условиях при соответствующем обосновании.

34

На рис. 2.2, а, б изображены горловины парков приема односторонней сортировочной станции с последовательным расположением парков.

Во входной горловине должна быть обеспечена параллельность выполнения следующих операций: одновременный прием поездов со всех примыкающих направлений, заезд горочного локомотива с ходового пути в тупик и из тупика на пути парка приема, отцепка и уборка поездного локомотива из-под разборочного поезда непрямоугольного направления на ходовой путь, уложенный с внешней стороны парка приема, или в депо.

В предгорочной горловине должна быть обеспечена параллельность операций: одновременный надвиг и роспуск составов по всем путям надвига, пропуск локомотивов из-под разборочных поездов в депо или на ходовой путь, прием разборочных поездов непрямоугольного направления.

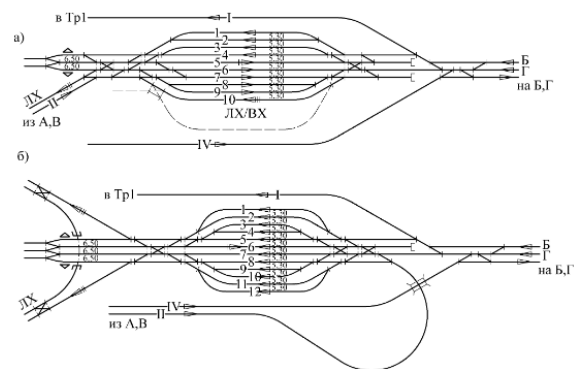


Рис. 2.2. Схемы горловин парков приема односторонней сортировочной станции: а — с горкой средней мощности, б — с горкой повышенной или большой мощности

Горловины парков укладываются стрелочными переходами марки 1/9, ширина междупутий принимается 5,30 м, междупутья, ограждающие ходовые

гонов (АСКО ПВ), совмещенный с тензометрическими весами для возможности осмотра поезда на ходу, а также комплекс Автоматизированной системы контроля инвентарных номеров вагонов (АСКИН) для проверки прибывающих составов. Также на подходе к станции располагаются контрольно-диагностические комплексы для выявления технических неисправностей грузовых вагонов.

Проектирование парков отправления и транзитных парков

При проектировании парка отправления также необходимо использовать трехэлементный профиль, предотвращающий самопроизвольный уход подвижного состава. Допускается проектировать парк на подъеме крутизной до 1 ‰, а в особо трудных условиях при соответствующем обосновании — на подъеме или спуске до 2,5 ‰. Парк отправления должен располагаться на расстоянии не менее 450–500 м от сортировочного парка для возможности удлинения последнего при реконструкции.

На рис. 2.3, а изображена схема парка отправления и транзитного двусторонней сортировочной станции.

Схема позволяет принимать транзитные поезда как в специализированный транзитный парк, так и в парк отправления. В каждой горловине выполняются не менее трех параллельных операций. Входная горловина обеспечивает формирование и выставление готовых составов в парк отправления по всем вытяжным путям формирования, прием транзитных поездов, подача поездных локомотивов в депо, из депо. В выходной горловине должны одновременно выполняться операции отправления на все примыкающие подходы, подача-уборка поездного локомотива, уборка маневрового локомотива и возвращение его в хвост сортировочного парка.

Для односторонних сортировочных станций в парках отправления и транзитных должны быть обеспечены взаимные выходы с вытяжных путей формирования на пути транзитного парка для возможности выставления готовых составов при занятости путей парка отправления, прием поездов с главного пути из Б, Г на пути парка отправления и выход со всех путей парка отправления на главный путь подхода Б и Г по отправлению — для возможности приема, обработки и отправления угловых транзитных поездов при их наличии.

Ширина междупутий должна быть поочередно 5,30–5,60 м для возможности размещения воздухопроводной сети в парке, стеллажей с запчастями и инвентарем. При организации Сетевых ПТО и организации безотцепочного ре-

монта в парке отправления с использованием мобильных вагоноремонтных комплексов в парке устраиваются уширенные междупутья до 8,20 м (через одно). Проходы асфальтируются, либо укладываются бетонные плиты для возможности перемещения мобильных вагоноремонтных комплексов.

Горловины парков укладываются стрелочными переводами марки 1/9. Локомотивные тупики должны быть длиной для вместимости двух поездных локомотивов, вытяжные пути, укладываемые в выходной горловине должны быть не менее половины длины состава поезда для организации отцепов и прицепов у транзитных поездов. На первое время эксплуатации допускается уменьшать их длину до 200 м.



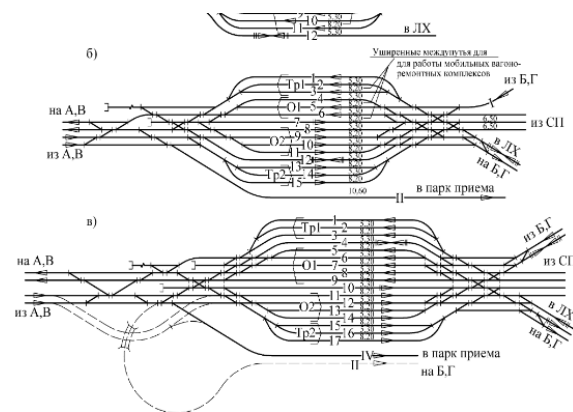


Рис. 2.3. Схемы горловин парков отправления сортировочных станций:
а — двусторонней сортировочной станции; *б* — односторонней сортировочной станции без устройства путепровода под горбом горки; *в* — односторонней сортировочной станции с устройством путепровода под горбом горки

37

Проектирование сортировочных парков

Поперечный профиль земляного полотна в сортировочных парках проектируется пилообразным с устройством междупутных и междушпальных лотков для отвода воды. Со стороны спускной части горки сортировочный парк имеет уклон 0–0,6 ‰, далее парк располагается на площадке. Последняя треть полезной длины парка проектируется на противоуклоне до 1,5–2,5 ‰. Вытяжные пути формирования, как правило, должны быть на горизонтальной площадке или на уклоне до 1,5 ‰ в сторону обслуживаемых ими путей либо на подъеме (спуске) до 2,5 ‰ при обосновании.

Для увеличения маневренности в горочной горловине сортировочного парка следует проектировать один или два обходных пути с крайних пучков непосредственно к путям парка прибытия. Это позволит пропускать горочный локомотив после осаживания одного состава в парк приема без задержки надвига и роспуска следующего состава.

При проектировании горочной горловины сортировочного парка необходимо учитывать следующие рекомендации:

- для обеспечения минимальной длины горловины — укладывать симметричные стрелочные переводы марки 1/6; крутовые кривые минимально допустимых радиусов размещать непосредственно за хвостом крестовины; между смежными стрелочными переводами укладывать минимально допустимые вставки;
- для обеспечения одинаковой работы сил сопротивлений при скатывании отцепов на любой путь парка — пути объединять в пучки (секции) с числом от 3 до 8. На рис. 2.4, *а* представлена схема четырехпучковой горочной горловины с 6 путями в каждом пучке. Если требуется меньшее число сортировочных путей, то крайние пучки могут быть неполными (рис. 2.4, *б*).

Ширина междупутий между смежными путями в пучке принимается 5,30 м, между пучками 7,50 м (6,50 м), в начале путей для сокращения длины горловины эти расстояния могут быть уменьшены соответственно до 4,10 м и 4,80 м.

В пределах горловины выделяют прямые участки для размещения вагонных замедлителей.

Пути сортировочного парка в выходной (хвостовой) горловине, так же как и в горочной, объединяются в пучки (см. рис 2.5). Количество пучков в выходной горловине зависит от количества вытяжных путей. Число вытяжных путей устанавливается расчетом, но не менее количества маневровых локомотивов.

Число сортировочных путей, закрепляемых за одним вытяжным путем, устанавливается с учетом равномерной загрузки последних, т. е. на каждом из них должно формироваться и выставляться примерно одинаковое количество составов поездов. Минимальное количество параллельных операций должно быть равно числу вытяжных путей. Для уменьшения простоя составов в ожидании формирования количество пучков в горловине должно быть больше числа вытяжных путей. Это дает возможность использовать каждый маневровый локомотив в любой из двух смежных секций парка.

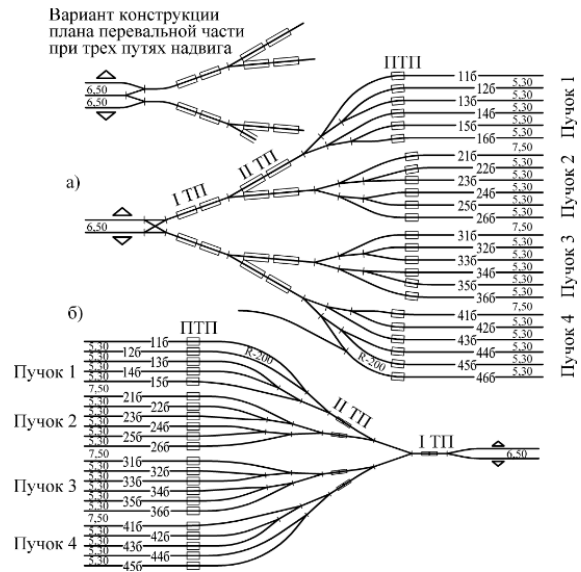
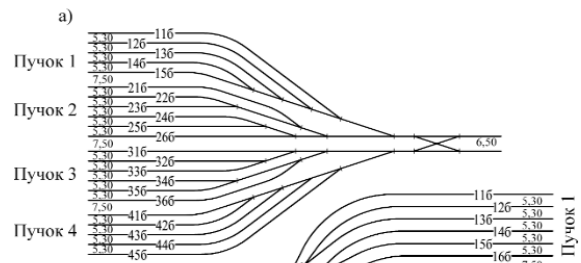


Рис. 2.4. Схемы горловин сортировочных парков, уложенной симметричными стрелочными переводами марки 1/6

Если число пучков больше числа вытяжных путей, то необходимо обеспечить работу с двух смежных вытяжек на два смежных пучка. Во всех схемах должна обеспечиваться взаимозаменяемость вытяжных путей, одновременная маневровая работа всех маневровых локомотивов, занятых формированием поездов, а также подача поездных локомотивов и отправление поездов на перегон с путей сортировочного парка.



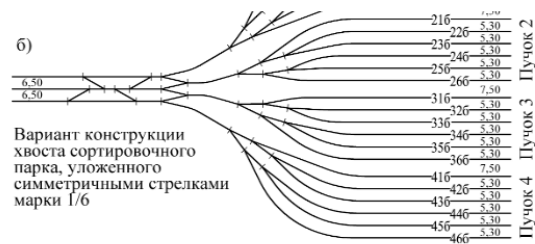


Рис. 2.5. Схемы хвостовых горловин сортировочного парка:
 а — уложенная стрелочными переходами 1/9;
 б — из симметричных стрелочных переходов марки 1/6

Иногда на сортировочных станциях проектируются вспомогательные сортировочные устройства, как правило, горки малой мощности. Они используются для подборки местных вагонов, формирования сборных и многогруппных поездов, следующих в адрес станций железнодорожного узла, обслуживаемых

данной сортировочной станцией. Вспомогательные сортировочные устройства могут иметь различное расположение, чаще всего они проектируются на одном из вытяжных путей.

2.4. Проектирование локомотивного и вагонного хозяйства

Проектирование локомотивного хозяйства

Локомотивное хозяйство проектируется в зависимости от типа и схемы сортировочной станции, а также местных территориальных условий. На односторонних сортировочных станциях с последовательным расположением парков и горками малой или средней мощности его целесообразно располагать параллельно сортировочному парку, что обеспечит одинаковые пробеги поездных локомотивов из парков приема и отправления. Для сортировочных станций с последовательным расположением парков и горками большой или повышенной мощности локомотивное хозяйство лучше располагать параллельно парку приема с верхней стороны преимущественного направления вагонопотоков в переработку. Это позволит переустраивать одностороннюю станцию в двухстороннюю без существенных затрат на перенос локомотивного хозяйства.

На сортировочных станциях с комбинированным расположением парков локомотивное хозяйство располагают параллельно парку приема (в схемах, когда парки отправления расположены параллельно сортировочному). Такое расположение целесообразно, так как позволяет сократить ширину станционной площадки.

На двусторонних сортировочных станциях локомотивное хозяйство располагают между парком приема одной системы и парком отправления другой. Для таких станций часто предусматриваются дополнительные экипировочные устройства, размещаемые в противоположной стороне от основного локомотивного хозяйства. Это позволяет сократить пробеги поездных локомотивов.

На сортировочных станциях применяются те же схемы локомотивного хозяйства, которые характерны для участковых станций. Детальная проработка схем и технологии работы локомотивного хозяйства изложена в I части учебного пособия «Железнодорожные станции узлы» под ред. В. И. Апатцева.

Устройства вагонного хозяйства

На сортировочных станциях в целях поддержания вагонов в исправном состоянии проектируются следующие устройства вагонного хозяйства:

- пункты технического обслуживания вагонов (ПТО) — в приемоотправочных парках станции;
- пункт текущего отцепочного ремонта вагонов — ПТОР (в литературе иногда встречается и другое название — механизированный вагоноремонтный пункт (МВРП) располагается обычно на крайних путях сортировочного парка);
- пункт экипировки и технического обслуживания рефрижераторных поездов и секций (ПЭТОРПС) и пункт технического обслуживания автономных рефрижераторных вагонов (ПТО АРВ);
- вагонное депо.

Количество ПТО зависит от взаимного расположения парков сортировочной станции.

На односторонних станциях с последовательным и параллельным расположением основных парков следует предусматривать не более двух зданий ПТО — по одному в парках приема и отправления (при последовательном расположении) или в приемоотправочных (при параллельном размещении). На станциях комбинированного типа проектируются три ПТО (одно в объединенном парке и два в парке, разделенном для работы по направлениям).

На станциях с объединенным сортировочно-отправочным парком проектируются два здания ПТО: одно — в парке приема, а другое — в сортировочно-отправочном, которое, как правило, объединяется с ПТОР.

На двусторонних сортировочных станциях в каждой системе следует проектировать не более двух ПТО вагонов.

Задачей ПТО в парке прибытия является проверка технического состояния вагонов и выявление неисправностей, которые могут быть устранены только в ходе отцепочного ремонта, с подачи вагонов в депо или ПТОР. В сортировочном парке техническое состояние вагонов проверяется для обнаружения повреждений, которые могли возникнуть в процессе выполнения маневровой работы и для исключения перестановки в парк отправления вагонов, требующих отцепочного ремонта.

В парке отправления выполняют технический осмотр и безотцепочный ремонт вагонов, неисправности которых были обнаружены в парках приема и сортировки, а также при осмотре в парке отправления.

При наличии сортировочно-отправочного парка техническое обслуживание вагонов, включающее осмотр и безотцепочный ремонт, выполняют в этом парке после окончания формирования составов на том же пути, роспуск вагонов одноименного назначения в этот период осуществляется на диспетчерские пути, имеющие скользящую специализацию.

Транзитные поезда осматривают и ремонтируют в транзитных (приемоотправочных) парках.

Устройства для обслуживания рефрижераторного подвижного состава (ПЭТОРПС и ПТО АРВ) при одностороннем потоке скоропортящихся грузов следует размещать с внешней стороны соответствующего транзитного парка. Если поток смешанный (с переработкой, без переработки, местный), то данные пункты следует располагать с внешней стороны от сортировочного или отправочного парка, а при параллельном — между ними.

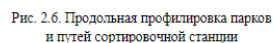
Пути ПТОР должны быть связаны с горкой и выходной горловиной сортировочного парка, а устройства вагонного депо с сортировочным парком и ПТОР. Техническими нормами и правилами проектирования станций рекомендуется размещать вагонное депо на одной площадке с локомотивным, с целью экономии в укладке коммуникационных сетей.

2.5. Проектирование парков и путей с сортировочной станции в профиле

Парк приема сортировочной станции проектируется на горизонтальной площадке с трехэлементным профилем, допускается сохранять этот парк на спуске в сторону горки до 1 ‰ на реконструируемых станциях. Расположение парка приема на спуске от 1 до 2,5 ‰ или на подъеме до 2 ‰ можно допускать лишь при реконструкции в особо трудных местных условиях (при обосновании). Парк отправления располагается на площадке с трехэлементным профи-

Надвигная часть горки имеет перед сопрягающей кривой горба горки подъем крутизной от 8 до 16 % на протяжении от 100 до 150 м, а предыдущий участок пути надвига (около 350 м) располагается на площадке или на подъеме не более 1 %. Уклоны спускной части горочной горловины проектируют в соответствии с расчетом. Уклон участков сортировочных путей от предельного столба подгорочной горловины до парковой тормозной позиции проектируют от 1,5–2,5 %.

43



1. Перечислите исходные данные для разработки принципиальной схемы сортировочной станции.
2. Укажите принцип, по которому выбирается направление сортировки на односторонней сортировочной станции.

3. От каких факторов зависит количество путей в парке приема?
4. Что характеризует средневзвешенное значение расчетного интервала прибытия поездов?
5. Какие элементы расчётных формул учитывают неравномерность поступления поездов в парк сортировочной станции?
6. Из каких элементов складывается время занятия пути для поездов различных категорий (разборочных, транзитных, поездов своего формирования)?
7. Каким образом при расчете путевого развития парка приема учитываются конструктивные особенности и техническое оснащение сортировочной горки?
8. Какие факторы влияют на количество путей в парке отправления?
9. От чего зависит количество путей в сортировочном парке?
10. Для каких нужд в сортировочном парке выделяют дополнительные пути?
11. Какие функции выполняют стрелочные горловины различных парков сортировочной станции?
12. Какие требования необходимо обеспечить при разработке горловин парка приема сортировочной станции?
13. Укажите особенности проектирования горловин парка отправления сортировочной станции.
14. В чем заключается особенность проектирования хвостовой горловины сортировочного парка?

45

15. Параллельность каких операций необходимо обеспечить во входной горловине парка прибытия односторонней сортировочной станции?
16. Какие операции должны выполняться параллельно в предгорочной горловине парка приема?
17. Какие пути и каких парков выступают в качестве резервной емкости при полном занятии путей парка отправления?
18. Для чего должен быть обеспечен выход из сортировочного парка на пути транзитных парков?
19. Каким образом осуществляется пропуск транзитных угловых поездов по схеме односторонних сортировочных станций? Какие для этого должны быть обеспечены условия и какие конструктивные особенности закладывают в схемные решения?
20. Какие общие рекомендации необходимо учитывать при проектировании парков сортировочных станций в плане и профиле?
21. Укажите конструктивные особенности проектирования приемоотправочных парков сортировочной станции.
22. Перечислите нормы проектирования сортировочного парка в профиле.
23. Опишите требования для расположения путей надвига и вытяжек формирования в плане и профиле.
24. Перечислите рекомендации при проектировании горочных горловин сортировочных станций.
25. Укажите требования к размещению устройств локомотивного хозяйства.
26. Перечислите основные принципы размещения устройств вагонного хозяйства на территории сортировочной станции.

Литература

1. СП 237.1326000.2015. Свод правил. Инфраструктура железнодорожного транспорта. Общие требования (утв. и введен в действие Приказом Минтранса России от 06.07.2015 № 208) // Текст : электронный // Справочная правовая система «Консультант Плюс» Информационный банк «Строительство»: [сайт]. — URL: www.consultant.ru/ (дата обращения: 25.02.2020).
2. СП 225.1326000.2014. Свод правил. Станционные здания, сооружения и устройства (утв. Приказом Минтранса России от 02.12.2014 № 331) // Текст : электронный // Справочная правовая система «Консультант Плюс» Информационный банк «Строительство»: [сайт]. — URL: www.consultant.ru/ (дата обращения: 25.02.2020).

46

3. Железнодорожные станции и узлы : учебник для вузов железнодорожного транспорта / В. И. Апатцев, Ю. И. Ефименко [и др.] — Москва : ФГБОУ «УМЦ ЖДТ», 2014. — 855 с.

4. Железнодорожные станции и узлы : учебник для вузов железнодорожного транспорта / В. Г. Шубко, Н. В. Правдин, Е. В. Архангельский [и др.] ; под редакцией В. Г. Шубко и Н. В. Правдина. — Москва : УМК МПС России, 2002. — 386 с.

5. Проектирование железнодорожных станций и узлов : справочное и методическое руководство / под редакцией А. М. Козлова и К. Г. Гусевой. — Москва : «Транспорт», 1981. — 592 с.

6. Болотный, В. Я. Совершенствование схем и технологии работы железнодорожных станций : учебное пособие для вузов / В. Я. Болотный. — Москва : Транспорт, 1986. — 280 с.

7. Болотный, В. Я. Проектирование железнодорожных узлов : учебное пособие / В. Я. Болотный. — Москва : Транспорт, 1989. — 152 с.

ГЛАВА 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОРТИРОВОЧНЫХ УСТРОЙСТВ. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1. Классификация и оборудование сортировочных горок

Современная сортировочная горка представляет собой комплекс устройств пути, энергоснабжения, автоматики, телемеханики и связи, обеспечивающий механизацию и автоматизацию процессов расформирования и формирования поездов.

В зависимости от объема переработки вагонов и числа подгорочных путей различают сортировочные горки повышенной, большой, средней и малой мощности. Мощность горки обосновывается технико-экономическими расчетами по объему и структуре перерабатываемого вагонопотока для сортировочных станций на 10-й, а для остальных станций — на 5-й год эксплуатации.

Сортировочные горки в настоящее время оборудуются вагонными замедлителями, вагоноосаживателями, ускорителями-замедлителями, устройствами

горочной автоматической централизации (ГАЦ), автоматического регулирования скорости скатывания отцепов (АРС) в комплексе с системой автоматического задания скорости роспуска (АЗСР) и телеуправления горочными локомотивами (ТГЛ).

На горках малой мощности на первый период эксплуатации вместо ГАЦ может предусматриваться электрическая централизация стрелок (ЭЦ), а вместо вагонных замедлителей — башмакосбрасыватели с тормозными башмаками.

Мощность сортировочной горки определяет ее техническое оснащение и путевое развитие (см. табл. 3.1).

Таблица 3.1

Классификация сортировочных горок

Основные характеристики	Сортировочные горки			
	повышенной мощности (ГПМ)	большой мощности (ГБМ)	средней мощности (ГСМ)	малой мощности (ГММ)
Движущая сила при сортировке вагонов	Сила тяжести	Сила тяжести	Сила тяжести	Сила тяжести
Объем переработки вагонов в сутки	более 5500	3500 + 5500	1500 + 3500	250 + 1500

48

Основные характеристики	Сортировочные горки			
	повышенной мощности (ГПМ)	большой мощности (ГБМ)	средней мощности (ГСМ)	малой мощности (ГММ)
Число путей: – сортировочных – накатных – спускных – обходных	более 40 ≥ 3 2 + 3 / 4 ** 2	30 + 40 2 + 3 2 1 + 2	17 + 29 1 + 2 1 + 2 1 + 2	4 + 16 1 / 2 * 1 0 + 2
Число тормозных позиций: – на спускной части – на путях парка	2 1 / 2 ***	2 1 / 2	1 + 2 1 / 2	0 + 2 1
Величина скоростного уклона, ‰	40 + 50	40 + 50	35 + 50	Не менее 25
Расчетная скорость роспуска, м/сек	1,7	1,7	1,4	0,8 + 1,2
Режим роспуска	Параллельный	Последовательный		
Техническое оснащение	АРС, ГАЦ, АЗСР, ТГЛ, вагонные замедлители	АРС, ГАЦ, АЗСР, ТГЛ, замедлители	ГАЦ, АЗСР, вагонные замедлители	ГАЦ (ЭЦ), вагонные замедлители

* — для тяжелых климатических условий, а также в случае использования ГММ для формирования групп составов групповых поездов и подачи вагонов допускается устройство двух путей надвига. При этом вершины горбов могут располагаться на разных отметках;

** — при обосновании;

*** — при обосновании 2 парковые тормозные позиции с расстоянием между ними около 150 м.

Тип сортировочного устройства выбирается в зависимости от количества перерабатываемых вагонов — N и числа путей в сортировочном парке — $m_{\text{ст}}$.

Например, при $m_{\text{ст}} = 30$ путей и $N = 4\,955$ вагонов — проектируемое сортировочное устройство является горкой большой мощности (ГБМ).

Рассмотрим следующий пример: $m_{\text{ст}} = 29$ путей и $N = 3\,700$ вагонов. Если исходить из количества сортировочных путей, то следует проектировать горку средней мощности (ГСМ), а согласно перерабатываемому вагонопотоку — ГБМ. Таким образом, окончательно выбираем в качестве сортировочного устройства ГБМ. При $m_{\text{ст}} = 32$ пути и $N = 3\,000$ вагонов также следует проектировать ГБМ.

3.2. Элементы сортировочной горки и их назначение

Основными элементами горки являются надвижная часть, перевальная часть (горб горки) и спускная часть (рис. 3.1).

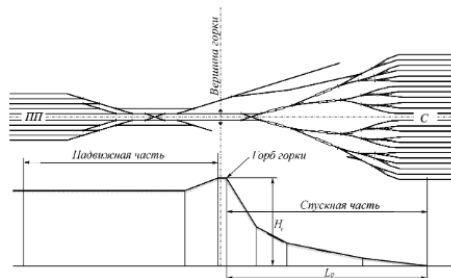


Рис. 3.1. Схема плана и профиля сортировочной горки

Надвижная часть предназначена для подачи вагонов к вершине горки и подготовки их к роспуску. На надвижной части размещаются пути надвига, соединяющие горб горки с парком приема, а при параллельном расположении парков приема и сортировки — с маневровой вытяжкой.

Перевальной частью (горбом горки) называется элемент горки, на котором происходит сопряжение надвижной части и скоростного уклона спускной части.

Условная вершина горки (УВГ) — вершина угла вертикальной кривой, сопрягающей скоростной уклон с горизонтальной прямой, проходящей через горб горки.

При устройстве горба с двумя и более путями надвига и спускными путями можно выполнять одновременно две операции: роспуск двух составов или уборку горочного локомотива по одному пути и роспуск с горки на втором пути и др.

Горб горки проектируется, как правило, в одном уровне, соответствующем зимним условиям работы.

Элемент горки, обеспечивающий отрыв отцепов от состава и их быстрое продвижение с безопасными интервалами на пути назначения, называется спускной частью. Она располагается между вершиной горки и расчетной точкой, которая находится на расстоянии 50 метров от конца парковой тормозной позиции.

50

На спускной части устанавливаются тормозные позиции для регулирования скорости отцепов.

Каждая горка характеризуется следующими основными параметрами: расчетной длиной, высотой, общей мощностью тормозных средств и перерабатывающей способностью.

Расчетной длиной горки называется расстояние от вершины горки до расчетной точки.

Высотой горки называется разность отметок вершины горки и расчетной точки.

Мощность тормозных средств характеризуется погашаемой или суммарной энергетической высотой, а *перерабатывающая способность горки* — максимальным числом вагонов, которое можно рассортировать на ней за сутки.

Помимо указанных параметров, для обеспечения безопасности роспуска с горки при проектировании рассчитываются интервалы между отцепами на раздельных стрелках и тормозных позициях.

При проектировании сортировочной горки должны быть соблюдены пять основных условий: безопасность движения, необходимая пропускная способность станции, комплексность проекта (с учетом требований СЦБ, охраны труда и окружающей среды, специальных условий и т.п.), экономичность решения и возможность дальнейшего развития станционных устройств.

Вагоны, спускаемые с горки, в зависимости от рода, веса и ходовых свойств делятся на четыре типа бегунов: очень плохие (ОП), плохие (П), хорошие (Х) и очень хорошие (ОХ).

Основные параметры горки рассчитываются на условия, указанные в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Условия скатывания вагонов для расчета параметров горки

Параметры	Условия скатывания бегунов			
	Расчетный бегун	Маршрут скатывания	Ветер	Температура
Высота горки	крытый вагон, весом 25 тс, $w_0 = 1,75 \text{ кгс/тс}$	«Трудный путь»	Встречный*	Отрицательная
Профиль спускной части горки	ОХ — 4-х осный полувагон, весом 85 тс	«Легкий путь»	Попутный	Выше 0°C

51

Параметры	Условия скатывания бегунов			
	Расчетный бегун	Маршрут скатывания	Ветер	Температура
Мощность тормозных средств	ОХ — 4-х осный полувагон, весом 100 тс	«Легкий путь»	Попутный	Выше 0°C
Интервал между отцепами на разделительных элементах	ОП–ОХ–ОП (ОП–Х–ОП для ГММ и ГСМ)	«Трудный» и смежный с ним	Встречный**	Отрицательная

* — при определении высоты горки к расчету принимают все встречные направления ветра;

** — при проверке наличия достаточных интервалов между скатывающимися отцепами и выполнении других технологических расчетов в качестве расчетной скорости ветра принимается для неблагоприятных условий ее средневзвешенное значение в румбе наибольшего значения удельной работы сил сопротивления воздушной среды и ветра в расчетном месяце.

При проектировании горки учитываются условия скатывания: неблагоприятные (встречный ветер, отрицательная температура, трудный путь скатывания) и благоприятные (попутный ветер, температура выше 0°C , легкий путь). Трудным считается путь, для которого потеря энергетической высоты на преодоление всех сил сопротивления h_w наибольшая, легким — путь, имеющий минимальное значение h_w .

3.3. Основы динамики скатывания вагонов с горки

Исходными теоретическими предпосылками для расчета горки являются дифференциальные уравнения движения вагона и теорема об изменении кинетической энергии.

Рассмотрим вагон, движущийся по наклонной плоскости (рис. 3.2).

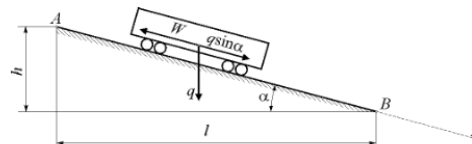


Рис. 3.2. Силы, действующие на вагон при скатывании с горки

52

На него действует сила тяжести q и сила сопротивления W (вагон принимаем за материальную точку). Дифференциальное уравнение движения вагона вдоль оси Ax примет вид:

$$m\ddot{x} = q \sin \alpha - W, \quad (3.1)$$

где $\ddot{x}$ — ускорение вагона; m — масса вагона.

Учитывая, что величина α не превышает 3° (при максимальных значениях уклонов на горке), принимаем $\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{l} = i \times 10^{-3}$, где i — уклон, ‰. Кроме того, приближенно можно считать, что сила сопротивления пропорциональна весу вагона. Поэтому $W = qw \cdot 10^{-3}$, где w — общее удельное ходовое сопротивление вагона, кгс/тс или ‰.

Теперь дифференциальное уравнение движения вагона примет вид:

$$m\ddot{x} = q(i - w) \cdot 10^{-3}. \quad (3.2)$$

Из этого уравнения видно, что если на некотором участке горки $i > w$, вагон движется ускоренно, при $i < w$ — замедленно, при $i = w$ — равномерно.

Для длинных отцепов, находящихся на нескольких элементах горочного профиля, профильную силу (удельную силу тяжести) определяют по средневзвешенному уклону $\bar{i}$ движения центра тяжести в рассматриваемый момент¹:

$$\bar{i} = \frac{\sum_{j=1}^k i_j \cdot q_j}{\sum_{j=1}^k q_j}, \quad (3.3)$$

где i_j — уклон, на котором находится j -й вагон отцепа; q_j — вес j -го вагона в отцепе; k — количество вагонов в отцепе.

Сопротивление движению вагона подразделяют на основное и дополнительное. Основное сопротивление действует при движении вагона постоянно. Оно обусловлено трением осей колес в буксовых узлах, трением качения и трением скольжения колес по рельсам на прямом участке пути.

¹ Например, в момент вступления головы отцепа на измерительный участок или выхода с него.

Дополнительное сопротивление обусловлено наличием кривых участков пути, в том числе стрелочных переводных кривых, ударами на стыках, остряхах и крестовинах стрелочных переводов, сопротивлением воздушной среды и ветра.

Из приведенного дифференциального уравнения можно получить величину общего удельного ходового сопротивления вагона:

$$w = i - \frac{a}{g'} \cdot 10^{-3}, \quad (3.4)$$

где $a = \ddot{x}$; g' — приведенное ускорение силы тяжести с учетом влияния вращающихся частей вагона.

Отсюда следует, что задача определения величины w , характеризующей ходовые свойства вагона, связана с измерением ускорения вагона на участке. Эта зависимость используется в системах АРС на горках.

Рассмотрим вопрос об энергетической высоте, по величине которой удобно вести учет сил, действующих на скатываемый вагон.

Согласно теореме об изменении кинетической энергии:

$$\frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = q(i - w) \cdot 10^{-3}; \quad (3.5)$$

Здесь правая часть представляет собой работу силы тяжести и средней

силы сопротивления на участке l , уклон которого i ; v_0 и v_1 — соответственно начальная и конечная скорости движения вагона на участке l .

Выразив величину m через $\frac{q}{g'}$ и сократив на q обе части равенства, получим уравнение кинетической энергии, отнесенное к единице веса вагона:

$$\frac{v_1^2}{2g'} - \frac{v_0^2}{2g'} = (i - w) \cdot l \cdot 10^{-3}, \quad (3.6)$$

или, переходя к энергетическим высотам,

$$h_{v_1} - h_{v_0} = (i - w) \cdot l \cdot 10^{-3}. \quad (3.7)$$

54

Применительно к сортировочной горке (рис. 3.3) будем иметь:

$$h + h_{v_0} = h_{v_1} + h_w, \quad (3.8)$$

или:

$$h_{v_1} - h_{v_0} = h - h_w, \quad (3.9)$$

где h_{v_1} — энергетическая высота вагона в конце участка l ; h_{v_0} — энергетическая высота, соответствующая начальной скорости (скорости отпуска); h — высота наклонной плоскости (высота горки); h_w — работа сил сопротивления (потеря энергетической высоты), затраченная на преодоление всех видов сопротивления на участке l .

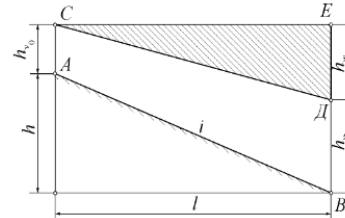


Рис. 3.3. Графическое изображение энергетических высот

Геометрическое место энергетических высот сопротивлений, отложенных вниз по горизонтальной прямой (линия CE), называется линией энергетических высот $hw = f(l)$ (линия CD). Высота h_{v_1} , измеренная в любой точке профиля по вертикали между линией профиля AB и линией энергетических высот CD, характеризует свободную или остаточную энергетическую высоту вагона в данной точке. По величине свободной энергетической высоты вагона легко определить его скорость, м/с:

$$v = \sqrt{2g'h_{v_1}}. \quad (3.10)$$

55

Величина приведенного ускорения силы тяжести g' зависит от отношения веса вращающихся частей вагона к его полному весу, т.е. от числа осей и нагрузки, и может быть подсчитана по формуле:

$$g' = \frac{9,81}{1 + \gamma}, \quad (3.11)$$

где g — ускорение силы тяжести, равное $9,81 \text{ м/с}^2$; γ — коэффициент увеличения массы вагона при учете его вращающихся частей, равный $\frac{0,42n}{q}$.
Здесь n — число осей; q — вес вагона брутто, тс.

$$g' = \frac{9,81}{1 + \frac{0,42n}{q}}. \quad (3.12)$$

Можно решить и обратную задачу: по данной скорости найти энергетическую высоту, м.э.в., т.е.:

$$h_v = \frac{v^2}{2g'}. \quad (3.13)$$

Например, на горбе горки энергетическая высота, м.э.в.:

$$h_v = \frac{v_0^2}{2g'}, \quad (3.14)$$

где v_0 — начальная скорость вагона (скорость роспуска), принимается согласно табл. 3.7, в зависимости от типа сортировочного устройства.

Место остановки вагона определяется как точка пересечения линии энергетических высот с линией профиля ($h_v = 0$). Исходя из этого, условие докатывания расчетного бегуна до расчетной точки (точки прицепивания) можно записать следующим образом:

$$H_r = h_{v_0} \geq h_w. \quad (3.15)$$

3.4. Сопротивления, преодолеваемые вагонами при скатывании с горки, и порядок их определения

При скатывании с горки вагоны преодолевают сопротивления, вызванные различными факторами:

1. *Основное сопротивление* — сопротивление движению вагона на прямом горизонтальном пути. Оно возникает вследствие трения между собой деталей буксового узла (и осей колес вагонов при подшипниках скольжения), трения качения (с проскальзыванием из-за влияния осей вагона) между колесами и рельсами, ударов на стыках, местных искривлений пути в плане и профите. Зависит от веса вагона и осевой нагрузки, состояния ходовых частей вагона, температуры окружающей среды и буксового узла, а также состояния верхнего строения пути и поверхности рельсов. Основное сопротивление, отнесенное к весу вагона, представляет собой основное удельное сопротивление w_0 .

Основное удельное сопротивление движению w_0 вагонов на роликовых подшипниках при скатывании их с горки рассматривается как случайная величина, распределение которой можно аппроксимировать гамма-распределением.

Числовые характеристики распределений w_0 для вагонов на роликовых подшипниках следует принимать вне зависимости от температуры наружного воздуха применительно к весовым категориям одиночных вагонов по табл. 3.3.

Таблица 3.3

Диапазон веса вагонов, тс	Весовая категория вагонов		Числовые характеристики распределения w_0 , кгс/тс	
	Наименование	Обозначение	Среднее значение $\overline{w_0}$	Среднее квадратическое отклонение σ_w

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

При выполнении горочных конструктивных и технологических расчетов (кроме расчета высоты горки) значения основного удельного сопротивления движению расчетных бегунов (очень плохого — ОП, плохого — П, хорошего — Х, очень хорошего — ОХ) принимаются по табл. 3.4.

57

Потери энергетической высоты от основного сопротивления движению, м.э.в., пропорциональны длине пути скатывания вагона (l) и определяются из выражения:

$$h_{\text{ог}} = l \times w_0 \cdot 10^{-3}. \quad (3.16)$$

Таблица 3.4

Характеристики бегунов	Расчетные бегуны			
	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

2. Сопротивление от воздушной среды и ветра определяется по формуле:

$$\pm w_{\text{св}} = c v_{\text{от}}^2, \quad (3.17)$$

где c — приведенный коэффициент воздушного сопротивления; $v_{\text{от}}$ — относительная (резльтирующая скорость) вагона (оттепа) с учетом направления ветра, м/с.

Знак $w_{\text{св}}$ в формуле (3.17) принимается согласно знаку выражения ($v \pm v_{\text{в}} \cos \beta$).

Значения коэффициента c :

— для одиночных вагонов:

$$c = \frac{17,8 c_s S}{(273 + t) q}; \quad (3.18)$$

— для оттепов из нескольких вагонов:

$$c = 17,8 \frac{c_s S + \sum_{j=1}^k c_{\text{от}j} S_j}{(273 + t) \sum_{j=1}^k q_j}, \quad (3.19)$$

58

где c_s — коэффициент воздушного сопротивления одиночных вагонов или первого вагона в оттепе; $c_{\text{от}j}$ — коэффициент воздушного сопротивления j -го вагона в оттепе (кроме первого); S , S_j — площадь поперечного сечения соответственно одиночного (или первого) вагона в оттепе и последующих вагонов в оттепе, м²; q — вес вагона, тс; $\sum_{j=1}^k q_j$ — вес оттепа из k вагонов, тс; t — температура наружного воздуха, °C.

Коэффициенты c_x и $c_{x\alpha}$ принимаются по табл. 3.5 в зависимости от рода вагона и угла α (угол между результирующей относительной скорости $v_{от}$ и направлением скатывания отцепа).

Таблица 3.5

Род вагона	Число осей	S, м ²	Угол α между результирующим вектором относительной скорости и направлением движения отцепа, °						
			0	10	20	30	50	70	90
Значения коэффициентов воздушного сопротивления c _x /c _{xα}									
Полувагон	4	8,5	1,36 0,5	1,68 0,69	1,83 0,82	1,76 0,88	1,11 0,8	0,43 0,43	0,1 0,1
Крытый	4	9,7	1,12 0,22	1,46 0,38	1,64 0,56	1,58 0,67	0,92 0,85	0,29 0,29	0,1 0,1
Полувагон	8	10,7	1,56 0,75	1,95 0,97	2,09 1,13	2,03 1,16	1,15 0,88	0,4 0,4	0,15 0,15
Значения коэффициента воздушного сопротивления c _x									
Платформа	4	4,1	1,51	2,02	2,30	2,23	1,3	0,40	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

Примечание. Воздушное сопротивление четырехосной платформы с контейнерами принимается равным сопротивлению крытого четырехосного вагона.

Скорость $v_{от}$ и угол α :

$$v^2_{от} = v^2 + v^2_{\beta} \pm 2vv_{\beta}\cos\beta;$$
 (3.20)

$$\alpha = \arcsin \frac{v_{\beta} \sin \beta}{v_{от}},$$
 (3.21)

где v — средняя скорость скатывания отцепа на участке, м/с; v_{β} — скорость ветра, м/с; β — угол между направлением ветра и осью участка пути, по которому движется вагон (отцеп).

Расчеты с допустимой погрешностью при углах $\beta < 30^{\circ}$ можно выполнять по формулам:

$$v_{от} = v \pm v_{\beta};$$
 (3.22)

$$\alpha = \beta/2.$$
 (3.23)

В приведенных формулах (3.20) и (3.22) знак «+» следует принимать при встречном ветре, знак «-» при попутном.

При определении удельного сопротивления от среды и ветра скорости расчетного бегуна на различных участках горки принимаются согласно табл. 3.6.

Таблица 3.6

Расчетные участки горки	Средняя скорость движения вагонов 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 ГПП	4,5	4,2	4,0	3,5	4,5	3,5	3,0
От начала ГПП до начала ШТП	6,0	5,5	5,0	4,0			
От начала ШТП до начала парковой ТП	5,0	5,0	4,0	3,0			
Сортировочные пути (до РТ)	2,0	2,0	2,0	1,4	2,0	1,4	1,4

60

Скорости роспуска и расчетные сочетания бегунов в зависимости от типа горки для проверки разделения отцепов приведены в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Сортировочная горка			Расчетное сочетание бегунов	Скорость роспуска, 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

* При доле порожних вагонов более 30%, в противном случае принимается сочетание П–Х–П.

Для рассчитанных значений $w_{\text{св}}$ румбов встречных направлений ветра определяют средневзвешенную величину по формуле:

$$\bar{w}_{\alpha} = \frac{\sum_i w_{\alpha i} P_i}{\sum_i P_i}, \quad (3.24)$$

где $w_{\text{св } i}$ — удельное сопротивление движению от воздушной среды и ветра, соответствующее средней скорости ветра i -го румба, кгс/тс; P_i — повторяемость ветра i -го румба.

Для определения встречных и попутных направлений ветра может быть использован график, называемый розой ветров, характеризующий величину и направление скорости, а также повторяемость ветра в данной местности обычно на высоте около 15 м над уровнем земли.

61

Роза ветров составляется по данным наблюдений за последние пять лет, которые ведут метеорологические станции, расположенные вблизи проектируемого объекта. Для уровня спускной части горки указанные параметры рекомендуется принимать в размере 0,7 величины, взятой по розе ветров, ориентированной относительно направления сортировки.

Так как сопротивление от среды и ветра действует на всем пути скатывания вагона l , то потери энергетической высоты на преодоление этого сопротивления составят, м:

$$h_{\text{св}} = h v_{\alpha} \cdot 10^{-3}. \quad (3.25)$$

3. Сопротивление от стрелок и кривых

Сопротивление от кривых в пути (включая кривые стрелочных переводов) возникают от трения в шкворневых узлах вагонов при входе и выходе из кривой и от трения о наружный рельс кривой колес, прижимаемых к нему действием инерционной центробежной силы. Зависит оно в основном от скорости вагона, так же, как и сопротивление от ударов об остяки и крестовины на стрелках.

Удельная работа сил сопротивления движению вагона от кривой определяется по формуле:

$$h_{\text{кр}} = 0,23v^2 \alpha_k \cdot 10^{-3}, \quad (3.26)$$

где v — средняя скорость движения вагона в кривой, м/с; α_k — угол поворота кривой, град.

Удельная работа сил сопротивления движению вагона от стрелочных переводов рассчитывают по формуле:

$$h_{\text{ст}} = 0,56v^2 \cdot 10^{-3}, \quad (3.27)$$

где v — средняя скорость движения вагона по стрелке, м/с.

4. Сопротивление от снега и инея

Удельное сопротивление движению вагона от снега и инея следует учитывать для зимних условий в пределах стрелочной зоны и на сортировочных путях и устанавливать в зависимости от весовой категории вагонов и температуры наружного воздуха согласно табл. 3.8.

62

Таблица 3.8

Весовая категория	Дополнительное сопротивление $w_{\text{сн}}$, кг/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

Удельная работа сил сопротивления движению вагона от снега и инея определяется по формуле:

$$h_{\text{сн}} = h w_{\text{сн}} \cdot 10^{-3}. \quad (3.28)$$

Контрольные вопросы

1. Дайте классификацию сортировочных устройств.
2. В зависимости от каких факторов выбирают тип сортировочного устройства?
3. Что относится к надвижной части горки?
4. Что такое перевальная часть горки?
5. Что называется условной вершиной горки и в чем ее отличие от фактической вершины горки?
6. Перечислите основные параметры сортировочных горок в зависимости от их мощности.
7. Что называется расчетной длиной горки (длиной расчетного пути)?
8. Что называется высотой сортировочной горки и что она должна обеспечивать?

9. Дайте определение мощности тормозных средств.
10. Что называется перерабатывающей способностью горки?
11. Для каких условий рассчитывается высота сортировочной горки?

63

12. Как классифицируются отцепы в зависимости от весовых характеристик и ходовых свойств?
13. Для каких условий рассчитывается профиль спускной части горки и мощность тормозных средств? В чем разница?
14. Для каких условий и для какого сочетания отцепов рассчитываются условия разделения отцепов на спускной части горки?
15. Укажите цель выполнения технологических расчетов скатывания отцепов в расчетном сочетании и проверки условий их разделения.
16. Какие силы действуют на отцеп при скатывании с горки?
17. Опишите природу основного удельного сопротивления.
18. Укажите, почему в расчетах сортировочных горок оперируют удельными сопротивлениями, а не абсолютными значениями сил.
19. Укажите причины возникновения дополнительного сопротивления при прохождении отцепом стрелок и кривых.
20. Какие удельные сопротивления движению отцепа зависят от температуры наружного воздуха?
21. Почему при определении дополнительного сопротивления от среды и ветра, при его встречном направлении по отношению к направлению скатывания, скорости ветра и вагона складываются, а не вычитаются?
22. Под действием какой силы происходит скатывание отцепа с сортировочной горки?
23. Укажите, для какого отцепа удельное сопротивление от среды и ветра будет больше: для одиночного вагона или многовагонного отцепа?

.Литература

1. СП 237.1326000.2015. Свод правил. Инфраструктура железнодорожного транспорта. Общие требования (утв. и введен в действие Приказом Минтранса России от 06.07.2015 № 208) // Текст : электронный // Справочная правовая система «Консультант Плюс» Информационный банк «Строительство»: [сайт]. — URL: www.consultant.ru/ (дата обращения: 25.02.2020).
2. СП 225.1326000.2014. Свод правил. Станционные здания, сооружения и устройства (утв. Приказом Минтранса России от 02.12.2014 № 331) // Текст : электронный // Справочная правовая система «Консультант Плюс» Информационный банк «Строительство»: [сайт]. — URL: www.consultant.ru/ (дата обращения: 25.02.2020).

64

3. Железнодорожные станции и узлы : учебник для вузов железнодорожного транспорта / В. И. Апатцев, Ю. И. Ефименко [и др.]. — Москва : ФГБОУ «УМЦ ЖДТ», 2014. — 855 с.
4. Пособие по применению Правил и норм проектирования сортировочных устройств / Ю. А. Муха, Л. Б. Тишков, В. П. Шейкин [и др.]. — Москва : «Транспорт», 1994. — 220 с.
5. Родимов, Б. А. Проектирование механизированных и автоматизированных сортировочных горок / Б. А. Родимов, В. Е. Павлов, В. Д. Прокинова. — Москва : «Транспорт», 1980. — 78 с.
6. Федотов, Н. И. Проектирование сортировочных горок / Н. И. Федотов. — Новосибирск : НИИЖТ, 1981. — 87 с.
7. Павлов, В. Е. Проектирование сортировочных горок / В. Е. Павлов, М. М. Уздин, Ю. И. Ефименко. — Ленинград : ЛИИЖТ, 1987. — 97 с.
8. Архангельский, Е. В. Расчет и проектирование сортировочных горок повышенной, большой и средней мощности : методические указания / Е. В. Ар-

ГЛАВА 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНА ГОРОЧНОЙ ГОРЛОВИНЫ

4.1. Основные требования

План путевого развития горки проектируется в зависимости от мощности горки и в соответствии со структурой вагонопотока, с заданным технологическим процессом и темпом работы горки. При этом устанавливают число и схему соединения путей надвига и спускных, число и схему расположения технологических линий переработки и обработки вагонов, число путей и пучков в сортировочном парке и схему их соединения в горочной горловине, число и схему примыкания обходных путей, схему расположения и число тормозных позиций, параметры элементов соединения путей и размещение измерительных устройств (для автоматизации работы горки).

Совместно с путевым развитием горки должны проектироваться предгорочная горловина парка приема (с использованием типовых решений) и пути надвига.

План путевого развития предгорочной горловины должен обеспечивать: параллельное выполнение операций заезда локомотива за очередным составом, надвига и роспуска составов с горки (при параллельном роспуске двух составов), уборки поездных локомотивов с части путей, приема поезда в переработку непреимущественного направления (на односторонней сортировочной станции); необходимое число технологических линий переработки вагонов и составов на последующей очереди строительства.

При соответствующем обосновании допускается укладка в предгорочной горловине парка приема перекрестных съездов с глухими пересечениями марки 2/9 с целью сокращения времени занятия горловины передвижениями и обеспечения параллельности маршрутов.

Для новых горок повышенной и большой мощности при необходимости пути надвига проектируются длиной 350–400 м (для возможности удлинения путей). При реконструкции допускается уменьшать длину путей надвига до 150 м, а в особо трудных условиях — до 100 м.

В плане пути надвига и горочные вытяжные пути проектируются на прямом участке, в трудных условиях — на кривой радиусом 1 200 м, в особо труд-

Основные требования к проектированию плана спускной части горки сводятся к обеспечению:

- наименьшей расчетной длины;
- по возможности одинаковой суммарной работы сил сопротивления движению при скатывании вагонов на любой путь.

При этом необходимо во всех случаях выполнять указания Правил и норм проектирования сортировочных устройств на железных дорогах по укладке верхнего строения пути, предусматривать места для тормозных позиций и устройств автоматизации, учитывать возможность дальнейшего развития сортировочного парка (увеличение числа путей).

При соблюдении указанных основных требований увеличивается перерабатывающая способность горки за счет сокращения продолжительности роспуска составов и снижаются до минимальной величины затраты на строительство и эксплуатацию за счет уменьшения проектной высоты горки и потребной мощности тормозных средств.

Соблюдение первого требования достигается:

- укладкой симметричных стрелочных переводов марки 1/6 и глухих пересечений марки 2/6, а в отдельных случаях при обосновании укладкой односторонних стрелочных переводов марки 1/9;
- применением на спускной части горки кривых радиусом 200 м, кривых за крестовинами последних разделительных стрелочных переводов пучков путей — не менее 180 м, а горловинах с числом путей более 32, при обосновании — не менее 150 м, при длине кривой не более 20 м с соответствующим усилением этих кривых;
- обеспечением минимально возможного расстояния между центрами симметричных стрелочных переводов с крестовинами марки 1/6 при их попутной укладке, но не менее 23,97 м при рельсах типа Р50 и 23,85 м при рельсах типа Р65; при реконструкции в случае превышения этого расстояния допускается сохранять существующее расположение стрелочных переводов, если это не повлечет существенного снижения скорости роспуска;
- устройством кривых непосредственно за хвостом крестовины стрелочного перевода; в этом случае полное уширение колеи в пределах кривой должно быть обеспечено на расстоянии 4 м от начала кривой.

Основные размеры стрелочных переводов, укладываемых в голове сортировочного парка, приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

**Основные эксплуатационно-технические
характеристики стрелочных переводов**

Наименование показателей	Величина показателей у стрелочных переводов			
	Р65 1/6 ^с	Р65 1/9	Р50 1/6 ^с	Р50 1/9
Длина стрелочного перевода, м	17,542	31,039	17,542	31,061
Передний вылет рамного рельса, м	0,741	2,769	0,741	4,327
Расстояние от переднего стыка рамного рельса до ЦП, м	6,953	15,227	6,953	15,459
Расстояние от ЦП до заднего стыка крестовины, м	10,563	15,812	10,563	15,602
Радиус переводной кривой, м	200	200	200	200
Угол крестовины	9°27'45"	6°20'25"	9°27'45"	6°20'25"
Время перевода стрелок с электроприводом СПГБ-4М, с	0,55	0,65	0,50	0,60

Особенность проектирования головы сортировочного парка состоит в том, что еще до расчета высоты горки и мощности тормозных средств (для расчета нужен план горочной горловины) необходимо предусматривать места для установки тормозных позиций. При этом используется опыт разработки аналогичных проектов.

Следует иметь в виду, что нельзя сокращать длину горочной горловины за счет расстояния от вершины горки до первого разделительного стрелочного перевода или первого замедлителя, находящегося между вершиной горки и первым стрелочным переводом. Эти расстояния влияют на интенсивность роспуска составов и не могут быть меньше установленной расчетом величины.

Выполнение второго требования приводит к необходимости группирования путей сортировочного парка в пучки, при этом следует стремиться к тому, чтобы на всех путях число стрелочных переводов и сумма углов поворота на кривых были по возможности одинаковыми.

Расстояние между осями путей в подгорочном парке принимается не менее 5,30 м, а между пучками и путями надвига — 6,5 м².

В горочной горловине сортировочного парка для размещения замедлителей выделяют прямые участки пути. Основные эксплуатационно-технические характеристики замедлителей приведены в табл. 4.2.

² В отдельных случаях (при соответствующем обосновании) допускается уменьшение ширины междупутья в начале сортировочных путей до 4,8 м и сохранение таких междупутей на реконструируемых станциях.

Таблица 4.2

Основные эксплуатационно-технические характеристики вагонных замедлителей

Показатель	Тип замедлителя																
	Горочные												Парковые				
	КВ-3	КНП-5	Т-50*	ВЗПГ		ВЗП		КЗ		НК114				РНЗ-2	РНЗ-2М	ПНЗ-1	ПГЗ
				5- звен.	3- звен.	5- звен.	3- звен.	5- звен.	3- звен.	5- звен.	4- звен.	3- звен.	3- звен.				
Масса (без рельсов и шпальных брусьев), т	33	34,8	20,6	23,0	13,0	22,0	17,0	28,0	17,0	26,3	21,9	16,7	18,7	6,5	7,3	4,4	3,5
Длина по балкам, м	7,6	12,475	12,48	12,475	7,9	12,475	7,9	12,475	7,9	12,475	10,20	7,925	7,925	3,6	3,6	3,6	2,7
Длина по рельсам, м	11,50	13,475	13,475	13,475	11,50	13,475	11,50	13,475	11,50	13,475	11,20	11,50	11,50	6,25	6,25	6,25	6,25
Ширина конструкции, м	3,8	3,9	3,54	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	4,84	4,84	4,84	4,84
Глубина заложения от уровня головки рельса, м	1,1	0,9	0,6	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5	0,5	0,5	0,36

Показатель	Тип замедлителя																
	Горочные												Парковые				
	КВ-3	КНП-5	Т-50*	ВЗПГ		ВЗП		КЗ		НК114				РНЗ-2	РНЗ-2М	ПНЗ-1	ПГЗ
				5- звен.	3- звен.	5- звен.	3- звен.	5- звен.	3- звен.	5- звен.	4- звен.	3- звен.	3- звен.				
Расчетная погашаемая энергетическая высота **, м.зн.в.	1	1,2	0,65	1,3	1,0	1,35	1,0	1,5	1,1	2,2	1,9	1,6	1,6	0,35	0,45	0,3	0,22

Время затормаживания, с	1	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,2
Время отгормаживания, с	0,7	1,2	1	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,2
Допустимая скорость входа вагонов, м/с	7	7	6	8	8	8,5	8,5	8,5	8,5	9,0	9,0	9,0	9,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Расход сжатого воздуха на 1 срабатывание, м³	1,7	1,5	1	0,4	0,6	0,7	0,9	1,3	1,0	1,1	0,95	0,8	0,8	0,25	0,2	0,4	–
Тип рельса	P65	P50	P43	P50	P50	P65	P65	P65	P65	P65	P65	P65	P65	P50	P65	P65	P65

* Для нового строительства не применяются.

**Принимаются 80 % среднего значения при торможении любых полногрузных вагонов и давлении воздуха 0,65 МПа.

70

В соответствии с Правилами и нормами проектирования сортировочных устройств с 2–4 крайних путей сортировочного парка в обход горки устраиваются выходы посредством укладки двух встречных стрелочных переводов марки 1/6 (см. рис. 4.1).

Эти выходы обеспечивают возможность отправления поездов с крайних путей или пучков, возврата горочного локомотива в обход горки при попутном надвиге составов, а также передачи вагонов с части путей сортировочного парка на горочные вытязки или предгорочный парк.

Для удобства и безопасности работы составительской бригады на надвигной части горки от места расцепки вагонов до горба балластный слой поверху упирается и заканчивается на расстоянии 1 м от конца шпалы с каждой стороны.

4.2. Конструктивные элементы плана головы сортировочного парка

В пределах горочной горловины размещаются следующие конструктивные элементы: стрелочные переводы, вагонные замедлители, весомерные или измерительные участки (на автоматизированных горках), изолированные участки ГАЦ и АЗСР.

В настоящее время голова сортировочного парка проектируется, как правило, из симметричных стрелочных переводов марки 1/6 и рельсов Р50.

Для исключения перевода стрелок под движущимся отцепом стрелочные переводы изолируют друг от друга и от тормозных позиций. Изолированный участок стрелки (рис. 4.1) состоит из предстрелочного участка $l_{пр}$ (от изолирующего стыка до начала острьяков) и стрелочного l_c (от начала острьяков до изолирующего стыка в конце рамного рельса).

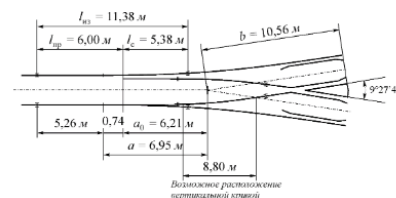


Рис. 4.1. Эпюра стрелочного перевода

71

Длина предстрелочного участка $l_{пр}$, м должна быть достаточной для того, чтобы за время прохода можно было гарантированно перевести стрелку:

$$l_{\text{пр}} = v_{\text{max}}(t_n + t_{c,y}), \quad (4.1)$$

где v_{max} — максимальная возможная скорость вагона на стрелке, определяется расчетом, м/с; t_n — время перевода остяков стрелки, с; $t_{c,y}$ — время срабатывания устройств ГАЦ, с.

При электрических приводах СПБ-4М $t_n = 0,55 \pm 0,65$, $t_{c,y} = 0,2$ с длиной предстрелочного участка $l_{\text{пр}}$ принята 6,0 м для всех стрелочных переводов.

Для стрелочных переводов марки 1/6 стрелочный участок l_c имеет длину 5,38 м, а для переводов марки 1/9 — 8,17 м.

Схемы взаимной укладки стрелочных переводов в горочной горловине приведены на рис. 4.2.

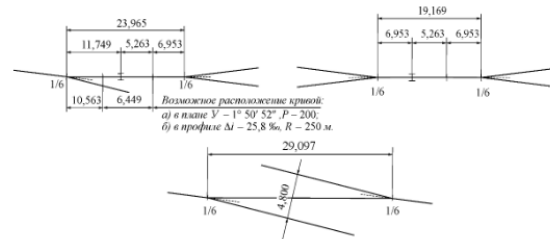


Рис. 4.2. Совместная укладка стрелок

При оборудовании горки системой APC замедлители также устанавливаются на изолированных участках, длина которых на спусковой части горки принимается при замедлителях типа КВ-3 и ВЗПГ-3 — 11,50 м, а при пятизвенных замедлителях типа КНП-5, Т-50, ВЗПГ-5 — 13,475 м. (рис. 4.3).

Изолированные участки стрелочных переводов и замедлителей соединяются при этом промежуточными изолированными участками, длина которых по требованиям ГАЦ должна быть не менее 4,5 м, а по условиям интервала между смежными отцепами — не более 16 м. На подгорочных путях (при APC) допускается иметь изолированные участки длиной 25 м.

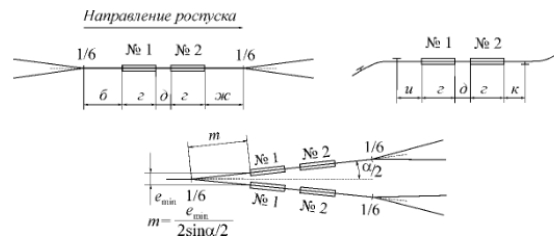


Рис. 4.3. Схемы размещения вагонных замедлителей

Значения конструктивных элементов плана, указанные на рис. 4.3, приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Конструктивные элементы плана головы сортировочного парка

Элементы	Длина элементов в м, в зависимости от размещения замедлителей					
	N1	N2	КНП-5	КВ-3	ВЗПГ-3	ВЗПГ-5
б	7,45	12,90	8,75	8,75	7,45	—

a	12,475	7,60	7,90	$\frac{7,90}{12,475}$	12,745	3,60
∂	1,00	3,90	3,60	2,30	1,00	2,65
κ	12,71	14,16	14,01	12,71	12,71	—
u	1,50	5,95	2,80	2,80	1,50	4,80 *
$e_{\text{мин}}$	4,40	4,15	3,80	3,80	3,80	
κ	1,50	5,95	2,80	1,50	1,50	

Примечание.* Замедлители РНЗ-2 разрешается укладывать в кривых радиусом до 140 м. Рассмотренные изолированные участки входят в состав непрерывных рельсовых цепей горочной горловины, используемых для передачи заданий ГАЦ, а также для трансляции в систему АРС информации об ускорении, весовой категории и длине отцепа.

73

Для определения ходовых свойств (весовой категории) и длины отцепов в системе АРС ГТСС применяется весомерный участок, который располагается перед первой тормозной позицией, как правило, на прямой в плане. Рекомендуемое расстояние от вершины горки до начала весомерного участка составляет 30–35 м. Длина весомерного участка составляет 11,50 м.

В системе АРС ЦНИИ для определения ускорения и весовой категории отцепа используется специальный измерительный участок, который должен располагаться на участке, прямом в плане и однообразном в профиле. Общая длина измерительного участка составляет 39–44 м.

На расстоянии 1–4 м за горбом горки размещаются напольные устройства АЗСР, для чего предусматривается место для изолированных участков и соответствующие междупутья: для фотодатчика не менее 5,45 м, для осветителя — 4,40 м.

Расстояние от условной вершины горки до первого разделительного элемента (стрелки или замедлителя) определяем по расчетной схеме, представленной на рис. 4.4.

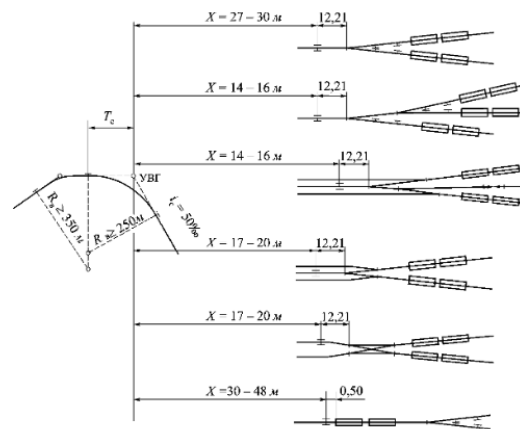


Рис. 4.4. Расстояние от УВГ до первого разделительного элемента

74

В пучок объединяют, как правило, от 4 до 8 путей. Соединение в одном пучке более 8 путей значительно удлиняет стрелочную зону и увеличивает расстояние, на котором возможен взаимный нагон вагонов, что неизбежно приводит к снижению производительности горки. Кроме того, увеличивается нагрузка тормозных позиций, размещенных перед пучками, и, соответственно, уско-

ряется износ тормозных шин замедлителей, что вызывает более частую их замену. Соединение в одном пучке менее шести путей делает значительно дороже механизацию сортировочной горки в виду того, что при этом возрастает число пучков и соответственно вагонных замедлителей на тормозных позициях перед пучками, а расчетная длина горки не сокращается.

Общее количество пучков в сортировочном парке следует принимать четным, если горка имеет два или четыре спусковых пути; при одном или трех спусковых путях число пучков может быть и нечетным.

Типовые схемы пучков приведены на рис. 4.5. Дополнительные кривые в пучках устраивают в пределах предстрелочных участков. Величины дополнительных углов поворота приведены на расчетной схеме (рис. 4.5).

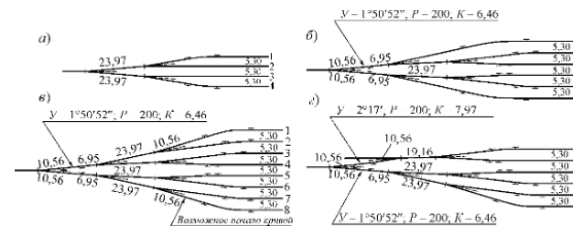


Рис. 4.5. Схемы сортировочных пучков:

а — пучок из 4-х путей, б — симметричный пучок из 6-ти путей;

в — пучок из 8-ти путей; г — несимметричный пучок из 6-ти путей

В пучках из 4-х путей дополнительные кривые не устраивают (рис. 4.5, а)

4.3. Порядок проектирования плана головы сортировочного парка

План головы сортировочного парка рекомендуется проектировать в масштабе 1:1000 или 1:500.

75

Можно выделить два способа проектирования головы сортировочного парка.

Первый способ. Вначале необходимо составить принципиальную схему горловины в осях путей (рис. 4.6), предварительно установив по табл. 1.1 число надвижных и спусковых путей и разбив сортировочные пути на пучки. При курсовом проектировании во внутренних пучках рекомендуется принимать по 8 путей, а в наружных — оставшееся число путей (менее 16, но более 8), поделенное пополам³.

Существующие типовые решения систем ГАЦ и АЗСР предусматривают не более *шести* разделительных стрелочных переводов в маршруте скатывания отцепа от вершины горки до предельного столбика сортировочного пути, равномерное распределение путей относительно первого разделительного стрелочного перевода пучка и наличие не более трех разделительных стрелочных переводов в маршруте пучка.

На принципиальной схеме (см. рис. 4.6) указываются междупутья, а также все расстояния в плане. Эти расстояния, за исключением тангенсов кривых $T_1, T_2, T_3, \dots$, принимаются в зависимости от заданных типа замедлителей и системы АРС по данным табл. 4.2, 4.3. Длина прямых участков для размещения тормозных позиций должна устанавливаться с учетом возможности укладки на первой позиции не менее двух замедлителей принятого типа, а на второй — не менее двух пятизвенных замедлителей типа КНП-5 (ВЗПП-5) или трех замедлителей типа КВ-3 (ВЗПП-3).

При двух тормозных позициях на спускной части, если верхняя из них размещается за первым разделительным стрелочным переводом, дополнительную кривую не рекомендуется размещать перед этой позицией, так как это вызывает увеличение длины нерегулируемой зоны. Такую кривую следует располагать за первой тормозной позицией (см. рис. 4.6).

Вторые тормозные позиции смежных пучков, соединенных общим стрелочным переводом, проектируются, как правило, в створе, что обеспечивает наименьшую вероятность одновременного нахождения двух отцепов на смежных позициях, наилучшие условия построения профиля, прокладки воздухо-

провода и устройства котлованов под замедлители.

Процесс проектирования плана головы сортировочного парка заключается в подборе (при использовании графического метода) или расчете аналитическим путем вручную или на ЭВМ углов поворота кривых (см. углы $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4$,

³ В реальных проектах при общем числе сортировочных путей, не кратном восьми, меньше восьми путей предусматривается в одном крайнем пучке с учетом возможности увеличения их числа в перспективе до восьми.

γ_5 на рис. 4.6), а также в размещении стрелочных переводов, тормозных позиций и устройств автоматики с соблюдением допускаемых радиусов кривых, ширины междупутий и других технических условий, указанных в п. 4.2.

В связи с тем, что при проектировании горловин приходится иметь дело с малыми углами поворота и сравнительно небольшими длинами элементов пути, необходимо вести масштабное проектирование с особой тщательностью. Углы поворота следует откладывать по их тангенсам.

Масштабная укладка плана начинается с нанесения оси сортировочного парка (базиса) и осей путей (см. рис. 4.6). Для обеспечения точности укладки положение осей путей находят по сумме междупутных расстояний от базиса. Углы поворота на дополнительных кривых $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, \gamma_5$ (см. рис. 4.6) подбираются по возможности кратные стрелочным, что позволяет откладывать их по тангенсам. Параметры таких кривых приведены в табл. 4.4. Вначале рекомендуется уложить верхний пучок, начиная с крайних путей, а затем внутренний пучок.

Таблица 4.4

Таблица элементов кривых

Марка крестовины	Число стрелочных углов	Угол поворота			Тангенс $T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$	Кривая $K = \frac{\pi R \alpha}{180}$
		о	с	н		
1/22	1	2	35	50	4,53	9,06
1/18	1	3	10	12,5	5,53	11,06
1/11	1	5	11	40	9,07	18,13
	1,5	7	47	30	13,62	27,20
	2	10	23	20	18,18	36,26
	3	15	35	00	27,37	54,40
1/9	1	6	20	25	11,08	22,13
	1,5	9	30	37,5	16,64	33,20
	2	12	40	50	22,22	44,26
	2,5	15	51	02,5	27,84	55,33
	3	19	01	15	33,51	66,39
1/6	0,5	4	43	52,5	8,26	16,51
	1	9	27	45	16,55	33,03

Марка крестовины	Число стрелочных углов	Угол поворота			Тангенс $T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$	Кривая $K = \frac{\pi R \alpha}{180}$
		о	с	н		
	1,5	14	11	37,5	24,90	49,55
	2	18	55	30	33,33	66,06
	$\alpha_{\gamma_5} - \alpha_{\gamma_1}$	1	08	45	2,00	4,00

Углы поворота последних кривых на каждом пути определяются, как алгебраическая сумма всех предыдущих углов поворота на стрелках и кривых,

- на пути 11:

- на пути 23:

где $\frac{\alpha}{2} = 4^{\circ}43'52,5''$ — половина угла поворота на стрелочном переводе марки 1/6.

Второй способ. Рассмотрим порядок на примере расчета горочной горловины из шести пучков. Проектирование плана сортировочного парка разбивают на ряд этапов:

2 — к двум внутренним пучкам присоединяют третий внешний пучок и определяют угол β_2 ;

Угол β_1 определяют, максимально сближая два внутренних, симметрично расположенных пучка так, чтобы междупутье между пучками было $e = 4,80$ м. (см. рис. 4.7).

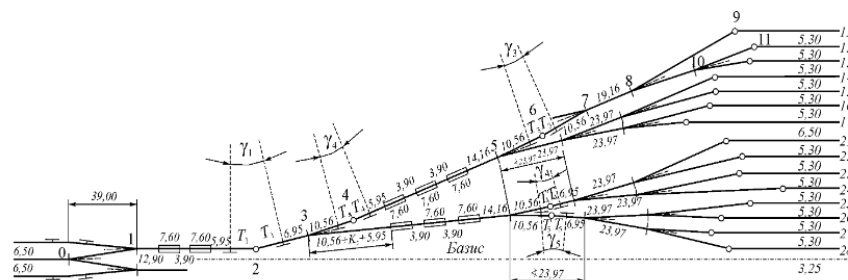


Рис. 4.6. Принципиальная схема горочной горловины в осях путей

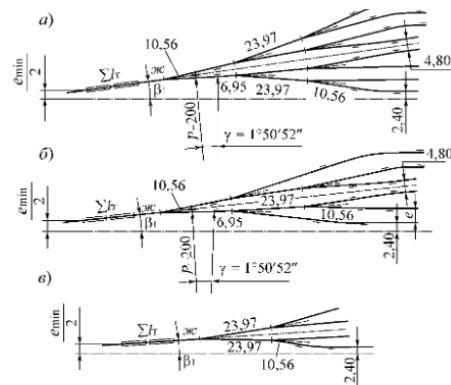


Рис. 4.7. Расчетная схема для определения угла β_1 :
 а — пучок из восьми путей; б — пучок из шести путей;
 в — пучок из четырех путей

Проецируем развертку нижнего пути на ось Y :

— для пучка из восьми путей:

$$\begin{aligned} \frac{e_{\min}}{2} + (\sum l_i + \kappa) \sin \beta_1 + b \sin(\beta_1 - \frac{\alpha}{2}) - R \cos(\beta_1 - \frac{\alpha}{2}) + \\ + R \cos(\beta_1 - \frac{\alpha}{2} - \gamma) + a \sin(\beta_1 - \frac{\alpha}{2} - \gamma) + l_2 (\beta_1 - \alpha - \gamma) + \\ + b \sin(\beta_1 - \frac{3\alpha}{2} - \gamma) + R \cdot \cos(\beta_1 - \frac{3\alpha}{2} - \gamma) - R = \frac{e}{2}, \end{aligned} \quad (4.2)$$

— для пучка из шести путей:

$$\begin{aligned} \frac{e_{\min}}{2} + (\sum l_i + \kappa) \sin \beta_1 + b \sin(\beta_1 - \frac{\alpha}{2}) - R \cos(\beta_1 - \frac{\alpha}{2}) + \\ + R \cos(\beta_1 - \frac{\alpha}{2} - \gamma) + a \sin(\beta_1 - \frac{\alpha}{2} - \gamma) + l_2 \sin(\beta_1 - \gamma) + \\ + b \sin(\beta_1 - \frac{\alpha}{2} - \gamma) + R \cdot \cos(\beta_1 - \frac{\alpha}{2} - \gamma) - R = \frac{e}{2} + e_n, \end{aligned} \quad (4.3)$$

80

— для пучка из четырех путей:

$$\begin{aligned} \frac{e_{\min}}{2} + (\sum l_i + \kappa) \sin \beta_1 + l_2 \sin(\beta_1 - \frac{\alpha}{2}) + \\ + b \sin(\beta_1 - \alpha) + R \cdot \cos(\beta_1 - \alpha) - R = \frac{e}{2}, \end{aligned} \quad (4.4)$$

здесь $e_{\min}$ — минимальное междупутье для укладки замедлителей на смежных путях (см. табл. 4.3); $\sum l_i$ — суммарная длина замедлителей, уложенных на пучковой тормозной позиции; κ — расстояние от конца балок замедлителей до центра стрелочного перевода (см. табл. 4.3); l_2 — расстояние между центрами переводов при их попутной укладке, $l_2 = 23,97$ м; a — расстояние от переднего стыка рамного рельса до центра стрелочного перевода, $a = 6,95$ м; b — расстояние от центра стрелочного перевода до корня крестовины, $b = 10,56$ м; R — радиус кривой в плане, для дополнительных кривых на спускной части горки $R = 200$ м, для закрестовинных кривых $R = 180$ м; e — ширина междупутья между пучками, принимаем $e = 4,80$ м; e_n — ширина междупутья в нормальных условиях, $e_n = 5,30$ м.

Из уравнений (4.2–4.4) определяем угол β_1 . Длину прямой вставки f перед замедлителями пучковой тормозной позиции определяем из расчетных схем, представленных на рис. 4.8.

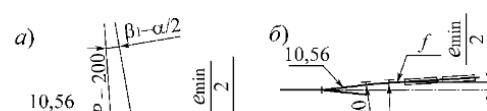




Рис. 4.8. Расчетные схемы для определения закрестовинной вставки, f .
 a — для пучка из 6–8 путей; b — для пучка из 4 путей

Проецируем развертку на ось Y :
 — для пучка из 6–8 путей:

$$b \sin \frac{\alpha}{2} + R \cos \frac{\alpha}{2} - R \cos \beta_1 + f \sin \beta_1 = \frac{e_{\max}}{2}, \quad (4.5)$$

81

— для пучка из 4 путей:

$$b \sin \frac{\alpha}{2} - R \cos \frac{\alpha}{2} + R \cos \beta_1 + f \sin \beta_1 = \frac{e_{\max}}{2}. \quad (4.6)$$

Значения прямых вставок f , рассчитанные из выражений (4.5, 4.6) должны быть не менее приведенных в табл. 4.3.

Угол β_2 определяем из расчетной схемы (рис. 4.9) максимально сближая два верхних пучка.

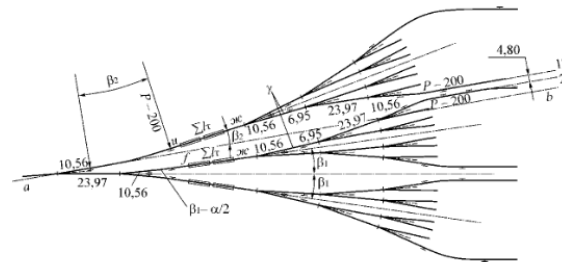


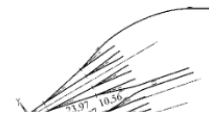
Рис. 4.9. Расчетная схема для определения угла β_2

Проецируем оси путей 18 и 21 на линию, перпендикулярную линии ab :

$$\begin{aligned} & R - R \cos \beta_2 + (u + \sum l_i + \kappa) \sin \beta_2 + b \sin (\beta_2 - \alpha/2) - R \cos (\beta_2 - \alpha/2) + R \cos (\beta_2 - \alpha/2 - \gamma) + \\ & + a \sin (\beta_2 - \alpha/2 - \gamma) + l_2 \sin (\beta_2 - \alpha - \gamma) + b \sin (\beta_2 - \frac{3\alpha}{2} - \gamma) + R \cos (\beta_2 - \frac{3\alpha}{2} - \gamma) - R - e = \\ & = l_2 \sin (-\alpha) + b \sin (-\alpha/2) + R \cos (-\alpha/2) - R \cos (\beta_1 - \alpha) + (f + \sum l_i + \kappa) \sin (\beta_1 - \alpha) + \\ & + b \sin (\beta_1 - \alpha/2) + R \cos (\beta_1 - \alpha/2) - R \cos (\beta_1 - \alpha/2 + \gamma) + a \sin (\beta_1 - \alpha/2 + \gamma) + l_1 \sin (\beta_1 + \gamma) + \\ & + b \sin (\beta_1 + \gamma + \alpha/2) - R \cos (\beta_1 + \gamma + \alpha/2) + R. \end{aligned} \quad (4.7)$$

Из уравнения (4.7) находим значение угла β_2 .

82



2										
3										

Значения l , Δx , x , Δy , y выписываются в таблицу с точностью до 0,01 м, углы поворота — до 1", синусы и косинусы — до 0,000001. При обнаружении расхождения в масштабном плане и подсчитанных координатах необходимо эти расхождения устранить, руководствуясь данными таблицы координат.

84

Координаты последней вершины угла поворота каждого пути — точки n — определяются из условия, что известными являются координаты точки $n-1$ ⁴ (рис. 4.11), величина $y_n = \sum e$ и значение β_n , указанное в ведомости кривых.

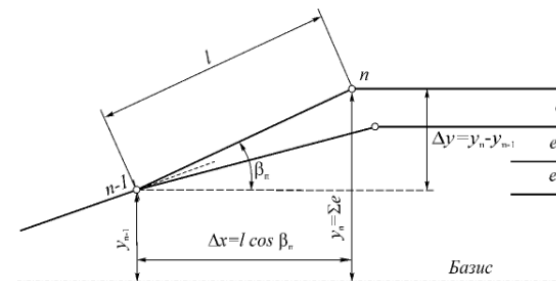


Рис. 4.11. Схема к расчету вершины угла поворота крайнего пути сортировочного парка

Тогда:

$$l = \frac{\Delta y}{\sin \beta_n} = \frac{y_n - y_{n-1}}{\sin \beta_n} \quad (4.9)$$

и, следовательно:

$$\Delta x = l \cos \beta_n; \quad x_n = x_{n-1} + \Delta x. \quad (4.10)$$

После определения величины l необходимо проверить соблюдение условия:

$$l \geq b + T, \quad (4.11)$$

⁴ Берутся из ведомости координат.

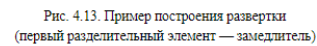
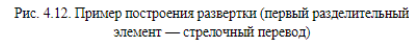
85

где b — расстояние от центра стрелочного перевода до корня крестовины, $b = 10,56$ м; $T = R \cdot \tan \frac{\beta_n}{2}$ — тангенс кривой, радиус которой R должен быть не менее 150 м.

Если условие (4.11) при $R = 150$ м не выполняется, необходимо изменить план, уменьшив предыдущий угол поворота.

4.5. Составление разверток трудного по условиям скатывания пути и смежного с ним

Примеры построения разверток представлены на рис. 4.12 и 4.13.


$$\varphi = \frac{180 \cdot K}{R \cdot \pi} = \frac{180 \cdot 15}{200 \cdot 3,14159} = 4^{\circ}17'50''$$

Рассмотрим построение развертки трудного пути N11. Расстояние от ЦП14 до начала ПТП составит: $32,09 + 25,00 = 57,09$ м. Длина кривой до замедлителя составит: $57,09 - 10,56 = 46,53$ м. Расстояние от конца ПТП до РГ должно быть 50 м. Определяем длину участка кривой, начиная от конца ПТП:

$81,02 - 46,53 - (3,60 + 2,65 + 3,60 + 2,65 + 3,60) = 18,39$. Длина прямого участка от конца кривой до РТ составит: $50 - 18,39 = 31,61$ м.

Развертку смежного с трудным путем следует строить, начиная с последней раздельной стрелки, ведущей на эти два пути.

87

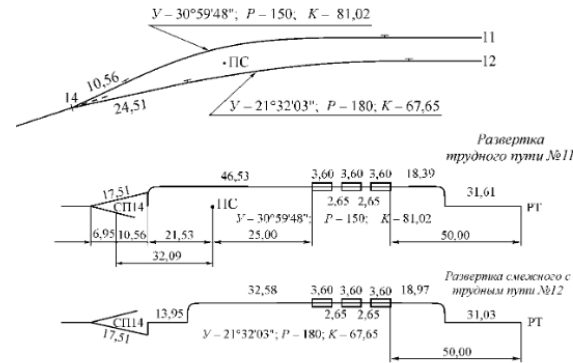


Рис. 4.14. Определение положения предельного столбика и ПТП

При выборе трудного пути можно поступать следующим образом:

- если пучок является полным (т.е. в пучке 8 путей), то в качестве трудного пути следует принимать крайний путь;
- если пучок является неполным (менее 8 путей), то трудным может являться и предпоследний путь в пучке.

При использовании типовых планов горочных горловин и несовпадении количества путей в СП «лишние» пути следует убирать от крайнего пучка с одной стороны, и расчет горки производить для крайнего пути с противоположной стороны СП. Убирая «лишние» пути, следует оставлять не менее 4 путей в пучке.

Допустим, согласно расчетам количество путей в СП должно составлять 37. Берем типовой план на 48 путей (6 пучков по 8 путей). Необходимо убрать крайний пучок (8 путей) и от крайнего пучка с противоположной стороны удалить 3 пути (при этом в пучке останется 5 путей). Удаляя стрелочный перевод, на его месте следует уложить кривую с углом поворота $\frac{\alpha_{\text{пк}}}{2} = 4^\circ 43' 52,5''$. Это не вызовет при необходимости укладки дополнительных путей переустройства горочной горловины СП.

88

Предположим, что количество путей в СП составляет 30. Принимаем типовую горочную горловину на 32 пути, от крайнего пучка «отбрасываем» 2 пути. Расчет горки будем производить по пути № 11 (рис. 4.15).

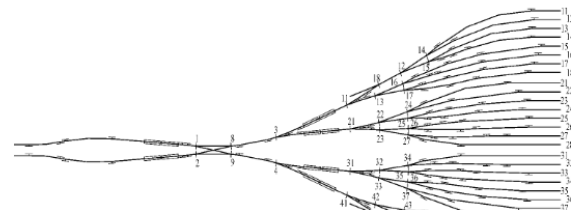




Рис. 4.15. План горочной горловины

В этом случае укладка 2-х дополнительных путей (в 4-м пучке) не приведет к необходимости подъема горба горки. Если бы уменьшение количества сортировочных путей производилось за счет удаления крайних путей 1-го и 4-го пучка, при развитии сортировочного парка с укладкой дополнительных путей потребовалось бы изменение высоты и профиля сортировочной горки.

Развертка трудного пути представлена на рис. 4.16.

На развертке следует указать координаты начала и конца всех ее элементов.

Разбиваем трудный путь на 4 участка:

- от УВГ до начала 1ТП;
- от начала 1ТП до начала 2ТП;
- от начала 2ТП до начала ППП;
- от начала ППП до РТ.

Для каждого участка определяем его длину, сумму углов поворотов (с учетом стрелочных углов) и количества стрелок.

Пример:

- 1 участок:

$$l_1 = 15,00 + 30,00 + 0,50 = 45,50 \text{ м}; \Sigma\alpha_1 = 4^\circ 17' 50''; n_1 = 0;$$

89

- 2 участок:

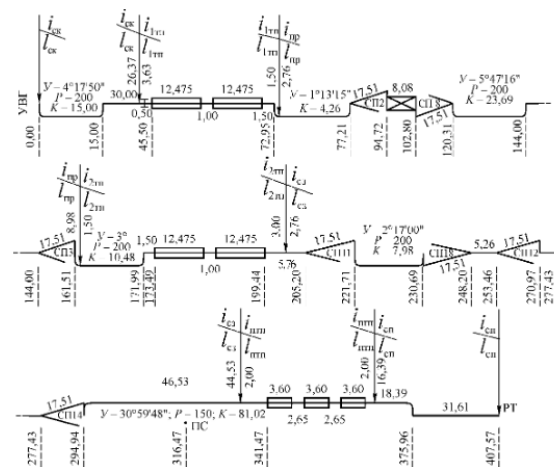
$$l_2 = 2 \cdot 12,475 + 1,00 + 0,50 + 1,00 + 4,26 + 3 \cdot 17,51 + 8,08 + 23,69 + 10,48 + 1,00 + 0,50 = 127,99 \text{ м};$$

$$\Sigma\alpha_2 = 1^\circ 13' 15'' + 3 \cdot 4^\circ 43' 52,5'' + 6^\circ 47' 16'' + 3^\circ 00' 00'' = 25^\circ 12' 08,5'';$$

$$n_2 = 4 \text{ (с учетом глухого пересечения);}$$

- 3 участок:

$$l_3 = 2 \cdot 12,475 + 1,00 + 0,50 + 2 \cdot 5,26 + 4 \cdot 17,51 + 7,98 + 6,46 + 46,53 = 167,98 \text{ м}.$$



Перед определением $\Sigma\alpha_3$ необходимо установить угол поворота участка кривой, начинающегося за крестовиной стрелки 14 и заканчивающегося у начала замедлителей ПТП. Длина этой кривой составляет 46,53 м, радиус — 150 м. Таким образом:

$$\varphi_1 = \frac{180 \cdot k}{R \cdot \pi} = \frac{180 \cdot 46,53}{150 \cdot 3,14159} = 17^\circ 46' 23'';$$

$$\Sigma\alpha_3 = 4 \cdot 4^\circ 43' 52,5'' + 2^\circ 17' 00'' + 17^\circ 46' 23'' = 38^\circ 58' 53'';$$

$$n_3 = 4;$$

– 4 участок:

$$L_4 = 3 \cdot 3,60 + 2 \cdot 2,65 + 18,39 + 31,61 \text{ м};$$

$$\Sigma\alpha_4 = 30^\circ 59' 48'' - 17^\circ 46' 23'';$$

$$n_4 = 0.$$

Контрольные вопросы

1. Каким условиям должен удовлетворять план путевого развития горочной горловины?
2. Какова должна быть длина путей надвига при новом строительстве и при реконструкции?
3. Как должны располагаться пути надвига и горочные вытяжные пути в плане?
4. Укажите марку крестовин стрелочных переводов, рекомендуемых для укладки горочных горловин.
5. Какие принципы используются при конструировании плана путевого развития горочных горловин?
6. Почему в горочных горловинах преимущественно используются пучкообразные стрелочные ушицы?
7. По какому принципу пути в горочной горловине объединяют в пучки?
8. Укажите минимальное и максимальное возможное количество путей в одном пучке.

9. Для каких целей в пределах горочной горловины предусматриваются прямые участки путей непосредственно за первой разделительной стрелкой и перед первой стрелкой пучка?

10. Для каких точек плана в обязательном порядке производится координирование?
11. Укажите минимальное значение междупутий смежных путей в одном пучке и при сближении путей смежных пусков, допустимые при проектировании горочных горловин.
12. Какие требования предъявляются к взаимному расположению смежных стрелочных переводов, стрелочных переводов и кривых?
13. Для чего устраиваются дополнительные кривые в горочных горловинах?
14. Перечислите требования, предъявляемые к проектированию закрестовинных кривых.
15. Укажите минимальные радиусы кривых в плане.
16. Какую цель преследует принцип минимальной длины горочной горловины?

17. Каким образом конструкция плана горочной горловины влияет на высоту и профиль сортировочной горки?
18. Опишите принципы составления разверток трудного и смежного с ним пути.
19. Как учитывается сопротивление от кривых при расположении закрепленной кривой последней разделительной стрелки в пределах третьего и четвертого расчетных участков?
20. Где на развертке назначаются точки перелома профиля?
21. Какова минимальная ширина междупутья при расположении замедлителей РНЗ-2 в кривых?
22. На каком расстоянии за концом парковой тормозной позиции назначается расчетная точка? В чем ее смысл?
23. Укажите расстояние изолирующего стыка перед разделительной стрелкой. В чем смысл устройства предстрелочного участка?

Литература

1. Временные нормы проектирования системы MSR32 на сортировочных горках ОАО «РЖД» (Утв. ОАО «РЖД» от 20.07.2012). — Москва : ОАО «РЖД», 2012. — 37 с.

2. СП 237.1326000.2015. Свод правил. Инфраструктура железнодорожного транспорта. Общие требования (утв. и введен в действие Приказом Минтранса России от 06.07.2015 № 208) // Текст : электронный // Справочная правовая система «Консультант Плюс» Информационный банк «Строительство»: [сайт]. — URL: www.consultant.ru/ (дата обращения: 25.02.2020).
3. СП 225.1326000.2014. Свод правил. Станционные здания, сооружения и устройства (утв. Приказом Минтранса России от 02.12.2014 № 331) // Текст : электронный // Справочная правовая система «Консультант Плюс» Информационный банк «Строительство»: [сайт]. — URL: www.consultant.ru/ (дата обращения: 25.02.2020).
4. Железнодорожные станции и узлы : учебник для вузов железнодорожного транспорта / В. И. Апатцев, Ю. И. Ефименко [и др.]. — Москва : ФГБОУ «УМЦ ЖДТ», 2014. — 855 с.
5. Пособие по применению Правил и норм проектирования сортировочных устройств / Ю. А. Муха, Л. Б. Тишков, В. П. Шейкин [и др.]. — Москва : «Транспорт», 1994. — 220 с.
6. Родимов, Б. А. Проектирование механизированных и автоматизированных сортировочных горок / Б. А. Родимов, В. Е. Павлов, В. Д. Прокнинова. — Москва : «Транспорт», 1980. — 78 с.
7. Федотов, Н. И. Проектирование сортировочных горок / Н. И. Федотов. — Новосибирск : НИИЖТ, 1981. — 87 с.
8. Павлов, В. Е. Проектирование сортировочных горок / В. Е. Павлов, М. М. Уздин, Ю. И. Ефименко. — Ленинград : ЛИИЖТ, 1987. — 97 с.
9. Архангельский, Е. В. Расчет и проектирование сортировочных горок повышенной, большой и средней мощности : методические указания / Е. В. Архангельский, Л. Б. Тишков. — Москва : МИИТ, 1994. — 68 с.

ГЛАВА 5. РАСЧЕТ ВЫСОТЫ И ПРОФИЛЯ СОРТИРОВОЧНОЙ ГОРКИ

5.1. Определение расчетной высоты горки

Высотой горки называют разность отметок головок рельсов путей на вершине горки и в расчетной точке. Высота горки должна обеспечивать добегание расчетного бегуна при неблагоприятных условиях (зимой и при встречном ветре) по наиболее трудному пути до расчетной точки. При такой высоте горки основная масса бегунов будет проходить в гущь сортировочного парка, освобождая стрелки горочной горловины для прохода отцепов на другие пути.

За расчетный бегун принимают 4-осный крытый вагон на роликовых подшипниках весом 25 тс.

Расчетная высота горки ГБМ, ГПМ и ГСМ определяется по формуле:

$$H_p = 1,75 \left(\sum_i h_{w_{0i}} + \sum_i h_{w_{свi}} + \sum_i h_{w_{сшi}} \right) + h_{w_{сш}} - h_0, \quad (5.1)$$

где 1,75 — мера отклонения расчетного значения суммы $\left(\sum_i h_{w_{0i}} + \sum_i h_{w_{свi}} + \sum_i h_{w_{сшi}} \right)$ от ее среднего значения; $\sum_i h_{w_{0i}}$; $\sum_i h_{w_{свi}}$; $\sum_i h_{w_{сшi}}$ — суммарные значения потерь энергии при преодолении сопротивлений движению (основного, среды и ветра, стрелок и кривых), метры энергетической высоты (м.э.в.); $h_{w_{сш}}$ — потеря удельной энергии при преодолении сопротивления от снега и инея, м.э.в.; h_0 — удельная энергия, соответствующая скорости роспуска v_0 , м.э.в.

Для ГММ расчетная высота горки определяется по формуле:

$$H_p = 1,5 \left(\sum_i h_{w_{0i}} + \sum_i h_{w_{свi}} + \sum_i h_{w_{сшi}} \right) - h_0, \quad (5.2)$$

Расчет элементов выражения (5.1) и (5.2) выполняют по формулам:

$$\sum h_{w_{0i}} = \sum w_0 \cdot l_i \cdot 10^{-3},$$

94

$$\sum h_{w_{свi}} = \sum w_{свi} \cdot l_i \cdot 10^{-3}, \quad (5.3)$$

$$\sum h_{w_{сш}} = \sum (0,56 \cdot n_i + 0,23 \cdot \sum \alpha_i) \cdot v_i^2 \cdot 10^{-3},$$

$$i = 1 + k,$$

где k — число расчетных участков, устанавливается по плану горочной горловины; l_i — длина i -го расчетного участка, м; w_0 — основное удельное сопротивление движению расчетного бегуна, кгс/тс. Принимается по табл. 3.3. Для крытого 4-осного вагона массой 25 тс $w_0 = 1,75$ кгс/тс; n_i , $\sum \alpha_i$ — соответственно число стрелочных переводов и сумма углов поворота в градусах в пределах данного расчетного участка; v_i — средняя скорость движения расчетного бегуна на соответствующем расчетном участке (принимается по табл. 3.6), м/с; $w_{свi}$ — удельное сопротивление движению расчетного бегуна от воздушной среды и ветра на i -ом расчетном участке, кгс/тс; $w_{сш}$ — удельное сопротивление движению расчетного бегуна от снега и инея, кгс/тс (принимается по табл. 3.8 в зависимости от температуры наружного воздуха t);

$l_{\text{сн}}$ — длина зоны действия сопротивления от снега и инея, м. Длина зоны действия снега и инея устанавливается по развернутому плану расчетного маршрута от конца 2ТП до РТ.

Пример расчета

Исходные данные.

Роза ветров расчетного месяца неблагоприятных условий

N п/п	Наименование румба	Средняя ско- рость ветра, м/с	Повторя- емость	№ п/п	Наименование румба	Средняя ско- рость ветра, м/с	Повторя- емость
1	Север	5,00	0,09	5	Юг	5,30	0,17
2	Северо-восток	4,60	0,14	6	Юго-запад	4,50	0,06
3	Восток	3,20	0,16	7	Запад	5,30	0,12
4	Юго-восток	4,20	0,16	8	Северо-запад	4,80	0,10

95

Азимут направления роспуска 50 градусов.

Расчетная температура для зимних условий $t = -21^{\circ}\text{C}$.

На рис. 5.1 приведены роза ветров и направление роспуска.

На схему наносят средние скорости ветра по каждому румбу. От северного направления по часовой стрелке откладывают азимут направления роспуска и наносят его на схему, проводят перпендикулярно ему линию, тем самым отделяют встречные направления ветра от попутных. Встречными являются следующие направления (см. рис. 5.1): С, СВ, В, ЮВ. Затем определяют углы β_i , которые составляют i -й румб с заданным направлением роспуска.

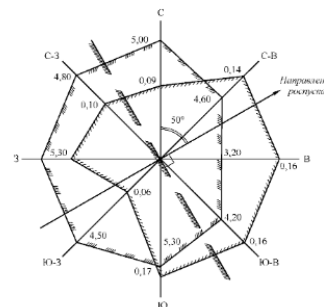


Рис. 5.1. Роза ветров

Углы β_i для этих румбов составляют:

$$C - \beta = 50^{\circ}; \text{СВ} - \beta = 5^{\circ}; \text{В} - \beta = 40^{\circ}; \text{ЮВ} - \beta = 85^{\circ}.$$

Румбы, участвующие в расчете $w_{\text{сн}i}$: С, СВ, В, ЮВ.

Расчет $w_{\text{сн}}$ приведен для северного румба для 1-го расчетного участка горки:

$$v_1 = 4,2 \text{ м/с}; v_2 = 5,0 \text{ м/с}; q = 25 \text{ тс}; t = -21^{\circ}\text{C}; \beta = 50^{\circ};$$

$$v_{\text{сн}}^2 = 4,2^2 + 5,0^2 + 2 \cdot 4,2 \cdot 5,0 \cdot \cos 50^{\circ} = 69,64 \text{ м}^2/\text{с}^2;$$

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{v_x \cdot \sin\beta}{v_{от}}\right) = \arcsin\left(\frac{5,0 \cdot \sin 50^\circ}{\sqrt{69,64}}\right) = 27^\circ 19' 17''.$$

По табл. 3.5 определяем коэффициенты воздушного сопротивления C_x .
При угле $\alpha_1 = 20^\circ - C_{x1} = 1,64$, а при угле $\alpha_2 = 30^\circ - C_{x2} = 1,58$. Для угла $\alpha = 27^\circ 19' 17''$ значение коэффициента C_x составит:

$$C_x = C_{x1} + \frac{C_{x2} - C_{x1}}{\alpha_2 - \alpha_1} (\alpha_2 - \alpha_1) = 1,64 + \frac{1,58 - 1,64}{30^\circ - 20^\circ} \cdot (27^\circ 19' 17'' - 20^\circ) = 1,60.$$

Площадь поперечного сечения вагона определяем по табл. 3.5: $S = 9,7 \text{ м}^2$,
тогда приведенный коэффициент воздушного сопротивления составит:

$$C = \frac{17,8 \cdot 1,60 \cdot 9,7}{(273 - 21)25} = 0,0439;$$

$$w_{ва.г} = 0,0439 \cdot 69,64 = 3,06 \text{ кгс/тс}.$$

Для остальных румбов расчет производим аналогично, результаты вычислений заносим в таблицу следующей формы (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Расчет удельных сопротивлений от среды и ветра

Расчетные участки		Участок 1: $v_1 = 4,2 \text{ м/с}$			Участок 2: $v_2 = 5,5 \text{ м/с}$			Участок 3: $v_3 = 5,0 \text{ м/с}$			Участок 4: $v_4 = 2,0 \text{ м/с}$		
Румб	$\beta,^\circ$	Скорость ветра w , Плотность ρ , %	$\alpha,^\circ$	C_x	$w_{ва.гс/тс}$	$\alpha,^\circ$	C_x	$w_{ва.гс/тс}$	$\alpha,^\circ$	C_x	$w_{ва.гс/тс}$	$\alpha,^\circ$	C_x
Расчетный бегун — крытый 4-осный вагон весом 25 тс													
С	50	0,1	69,64	27,30	1,60	3,06	90,60	23,70	1,62	4,02	82,14	25,00	1,61
СВ	5	0,1	77,44	2,50	1,21	2,67	102,00	2,50	1,21	3,38	92,16	2,50	1,21

97

Расчетные участки		Участок 1: $v_1 = 4,2 \text{ м/с}$			Участок 2: $v_2 = 5,5 \text{ м/с}$			Участок 3: $v_3 = 5,0 \text{ м/с}$			Участок 4: $v_4 = 2,0 \text{ м/с}$		
Румб	$\beta,^\circ$	Скорость ветра w , Плотность ρ , %	$\alpha,^\circ$	C_x	$w_{ва.гс/тс}$	$\alpha,^\circ$	C_x	$w_{ва.гс/тс}$	$\alpha,^\circ$	C_x	$w_{ва.гс/тс}$	$\alpha,^\circ$	C_x
В	40	0,2	44,47	17,20	1,59	2,11	67,45	14,50	1,54	2,83	59,75	1,56	1,56
ЮВ	85	0,2	38,35	42,50	1,17	1,23	51,92	35,50	1,40	1,99	46,30	1,32	1,32
$\Sigma p_i = 0,55$		$\Sigma w_{ка1/p_i} = 1,184$ $w_{ка1} = 2,15 \text{ кгс/тс}$		$\Sigma w_{ка2/p_i} = 1,609$ $w_{ка2} = 2,93 \text{ кгс/тс}$		$\Sigma w_{ка3/p_i} = 1,429$ $w_{ка3} = 2,60 \text{ кгс/тс}$		$\Sigma w_{ка4/p_i} = 0,548$ $w_{ка4} = 1,00 \text{ кгс/тс}$					

Расчеты удельных работ сил сопротивления движению приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Определение величин удельных работ сил сопротивления движению расчетного бегуна

№ участка	Длина участка, м	Крытый 4-х осный вагон, $q = 25$ тс, $w_0 = 1,75$ кгс/тс, $v_0 = 1,7$ м/с, $t = -21^\circ\text{C}$							
		w_0 , кгс/тс	h_{w_0} , м.э.в.	$w_{св}$, кгс/тс	$h_{w_{св}}$, м.э.в.	v_0 , м/с	n_l	$\Sigma \alpha_{l_0}$	$h_{w_{сн}}$, м.э.в.
1	45,50	1,75	0,080	2,15	0,098	4,2	—	4,30	0,017
2	127,99	1,75	0,224	2,93	0,375	5,5	4	25,20	0,243
3	167,98	1,75	0,294	2,60	0,437	5,0	4	38,98	0,280
4	66,10	1,75	0,116	1,00	0,066	2,0	—	13,22	0,012
$\Sigma l_i = 407,57$		$\Sigma h_{w_{снi}} = 0,714$		$\Sigma h_{w_{свi}} = 0,976$		$\Sigma h_{w_{свi}} = 0,552$			

Определяем зону действия инея и снега:

$$l_{сн} = l_3 + l_4 - l_{2тп} = 167,98 + 66,10 - (12,475 + 1,0 + 12,475) = 208,13 \text{ м.}$$

Удельное сопротивление движению расчетного бегуна от снега и инея принимается согласно табл. 3.8:

– при $t = -20^\circ\text{C}$ $w_{сн} = 0,30$ кгс/тс ;

98

– при $t = -30^\circ\text{C}$ $w_{сн} = 0,50$ кгс/тс.

– при $t = -21^\circ\text{C}$ удельное сопротивление движению расчетного бегуна от снега и инея составит:

$$w_{сн} = 0,30 + \frac{0,50 - 0,30}{-30 - (-20)} \cdot (-21 - (-20)) = 0,32 \text{ кгс/тс.}$$

Удельная работа сил сопротивления движению от снега и инея:

$$h_{сн} = 0,32 \cdot 208,13 \cdot 10^{-3} = 0,067 \text{ м.э.в.}$$

Скорость роспуска в зависимости от типа сортировочного устройства определяем по табл. 3.7. Для ГБМ v_0 равна 1,7 м/с.

Ускорение свободного падения с учетом инерции вращающихся масс для расчетного бегуна:

$$g' = \frac{9,81}{1 + \frac{0,42 \cdot 4}{25}} = 9,19 \text{ м/с}^2.$$

Удельная энергия, соответствующая установленной скорости роспуска:

$$h_0 = \frac{1,7^2}{2 \cdot 9,19} = 0,157 \text{ м.э.в.}$$

Расчетная высота горки составит:

$$H_p = 1,75 \cdot (0,714 + 0,976 + 0,552) + 0,067 - 0,157 = 3,834 \text{ м.э.в.}$$

5.2. Проектирование продольного профиля спускной части сортировочной горки. Требования к профилю спускной части горки

Скоростной элемент спускной части горки проектируется наиболее крутым (до 50 %) для получения потребных интервалов на вершине горки при свободном скатывании отцепов. Длина прямого участка между тангенсами вертикальных сопрягающих кривых должна быть не менее 20 м.

99

Что касается нижнего ограничения крутизны скоростного участка, то желательно, чтобы она была не менее 40 ‰ на ГБМ и ГПМ, 30–40 ‰ на ГСМ

и 25–30 % на ГММ. Разница крутизны скоростного элемента и следующего за ним допускается не более 25 % (рис. 5.2)

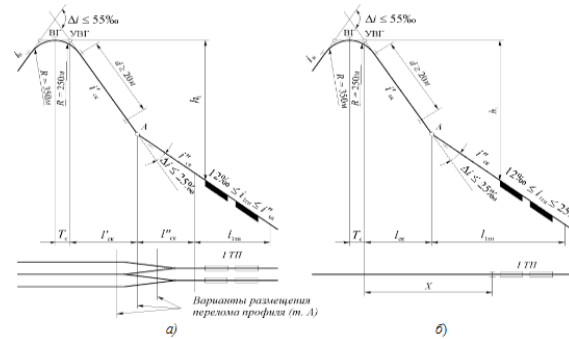


Рис. 5.2. Схема для расчета высоты и продольного профиля головного участка:
а — размещение 1ТП за первым разделительным стрелочным переходом;
б — размещение 1ТП до первого разделительного стрелочного перехода

Радиусы вертикальных кривых при сопряжении элементов продольного профиля на спускной части горки должны быть не менее 250 м.

1ТП горок повышенной, большой и средней мощности необходимо размещать на спуске крутизной не менее 12 ‰, а на ГММ (с одной тормозной позицией на спускной части) — более 7 ‰.

2ТП необходимо проектировать на спуске крутизной, обеспечивающей в неблагоприятных условиях трогание с места расчетных плохих бегунов, но не менее 7‰, а в холодных температурных зонах — не менее 10 ‰.

По условиям минимизации мощности парковой тормозной позиции стрелочная зона должна располагаться на неускоряющем уклоне. Крутизна участка стрелочной зоны должна проектироваться в пределах от 1 до 1,5 ‰, в крайних пучках — до 2 ‰ для горок с числом путей до 30 и до 2,5 ‰ для горок с числом путей более 30 и в холодных температурных зонах.

100

Парковая тормозная позиция при оборудовании ее замедлителями и расположении в кривой проектируется на уклоне до 2 ‰, на прямой — до 1,5 ‰.

Сортировочные пути также должны располагаться на неускоряющем уклоне. Их следует проектировать на равномерном спуске крутизной 0,6 ‰.

Комплексное проектирование высоты и продольного профиля спускной части горки

Высота сортировочной горки в пределах расчетной длины может быть определена, как сумма трех профильных высот расчетных участков:

- головного участка — между УВГ и началом 1ТП;
- среднего участка — между началом 1ТП и началом пучковой ТП;
- нижнего участка — между началом пучковой ТП и РТ.

Расчетная схема продольного профиля горки представлена на рис. 5.3.

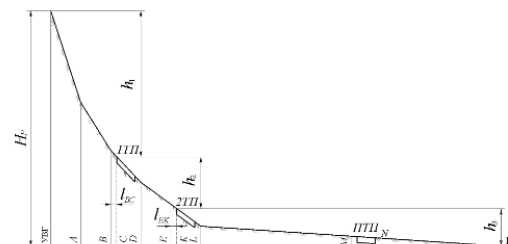




Рис. 5.3. Расчетная схема продольного профиля горки

Для ГММ с одной ТП на спускной части высота горки определяется суммой профильных высот двух участков:

- головного;
- нижнего.

Профильная высота головного участка горки повышенной, большой и средней мощности определяется с учетом наиболее полного использования допустимой скорости входа расчетного очень хорошего бегуна (ОХ) на замедлители 1 ТП при благоприятных условиях скатывания:

101

$$h_1^{\max} = \frac{v_{\text{вх}}^2 - v_0^2}{2 \cdot g'_{\text{вх}}} + h_{w01} + h_{w\text{скл}}, \quad (5.4)$$

где v_0 — наибольшая начальная скорость скатывания ОХ при благоприятных условиях скатывания (принимается 2,5 м/с); $v_{\text{вх}}$ — допустимая скорость входа в замедлитель (табл. 4.2); $g'_{\text{вх}}$ — ускорение свободного падения с учетом инерции вращающихся масс бегуна ОХ, м/с²; (ОХ — 4-осный полувагон, массой 85 тс); $h_{w01}, h_{w\text{скл}}$ — потери удельной энергии при преодолении основного удельного сопротивления движению и сопротивлению стрелок и кривых в пределах головного участка.

Профильная высота нижнего участка определяется, как сумма профильных высот образующих ее элементов.

Профильная высота среднего участка определяется из соотношения:

$$h_2 = H_p - h_1^{\max} - h_3, \quad (5.5)$$

где h_2 — профильная высота среднего участка спускной части горки; $h_1^{\max}$ — профильная высота головного участка; h_3 — профильная высота нижнего участка.

С целью определения длин элементов профиля необходимо наметить точки перелома профиля.

На вертикальной кривой, сопрягающей смежные элементы профиля, нельзя располагать замедлители, остряки и крестовины стрелочных переводов. Поэтому расстояние от точек перелома профиля до замедлителей, остряков и крестовин должно быть не менее длины тангенса вертикальной кривой. Переломы профиля можно делать в любом месте горизонтальной кривой, а также внутри стрелочного перевода между остряками и крестовиной. Для этого точка перелома профиля отодвигается на 2+3 метра от центра стрелочного перевода в сторону крестовины.

Последовательность проектирования продольного профиля спускной части горки зависит от того, что является первым разделительным элементом (стрелочный перевод или замедлитель).

Рассмотрим случай, когда первым разделительным элементом является замедлитель. Спускная часть горки проектируется из следующих элементов: скоростного $i_{\text{ск}}$, первой тормозной позиции $i_{1\text{тп}}$, промежуточного $i_{\text{тп}}$, второй тормозной позиции $i_{2\text{тп}}$, стрелочной зоны $i_{\text{сз}}$, парковой тормозной позиции $i_{\text{птп}}$,

102

путей сортировочного парка $i_{\text{сп}}$. Величины уклонов $i_{\text{ск}}$, $i_{\text{птп}}$, $i_{\text{сз}}$, $i_{2\text{тп}}$, $i_{\text{тп}}$ принимаются согласно п. 5.2.1, а величины уклонов $i_{1\text{тп}}$ и $i_{\text{ск}}$ рассчитываются следующим образом.

Определяем суммарную профильную высоту уклонов скоростного и 1 ТП из соотношения:

$$h_{\text{ск}} + h_{1\text{тп}} = H_p - [i_{\text{ск}} \cdot l_{\text{ск}} + i_{1\text{тп}} \cdot l_{1\text{тп}} + i_{\text{сз}} \cdot l_{\text{сз}} + i_{2\text{тп}} \cdot (l_{2\text{тп}} + l_{\text{тп}})] \cdot 10^{-3}, \quad (5.6)$$

где $h_{\text{ск}}$, $h_{1\text{тп}}$ — соответственно профильные высоты скоростного элемента и первой тормозной позиции; $l_{\text{ск}}$, $l_{1\text{тп}}$, $l_{\text{сз}}$, $l_{2\text{тп}}$, $l_{\text{тп}}$ — соответственно длины уклонов сортировочного парка, парковой тормозной позиции, стрелочной зоны, второй тормозной позиции и промежуточного.

Крутизну уклонов скоростного и 1ТП рассчитывают, решая систему уравнений:

$$\begin{cases} i_{\text{ск}} \cdot l_{\text{ск}} + i_{1\text{тп}} \cdot l_{1\text{тп}} = (h_{\text{ск}} + h_{1\text{тп}}) \cdot 10^3, \\ i_{\text{ск}} - i_{1\text{тп}} \leq 25\text{‰} \end{cases}, \quad (5.7)$$

где $l_{\text{ск}}$, $l_{1\text{тп}}$ — соответственно длины скоростного уклона и уклона 1ТП.

Если $i_{\text{ск}} > 50\text{‰}$ и $i_{1\text{тп}} > 25\text{‰}$, то следует принять $i_{\text{ск}} = 50\text{‰}$, а $i_{1\text{тп}} = 25\text{‰}$ и откорректировать величину промежуточного элемента по формуле:

$$i_{\text{тп}} = \frac{H_p \cdot 10^3 - \sum_j i_j \cdot l_j}{l_{\text{тп}}}. \quad (5.8)$$

Вышеизложенное проиллюстрируем примером расчета.

Для развертки на рис. 4.16 запроектируем продольный профиль горки. Точки перелома профиля принимаем в 2+3 м от замедлителей, острых и крестовин стрелок. Положение точек перелома профиля показано на том же рисунке. Определяем длины элементов профиля:

– скоростного:

$$l_{\text{ск}} = 45,50 - 4,13 = 41,37 \text{ м};$$

– первой тормозной позиции:

$$103$$

$$l_{1\text{тп}} = 4,13 + 2 \cdot 12,475 + 1,00 + 3,00 = 33,08 \text{ м};$$

– межпозиционного (промежуточного):

$$l_{\text{тп}} = 0,50 + 1,00 + 4,26 + 17,51 + 8,08 + 17,51 + 23,69 + 17,51 + 10,48 + 1,00 + 0,50 - 2 \cdot 30 = 96,04 \text{ м};$$

– второй тормозной позиции:

$$l_{2\text{тп}} = 3,00 + 2 \cdot 12,475 + 1,00 + 3,00 = 31,95 \text{ м};$$

– стрелочной зоны:

$$l_{\text{сз}} = 0,50 + 5,26 + 17,51 + 7,98 + 17,51 + 5,26 + 17,51 + 6,46 + 17,51 + 46,53 - 3,00 - 2,00 = 137,03 \text{ м};$$

– парковой тормозной позиции:

$$l_{\text{птп}} = 2,00 + (3,60 + 2,65) \cdot 2 + 3,60 + 2,00 = 20,10 \text{ м};$$

– сортировочных путей:

$$l_{\text{ск}} = 50,00 - 2,00 = 48,00 \text{ м}.$$

Задаемся величиной следующих уклонов:

$$i_{\text{ск}} = 0,6\text{‰}; i_{1\text{тп}} = 2\text{‰}; i_{\text{сз}} = 2,5\text{‰}; i_{2\text{тп}} = 7\text{‰}; i_{\text{тп}} = 7\text{‰}.$$

После этого по формулам (3.6)–(3.7) определяем величины $i_{\text{ск}}$ и $i_{1\text{тп}}$:

$$h_{\text{ск}} + h_{1\text{тп}} = 3,831 - [0,6 \cdot 48,00 + 2 \cdot 20,10 + 2,5 \cdot 137,03 + 7 \cdot (31,95 + 96,04)] \cdot 10^{-3} = 2,523 \text{ м.эп.в.}$$

Записываем систему уравнений:

$$\begin{cases} i_{\text{ск}} \cdot 41,37 + i_{1\text{тп}} \cdot 33,08 = 2,523 \cdot 10^3 \\ i_{\text{ск}} - i_{1\text{тп}} \leq 25\% \end{cases}$$

104

Откуда:

$$i_{1\text{тп}} = \frac{2,523 \cdot 10^{-3} - 41,37 \cdot 25}{41,37 + 33,08} = 19,99 \%,$$

принимая $i_{1\text{тп}} = 20 \%$, тогда величина скоростного уклона составит:

$$i_{\text{ск}} = i_{1\text{тп}} + 25 \% = 20 + 25 = 45 \%.$$

Если первым разделительным элементом спускной части горки является стрелочный перевод, то порядок проектирования продольного профиля выглядит следующим образом.

Согласно п. 5.2.1 принимаются величины уклонов $i_{\text{сн}}$, $i_{\text{птт}}$, $i_{\text{сз}}$, $i_{2\text{тп}}$, $i_{\text{сп}}$. Далее рассчитывают профильную высоту нижнего участка по формуле:

$$h_3 = [i_{\text{сн}} \cdot l_{\text{сн}} + i_{\text{птт}} \cdot l_{\text{птт}} + i_{\text{сз}} \cdot l_{\text{сз}} + i_{2\text{тп}} \cdot (l_{2\text{тп}} - l_{\text{ЕК}})] \cdot 10^{-3}, \quad (5.9)$$

где $l_{\text{ЕК}}$ — расстояние от точки перелома профиля между промежуточным уклоном и уклоном 2ТП до начала балок замедлителя второй позиции (см. рис. 5.3).

Определяем максимальную профильную высоту головного участка по формуле (5.4). Затем по формуле (5.5) рассчитываем высоту среднего участка.

После чего устанавливаем крутизну уклона 1ТП по формуле:

$$i_{1\text{тп}} = \frac{h_2 \cdot 10^3 - (i_{2\text{тп}} \cdot l_{2\text{тп}} + i_{\text{сп}} \cdot l_{\text{сп}})}{l_{1\text{тп}} - l_{\text{ЗС}}}, \quad (5.10)$$

где $l_{\text{ЗС}}$ — расстояние от точки перелома профиля между скоростным уклоном и уклоном 1ТП до начала балок замедлителя первой тормозной позиции (см. рис. 5.3).

В случае если величина этого уклона получится менее 12%, то следует принять $i_{1\text{тп}} = 12\%$ и откорректировать высоту головного участка по формуле:

$$h_1 = H_p - [i_{\text{сн}} \cdot l_{\text{сн}} + i_{\text{птт}} \cdot l_{\text{птт}} + i_{\text{сз}} \cdot l_{\text{сз}} + i_{2\text{тп}} \cdot l_{2\text{тп}} + i_{\text{сп}} \cdot l_{\text{сп}} + i_{1\text{тп}} (l_{1\text{тп}} - l_{\text{ЗС}})] \cdot 10^{-3}. \quad (5.11)$$

После этого переходят к расчету величин первого и второго скоростных уклонов:

$$\begin{cases} i'_{\alpha} \cdot l'_{\alpha} + i''_{\alpha} \cdot l''_{\alpha} + i_{1\text{тп}} \cdot l_{\text{ЗС}} = h_1 \cdot 10^3 \\ i'_{\alpha} - i''_{\alpha} \leq 25\% \end{cases}, \quad (5.12)$$

где $l'_{\alpha}, l''_{\alpha}$ — длины соответственно первого и второго скоростных уклонов;

$i'_{\alpha}, i''_{\alpha}$ — величины первого и второго скоростных уклонов.

В случае если i'_{α} получится более 50‰, то следует принять $i'_{\text{ск}} = 50\text{‰}$ и откорректировать величину i''_{α} по формуле:

$$i''_{\text{ск}} = \frac{l_3 \cdot 10^3 - (i'_{\text{ск}} \cdot l'_{\text{ск}} + i_{\text{тп}} \cdot l_{\text{БС}})}{l'_{\text{ск}}} \quad (5.13)$$

Если величина $i''_{\text{ск}}$, рассчитанная по формулам (5.12), получится меньше $i_{\text{тп}}$, то принимают $i''_{\text{ск}} = i_{\text{тп}}$. После этого пересчитывают $i'_{\text{ск}}$:

$$i'_{\text{ск}} = \frac{l_3 \cdot 10^3 - (i''_{\text{ск}} \cdot l'_{\text{ск}} + i_{\text{тп}} \cdot l_{\text{БС}})}{l'_{\text{ск}}} \quad (5.14)$$

Пример расчета продольного профиля сортировочной горки большой мощности.

Развертка трудного пути представлена на рис. 5.4.

Дополнительные данные для расчета:

– расчетная высота горки:

$$H_p = 3,605 \text{ м.э.в.};$$

– длины расчетных участков:

$$l_1 = 69,07 \text{ м}; l_2 = 77,54 \text{ м}; l_3 = 148,46 \text{ м}; l_4 = 66,10 \text{ м}.$$

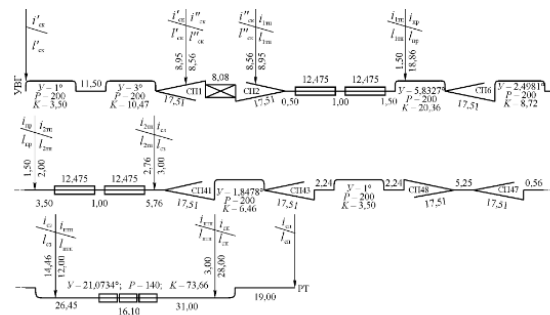


Рис. 5.4. Развертка трудного пути

Рассчитываем длины элементов профиля:

– 1-й скоростной уклон:

$$l'_{\text{ск}} = 3,50 + 11,50 + 10,47 + 8,95 = 34,42 \text{ м};$$

– 2-й скоростной уклон:

$$l''_{\text{ск}} = 8,56 + 8,08 + 8,56 = 25,20 \text{ м};$$

– уклон первой ТП:

$$l_{\text{тп}} = 8,95 + 0,50 + 12,475 + 1,00 + 12,475 + 3,00 = 38,40 \text{ м};$$

– межпозиционный (промежуточный) уклон:

$$l_{\text{п}} = 18,86 + 17,51 + 8,72 + 1,50 = 46,59 \text{ м};$$

– уклон второй ТП:

$$l_{2\text{тп}} = 2,00 + 12,475 + 1,00 + 12,475 + 2,76 = 30,71 \text{ м};$$

107

– уклон стрелочной зоны:

$$l_{\text{сз}} = 3,00 + 17,51 + 6,46 + 17,51 + 2,24 + 3,49 + 2,24 + 17,51 + \\ + 5,26 + 17,51 + 0,56 + 14,46 = 107,75 \text{ м};$$

– уклон ПТП:

$$l_{\text{птп}} = 12,00 + 16,10 + 3,00 = 31,10 \text{ м};$$

– уклон путей сортировочного парка:

$$l_{\text{сп}} = 28,00 + 19,00 = 47,00 \text{ м}.$$

Далее определяем профильную высоту головного участка.

Принимаем:

$$v_{\text{кз}} = 7 \text{ м/с}; v_0 = 2,5 \text{ м/с};$$

$$g' = \frac{9,81}{1 + \frac{0,42 \cdot 4}{85}} = 9,62 \text{ м/с}^2;$$

$$h_{\text{кз}} = w_0^{\text{кз}} \cdot l_1 \cdot 10^{-3} = 0,5 \cdot 69,07 \cdot 10^{-3} = 0,035 \text{ м.э.в.}$$

Работа сил сопротивления движению от стрелок и кривых по головному участку:

$$h_{\text{квд}} = (0,56 \cdot n_1 + 0,23 \cdot \sum \alpha_1) \cdot \left(\frac{v_{\text{кз}} + v_0}{2} \right)^2 \cdot 10^{-3}; \quad (5.15)$$

$$h_{\text{квд}} = (0,56 \cdot 3 + 0,23 \cdot 13,46) \cdot \left(\frac{7 + 2,5}{2} \right)^2 \cdot 10^{-3} = 0,108 \text{ м.э.в.}$$

$$h_1^{\text{мкз}} = \frac{7^2 - 2,5^2}{2 \cdot 9,62} + 0,035 + 0,108 = 2,365 \text{ м.э.в.}$$

108

Затем вычисляем профильные высоты нижнего и среднего участков.

Принимаем:

$$i_{\text{сп}} = 0,6 \text{ ‰}; i_{\text{птп}} = i_{\text{сз}} = 2 \text{ ‰}; i_{2\text{тп}} = i_{\text{п}} = 7 \text{ ‰}.$$

Расстояние от точки перелома профиля между промежуточным уклоном и уклоном 2ТП до начала балок замедлителя 2ТП согласно развертке (рис. 5.4) составит $l_{\text{ЕК}} = 2,00 \text{ м}$, тогда профильная высота нижнего участка:

$$h_3 = [0,6 \cdot 47,00 + 2 \cdot 31,10 + 2 \cdot 107,75 + 7 \cdot (30,71 - 2,00)] \cdot 10^{-3} = 0,507 \text{ м.э.в.}$$

Высоту среднего участка определяем по формуле (5.5):

$$h_2 = 3,605 - 2,365 - 0,507 = 0,733 \text{ м.э.в.}$$

Расстояние от точки перелома профиля между i''_{α} и $i_{\text{ит}}$ до балок замедлителя определяем по развертке (рис. 3.4):

$$l_{BC} = 8,95 + 0,50 = 9,45 \text{ м.}$$

Уклон 1ТП составит:

$$i_{\text{ит}} = \frac{0,733 \cdot 10^3 - (7 \cdot 2,00 + 7 \cdot 46,59)}{38,40 - 9,45} = 13,6 \text{ ‰.}$$

Далее вычисляем величины уклонов 1-го и 2-го скоростных элементов, решая следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} i'_{\alpha} \cdot 34,42 + i''_{\alpha} \cdot 25,20 + 13,6 \cdot 9,45 = 2,365 \cdot 10^3 \\ i'_{\alpha} - i''_{\alpha} \leq 25 \text{ ‰} \end{cases} \quad (5.16)$$

Выполнив преобразования, получим:

$$i''_{\alpha} = \frac{2,365 \cdot 10^3 - 13,6 \cdot 9,45 - 25 \cdot 34,42}{34,42 + 25,20} = 23,1 \text{ ‰};$$

109

$$i'_{\alpha} = 23,1 + 25 = 48,1 \text{ ‰.}$$

Так как $i'_{\alpha} < 50 \text{ ‰}$ и $i''_{\alpha} > i_{\text{ит}}$ ($23,1 > 13,6$), то величины этих уклонов не нуждаются в корректировке.

Далее вычисляем величины уклонов 1-го и 2-го скоростных элементов, решая следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} i'_{\alpha} \cdot 34,42 + i''_{\alpha} \cdot 25,20 + 13,6 \cdot 9,45 = 2,365 \cdot 10^3 \\ i'_{\alpha} - i''_{\alpha} \leq 25 \text{ ‰} \end{cases} \quad (5.17)$$

Выполнив преобразования, получим:

$$i''_{\alpha} = \frac{2,365 \cdot 10^3 - 13,6 \cdot 9,45 - 25 \cdot 34,42}{34,42 + 25,20} = 23,1 \text{ ‰};$$

$$i'_{\alpha} = 23,1 + 25 = 48,1 \text{ ‰.}$$

Так как $i'_{\alpha} < 50 \text{ ‰}$ и $i''_{\alpha} > i_{\text{ит}}$ ($23,1 > 13,6$), то величины этих уклонов не нуждаются в корректировке.

5.3. Расчет профиля подвижной части горки.

Перевальная часть горки

К профилю подвижной части горки предъявляются следующие требования:

- обеспечение трогания с места состава в любом его положении;
- создание необходимого нажатия сцепных приборов для расцепки вагонов;
- обеспечение условий для эффективного применения переменной скорости роспуска составов.

Для выполнения первого требования величину среднего уклона подвижной части $i_{\text{ср}}$ следует определять при наиболее невыгодном положении полного и самого короткого состава длиной L_c , когда первый вагон находится на вершине горки (рис. 5.5).

Для выполнения второго требования перед горбом горки должен предусматриваться подъем, как правило, не менее 8 ‰ на протяжении не менее 50 м (см. рис. 5.6. вариант I).

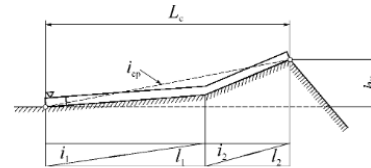


Рис. 5.5. Профиль надвигной части горки

Для реализации третьего условия при благоприятных местных условиях указанный подъем рекомендуется принимать 12–16 ‰ на протяжении 100–50 м, а предшествующий ему участок длиной 350 м располагать на площадке (см. рис. 5.6 вариант II).

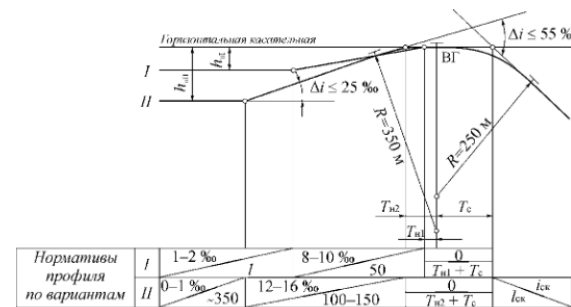


Рис. 5.6. Варианты профиля перевальной части горки без профильного разделительного элемента

По условию обеспечения трогания с места полновесного состава горочным локомотивом:

$$\frac{F_{\text{стр}}}{P+Q} \geq i_{\text{cp}} + w_{\text{стр}} + w_{\text{тр}}, \quad (5.18)$$

111

здесь $F_{\text{стр}}$ — сила тяги горочного локомотива при трогании состава с места, кгс/тс; Q — расчетный вес состава, тс; P — вес горочного локомотива, тс; i_{cp} — средний уклон на длине состава, остановившегося перед вершиной горки, ‰; $w_{\text{стр}}$ — дополнительное сопротивление от стрелок и кривых в пределах длины состава; $w_{\text{тр}}$ — удельное сопротивление при трогании состава с места, кгс/тс.

Средний уклон определяется по формуле:

$$i_{\text{cp}} = \frac{\sum i_j \cdot l_j}{L_c}, \quad (5.19)$$

где $\sum i_j \cdot l_j$ — разность уровней вершины горки и места расположения маневрового локомотива на расстоянии длины состава (L_c) от вершины горки, м.

Дополнительное сопротивление от стрелок и кривых определяем по формуле:

$$w_{\text{exp}} = \frac{(0,23 \sum \alpha + 0,56n) v_n^2}{L_c}, \quad (5.20)$$

где $\sum \alpha$ — сумма углов поворота в градусах, включая переводные кривые, в пределах длины состава L_c ; n — количество стрелочных переводов в пределах длины состава.

Удельное сопротивление при трогании состава с места рассчитывается по формуле:

$$w_{\text{тр}} = \frac{28}{q_0 + 7}, \quad (5.21)$$

где q_0 — средняя нагрузка оси на рельсы, тс.

Оптимальным по величине энергетических расходов значением уклона путей предгорочного парка является спуск в сторону горки в размере 1 ‰.

При последовательном расположении парков приема и сортировки принимаемые величины уклонов надвижной части в пределах предгорочного парка не должны превышать 1,5 ‰, а в трудных условиях — 2,5 ‰ на спуске и 2 ‰ — на подъеме.

Если в результате расчетов неравенство (5.18) не соблюдается, необходимо перепроектировать профиль надвижной части, уменьшить длину (но не менее 50 м) или крутизну (но не менее 8 ‰) противоуклона перед горбом горки, что естественно меняет уровень расположения парка приема или сортировочного.

Радиусы вертикальных кривых при сопряжении элементов профиля на горбе горки должны быть 350–400 м в сторону надвижной части и 250–300 м в сторону спускной части, считая относительно вершины горки; при сопряжении остальных элементов на надвижной части — не менее 350 м, спускной части горки — не менее 250 м. Сопрягающие кривые должны размещаться вне пределов вагонных замедлителей, остряков и крестовин стрелочных переводов.

Тангенсы вертикальных кривых рассчитываются по формуле:

$$T_i = \frac{\Delta i \cdot R_k}{2000}, \quad (5.22)$$

где Δi — алгебраическая разность сопрягаемых уклонов; R_k — радиус вертикальной кривой.

Суммарная крутизна сопрягаемых на горбе горки уклонов надвижной и спускной частей не должна превышать 55 ‰, в противном случае возможен самопроизвольный расцеп вагонов.

Если при указанных нормативах это условие не соблюдается, следует предусматривать на надвижной части непосредственно перед вершиной горки профильный разделительный элемент, располагаемый на подъеме крутизной не менее 5 ‰, (рис. 5.7). Длина профильного разделительного элемента (между тангенсами смежных вертикальных кривых) должна быть не менее 10 м (колесная база вагона). Примыкающий к разделительному элементу участок надвижной части проектируется по условию обеспечения потребной профильной высоты h_n длиной не менее 20 м. При этом суммарная крутизна уклонов этого участка и скоростного элемента не должна превышать 70 ‰.

На горках малой мощности при соблюдении указанных требований подъем перед сопрягающей кривой горба можно проектировать, как один участок крутизной до 25 ‰.

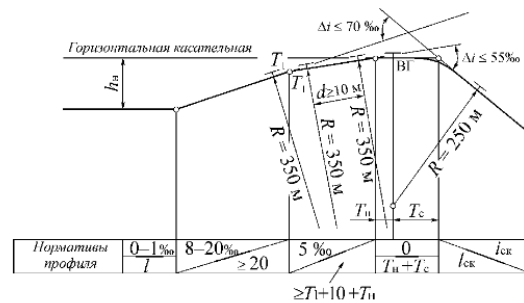


Рис. 5.7. Профиль перевальной части горки с профильным разделительным элементом

Контрольные вопросы

1. Как определяется расчетная высота сортировочной горки?
2. Какие требования предъявляются к профилю спускной части горки?
3. Чем обусловлена величина уклона второй тормозной позиции?
4. Какова должна быть величина стрелочной зоны?
5. Какие требования предъявляются к величине уклона сортировочного парка?
6. Как варьируется крутизна уклонов стрелочной зоны в зависимости от числа путей в сортировочном парке и климатических условий?
7. Какова допустимая крутизна скоростного уклона и какие требования должны быть выдержаны при сопряжении его со смежными элементами?
8. Может ли конструктивная высота сортировочной горки быть меньше расчетной?
9. Какие эксплуатационные недостатки возникнут в случае, если конструктивная высота горки будет превышать расчетную?
10. Какова допустимая крутизна уклона парковой тормозной позиции в зависимости от расположения замедлителей на прямых участках пути или в кривых?
11. Какими факторами определяется максимальная величина уклонов тормозных позиций?

114

12. В чем заключается комплексность проектирования высоты и продольного профиля спускной части горки?
13. На какие расчетные профильные участки делится продольный профиль горки?
14. С учетом каких факторов определяется профильная высота головного участка горки повышенной, большой и средней мощности?
15. Укажите требования, предъявляемые к проектированию надвижной части горки.
16. Какова максимальная алгебраическая разность уклонов надвижной и спускной частей горки?
17. Каковы должны быть радиусы вертикальных кривых на перевальной и спускной частях горки?
18. Укажите максимальную разность вертикальных кривых первого и второго скоростных уклонов? Какими факторами она определяется?
19. Перечислите возможные места расположения вертикальных кривых в пределах спускной части горки.
20. Можно ли располагать точку перелома и вертикальную кривую в пределах стрелочных переводов?
21. Каково должно быть минимальное расстояние от точки перелома профиля до тормозных балок замедлителей, остриев и крестовин стрелочных

Литература

1. Временные нормы проектирования системы MSR32 на сортировочных горках ОАО «РЖД» (Утв. ОАО «РЖД» от 20.07.2012). — Москва : ОАО «РЖД», 2012. — 37 с.
2. СП 237.1326000.2015. Свод правил. Инфраструктура железнодорожного транспорта. Общие требования (утв. и введен в действие Приказом Минтранса России от 06.07.2015 № 208) // Текст : электронный // Справочная правовая система «Консультант Плюс» Информационный банк «Строительство»: [сайт]. — URL: www.consultant.ru/ (дата обращения: 25.02.2020).
3. СП 225.1326000.2014. Свод правил. Станционные здания, сооружения и устройства (утв. Приказом Минтранса России от 02.12.2014 № 331) // Текст : электронный // Справочная правовая система «Консультант Плюс» Информационный банк «Строительство»: [сайт]. — URL: www.consultant.ru/ (дата обращения: 25.02.2020).

4. Железнодорожные станции и узлы : учебник для вузов железнодорожного транспорта / В. И. Апатцев, Ю. И. Ефименко [и др.]. — Москва : ФГБОУ «УМЦ ЖДТ», 2014. — 855 с.
5. Пособие по применению Правил и норм проектирования сортировочных устройств / Ю. А. Муха, Л. Б. Тишков, В. П. Шейкин [и др.]. — Москва : «Транспорт», 1994. — 220 с.
6. Родимов, Б. А. Проектирование механизированных и автоматизированных сортировочных горок / Б. А. Родимов, В. Е. Павлов, В. Д. Прокинова. — Москва : «Транспорт», 1980. — 78 с.
7. Федотов, Н. И. Проектирование сортировочных горок / Н. И. Федотов. — Новосибирск : НИИЖТ, 1981. — 87 с.
8. Павлов, В. Е. Проектирование сортировочных горок / В. Е. Павлов, М. М. Уздин, Ю. И. Ефименко. — Ленинград : ЛИИЖТ, 1987. — 97 с.
9. Архангельский, Е. В. Расчет и проектирование сортировочных горок повышенной, большой и средней мощности : методические указания / Е. В. Архангельский, Л. Б. Тишков. — Москва : МИИТ, 1994. — 68 с.

ГЛАВА 6. ПРИНЦИПЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВАГОНОВ НА СПУСКНОЙ

ГЛАВА 6. ПРИНЦИПЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВАГОНОВ НА СПУСКНОЙ ЧАСТИ ГОРКИ И ПОДГОРОЧНЫХ ПУТЯХ

6.1. Расчет и построение кривых потерь энергетических высот

Кривые потерь энергетических высот при свободном скатывании

Для проверки работоспособности запроектированной горки выполняется графическое моделирование процесса роспуска составов с горки. Расчеты по проверке профиля горки, размещению и установлению мощности тормозных средств должны определять возможность обеспечения расчетной скорости роспуска при скатывании бегунов в неблагоприятном их сочетании (табл. 3.7). Очень плохой (ОП) бегун скатывается на трудный путь, а очень хороший (ОХ) — на смежный с трудным путь. В качестве ОП принимается 4-осный полувагон весом 22 тс, $w_0 = 4,5$ кгс/тс (табл. 3.4). В качестве ОХ — 4-осный полувагон весом 85 тс $w_0 = 0,5$ кгс/тс. Проверки разделения отцепов на замедлителях и стрелочных переводах производятся для неблагоприятных условий скатывания (зима, встречный ветер).

При проверке наличия достаточных интервалов между скатывающимися отцепами и выполнении других технологических расчетов в качестве расчетной скорости ветра принимается для неблагоприятных условий — ее средневзвешенное значение в рубме наибольшего значения удельной работы сил сопротивления воздушной среды и ветра в расчетном месяце.

Удельные работы сил сопротивления (h_{w_0} , $h_{w_{\text{в}}}$, $h_{w_{\text{св}}}$) определяются с использованием соотношений (3.16)–(3.27). Данные расчетов сводим в табл. 6.1 и 6.2

Сумма углов поворота по третьему участку $\sum \alpha_3$ для смежного с трудным пути равна: (см. развертку рис. 4.14):

$$\begin{aligned} \sum \alpha_3 &= \frac{\alpha_{1-3}}{2} + 2^\circ 17' 00'' + 3 \frac{\alpha_{1-3}}{2} + 10^\circ 22' 15'' = \\ &= 4 \cdot 9^\circ 27' 45'' / 2 + 2^\circ 17' 00'' + 10^\circ 22' 15'' = 31,5792^\circ. \end{aligned}$$

117

Таблица 6.1

Расчет данных для построения кривых энергетических высот для ОП

N участков	Длина расчетных участков, м	ОП, полувагон, $q = 22$ тс, $w_0^{\text{оп}} = 4,5$ кгс/тс, $S = 8,5$ м ² , расчетный рубм — северный $\beta = 50^\circ$, $t = -21$ °С										
		$v_{\text{в}}$, м/с	α , °	C_x	w , м/с	v^2 от	$w_{\text{св}}$, кгс/тс	$h_{w_{\text{св}}}$, м.э.в.	h_{w_0} , м.э.в.	$h_{w_{\text{св}}}$, м.э.в.	$h_{w_0}^{\text{оп}}$, м.э.в.	$\sum h_{w_0}^{\text{оп}}$, м.э.в.
1	45,50	5,0	27,32	1,78	4,2	69,6	3,38	0,154	0,205	0,017	0,376	0,376
2	127,90	5,0	23,72	1,80	5,5	90,6	4,45	0,570	0,576	0,243	1,389	1,765
3	167,90	5,0	25,00	1,80	5,0	82,1	4,03	0,678	0,756	0,280	1,714	3,479
4	66,10	5,0	35,12	1,59	2,0	44,3	1,92	0,127	0,297	0,012	0,436	3,915

Таблица 6.2

Расчет данных для построения кривых энергетических высот для ОХ

№ участков	Длина расчетных участков, м	ОХ, полувагон, $q = 85 \text{ тс}$, $w_0^{\text{ок}} = 0,5 \text{ кгс/тс}$, $S = 8,5 \text{ м}^2$, расчетный рубль — северный $\beta = 50^\circ$, $t = -21^\circ \text{C}$												
		v_0 , м/с	α , °	C_α	v_0 , м/с	v^2 , м ² /с ²	$w_{\text{ск}}$, кгс/тс	$h_{\text{вск}}$, м.э.в.	$h_{\text{вд}}$, м.э.в.	n , стр.	$\frac{v^2}{w^2}$, °	$h_{\text{вск}}$, м.э.в.	$h_{\text{вд}}$, м.э.в.	$\sum h_{\text{вд}}^{\text{ок}}$, м.э.в.
1	45,50	5,0	27,32	1,78	4,2	69,6	0,88	0,040	0,023	—	4,2972	0,017	0,080	0,080
2	127,90	5,0	23,72	1,80	5,5	90,6	1,15	0,147	0,064	4	25,2024	0,243	0,454	0,534
3	167,90	5,0	25,00	1,80	5,0	82,1	1,04	0,175	0,084	4	31,5792	0,280	0,497	1,031
4	66,10	5,0	35,12	1,59	2,0	44,3	0,50	0,033	0,033	—	11,1633	0,012	0,076	1,107

Расстояние от начала закрестовинной кривой до начала ППП (см. рис. 4.14) равно 32,58 м, угол поворота, соответствующий данной длине кривой, при радиусе кривой $R = 180 \text{ м}$ равен $10^\circ 22' 15''$.

118

Сумма углов поворотов по четвертому участку составит:

$$\sum \alpha_4 = 21^\circ 32' 03'' - 10^\circ 22' 15'' = 11,1633^\circ.$$

Кривые $h_0^{\text{ок}}(S)$ и $h_0^{\text{ок}}(S)$ строятся в масштабах:

- горизонтальном 1:1000;
- вертикальном 1:20.

На 15...20 мм ниже плана головы сортировочного парка в полном соответствии с масштабным планом вычерчиваются развертки трудного и смежного с трудным путей от УВГ до РТ. На развернутом плане показывают начало и конец стрелочных переводов и кривых с указанием длин отрезков и полной характеристики кривых. Расстояние между планами путей 15...20 мм.

На 60...70 мм ниже плана смежного с трудным путем проводится горизонтальная линия MN (см. рис. 6.1). От этой линии вниз откладывается энергетическая высота, соответствующая максимальной расчетной скорости роспуска при скатывании ОХБ — 4-осн. п/в весом 100 тс:

$$h_0^{\text{max}} = \frac{2,5^2}{2 \cdot 9,65} = 0,324 \text{ м.э.в.}$$

Получим точку A — условную вершину горки. От этой точки вверх откладываем энергетическую высоту, соответствующую заданной скорости роспуска:

$$h_0 = \frac{1,7^2}{2 \cdot 9,11} = 0,159 \text{ м.э.в.}$$

Через полученную точку проводим линию MN .

На расстоянии H_z ниже точки A проводится третья параллельная линия KL , соответствующая уровню РТ на рассматриваемом пути. На линию KL из точек, соответствующих границам расчетных участков, опускаются перпендикуляры. Вниз от линии MN , начиная с точки M , откладываются в масштабе нарастающим итогом по перпендикулярам энергетические высоты $h_0^{\text{ок}}(S)$ и $h_0^{\text{ок}}(S)$, израсходованные на преодоление сопротивлений основного, от стрелок и кривых, среды и ветра в пределах каждого участка от УВГ до РТ (см. табл. 6.1, 6.2). Полученные точки соединяются прямыми, образующими

119

ломаную линию, характеризующую удельную работу сил сопротивления движению отцепов (потери энергетических высот) основного, от стрелок и кривых, среды и ветра (см. рис. 6.1).

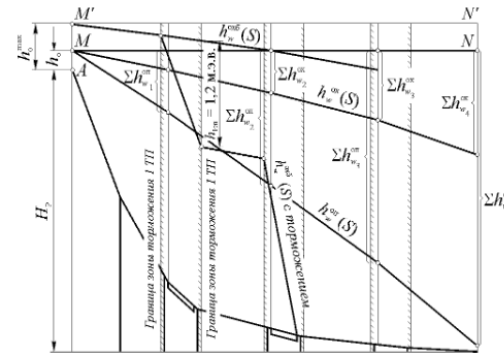


Рис 6.1. Построение кривых потерь энергетических высот расчетных бегунов при свободном скатывании

Построение кривых потерь энергетических высот при частичном торможении

Анализ кривой $h_{w,ox}^{ox}(S)$ показывает, что остаточная энергетическая высота в расчетной точке для ОХ, скатывающегося при неблагоприятных условиях без торможения, велика и не обеспечивает безопасности роспуска. Очень хороший бегун должен подтормаживаться для подвода к РТ с остаточной энергетической высотой не более:

$$h_{\kappa}^{RT} = \frac{v_{\kappa}^2}{2 \cdot g'_{\kappa}}, \quad (6.1)$$

где v_{κ} — допустимая скорость соударения вагонов (скорость входа отцепа в расчетную точку), равная 1,4 м/с.

120

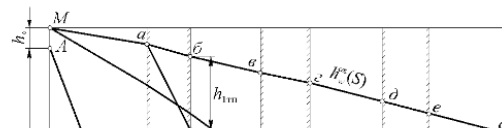
Ускорение свободного падения с учетом инерции вращающихся масс для хорошего бегуна составит:

$$g'_{\kappa} = \frac{9,81}{1 + 0,42 \cdot \frac{4}{85}} = 9,62 \text{ м/с}^2.$$

Тогда $h_{\kappa}^{RT} = \frac{1,4^2}{2 \cdot 9,62} = 0,102 \text{ м.э.в.}$

Для построения кривой энергетических высот с частичным торможением $h_{w,ox}^{ox}(S)$ необходимо определить границы зоны торможения. Для этого от начала и конца ТП откладываем величину, равную половине длины колесной базы ОХ (для 4-осн. п/в база составляет 10,50 м).

Общая энергетическая высота, погашаемая на тормозных позициях, определяется параллельным переносом кривой $h_{w,ox}^{ox}(S)$ таким образом, чтобы она проходила через точку c' (см. рис. 6.2) на участке ec . Полученная точка характеризует уровень энергетической высоты ОХ, выпускаемого из ПТП, а линия ee'' — суммарную высоту, погашаемую на трех тормозных позициях.



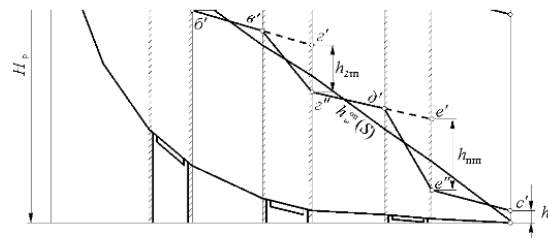


Рис. 6.2. Построение кривой потерь энергетических высот ОХ при частичном торможении

121

Условия разделения ОП и ОХ выполняются наилучшим образом при равенстве средних скоростей бегунов от УВГ до разделительного элемента. При равенстве $v_{ср}^{ог}$ и $v_{ср}^{ог}$ интервал на разделительном элементе будет примерно равен интервалу на вершине горки, что достаточно для гарантированного разделения отцепов. Ввиду значительных различий в ходовых свойствах ОП и ОХ и возможности торможения только на ограниченных участках, обеспечить равенство их скоростей во всех точках невозможно. Поэтому более высокие скорости ОХ (по сравнению с ОП) перед ТП должны компенсироваться более низкими скоростями после торможения.

Построение кривой $h_{от}^{ог}(S)$ с частичным торможением выполняется следующим образом: через середину отрезка кривой $h_{от}^{ог}(S)$ между границами зон торможения 2ТП и ПТП проводим линию, параллельную кривой $h_{от}^{ог}(S)$. Получаем точки e'' и d' на границах зон торможения. От точки d' строим отрезок $d'e'$, параллельный de . Величина отрезка $e'e''$ соответствует погашаемой энергетической высоте на ПТП — h_{mm} . Величина h_{mm} не должна превышать суммарной мощности ПТП. При оборудовании ПТП замедлителями РНЗ-2 эта величина составит 1,05 м.э.в.

Аналогично через середину отрезка кривой $h_{от}^{ог}(S)$ между границами зон торможения 1ТП и 2ТП проводим линию, параллельную кривой $h_{от}^{ог}(S)$. Получаем точки b' и a' . Строим отрезок $a'e'$, параллельный ae . Отрезки bb' и $a'e''$ — погашаемые энергетические высоты соответственно на 1ТП и 2ТП. Эти величины не должны превышать расчетных, приведенных в табл. 4.2.

Соединяя точки $M-a-b'-e'-e''-d'-e'-c'$, получаем линию, являющуюся кривой потерь энергетических высот с частичным торможением — $h_{от}^{ог}(S)$.

6.2. Принципы автоматизации и особенности конструкций устройств для регулирования скорости движения отцепов на отечественных и зарубежных железных дорогах

Характеристика средств механизации сортировочного процесса

Тормозные позиции спускной части сортировочных горок (1 и 2 ТП) оборудуют балочными вагонными замедлителями следующих типов: нажимными (ВЗПГ и КНП) и весовыми (КВ-3). На некоторых горках эти замедлители установлены в виде исключения также на 3 ТП. Наибольшее распространение получили замедлители КВ, КНП-5. У нажимных замедлителей сила торможения зависит от степени давления сжатого воздуха в цилиндрах устанавливаемой

122

аппаратуры управления; у весовых сила нажатия шин на колеса устанавливается автоматически силовой системой самого замедлителя в зависимости от веса тормозного вагона.

Клешевидно-нажимной подъемный замедлитель КНП-5 (рис. 6.3) имеет две функционально независимые системы:

1) торможения, конструкция которой обладает повышенным усилием нажатия за счет применения тормозных цилиндров увеличенного сечения. Замедлители работают по принципу клещей, образованных одноплечими 2 и двухплечими 8 рычагами, насаженными на общую ось 5. Концы рычагов соединены с корпусом и поршнем пневматических тормозных цилиндров 1. При заполнении цилиндров сжатым воздухом клещи сжимаются, шины 4 давят с двух сторон на обод колеса и происходит торможение вагона. Замедлитель реализует четыре ступени торможения;

2) подъема (опускания) тормозной системы, состоящей из горизонтально расположенных цилиндров 7 и горизонтальных шиберов 6 (металлических реек со скошенными верхними поверхностями). При заполнении горизонтальных цилиндров сжатым воздухом шиберы перемещаются перпендикулярно оси пути и поднимают (опускают) своей наклонной частью тормозную систему. Замедлитель имеет следующие положения; исходное нижнее (отторможенное) и верхнее (тормозное и отторможенное).

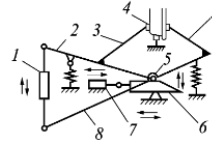


Рис. 6.3. Клещевидно-нажимной подъемный замедлитель КНП-5:

1 — пневматические тормозные цилиндры; 2 — одноплечий рычаг; 3 — балки; 4 — шины; 5 — ось; 6 — шибер; 7 — пневматический цилиндр подъема; 8 — двухплечий рычаг

Подъем замедлителя производится, как правило, только один раз перед началом роспуска составов. После окончания роспуска или для пропуска маневрового локомотива замедлитель опускается в отторможенное (нижнее) положение. Переводить замедлитель в тормозное положение можно только после окончания подъема балок.

123

Клещевидно-нажимной пневмогидравлический замедлитель ВЗПГ (рис. 6.4) состоит из соединенных силовыми шарнирами 5 рычагов 4,6 с укрепленными на них тормозными балками 2,3. Усилия нажатия создаются с помощью тормозных (горизонтально расположенных) гидравлических цилиндров 1. Давление жидкости, подаваемое к цилиндрам, регулируется в пневмогидравлическом цилиндре с помощью типовой управляющей аппаратуры, применяемой во всех пневматических замедлителях. С помощью этих цилиндров осуществляется установка замедлителя в подготовленное к торможению положение, торможение вагонов, опускание в отторможенное положение. На горках эксплуатируются две модификации ВЗПГ (5- и 3-звенные).

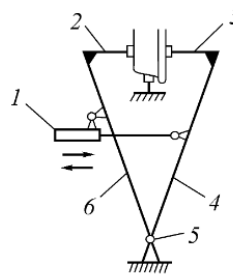


Рис. 6.4. Клещевидно-нажимной пневмогидравлический замедлитель ВЗПГ

Клещевидно-весовой замедлитель КВ-3 (рис. 6.5) имеет цельносварную раму 6, на которой размещена силовая система с неподвижной внутренней бал-

кой 5 и поворотной балкой 3 с подпорной шиной 4. Подъем и опускание рамы производятся пневматическими цилиндрами 1, корпус и поршень которых соединены с концами одноплечего 2 и двуплечего 7 рычагов. При наезде вагона на подпорную шину 4, поднятую на 24 мм над головкой рельса, эта шина опускается, тормозные балки сближаются и сжимают колеса с силой, в 2,4 раза превосходящей нагрузку от колесной пары на рельсы. На механизированных горках в эксплуатации находятся две модификации весовых замедлителей типа КВ: КВ-2 и КВ-3.

124

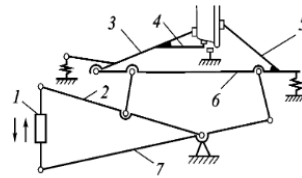


Рис. 6.5. Клешивидно-весовой замедлитель КВ-3

Пневматические замедлители КНП-5 и КВ-3 инерционные и оттормаживаются сравнительно медленно, примерно за 0,7–1,0 с. За такое время тормозимые вагоны в ряде случаев проходят по замедлителю значительное расстояние (5–7 м), что может приводить к ошибкам в реализации требуемой скорости выхода отцепов из тормозных позиций.

Тормозные позиции спускной части горок малой мощности и подгорочных путей всех горок оборудуют рычажно-нажимными замедлителями РНЗ-2 (рис. 6.6).

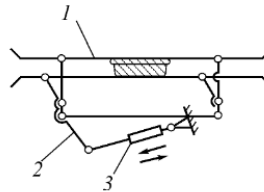


Рис. 6.6. Рычажно-нажимной замедлитель РНЗ-2

Замедлитель содержит тормозные балки 1, шарнирно соединенные с рычагами 2. Подъем и торможение осуществляются с помощью цилиндров 3.

Каждый замедлитель выполнен в виде нескольких совместно управляемых звеньев. Его можно устанавливать в прямых и кривых участках путей.

Для механизации парковых тормозных позиций на горках малой мощности применяют гидравлические замедлители ПГЗ-03.

125

Замедлитель имеет следующие основные узлы и системы (см. рис. 6.7, и 6.8):

- наружную 1 и внутреннюю 2 тормозные балки с шинами 3 и 4, размещенные вдоль одного ходового рельса 5 на основании 6, закрепленном на шпалах 7;
- нажимной механизм с возвышающимися над рельсом 8 педалями 9 и 10, связанными шарнирными рычагами с приводными гидроцилиндрами 11 и 12, подпружиненными пружинами 13 и 14 с регулирующими устройствами 15 и 16 для изменения возвышения педалей 9 и 10 над рельсом 8;
- ходовые рельсы 5, 8, закрепленные на шпалах 7 с помощью клеммно-болтовых соединений;

– гидравлическую систему, включающую в себя упомянутые приводные гидроцилиндры, силовой исполнительный гидроцилиндр, распределительное управляющее устройство, гидроаккумулятор, масляную емкость, обратные клапаны ОК, манометр и масляный фильтр, связанные между собой системой гибких и жестких трубопроводов.

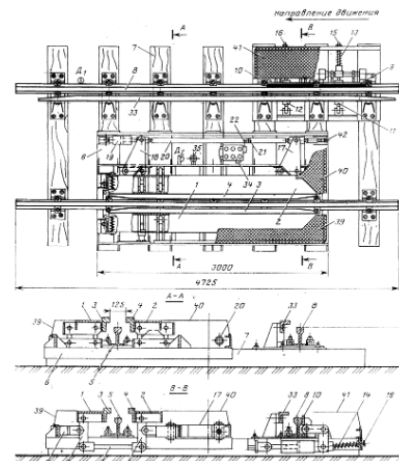


Рис. 6.7. Конструктивные особенности замедителя ПГЗ-03

126

Расшифровка в тексте — переводной механизм, содержащий пару закрепленных на основании 6 с возможностью поворота в горизонтальной плоскости треугольных рычагов 17 и 18, шарнирно связанных между собой, а также со штоком силового исполнительного гидроцилиндра 19 и устройством для регулировки раствора тормозных шин, при помощи тяги 20, оборудованной нажимной планкой 21, способной взаимодействовать с рукояткой 22 гидрораспределительного устройства 34. Треугольные рычаги 17 и 18 также шарнирно соединены с двуплечными поворотными рычагами 23 и 25, связанными шарнирными тягами 27 и 28 с двуплечными рычагами 24 и 26, имеющими шарнирные упоры 33 и 34 для взаимодействия с основанием 6. Рычаги 24 и 26, имеющие возможность поворота в горизонтальной плоскости вокруг своих средних шарниров, также попарно шарнирно соединены с тормозными балками 1 и 2, оборудованными шинами 3 и 4, которые в свою очередь шарнирно связаны на основании 6 поворотными рычагами 29, 30 и 31, 32.

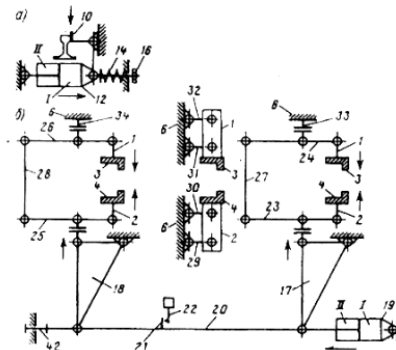


Рис. 6.8. Кинематическая схема замедителя ПГЗ-03

Расшифровка в тексте. Для удобства обслуживания и соблюдения правил техники безопасности замедлитель оснащен ограждениями 39, 40, 41 с откидными крышками, выполненными из листовой стали и размещенными над гидроаппаратурой и рычажными механизмами.

127

Тормозная система замедлителя может занимать следующие два положения:

- отторженное положение — «ОТ», при котором раствор тормозных шин больше ширины вагонного и локомотивного колеса. В этом положении через замедлитель может пропускаться без торможения весь габаритный подвижной состав вагонного и локомотивного парка как в прямом, так и в обратном направлении (с горки и на горку) с ограничением скорости движения до 40 км/ч;
- заторможенное положение — «Т» — в которое тормозная система переводится при въезде вагона на замедлитель автоматически. В этом положении расстояние между тормозными шинами становится меньше ширины вагонного колеса и по замедлителю могут пропускаться с торможением все габаритные грузовые и пассажирские вагоны. Пропуск через замедлитель локомотивов всех типов категорически запрещен.

Управление замедлителем может производиться дистанционно либо в автоматизированном режиме, либо в ручном режиме путем перевода тумблера управления в соответствующих положении («ОТ» или «Т»).

Замедлитель работает следующим образом. При подходе вагона к замедлителю его колесо сначала наезжает на нажимную планку 9 и утапливать ее до УТР. Поскольку планка 9 через систему рычагов связана с корпусом гидроцилиндра, последний перемещается относительно своего поршня со штоком, при этом масло из полости II (см. рис. 6.8) вытесняется в гидросистему и по трубопроводам поступает в гидроаккумулятор и распределительный механизм.

Если тумблер управления замедлителем находится в положении «ОТ» (отторженное положение), напряжение подается на соленоид, масло через клапаны и систему трубопроводов поступает в полость II силового исполнительного цилиндра 19, перемещая его поршень. При этом балки системы рычагов, связанных со штоком исполнительного цилиндра 19, переводятся в отторженное положение, а масло из полости I цилиндра 19 по системе трубопроводов через клапан и фильтр сбрасывается в масляную емкость. Вагон проходит по замедлителю без торможения, причем при взаимодействии колеса вагона с нажимными планками 9 и 10 они просто утапливаются до УТР.

Если при подъезде колеса вагона к замедлителю тумблер управления находится в положении «Т» (торможение), в управляющем распределительном механизме 34 питающее напряжение подается на катушку соленоида и управляющее давление P_y закрывает клапаны. В результате при наезде колеса вагона на нажимную планку 9 масло из полости II переводного цилиндра 11 вытесняется в гидроаккумулятор, а также в полость I гидроцилиндра 19, а из полости

128

II — сбрасывается в емкость 36 через клапан. При этом поршень и шток гидроцилиндра 19 через систему рычагов переводят тормозные балки из отторженного в заторможенное положение.

Двигаясь по рельсу, левое колесо вагона въезжает на заторможенный замедлитель. Одновременно другое его колесо (правое) взаимодействует с нажимной планкой 10. При этом в гидросистеме замедлителя возникает давление, пропорциональное нагрузке на колесо тормозимой колесной пары. Это давление преобразуется в усилие нажатия тормозных шин замедлителя, взаимодействующих с боковой поверхностью тормозимого колеса, и сохраняется до поступления на соленоид управляющего устройства 34 команды на отторжение. Эта команда может подаваться двумя способами: автоматически — кратковременным импульсом, когда последнее колесо тормозимой тележки ва-

гона выходит из створа тормозных шин замедлителя и взаимодействует с электромагнитным датчиком, и вручную, когда оператор переводит на пульте управления тумблер из положения «Т» в положение «ОТ».

По окончании роспуска оператор переводит тумблер управления замедлителем в положение «ОТ». При этом замедлитель оттормаживается и тормозные балки переводятся в отторможенное положение путем выпуска в гидросистему сжатого масла из аккумулятора.

Тормозящий эффект всех балочных замедлителей в значительной степени зависит от соблюдения основных регулировочных размеров. При нарушении этих размеров у нажимных замедлителей увеличивается расстояние между шинами и снижается сила торможения. Их несоблюдение у весовых замедлителей может привести к опусканию колеса тормозного вагона на рельс и нарушению весового режима торможения.

Кроме того, погрешности в работе замедлителей зависят от износа шин и колес вагонов, квалификации операторов или надежности и быстроты действия систем контроля скорости, инерционности замедлителей при оттормаживании и затормаживании, замасленности колес, выпадения дождя во время торможения, попадания на колеса угольной, цементной пыли и других факторов.

Существуют и другие конструкции замедлителей по способу создания тормозной силы: электродинамические (вихревые токи Фуко), винтовые (спиральные), точечные.

Шведский гидравлический винтовой замедлитель обладает свойствами самонастройки. При высоких скоростях прохода по нему вагонов сила торможения больше, чем при малых скоростях. Замедлитель имеет несколько звеньев. Каждое звено (рис. 6.9) состоит из горизонтального цилиндра со спираль-

129

ным выступом вдоль его поверхности, рамы и пневмопривода для установки замедлителя в рабочее положение. Два специальных маслонапорных устройства, находящихся внутри цилиндра, при его вращении под действием колеса на спиральный выступ перегоняют масло через систему клапанов. При этом часть кинетической энергии вагона преобразуется в тепловую и его скорость снижается.

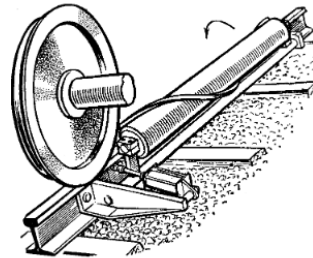


Рис. 6.9. Звено винтового гидравлического замедлителя

Замедлитель может устанавливаться в кривых участках пути, а рама крепится к рельсам любых типов.

Технические данные винтового замедлителя:

- возвышение над уровнем головки рельса в рабочем положении 125 мм;
- общая длина 1 600 мм;
- работа торможения при прохождении одного колеса 1 000 кгс·м;
- тормозная мощность 0,05 м энергетической высоты;
- максимальная допустимая скорость вагона при входе в замедлитель 5 м/с.

В настоящее время на сортировочных путях станций зарубежных железных дорог применяют оригинальную систему «Доути Хайдролик», в которой для регулирования скорости движения отцепов использованы гидравлические замедлители, ускорители-замедлители и остановки. Каждое из этих устройств представляет собой наполненный маслом цилиндр, внутрь которого помещен поршень с системой клапанов и регулировочных отверстий. Корпус цилиндра 1 прикрепляют внутри колеи так, чтобы головка 3 поршня 2 возвышалась над

Работает замедлитель-ускоритель следующим образом. При движении вагона гребень колеса в определенный момент накатывается на головку поршня, перемещая последний вниз, вследствие чего внутри цилиндра жидкость перетекает из одних полостей в другие. В зависимости от скорости опускания поршня (движения отцепа) давление жидкости на соответствующие клапаны и золотники различно, а гидравлическое сопротивление соответствует тому или иному режиму работы (замедление, ускорение, свободный пропуск вагонов).

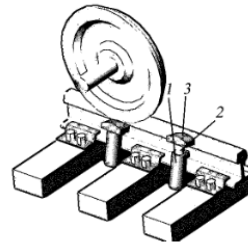
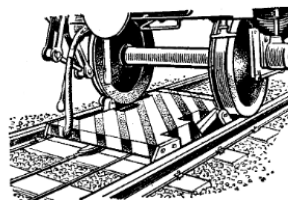


Рис. 6.10. Точечные замедлители

Погашаемая энергетическая высота одного замедлителя не превышает 0,1 м.э.в., поэтому в начале каждого подгорочного пути устанавливают цепочку гидравлических замедлителей, назначение которых снижать скорости всех отцепов с 6,0–6,5 до 1,6–2,0 м/сек, а затем на определенном расчетном расстоянии друг от друга (40 м) — секции гидравлических ускорителей. Последние повышают постепенно снижающиеся скорости движения плоских бегунов до допустимой и продвигают таким образом все отцепы в глубь сортировочного парка.

Вагоноосаживатель — устройство, предназначенное в основном для осаживания вагонов (отцепов) на подгорочных путях крупных сортировочных станций. Применяется также для перемещения групп вагонов на подъездных путях промышленных предприятий, грузовых районах (см. рис. 6.11). Наиболее распространены вагоноосаживатели с канатной тягой кареточного и тележечного типа (на железных дорогах Германии, Швеции, Швейцарии). Вагоноосаживатель кареточного типа имеют четыре небольших колеса, которые перемещаются по подошве направляющего желоба, образованного ходовым и вспомогательным рельсами. Благодаря тому, что вспомогательный рельс располагается

внутри или снаружи рельсовой колес, каретка может двигаться как вдоль сортировочного пути, так и в пределах разделительной стрелочной зоны. На каретке расположен выдвигной рычаг, взаимодействующий с колесами вагонов. Электромеханический привод обслуживает вагоноосаживатели на одном-двух путях. Зона действия каретки 40–60 м, общая длина пути осаживания из 10 устройств достигает 600 м.



Каретка в нормальных условиях эксплуатации перемещает до 7–8 вагонов массой 600–700 тонн со скоростью 1,5 м/с. Вагоноосаживатели тележного типа опирается на четыре колеса, перемещающихся по верху внутренней части подшвы рельсового пути; имеет выдвижные рычаги, взаимодействующие с колесами. Тележка перемещает вагоны со скоростью 1,25–1,5 м/с, в исходное положение возвращается вдвое быстрее. Зона осаживания 400–500 м. Вагоноосаживатели кареточного и тележного типа применяют в комбинации и с парковыми вагонными замедлителями, располагая их последовательно.

6.3. Определение наличной мощности тормозных средств

Тормозящая сила замедлителей нажимного действия может быть определена следующим образом. Положим, что на колесо движущегося вагона нажимает с силой P_k шина высотой b (рис. 6.12, а). Расстояние верхнего края шины от поверхности рельса равно a . Элементарная сила трения, приложенная к любой элементарной площадке $d\omega$ на поверхности шины и колеса, равна $\mu \frac{P_k}{\omega}$, где μ — коэффициент трения; ω — площадь поверхности соприкосновения шины и колеса.

132

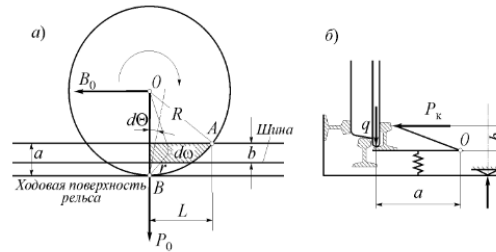


Рис. 6.12. Силовые схемы замедлителей:
а — нажимного действия; б — весового

Обозначая через r мгновенный радиус поворота площадки $d\omega$ относительно мгновенного центра вращения C , получим элементарный момент трения $dM = \mu \frac{P_k}{\omega} r d\omega$, а полный момент трения для двух полуоседей:

$$M = 2 \int dM = 2\mu \frac{P_k}{\omega} \int r d\omega \quad (6.2)$$

Интеграл этот представляет собой статический момент заштрихованной площадки относительно точки C . Обозначая через $\bar{r}$ расстояние центра тяжести данной площадки до C , получим:

$$M = 2\mu \frac{P_k}{\omega} \bar{r} = \mu P_k \bar{r} \quad (6.3)$$

По условию равенства моментов, отнеся тормозящую силу B_k , действующую на колесо радиуса R , к центру вращения колеса O , имеем $RB_k = 2\mu P_k \bar{r}$, коэффициент 2 учитывает давление двух шин на боковые поверхности колеса.

Отсюда находим:

$$B_k = 2\mu P_k \frac{\bar{r}}{R} = 2\mu P_k \varphi, \quad (6.4)$$

133

где $\varphi = \frac{r}{R}$ — коэффициент приведения, зависящий от конструкции замедлителя и диаметра колес.

Тормозящая сила B_0 , отнесенная к одной колесной паре (оси вагона), равна:

$$B_0 = 2B_k = 4\mu P_k \varphi. \quad (6.5)$$

При длине замедлителя $l_{\text{зам}}$ и проходе через него всех колес отцепа работа торможения:

$$A = B_0 n l_{\text{зам}} = 4P_k \mu \varphi. \quad (6.6)$$

Погашаемая замедлителем нажимного действия энергетическая высота $h_{\text{зам}}$ (на одну ось отцепа):

$$h_{\text{зам}} = \frac{4P_k \mu \varphi n l_{\text{зам}}}{Q}, \quad (6.7)$$

где Q — вес тормозимого вагона (или отцепа), тс; n — число осей.

На рис. 6.12, б приведена расчетная схема для весового замедлителя. Рассматривая моменты сил относительно центра вращения O , получаем:

$$qa = P_k b \quad \text{или} \quad P_k = \frac{qa}{b}, \quad (6.8)$$

где P_k — сила нажатия шин на колесо;

q — нагрузка, приходящаяся на одно колесо; a , b — плечи поворотного рычага весового замедлителя; $\frac{a}{b}$ — коэффициент передачи механизма (коэффициент мощности).

Подставляя значение P_k в формулу (6.5), заменив $q = \frac{Q}{2n}$ и обозначив

$\frac{a}{b} = k$, получим выражение тормозящей силы весового замедлителя весового замедлителя B_0 на одну ось:

134

$$B_0 = \frac{2Qk\mu}{n}. \quad (6.9)$$

Работа торможения:

$$A = B_0 n l_{\text{зам}} = 2Qk\mu l_{\text{зам}}. \quad (6.10)$$

Погашаемая энергетическая высота:

$$h_{\text{зам}} = \frac{B_0 n l_{\text{зам}}}{Q} = 2k\mu l_{\text{зам}}. \quad (6.11)$$

Величина замедления движения при торможении:

$$\alpha_1 = \frac{g' B_0 k_0}{Q}, \quad (6.12)$$

где k_0 — число осей, которые тормозятся одновременно.

Тормозящая сила башмака равна fP , где P — нагрузка на ось, колесо ко-

торой подвергается торможению, тс (учитывается, что второе колесо скользит юзом по рельсу); f — коэффициент тормозного действия башмака.

Когда тормозные башмаки подкладываются под несколько колес, значение P определяется как суммарная нагрузка $\sum P$ тех осей, колеса которых тормозятся. Величина дополнительного удельного сопротивления движению w_t от торможения башмаком отщепя весом $\sum Q$ составит:

$$w_t = \frac{f \sum P 1000}{\sum Q} \quad (6.13)$$

Энергетическая высота, погашаемая башмаком на длине тормозного пути (юза) $l_{юз}$, равна $h_t = \frac{f \sum P l_{юз}}{\sum Q}$.

В тех случаях, когда требуется снизить скорость движения отщепы от $v_{вх}$ до $v_{вск}$, необходимая длина юза:

135

$$l_{юз} = \frac{(v_{вх}^2 - v_{вск}^2) \cdot 1000}{2g'(w_0 + w_{ср} + w_{сх} + w_t - i)} \quad (6.14)$$

6.4. Определение потребной мощности тормозных средств

Суммарная мощность тормозных средств на спускной части сортировочных горок повышенной, большой и средней мощностей H_t должна обеспечивать остановку очень хорошего бегуна весом 100 тс и основным удельным сопротивлением $w_0 = 0,5$ кгс/тс при благоприятных условиях скатывания в конце пучковой тормозной позиции. При этом используется мощность одного замедлителя первой тормозной позиции и вся наличная мощность замедлителей второй тормозной позиции.

Минимальная мощность тормозных средств по маршруту скатывания вагона (из числа ОХ) от условной вершины горки до первой раздельительной стрелки пучка определяется по формуле (рис. 6.13):

$$H_t^{min} = H_t + h_0 - h_w^{сх} - h_{сп}, \quad (6.15)$$

где H_t — высота сортировочной горки, м.зн.в.; h_0 — удельная энергия, соответствующая скорости роспуска 2,5 м/с; $h_w^{сх}$ — работа сил сопротивления, преодолеваемая ОХ в благоприятных условиях на участке от УВГ до конца последнего замедлителя пучковой тормозной позиции, м.зн.в.; $h_{сп}$ — профильная высота участка от конца последнего замедлителя пучковой тормозной позиции до расчетной точки, м.зн.в.

Удельная энергия, соответствующая скорости роспуска:

$$h_0 = \frac{v_0^2}{2g'}. \quad (6.16)$$

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

$$h_w^{сх} = ((w_0^{сх} \pm w_{сх}^{сх}) l_{сх} + v_{сх}^2 (0,56 n_{сх} + 0,23 \sum \alpha_{сх})), \quad (6.17)$$

136

где w_0^{OX} — основное удельное сопротивление бегуна ОХ (принимается 0,5 кгс/тс); w_a^{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 переходов на маршруте следования отцепов от УВГ до второй тормозной позиции; $\alpha_{2тп}$ — сумма углов поворота на данном участке.

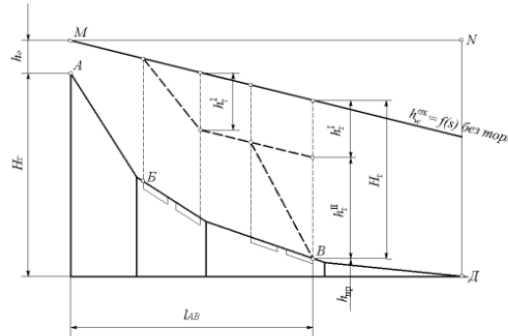


Рис. 6.13. Схема для определения мощности тормозных средств

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

$$h_{тп} = (i_{стр} l_{стр} + i_{сн} \Delta l_{сн}), \quad (6.18)$$

где $i_{стр}$ — крутизна уклона стрелочной зоны, ‰; $l_{стр}$ — расстояние от конца второй тормозной позиции до предельного столбика стрелочного перехода, ведущего на легкий путь, м; $i_{сн}$ — средняя крутизна уклона начальной части путей сортировочного парка до расчетной точки по проекту, ‰; $\Delta l_{сн}$ — расстояние от предельного столбика стрелочного перехода, ведущего на легкий путь, до расчетной точки.

137

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 выкидывание 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:

$$H_t = k_y H_t^{\min}, \quad (6.19)$$

где k_y — 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_y 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.

6.5. Графическая проверка мощности тормозных средств. Выбор типа и числа замедлителей на тормозных позициях

Сущность графической проверки мощности замедлителей спускной части горки

Суммарная наличная мощность тормозных средств в пределах спускной части горки повышенной, большой и средней мощностей по маршруту скатывания отцепов должна обеспечивать при благоприятных условиях скатывания остановку 4-осного вагона весом 100 тс и сопротивлением 0,5 кгс/тс на пучковой тормозной позиции.

138

вой тормозной позиции. При этом торможение вагона на 1ТП предусматривается до уровня 0,7–1,2 м.э.в. (используется мощность одного замедлителя, второй выключен для выполнения регулировки или ремонта).

На основании данных табл. 6.2 от линии MN (рис. 6.1) вниз откладываются в масштабе нарастающим итогом $h_{\text{отс}}^{\text{отс}} + h_{\text{отс}}^{\text{отс}}$. На 1ТП торможение ОХБ осуществляется до уровня, не превышающего мощности одного замедлителя; погашаемая энергетическая высота на пучковой ТП должна соответствовать суммарной мощности замедлителей на данной позиции.

Проверка будет выполнена в случае, если линия $h_{\text{отс}}^{\text{отс}} + h_{\text{отс}}^{\text{отс}}$ с торможением пересечет линию профиля в пределах границ зоны торможения второй тормозной позиции.

Если проверка не выполняется, это свидетельствует о недостаточной мощности тормозных средств спускной части горки.

Выбор типа и числа замедлителей на тормозных позициях

Рассчитывая число, мощность и размещение тормозных средств, следует учитывать конкретные условия их эксплуатации и ремонта. В случае выключения замедлителей для ремонта на пучковой тормозной позиции закрытие всего пучка не влечет за собой больших потерь в переработке вагонов на горке. Но если по аналогичной причине выключается первая тормозная позиция (на одном из двух спускных путей), это означает закрытие половины сортiroвочного парка, а на горке с одним спускным путем при расположении 1ТП перед первым разделительным стрелочным переводом роспуск составов прекращается полностью. Поэтому к надежности и «живучести» 1ТП предъявляются повышенные требования.

В случае если установлены расчетные скорости входа и выхода отцепов с тормозной позиции, ее мощность можно определить по формуле:

$$h_z = \frac{v_{\text{вх}}^2 - v_{\text{вых}}^2}{2g'} + l_z (i_z - w) 10^{-3}, \quad (6.20)$$

где $v_{\text{вх}}$ — расчетная скорость входа отцепа на тормозную позицию, м/с; $v_{\text{вых}}$ — расчетная скорость выхода отцепа с тормозной позиции, м/с; l_z — длина участка тормозной позиции, м; i_z — крутизна участка тормозной позиции, ‰.

139

Минимальную мощность 1ТП (т.е. мощность одного ее замедлителя) $h_{\text{тп}}^{\text{мин}}$, обеспечивающую такое торможение бегуна ОХ, скатывающегося при благоприятных условиях, чтобы скорость входа его на вторую тормозную позицию не превышала максимально допустимую по конструкции тормозного устрой-

ства, можно определить по формуле:

$$H_z + h_{0(\text{зам})} = h_{\text{зам}}^{\text{вх}} + h_{1\text{тп}}^{\text{вх}} + h_{\text{нптп}}^{\text{ох}} + h_{\text{нптп}}, \quad (6.21)$$

откуда:

$$h_{1\text{тп}}^{\text{вх}} = H_z + h_{0(\text{зам})} - h_{\text{зам}}^{\text{вх}} - h_{\text{нптп}}^{\text{ох}} - h_{\text{нптп}}, \quad (6.22)$$

где $h_{\text{зам}}^{\text{вх}}$ — удельная энергия, эквивалентная максимально допустимой скорости входа на замедлитель, м.э.в.

$$h_{\text{зам}}^{\text{вх}} = \frac{(v_{\text{зам}}^{\text{вх}})^2}{2g'_{\text{вх}}}, \quad (6.23)$$

где $h_{\text{нптп}}^{\text{ох}}$ — удельная энергия, потерянная при преодолении всех сил сопротивления при скатывании ОХ от условной вершины горки до начала 2ТП при благоприятных условиях на легкий путь, м.э.в.; $h_{\text{нптп}}$ — высота расположения начала 2ТП над расчетной точкой легкого пути, м.э.в.

Число стрелочных переводов и градусов углов поворота кривых определяется для участка следования от вершины горки до начала 2ТП.

На 1ТП для всех сортировочных горк необходимо устанавливать не менее двух замедлителей, с целью обеспечения роспуска составов в период выключения для ремонта одного из замедлителей. Поэтому потребная мощность 1ТП должна быть не менее $h_{1\text{тп}} = 2h_{1\text{тп}}^{\text{вх}}$.

Потребная мощность каждого замедлителя 1ТП в отдельности должна соответствовать требованиям интервального торможения отцепов.

Наибольшая допустимая скорость входа вагонов $v_{\text{зам}}^{\text{вх}}$ на замедлители имеющихся типов нередко может быть достигнута на многих эксплуатируемых горках. Она реализуется в целях форсирования роспуска составов в период интенсивного их подвода, поддержания более равномерных интервалов следования вагонов и т.д. В связи с этим мощность пучковой тормозной позиции поставлена в зависимость от $v_{\text{зам}}^{\text{вх}}$ и ее следует определять по формуле:

140

$$h_{2\text{тп}} = \frac{(v_{\text{зам}}^{\text{вх}})^2}{2g'_{\text{ох}}} + l_z''(i_z'' - w)10^{-3}, \quad (6.24)$$

где i_z'' , l_z'' — уклон и длина зоны торможения второй тормозной позиции; w — суммарное удельное сопротивление движению ОХ на участке l_z'' .

Однако такое распределение мощности по тормозным позициям для горк большой и средней мощностей в большинстве случаев надо считать первым приближением, потому что 1 ТП получается маломощной, а основная мощность падает на вторую тормозную позицию. Это приводит, с одной стороны, к увеличению затрат, так как пучковых позиций больше, а с другой стороны, увеличивается опасность нагона плохих бегунов, так как очень хорошие бегуны проходят от вершины горки до 2 ТП со скоростью, значительно превышающей скорость плохих бегунов.

Поэтому целесообразно перераспределить мощности между первой и второй тормозными позициями, для чего применяются различные способы.

В *первом способе* (см. рис. 6.14) скорость выхода v_k всех бегунов с 1 ТП принимается одинаковой и равной скорости $v_{\text{зам}}$ плохого бегуна. Также принимается одинаковой и скоростью подхода всех бегунов $v_{\text{н}} = v_{\text{зам}}$ к парковой тормозной позиции. Это обеспечивает движение отцепов по стрелочной зоне с минимальными дифами, а также наименьшую мощность парковой тормозной позиции. При этом способе мощность 1 ТП определяется:

$$h_{1\text{тп}} = \frac{(v_{\text{зам}}^{\text{вх}})^2 - v_{\text{н}}^2}{2g'_{\text{ох}}} + l_z''(i_z'' - w_{\text{ох}}) \cdot 10^{-3}. \quad (6.25)$$

Для определения величины погашаемой энергетической величины на 2ТП

сначала находим энергетическую высоту h_k вагона на выходе из нее:

$$h_k = \frac{v_{\text{вх}}^2}{2g'} + h_{\text{в}} - h_{\text{тп}}, \quad (6.26)$$

где $v_{\text{вх}}$ — скорость входа ОП бегуна на парковую тормозную позицию.

Аналогично определяется и величина погашаемой энергетической высоты на парковой тормозной позиции, но из условия подхода к расчетной точке с допустимой скоростью соударения.

141

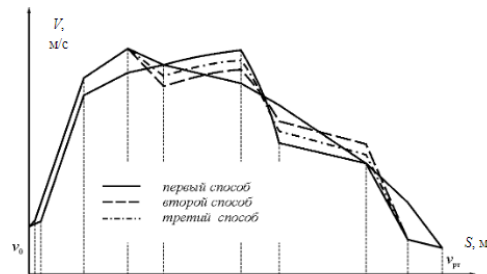


Рис. 6.14. Кривые скорости при различных способах распределения мощности тормозных средств между тормозными позициями

Во *втором способе* скорости подхода разных бегунов к 1 ТП и скорости выхода из нее обратно пропорциональны, т. е. $\frac{v_{\text{вх}}^{\text{вх}}}{v_{\text{вх}}^{\text{вх}}} = \frac{v_{\text{вх}}^{\text{вх}}}{v_{\text{вх}}^{\text{вх}}}$, откуда:

$$v_{\text{вх}}^{\text{вх}} = \frac{v_{\text{вх}}^{\text{вх}}}{v_{\text{вх}}^{\text{вх}}} \cdot v_{\text{вх}}^{\text{вх}}, \quad (6.27)$$

где $v_{\text{вх}}^{\text{вх}}, v_{\text{вх}}^{\text{вх}}$ — скорости подхода, соответственно ОХ и ОП к первой тормозной позиции; $v_{\text{вх}}^{\text{вх}}, v_{\text{вх}}^{\text{вх}}$ — скорости выхода из нее.

Подставив величины $v_{\text{вх}}^{\text{вх}}$ и $v_{\text{вх}}^{\text{вх}}$ в выражение (6.20), находим $h_{1\text{тп}}$ и уменьшаем мощность второй тормозной позиции.

В *третьем способе* предполагается средняя скорость движения между тормозными позициями всех вагонов одинаковой, что обеспечивает более высокие скорости движения по горке в целом и по стрелочной зоне в частности. Зная среднюю скорость движения очень плохого бегуна $v_{\text{сп}}^{\text{вх}}$ на участке между 1-й и 2-й тормозными позициями, находим скорость выхода очень хорошего бегуна с 1 ТП по формуле:

$$v_{\text{вх}}^{\text{вх}} = v_{\text{сп}}^{\text{вх}} + \frac{g'(h_{\text{в}} - h_{\text{тп}})}{2 \cdot v_{\text{сп}}^{\text{вх}}}, \quad (6.28)$$

142

где $h_{\text{в}}$ — работа сил сопротивления на участке между тормозными позициями, м; $h_{\text{тп}}$ — разность отметок начала и конца этого участка, м.

Аналогично производится расчет на участке между второй и парковой тормозными позициями. При втором и третьем способах получается более мощная парковая тормозная позиция, но и большая перерабатывающая способность горки.

После подсчета численных значений $h_{1\text{тп}}$ и $h_{2\text{тп}}$ по табл. 4.2 следует подо-

брать количество замедлителей на первой и второй тормозных позициях с расчетом, чтобы общая погашаемая энергетическая высота была не менее H_z .

На парковой (третьей) тормозной позиции рекомендуется укладывать замедлители РНЗ–2м, ПНЗ–1, ПГЗ–03 (2–3 звена), ВЗП–3, КЗ–3, КЗП (по одному замедлителю).

6.6. 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.

Затем переходят к расчету координат изостыков разделительных элементов (стрелочных переводов и замедлителей).

143

Положение изостыков на входе в разделительный элемент определяется:
– для стрелочных переводов:

$$S_{ис\ стр}^{вх} = S_{н\ стр} - l_{пр\ стр};$$

– для замедлителей:

$$S_{ис\ зам}^{вх} = S_{н\ зам} - l_{ис}^{зам}, \quad (6.29)$$

где $S_{ис\ стр}^{вх}, S_{ис\ зам}^{вх}$ — координаты изостыков на входе в разделительный элемент, соответственно для стрелочного перевода и замедлителя; $S_{н\ стр}$ — положение начала стрелочного перевода относительно УВГ, м; $S_{н\ зам}$ — расстояние от УВГ до начала балок замедлителя, м; $l_{пр\ стр}$ — длина предстрелочного участка, принимается равной 5,26 м; $l_{ис}^{зам}$ — расстояние от изостыка до балок замедлителя, для замедлителей (для замедлителей КНП–5 $l_{ис}^{зам} = 0,50$ м).

Координаты изостыков разделительных элементов на выходе вычисляем по формуле:

$$S_{ис}^{вых} = S_{ис}^{вх} + l_{из}, \quad (6.30)$$

где $S_{ис}^{вых}$ — положение изостыка на выходе из разделительного элемента, м; $S_{ис}^{вх}$ — координата изостыка на входе в разделительный элемент, м; $l_{из}$ — протяженность изолированного участка, принимается равной: для стрелочных переводов — 11,38 м; для замедлителей типов КНП–5 и ВЗП–5 — 13,475 м, для замедлителей ВЗП–3 — 11,50 м.

Затем переходят к расчету координат положений отцепов в моменты входа на разделительные элементы и выхода из них.

Расчетные схемы представлены на рис. 6.15.

Координата положения отцепа:
– на входе в разделительный элемент:

$$S_{\text{вх}} = S_{\text{ис}}^{\text{вх}} - b/2, \quad (6.31)$$

где b — длина колесной базы отцепа, для полувагона $b = 10,50$ м;
144

– на выходе из него:

$$S_{\text{вх}} = S_{\text{ис}}^{\text{вх}} + b/2, \quad (6.32)$$

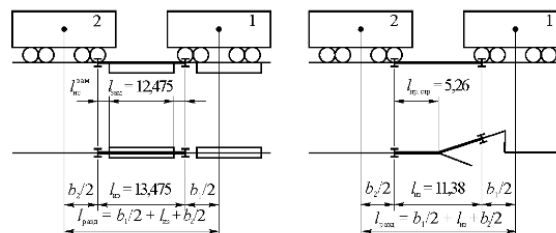


Рис. 6.15. Схемы для определения положений отцепов на разделительных элементах: а — замедлитель; б — стрелочный перевод

Расчеты целесообразно свести в таблицу следующей формы:

Таблица 6.3

Расчет координат положений отцепов на разделительных элементах

Наименование разделительного элемента	Координата начала элемента $S_{\text{ис}}^{\text{вх}}$ (м)	Координата изъезда на входе $S_{\text{ис}}^{\text{вх}}$ (м)	Длина контролируемой секции $l_{\text{ис}}$ (м)	Координата изъезда на выходе $S_{\text{ис}}^{\text{вх}}$ (м)	Координата положения отцепа в момент	
					входа на разделительный элемент $S_{\text{вх}}$ (м)	выхода из разделительного элемента $S_{\text{вых}}$ (м)
1ТП	45,50	45,00	13,475	58,475	39,75	63,725
СП2	77,21	71,95	11,38	83,33	66,70	88,58
.....						

145

После переходят к расчету координат положений отцепов в момент их разделения у предельного столбика последнего стрелочного перевода. Схема для расчета представлена на рис. 6.16.

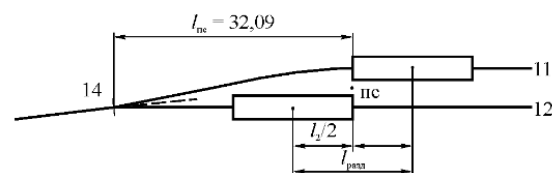


Рис. 6.16. Разделение отцепов у предельного столбика

Координаты положений отцепов при разделении у предельного столбика последней стрелки определяем по формуле:

– первого отцепа:

$$S_{nc}^* = S_{nc} + l_1/2, \quad (6.33)$$

где S_{nc} — координата предельного столбика относительно УВГ, м; l_1 — длина первого отцепа (для полувагона $l_1 = 13,92$ м);

– второго отцепа:

$$S_{nc}^* = S_{nc} - l_2/2, \quad (6.34)$$

где l_2 — длина второго отцепа, $l_2 = 13,92$ м.

Границы зон торможения соответствуют положениям центра тяжести отцепа в моменты входа на тормозную позицию и выхода из нее. Поэтому их назначают на расстоянии половины базы отцепа от начала и конца балок замедлителей, уложенных на тормозной позиции. Рассчитанные координаты следует упорядочить по возрастанию и вычислить длины отрезков, ограниченных указанными точками.

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

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:

$$V_i = \sqrt{2g'h_i}, \quad (6.35)$$

где g' — ускорение свободного падения с учетом инерции вращающихся масс бегуна, м/с² (для ОП $g'_{оп} = 9,11$ м/с²; для ОХ $g'_{ох} = 9,62$ м/с²); h_i — остаточная энергетическая высота в данной точке, м.э.в. (определяется соответствующим замером по чертежу).

Время хода отцепа между двумя соседними точками определяем по формуле:

$$t_i = \frac{2 \cdot \Delta S_i}{V_i + V_{i+1}}, \quad (6.36)$$

где ΔS_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:

$$T_i = \sum t_i. \quad (6.37)$$

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

Расчеты удобно свести в таблицу следующей формы (см. табл. 6.4).

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_г(Х_г) строятся:

– первая кривая для ОП(П) от нуля;

– кривая времени для ОХ_г(Х_г) сдвигается вверх на величину интервала

следования бегунов через вершину горки t_0 при скорости роспуска V_0 .
Выше кривой $OX_2(X_2)$ также на величину t_0 начинают построение второй кривой времени для ОП(П).

Таблица 6.4

Расчет скорости и времени хода бегунов

N точек	Наименование точек	Длина участка ΔS , м	Координата точки S , м	Остаточная энергетическая высота				Скорости отцепов,		Время хода отцепов			
				h_2 , мм масштаба		h_2 , м.э.в.		V_2 , м/с		t_2 , с		T_2 , с	
				ОП	ОХ	ОП	ОХ	ОП	ОХ	ОП	ОХ	ОП	ОХ
1	УВГ	10	0	7,5	7,5	0,2	0,2	1,7	1,7	4,1	3,9	0	0
2	—	—	10	27,5	31	0,6	0,6	3,17	3,45	—	—	4,11	3,88
3	—	10	20	46	52	0,9	1	4,09	4,47	2,8	2,5	6,86	6,41
4	—	10	30	64,5	74	1,3	1,5	4,85	5,34	2,2	2	9,1	8,45
5	Вх. 1 ТП*	9,75	39,75	82,5	95	1,7	1,9	5,48	6,05	1,9	1,7	11	10,2
6	—	10	49,75	86	89	1,7	1,8	5,6	5,85	1,8	1,7	12,8	11,8
7	—	10	59,75	88,5	83,5	1,8	1,7	5,68	5,67	1,8	1,7	14,6	13,6
8	Вых. 1 ТП**	3,975	63,725	89	81,5	1,8	1,6	5,69	5,6	0,7	0,7	15,3	14,3
9	Вх. СП 2	2,975	66,7	89,5	79,5	1,8	1,6	5,71	5,53	0,5	0,5	15,8	14,8
10	Гр.з.г. ***	10	76,7	91,5	74	1,8	1,5	5,77	5,34	1,7	1,8	17,5	16,7
11	—	6	82,7	90,5	76	1,8	1,5	5,74	5,41	1	1,1	18,6	17,8
12	Вых. СП 2	5,88	88,58	89,5	77	1,8	1,5	5,71	5,44	1	1,1	19,6	18,9
....													

Примечания:
* — точка входа отцепа на разделительный элемент;
** — то же, выхода из разделительного элемента;
*** — граница зоны торможения.

Величину интервала на вершине горки определяем из расчетной схемы (рис. 6.17).

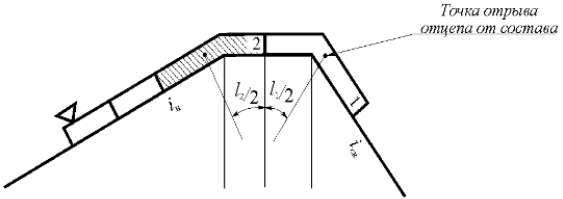


Рис. 6.17. Расчетная схема для определения

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

$$l = \frac{l_1 + l_2}{2}, \quad (6.38)$$

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:

$$t_0 = \frac{l}{V_0} = \frac{l_1 + l_2}{2 \cdot V_0}, \quad (6.39)$$

где V_0 — заданная скорость роспуска.

Пример расчета: ОП — 4-осн. полувагон, $l_1 = 13,92$ м.; ОХ — 4-осн. полувагон, $l_2 = 13,92$ м.; $V_0 = 1,7$ м/с.

$$t_0 = \frac{13,92 + 13,92}{2 \cdot 1,7} = 8,2 \text{ сек.}$$

Аналитический способ построения кривых скорости и времени

Для горки, где движущей силой является составляющая силы тяжести за вычетом силы сопротивления движению, $f = mg'(i - w) \cdot 10^{-3}$, уравнение движения имеет вид:

$$mg'(i - w) \cdot 10^{-3} = m \frac{dv}{dt}, \quad (6.40)$$

откуда:

$$dt = \frac{10^3 dv}{g'(i - w)}. \quad (6.41)$$

Имея в виду, что $v = \frac{dl}{dt}$, а $dl = v dt$, получаем:

$$dl = \frac{10^3 v dv}{g'(i - w)}. \quad (6.42)$$

Проинтегрировав это уравнение, имеем:

$$\int_{l_1}^{l_2} dl = \frac{10^3}{g'(i - w)} \int_{v_1}^{v_2} v dv, \quad (6.43)$$

$$l = l_2 - l_1 = \frac{10^3 (v_2^2 - v_1^2)}{2g'(i - w)}.$$

Решая полученное уравнение при известной начальной скорости, находят последовательно скорость в конце каждого элемента, которая одновременно является начальной на следующем элементе (начальной скоростью на первом элементе является v_0 — скорость роспуска состава):

$$v_k = \sqrt{v_0^2 + 2g' l (i - w) \cdot 10^{-3}}. \quad (6.44)$$

Здесь w — суммарное сопротивление на элементе.

Торможение вагонов на элементах, включающих тормозные позиции, учитывается как дополнительное сопротивление, т.е. на этих элементах величина w увеличивается на $w_z = \frac{h_z}{l_1}$.

Проверки по условию разделения отцепов на раздельных элементах.

Проверка 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. 6.18, составит:

$$l_{\text{раз}} = \frac{l_1 + l_2}{2}, \quad (6.45)$$

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. 6.18.

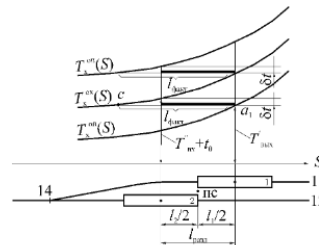


Рис. 6.18. Схема проверки опасности нагонов отцепов у предельного столбика

151

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:

$$l_{\text{факт}} \geq l_{\text{раз}}. \quad (6.46)$$

Указанную проверку можно выполнить аналитически.

Резерв интервала времени на данном раздельном элементе δt составит:

$$\delta t = T_{\text{вх}}'' + t_0 - T_{\text{вх}}', \quad (6.47)$$

где $T_{\text{вх}}''$ — время хода первого отцепа от УВГ до точки, соответствующей выходу из раздельного элемента, сек; $T_{\text{вх}}'$ — время хода второго отцепа от УВГ до точки входа в раздельный элемент, сек.

Результаты проверки можно считать удовлетворительными, если будет соблюдено условие $\delta t \geq 0$.

**Проверка 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. 6.19), то наименьшее расстояние между центрами тяжести этих отцепов должно удовлетворять условию:

$$l_{\text{разд}} = b_1/2 + l_{\text{из}} + b_2/2 + t_{\text{ин}} \cdot V_2, \quad (6.48)$$

где $l_{\text{из}}$ — длина стрелочного изолированного участка, 11,38 м; $t_{\text{ин}}$ — инерционность ГАЦ, приняты 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.

152

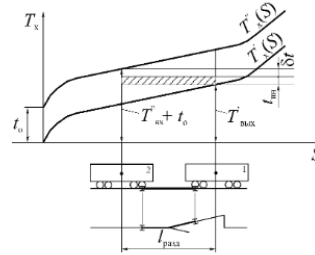


Рис. 6.19. Схема проверки разделения отцепов на стрелочных переводах

Если данная проверка выполняется аналитически, то следует использовать соотношение:

$$\delta t = T_{\text{вх}}'' + t_0 - T_{\text{вых}}' - t_{\text{ин}} \geq 0. \quad (6.49)$$

Условные обозначения величин, входящих в указанную формулу, приведены ранее (см. формулы (6.31), (6.32)).

Проверка разделения отцепов на замедлителях

Необходимое расстояние для разделения отцепов на замедлителях должно составлять (см. рис. 6.20):

$$l_{\text{разд}} = b_1/2 + l_{\text{из}} + b_2/2 + t_{\text{пш}} \cdot V_2, \quad (6.50)$$

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.

153

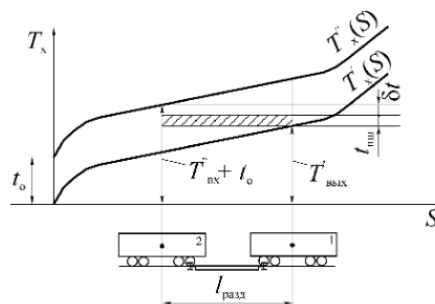


Рис. 6.20. Схема проверки разделения отцепов на замедлителях

При выполнении этой проверки аналитически используют следующее выражение:

$$\delta t = T_{\text{вх}}^* + t_0 - T_{\text{вых}}^* - t_{\text{пш}} \geq 0. \quad (6.51)$$

Указанные проверки выполняют для расчетных сочетаний бегунов: ОП – ОХ и ОХ – ОП (ОП – Х и Х – ОП — для ГСМ и ГММ). В случае невыполнения проверок следует выбрать другие режимы торможения ОХ на 1, 2 и парковой ТП и выполнить проверки заново.

При реализации разделения отцепов на стрелках и замедлителях можно сделать вывод о том, что выбранный режим торможения ОХ и запроектированный продольный профиль горки обеспечивают заданную скорость роспуска.

Контрольные вопросы

1. С какой целью выполняется графическое моделирование процесса роспуска состава с горки?
2. Какое сочетание бегунов считается самым неблагоприятным при проверочных расчетах качества запроектированного профиля горки?
3. Укажите, каков порядок построения кривых потерь энергетических высот.

154

4. Для каких расчетных бегунов (отцепов) выполняются расчеты кривых потерь энергетических высот?
5. Что такое свободная энергетическая высота?
6. Что такое остаточная энергетическая высота?
7. Каков физический смысл суммарной потери энергетической высоты?
8. На каком физическом законе основаны расчеты скоростей скатывания отцепов?
9. Приведите физический аналог профильной высоты горки.
10. Каким образом учитывается работа удельных сил сопротивления при расчете скоростей скатывания?
11. В каких точках следует назначать границы расчетных участков для расчета кривых потерь энергетических высот и почему?
12. Как проверяется потребная суммарная мощность тормозных позиций спускной части горки?

13. Как проверить, добегают ли очень плохой бегун до расчетной точки по кривым энергетических высот?
14. Какой принцип используется при построении кривой энергетических высот для очень хорошего бегуна с торможением?
15. Каким образом достичь равенства скоростей и времени скатывания отцепов с различными ходовыми свойствами при построении кривых энергетических высот?
16. Когда наилучшим образом реализуется разделение очень плохого и очень хорошего бегунов при скатывании с горки?
17. Перечислите типы вагонных замедлителей.
18. От чего зависит сила торможения у нажимных замедлителей?
19. От каких факторов зависит сила нажатия тормозной балки на боковую поверхность бандажей колес у весовых замедлителей?
20. Какие основные элементы включает в себя замедлитель балочного типа?
21. Перечислите достоинства и недостатки пневматических замедлителей.
22. Укажите достоинства и недостатки гидравлических замедлителей.
23. От чего зависят погрешности в работе замедлителей?
24. Что такое номинальная мощность тормозных средств?
25. Опишите принцип определения потребной мощности тормозных средств на спускной части горки.

155

26. Почему на первой тормозной позиции необходимо укладывать два звена замедлителей?
27. Какие типы замедлителей рекомендуется укладывать на парковой тормозной позиции?
28. Чем отличается интервальное торможение от прицельного?
29. На каких тормозных позициях выполняется интервальное торможение отцепов?
30. Где осуществляется прицельное торможение?
31. Для каких расчетных бегунов строят кривые скорости скатывания?
32. Для каких расчетных бегунов и в каком сочетании строят кривые времени скатывания?
33. Каков принцип деления расчетного пути на участки при построении кривых скорости и времени скатывания отцепов?
34. Как, зная остаточную энергетическую высоту в любой точке расчетного пути, определить скорость бегуна?
35. Как определить время хода отцепа между двумя соседними точками расчетного пути?
36. В чем заключается сущность проверки опасности нагонов отцепов у предельного столбика последней разделительной стрелки?
37. В чем заключается принцип проверки разделения отцепов на разделительных стрелочных переводах?
38. Как выполняются проверки возможности перевода тормозных шин замедлителей из отторможенного положения в заторможенное и наоборот?
39. Для каких сочетаний бегунов выполняются проверки разделения отцепов на горках большой и повышенной мощности?
40. Для каких сочетаний отцепов выполняются проверки разделения отцепов на горках средней и малой мощности?
41. Какие следует дать рекомендации проектировщику при невыполнении проверок разделения отцепов на разделительных элементах?
42. Как влияет увеличение скорости роспуска на условия разделения отцепов?
43. Какое влияние оказывают выбранные режимы торможения отцепов на их разделение на стрелочных переводах?
44. Как зависят условия разделения отцепов от мощности парковой тормозной позиции?

Литература

1. Временные нормы проектирования системы MSR32 на сортировочных горках ОАО «РЖД» (Утв. ОАО «РЖД» от 20.07.2012). — Москва : ОАО «РЖД», 2012. — 37 с.
2. СП 237.1326000.2015. Свод правил. Инфраструктура железнодорожного транспорта. Общие требования (утв. и введен в действие Приказом Минтранса России от 06.07.2015 № 208) // Текст : электронный // Справочная правовая система «Консультант Плюс» Информационный банк «Строительство»: [сайт]. — URL: www.consultant.ru/ (дата обращения: 25.02.2020).
3. СП 225.1326000.2014. Свод правил. Станционные здания, сооружения и устройства (утв. Приказом Минтранса России от 02.12.2014 № 331) // Текст : электронный // Справочная правовая система «Консультант Плюс» Информационный банк «Строительство»: [сайт]. — URL: www.consultant.ru/ (дата обращения: 25.02.2020).
4. Железнодорожные станции и узлы : учебник для вузов железнодорожного транспорта / В. И. Апатцев, Ю. И. Ефименко [и др.]. — Москва : ФГБОУ «УМЦ ЖДТ», 2014. — 855 с.
5. Пособие по применению Правил и норм проектирования сортировочных устройств / Ю. А. Муха, Л. Б. Тишков, В. П. Шейкин [и др.]. — Москва : «Транспорт», 1994. — 220 с.
6. Родимов, Б. А. Проектирование механизированных и автоматизированных сортировочных горок / Б. А. Родимов, В. Е. Павлов, В. Д. Прокинова. — Москва : «Транспорт», 1980. — 78 с.
7. Федотов, Н. И. Проектирование сортировочных горок / Н. И. Федотов. — Новосибирск : НИИЖТ, 1981. — 87 с.
8. Павлов, В. Е. Проектирование сортировочных горок / В. Е. Павлов, М. М. Уздин, Ю. И. Ефименко. — Ленинград : ЛИИЖТ, 1987. — 97 с.
9. Архангельский, Е. В. Расчет и проектирование сортировочных горок повышенной, большой и средней мощности : методические указания / Е. В. Архангельский, Л. Б. Тишков. — Москва : МИИТ, 1994. — 68 с.

ГЛАВА 7. ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ГОРКИ. СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ СОРТИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА

7.1. Расчет перерабатывающей способности горки

Перерабатывающая способность горки, т.е. число вагонов, которое может быть рассортировано с горки в течение суток, определяется по формуле:

$$N_{\text{эл}} = \frac{(\alpha_c \cdot 1440 - t_{\text{св}}^{\text{ср}})}{t_r (1 + \rho_{\text{ср}}) \cdot \mu_{\text{мост}}} \cdot m, \quad (7.1)$$

где α_c — коэффициент, учитывающий перерывы в работе горки из-за наличия враждебных передвижений, $\alpha_c = 0,97$ (при расположении транзитного парка параллельно приемному и отсутствии изолированного от горки соединения с локомотивным депо, а также для объединенного приемного парка без петли для

приема поездов с негрузового направления $\alpha_t = 0,95$; $t_{\text{тех}}^{\text{гор}}$ — время занятия горки в течение суток технологическими перерывами для ремонта горочного оборудования, смены бригад, экипировки горочных локомотивов и выполнением постоянных операций, не связанных с расформированием составов, мин, в проекте можно принять $t_{\text{тех}}^{\text{гор}} = 90 + 120 \text{ мин/сут}$; m — среднее количество вагонов в составе разборочного поезда; t_t — горочный технологический интервал (среднее время, затрачиваемое на расформирование одного состава, с учетом наличия в расформируемых составах вагонов, запрещенных к роспуску с горки без локомотива — вагоны ЗСТ), мин; $\rho_{\text{гор}}$ — коэффициент, учитывающий влияние отказов технических средств и нерасцепы вагонов на перерабатывающую способность (коэффициент $\rho_{\text{гор}}$ принимает значения в диапазоне 0,05–0,12); $\mu_{\text{пер}}$ — коэффициент, учитывающий возможную повторную переработку части вагонов в процессе окончания формирования (значения коэффициента $\mu_{\text{пер}}$ можно принять в диапазоне 1,01–1,18).

Величина t_t зависит от числа работающих на горке локомотивов, взаимного расположения парков приема и сортировки, режима роспуска (последовательный, параллельный) и времени на заезд локомотива за составом t_z , подачу (надвиг) состава до вершины горки t_n , роспуск состава с горки t_p , окончание формирования и осаживание вагонов горочными локомотивами $t_{\text{ос.ос}}$.

158

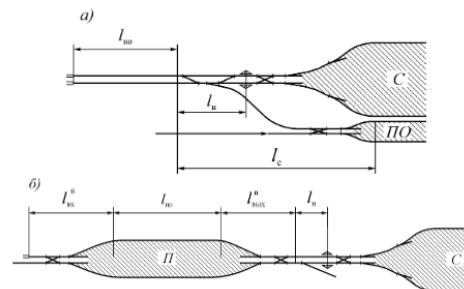


Рис. 7.1. Схема для расчета перерабатывающей способности горки:
 а — при параллельном расположении парков приема и сортировочного;
 б — при последовательном расположении парков приема и сортировочного

При параллельном расположении парков приема и сортировки (рис. 7.1, а):

$$t_t = t_n + \frac{l_n + l_c}{16,7 \cdot v_n}; \quad (7.2)$$

$$t_n = t_n + \frac{l_c + l_{\text{пр}} + l_n}{16,7 \cdot v_n}. \quad (7.3)$$

При последовательном расположении парков (рис. 7.1, б):

$$t_t = t_n + \frac{l_n + l_{\text{пр}} + l_{\text{с}} + 2 \cdot l_{\text{н}}}{16,7 \cdot v_n}; \quad (7.4)$$

$$t_n = t_n + \frac{l_{\text{пр}} + l_n}{16,7 \cdot v_n}, \quad (7.5)$$

где t_n — время приготовления маршрутов, мин. При маршрутно-релейной централизации $t_n = 0,15 \dots 0,20$ мин; v_n — скорость движения горочного локомотива, $v_n = 10 \dots 15 \text{ км/ч}$; l_n — длина пути надвига, м; l_c — длина

159

соединительного пути при параллельном расположении парков, м; $l_{\text{по}}$ — полезная длина приемо-отправочных и вытяжных путей, м; $l_{\text{вх}}^{\text{п}}, l_{\text{вых}}^{\text{п}}$ — длина пути надвига, м.

Продолжительность времени заезда должна включать время на уборку средств закрепления состава, при использовании тормозных башмаков — 5–8 мин, при использовании стационарных устройств для закрепления составов УТС — 2 мин.

Значения $l_{\text{в}}, l_{\text{с}}, l_{\text{по}}, l_{\text{вх}}^{\text{п}}, l_{\text{вых}}^{\text{п}}$ принимаются из схемы (плана) сортировочной станции.

Время роспуска состава с горки определяется по формуле, мин:

$$t_{\text{рос}} = \frac{m \cdot l_{\text{ваг}}}{60 \cdot v_0^{\text{р}}}, \quad (7.6)$$

где $l_{\text{ваг}}$ — средняя длина одного вагона, $l_{\text{ваг}} = 14,4$ м; $v_0^{\text{р}}$ — средняя скорость роспуска состава.

Время на окончание формирования составов с горки с учетом осаживания вагонов на путях сортировочного парка $t_{\text{оф.ос.}}$ определяется специальным расчетом. При отсутствии данных для такого расчета можно принимать это время равным 3–6 мин на состав.

При работе на горке *одного* локомотива горочный технологический интервал:

$$t_{\text{г}} = t_{\text{з}} + t_{\text{н}} + t_{\text{рос}} + t_{\text{оф.ос.}} \quad (7.7)$$

При работе на горке *двух* локомотивов:

$$t_{\text{г}} = t_{\text{рос}} + t_{\text{оф.ос.}}, \text{ если } t_{\text{з}} + t_{\text{н}} \leq t_{\text{рос}} \quad (7.8)$$

или:

$$t_{\text{г}} = t_{\text{з}} + t_{\text{н}} + t_{\text{оф.ос.}}, \text{ если } t_{\text{з}} + t_{\text{н}} > t_{\text{рос}} \quad (7.9)$$

При работе на горке *трех* и более локомотивов для определения $t_{\text{г}}$ необходимо составить технологический график на полный цикл работы горки, который позволит выявить основные связи между операциями. По этому графику

160

определяется продолжительность цикла $T_{\text{ц}}$, число составов, распускаемых с горки за один цикл $n_{\text{ц}}$, и величина $t_{\text{г}}$, равная $\frac{T_{\text{ц}}}{n_{\text{ц}}}$.

Среднюю скорость роспуска состава находим из следующего выражения:

$$v_0^{\text{р}} = \min \left\{ \left(\frac{v'_{\text{о(р)}} + v_{\text{о(з)}}}{2} \right); \left(\frac{v''_{\text{о(р)}} + v_{\text{о(з)}}}{2} \right); \sum_{i=1}^n \left(\frac{v_{\text{о(р)}/i} + v_{\text{о(з)}}}{2} \right) \cdot p_i \right\}, \quad (7.10)$$

где $v'_{\text{о(р)}}$, $v''_{\text{о(р)}}$ — расчетные скорости роспуска, определяемые по условию разделения отцепов соответственно на 1-й и 2-й ТП; $v_{\text{о(з)}}$ — минимальная заданная скорость роспуска (табл. 3.7); $v_{\text{о(р)}/i}$ — расчетная скорость роспуска, определяемая по условию разделения отцепов на стрелочном переводе i -й стрелочной позиции, м/с; p_i — вероятность разделения отцепов на стрелке i -й стрелочной позиции.

Первоначально определяем расчетные скорости по условиям разделения отцепов на каждом раздельном элементе (стрелке, замедлителе). Расчет приведен в табл. 7.1.

Таблица 7.1

**Скорость роспуска, определяемая по условиям
разделения отцепов на стрелках и тормозных позициях**

Разделительный элемент	Номера точек		Сочетание ОП – ОХ			Сочетание ОХ – ОП			min v _{ос} , м/с
	Входа в разделительный элемент	Выхода из разделительного элемента	T'вх, сек	T''вх, сек	v _{о(р)} , м/с	T'вх, сек	T''вх, сек	v _{о(р)} , м/с	
1 ТП	5	8	15,27	10,16	2,27	14,29	10,99	3,24	2,27
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
СП 2	9	12	19,60	14,82	2,41	18,86	15,79	3,42	2,41
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

161

Расчетная скорость роспуска, допустимая по условию разделения отцепов на стрелках и замедлителях, определяется по формуле:

$$v_{o(p)} = \frac{l_1}{T'_{вх} - T''_{вх} + t_{рез}}, \quad (7.11)$$

где l_1 — длина первого отцепа по осям автосцепок; $t_{рез}$ — резерв интервала времени на разделительном элементе:

– при расчете $v_{o(p)}$ для разделительного стрелочного перевода — продолжительность задержек в работе цепей контроля занятости изолированного участка (инерционность ГАЦ), принять $t_{рез} = 1$ сек;

– при расчете $v_{o(p)}$ для замедлителя — время его перевода из одного состояния в другое (время перевода шин замедлителя $t_{шм}$), устанавливается по табл. 4.2. Необходимые данные для табл. 7.1 принимаем из табл. 6.4.

Расчет $v_{o(p)}$ для каждого разделительного элемента выполняется дважды:

– для сочетания бегунов ОП – ОХ (ОП – Х);

– для сочетания бегунов ОХ – ОП (Х – ОП).

Среди каждой пары значений $v_{o(p)}$ выбирается наименьшее и принимается к дальнейшему расчету.

Для определения допустимой скорости роспуска по условию разделения отцепов на стрелках необходимо рассчитать вероятности разделения отцепов на каждой стрелочной позиции по формуле:

$$p_i = \frac{2 \cdot n_{лев} \cdot n_{прав} \cdot k_i}{m_{ст} \cdot (m_{ст} - 1)}, \quad (7.12)$$

где $n_{лев}$ — число путей, примыкающих к левому ответвленному направлению стрелочных переводов; $n_{прав}$ — то же, к правому направлению; $m_{ст}$ — количество путей в сортировочном парке; k_i — количество стрелок в i -й стрелочной позиции (см. рис. 7.2).

Расчет вероятностей разделения отцепов на стрелках приведен в табл. 7.2.

Средняя скорость роспуска, определяемая по условию разделения отцепов на первой тормозной позиции:

$$v'_{ср} = \frac{v'_{o(p)} + v'_{o(x)}}{2} = \frac{2,27 + 1,7}{2} = 1,99 \text{ м/с.}$$

162

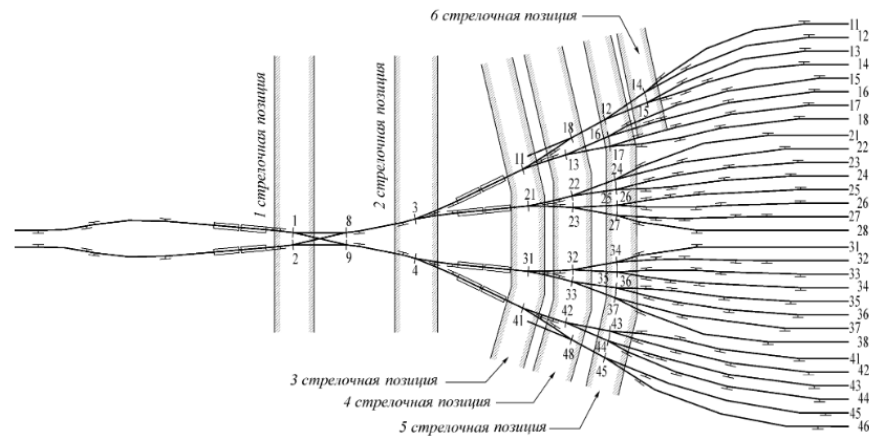


Рис. 7.2. Распределение стрелочных переводов по стрелочным позициям

163

Таблица 7.2

Вероятности разделения отцепов на стрелочных переводах

Номер стрелочной позиции	Количество стрелок в позиции	$n_{лев}$	$n_{прав}$	p_i	$v_{0(p)}$	$v_{0(s)}$	$\frac{v_{0(p)} + v_{0(s)}}{2} \cdot p_i$
1	1	16	14	0,515	2,41	1,7	1,055
2	2	8	8	0,147	2,45	1,7	0,305
		8	6	0,110	2,45	1,7	0,228
3	4	4	4	0,110	2,28	1,7	0,219
		4	2	0,018	2,28	1,7	0,036
4	6	2	2	0,055	2,37	1,7	0,112
5	14	2	2	0,009	2,34	1,7	0,018
		1	1	0,030			0,061
6	2	1	1	0,006	2,18	1,7	0,007
				$\Sigma p_i = 1$	$v_{0(s)} = 2,04$		

Средняя скорость роспуска определяется по условию разделения отцепов на второй тормозной позиции:

$$v_{ср}^* = \frac{v_{s(p)}^* + v_{s(s)}^*}{2} = \frac{2,52 + 1,7}{2} = 2,11 \text{ м/с.}$$

Средняя скорость роспуска, принимаемая к расчету перерабатывающей способности, составит $v_{ср} = \min\{1,99; 2,11; 2,04\} = 1,99 \text{ м/с.}$

Продолжительность роспуска состава:

$$t_{рос} = \frac{55 \cdot 14,4}{60 \cdot 1,99} = 6,7 \text{ мин.}$$

Горочный интервал составит:

$$t_z = 6,7 + 6 = 12,7 \text{ мин.}$$

164

Перерабатывающая способность горки:

$$N_{\text{изл}} = \frac{(0,97 \cdot 1440 - 90)}{12,7 \times 1,05 \times (1 + 0,09)} \cdot 55 = 4945 \text{ ваг/сут.}$$

Определяем коэффициент загрузки горки:

$$\psi = N_{\text{потр}} / N_{\text{изл}}, \quad (7.13)$$

где $N_{\text{потр}}$ — количество перерабатываемых вагонов за сутки на горке.

$$\psi = 4200 / 4945 = 0,85.$$

7.2. Мероприятия по увеличению перерабатывающей способности горки

Из формулы (7.1) следует, что увеличение перерабатывающей способности горки может быть достигнуто за счет:

- уменьшения $\Sigma T_{\text{ост}}$, т.е. сокращения перерывов в работе горки (выдача подменного локомотива, организация смены бригад без перерыва в работе, повышение надежности горочного оборудования и внедрения методов ускорения ремонта его);
- увеличение α_z путем снижения числа враждебных пересечений посредством укладки параллельных ходов в предгорочной горловине и соединительных путей между парками приема и сортировки, устройства петлевого подхода для приема поездов с направления, встречного сортировке, шлюза в предгорочной горловине или путепровода под горкой для пропуска поездных локомотивов в депо и др.;
- увеличения m путем укрупнения в парке приема составов, подлежащих роспуску с горки сдвиганием их или добавлением отдельных групп вагонов;
- сокращения горочного технологического интервала, что достигается:
 - 1) увеличением числа горочных локомотивов;
 - 2) увеличением темпа сортировки за счет пересмотра специализации подгорочных путей и уменьшения вероятности разделения отцепов на последних разделительных стрелках;
 - 3) применения переменной скорости роспуска в зависимости от длины отцепов и маршрутов их следования;

165

4) сокращением интервалов между роспусками составов. Это сокращение можно получить за счет уменьшения затрат времени на осаживание (совмещением этой операции с окончанием формирования, подтягиванием вагонов со стороны хвостовой горловины сортировочного парка), сооружения дополнительных путей надвига, секционирования выходной горловины парка приема и надвижных путей для попутного надвига составов к вершине горки вслед друг за другом;

5) применения параллельного роспуска.

Наиболее значительное увеличение перерабатывающей способности дает применение параллельного роспуска с горки двух составов. Такой технологический режим легче организовать на односторонних станциях, где явно выражены вагонопотоки четного и нечетного направлений и легче обеспечить такую специализацию путей сортировочного парка, при которой угловой поток, а следовательно, и повторная переработка вагонов с отсевных путей будут минимальными.

Горочный интервал при осуществлении частично параллельного роспуска и частично последовательного роспусков:

$$t_i = t_i'(1-k) + k(t_i'' + \Delta t_i'') + t_{\text{п(сп)}} \alpha \frac{m}{m_{\text{пост}}}, \quad (7.14)$$

где t_i' — горочный интервал при последовательном роспуске, мин; t_i'' — тоже при параллельном роспуске, мин; $\Delta t_i''$ — время пропуска в депо поездных локомотивов (на один горочный интервал t_i''), мин; k — коэффициент параллельности роспуска составов; $t_{\text{п(сп)}}$ — среднее время горки переработкой одного состава с отсечного пути, мин.; α — коэффициент (доля) повторной сортировки вагонов от всего вагонопотока, перерабатываемого на горке; $m_{\text{пост}}$ — среднее число вагонов составе при повторной сортировке.

Горочные интервалы t_i' и t_i'' определяются построением технологических графиков работы горки отдельно для режимов последовательного и параллельного роспуска составов.

Величина $t_{\text{п(сп)}}$ определяется с учетом возможности подачи составов с отсечных путей на надвижную часть горки параллельно с роспуском составов на другую часть сортировочного парка по формуле:

$$t_{\text{п(сп)}} = \frac{t_n m_{\text{от}} - \sum t_{\text{р}}}{m_{\text{от}}}, \quad (7.15)$$

166

где $m_{\text{от}}$ — число отсечных путей; t_n — продолжительность занятия горки повторной сортировкой состава вагонов с отсечных путей, включающих вытягивание состава на надвижную часть и роспуск его, мин; $\sum t_{\text{р}}$ — суммарная продолжительность операций роспуска составов, выполняемых параллельно с повторной сортировкой и подачей составов с отсечных путей на надвижную часть горки за время $t_n m_{\text{от}}$.

Коэффициент параллельности k представляет собой отношение количества составов, перерабатываемых на горке в режиме параллельного роспуска, к общему числу составов, перерабатываемых за сутки. Значение k рассчитывается по формуле:

$$k = k_{\text{max}} \frac{N_{\text{ос}} - N_{\text{пос}}}{N_{\text{ос}}}, \quad (7.16)$$

где k_{max} — максимально возможное значение коэффициента параллельности; $N_{\text{ос}}$ — общее число составов, перерабатываемых на горке; $N_{\text{пос}}$ — количество составов, подлежащих обязательной переработке в режиме последовательного роспуска.

Для ориентировочных расчетов $N_{\text{пос}}$ можно принять в размере 0,8 от числа местных поездов — сборных, вывозных, передаточных (кроме участковых).

Значение k_{max} определяется по соотношению β количества прибывающих во встречном ($N_{\text{встр}} - 0,8N_{\text{мест(встр)}}$) и попутном ($N_{\text{попут}} - 0,8N_{\text{мест(попут)}}$) сортировке направлениях составов поездов, любой из которых может быть переработан в режиме параллельного роспуска. Величина β определяется по формуле:

$$\beta = \frac{N_{\text{встр}} - 0,8N_{\text{мест(встр)}}}{N_{\text{попут}} - 0,8N_{\text{мест(попут)}}}. \quad (7.17)$$

Между величинами β и k_{max} имеется следующая зависимость:

β	1:2 = 0,5	2:3 = 0,67	4:5 = 0,80	1:1 = 1
k_{max}	0,64	0,74	0,79	0,82

Коэффициент повторной сортировки α зависит от размеров углового потока, схемы горочной горловины, числа путей надвига и порядка их использования в режиме параллельного роспуска.

7.3. Средства автоматизации сортировочного процесса

Автоматизация процесса сортировки вагонов позволяет эффективнее использовать техническое оснащение механизированных горок, повышает их перерабатывающую способность, исключает тяжелый и опасный труд регулировщиков скорости движения вагонов в подгорочном парке.

Разработана (и в настоящее время внедряется) комплексная система автоматизации управления сортировочной станцией КСАУ СС, ее особенностью является объединение уровней планирования и управления в единое целое на основе общей информационной базы. Это позволит создать единую базу данных для всех служб, участвующих в технологическом процессе работы станции и автоматизировать работу не только горки, но и всей станции.

Создание КСАУ СС позволит повысить безопасность работы станции, за счет исключения случаев проезда запрещающих сигналов средствами ГАЛС Р, автоматизировать управление надвигом и роспуском составов, ввести контроль за обработкой состава, исключить опасный труд сигналистов по закреплению составов и регулировщиков скорости по вытормаживанию отцепов.

Компонентами системы КСАУ СС являются:

- подсистема горочной автоматической централизации на микропроцессорах (ГАЦ МН);
- подсистема горочного программно-задающего устройства (ГПЗУ);
- подсистема устройства управления прицельным торможением (УУПТ);
- подсистема горочной автоматической локомотивной сигнализации по радиоканалу (ГАЛС Р);
- подсистема автоматизации управления компрессорной станцией (КСАУ КС);
- подсистема контроля и диагностики станционных устройств (КДК СУ ГАЦ).

Горочное программно-задающее устройство ГПЗУ должно осуществлять: контроль правильности расцепки вагонов, управлять указателями количества вагонов (для расцепщиков перед горбом горки), выполнять автоматическую коррекцию ввода маршрутов в ГАЦ. Для решения этих задач в АРМ ДСПГ системы ГПЗУ вводится информация о подходе поездов в парке прибытия и их готовности к расформированию, предусмотрена возможность для корректировки сортировочного листа, ведения накопления вагонов в сортировочном парке и выбора оптимального варианта очередности роспуска составов. Подсистема ГПЗУ рассчитывает для ГАЛС Р значения скорости роспуска, организует ввод программы роспуска в ГАЦ МН, управляет показаниями горочного светофора по пути надвига и указателями количества вагонов.

Система ГАЦ МН (вместо устаревшей системы ГАЦ) осуществляет управление маршрутами движения отцепов в процессе роспуска, корректирует программу роспуска с точностью до вагона, контролирует накопление вагонов в сортировочном парке и маневры между роспусками. Подсистема ГАЦ МН во взаимодействии с ГАЛС Р позволяет безопасно вести роспуск и маневры.

Для этого перед каждым стрелочным участком устанавливается путевой датчик ПД (устройство счета осей УСО), который позволяет определять маршрут очередного отцепа, количество вагонов в нем, распознавать направление движения при маневрах, предотвращая взрез стрелок. Информация об отцепах поступает в ГАЦ МН из сортировочного листа и расшифровывается по инвентарному номеру входящих в отцеп вагонов. Информация о вагонах учитывает характеристику вагонов, особые признаки и геометрические размеры.

Устройство управления прицельным торможением УУПТ. Для реализации всех этапов работы УУПТ применяют внедряемые в настоящее время новые типы замедлителей ВЗП и КЗ для горочных позиций и РНЗ-2М для парковых позиций, новые типы скоростемеров и весомеров, новые системы контроля заполнения путей КЗП. Это создает условия для повышения качества и точности вы-

тормаживания отцепов, контроля заполнения путей сортировочного парка.

Индуктивно-проводной датчик ИПД обеспечивает контроль занятости предстрелочного участка. Он применяется на последней стрелке сортировочного пучка. Аналогичный датчик применяется и в системах контроля занятости путей КЗП.

Горочная автоматическая локомотивная сигнализация ГАЛС Р с передачей информации по радиоканалу и телеуправлением локомотивов. Одновременно с роспуском информация об отцепе и вагонах в отцепе вводится в ГАЦ МН и синхронно с роспуском, вводится информация в ГАЛС Р о скорости движения, параметрах состава, его отцепе. Система ГАЛС Р обеспечивает радиоуправление маневровыми локомотивами и имеет расширенную зону управления, включающую не только пути и горловины парка прибытия, но и других парков станции.

Подсистема горочной автоматической локомотивной сигнализации (ГАЛС Р) реализует скоростные режимы надвига, роспуска и осаживания вагонов с обеспечением безопасности этих операций, контролирует местоположение горочных локомотивов в предгорочном парке, а также осуществляет контроль за перемещением маневровых локомотивов, работающих на станции. Связь между подсистемами комплексной системы автоматизации управления сортировочным процессом (КСАУ СП) показана на рис. 7.3.

169

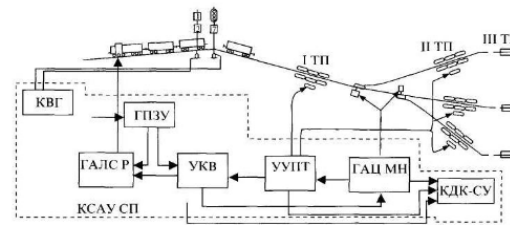


Рис. 7.3. Схема устройств горочной автоматизации

Подсистема КСАУ КС обеспечивает управление компрессорами в автоматическом режиме, контролирует рабочие параметры компрессоров, давление сжатого воздуха в пневмосети.

Подсистема КДК СУ ГАЦ обеспечивает постоянный контроль состояния и параметров горочных устройств для их обработки, отображения и хранения, обеспечивает контроль и диагностику устройств горочной автоматической централизации.

Кроме того, система КСАУ СП включает в себя автоматизированные рабочие места (АРМ) оперативного и обслуживающего персонала.

На спускной части горки устанавливают устройства контроля головной зоны КВГ, которые размещены на двух контрольных точках. На первой контрольной точке, в зоне отрыва отцепа устанавливаются путевой датчик, (счетчик осей УСО), радиотехнический датчик с одним передатчиком и тремя приемниками РТД-С для фиксации отрыва отцепа, радиолокационные измерители скорости РИС-ВЗМ для определения скорости надвига и скатывания, указатель количества вагонов УКВ.

На второй контрольной точке устанавливаются счетчики осей УСО и весомер для поосного взвешивания осей. Информация с путевых датчиков, РТД-С, РИС-ВЗМ поступает в КВГ и обрабатывается.

Указатель количества вагонов УКВ получает от КВГ информацию для отображения на индикаторах количества вагонов в трех очередных отцепе.

Перед вершиной горки, в головной зоне и на каждой тормозной позиции устанавливают радиолокационные измерители скорости РИС-ВЗМ для фиксации и регистрации фактической скорости. В автоматическом режиме сравни-

170

ваются значения фактической и расчетной скоростей, и определяется интенсивность и время торможения отцепов замедлителями. Размещение устройств автоматизации на спускной части горки показано на рис. 7.4, 7.5.

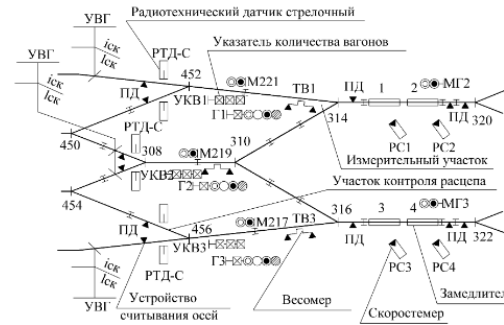


Рис. 7.4. Размещение напольных устройств в районе вершины горки

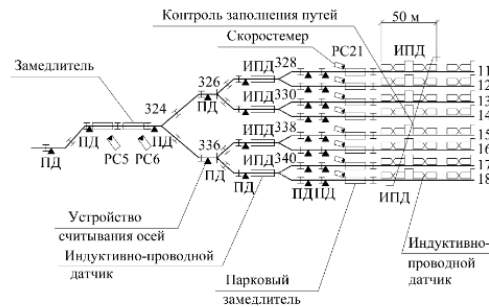


Рис. 7.5. Размещение напольных устройств в районе разделительных стрелок пучков и сортировочных путей

171

Контроль заполнения путей (КЗП). В зоне КЗП размещаются линейный пункт (на 24 пути в сортировочном парке) и индуктивно-проводные датчики КЗП (18 датчиков на один путь, 450 м).

Контрольные вопросы

1. Что называется перерабатывающей способностью горки?
2. От чего зависит величина горочного технологического интервала?
3. Как определяется время роспуска составов с горки?
4. Как определяется перерабатывающая способность горки?
5. За счет чего может быть достигнуто увеличение перерабатывающей способности горки?
6. Какие реконструктивные мероприятия можно предложить для повышения перерабатывающей способности горки?
7. Перечислите организационно-технические мероприятия по повышению перерабатывающей способности горки.
8. Укажите преимущества и недостатки параллельного роспуска составов.
9. От чего зависит коэффициент повторной переработки?

10. За счет чего можно получить сокращение интервалов между роспусками составов?
11. Как можно сократить продолжительность горочного технологического интервала?
12. Как можно уменьшить враждебность пересечений в предгорочной горловине парка прибытия?
13. Каковы преимущества автоматизации сортировочного процесса?
14. Перечислите особенности системы КСАУ СС.
15. Укажите основные подсистемы и их назначение КСАУ СС.
16. Какие функции выполняет ГПЗУ?
17. Какие функции осуществляет ГАЦ МН?
18. Опишите принцип работы УУТП.
19. Укажите назначение ГАЛС-Р.
20. Что обеспечивает подсистема КСАУ КС?
21. Опишите основные функции КДК СУ ГАЦ.
22. Укажите основное назначение КЗП.

172

Литература

1. Временные нормы проектирования системы MSR32 на сортировочных горках ОАО «РЖД» (Утв. ОАО «РЖД» от 20.07.2012). — Москва : ОАО «РЖД», 2012. — 37 с.
2. СП 237.1326000.2015. Свод правил. Инфраструктура железнодорожного транспорта. Общие требования (утв. и введен в действие Приказом Минтранса России от 06.07.2015 № 208) // Текст : электронный // Справочная правовая система «Консультант Плюс» Информационный банк «Строительство»: [сайт]. — URL: www.consultant.ru/ (дата обращения: 25.02.2020).
3. СП 225.1326000.2014. Свод правил. Станционные здания, сооружения и устройства (утв. Приказом Минтранса России от 02.12.2014 № 331) // Текст : электронный // Справочная правовая система «Консультант Плюс» Информационный банк «Строительство»: [сайт]. — URL: www.consultant.ru/ (дата обращения: 25.02.2020).
4. Железнодорожные станции и узлы : учебник для вузов железнодорожного транспорта / В. И. Апатцев, Ю. И. Ефименко [и др.]. — Москва : ФГБОУ «УМЦ ЖДТ», 2014. — 855 с.
5. Пособие по применению Правил и норм проектирования сортировочных устройств / Ю. А. Муха, Л. Б. Тишков, В. П. Шейкин [и др.]. — Москва : «Транспорт», 1994. — 220 с.
6. Родимов, Б. А. Проектирование механизированных и автоматизированных сортировочных горок / Б. А. Родимов, В. Е. Павлов, В. Д. Прокинова. — Москва : «Транспорт», 1980. — 78 с.
7. Федотов, Н. И. Проектирование сортировочных горок / Н. И. Федотов. — Новосибирск : НИИЖТ, 1981. — 87 с.

173

ГЛАВА 8. ГРУЗОВЫЕ СТАНЦИИ

8.1. Назначение, основные операции и классификация грузовых станций

Грузовые станции предназначены для массовой погрузки-выгрузки грузов. Кроме этого на грузовых станциях выполняются следующие операции:

- *технические* (расформирование, формирование поездов, прицепка-отцепка вагонов от составов поездов, подача-уборка вагонов на грузовые пункты);
- *коммерческие* (прием к перевозке, хранение, взвешивание, оформление перевозочных документов, раскредитование документов, выдача груза, тарирование и упаковка грузов и др.).

Грузовые станции являются стыковыми пунктами различных видов транспорта.

Классифицируются грузовые станции следующим образом:

I. По назначению:

- *неспециализированные*, где перерабатываются вагоны с различными грузами;
- *специализированные*, предназначенные для переработки отдельных видов грузов;
- *расположенные на железнодорожных путях необщего пользования*, а также обслуживающие пункты погрузки-выгрузки;
- *перегрузочные* (внутренние, пограничные);
- *портовые* (перевалочные).

II. По характеру работы:

- погрузочные;
- выгрузочные;
- погрузочно-выгрузочные;
- перегрузочные;
- перевалочные.

III. По принадлежности:

- станции общего пользования;
- станции необщего пользования (других владельцев инфраструктуры).

IV. В зависимости от взаимного расположения парков:

- продольного типа;
- полупродольного типа;
- поперечного типа.

174

V. По типу станций:

- тупиковая;
- сквозная.

Для выполнения основных задач на грузовых станциях имеются две группы основных устройств:

а) для работы с составами поездов и передач: приемоотправочные пути и парки; сортировочные устройства и пути; ходовые соединительные, ремонтные и выставочные пути;

б) для выполнения грузовых операций: грузовые районы или грузовые пункты с путевым развитием и соответствующими обустройствами и автоподъездами; пути, сдаваемые в аренду, и ж.-д. пути необщего пользования (ранее назывались «подъездные пути»).

8.2. Особенности грузовых станций тупикового типа

Особенности станций тупикового типа, расположенных в основном в крупных городах:

- а) отсутствие транзитного движения и соответственно транзитных вагонопотоков;
- б) главный путь переходит непосредственно в парковый станционный путь приема;
- в) обслуживание станций осуществляется в основном передаточными по-

ездами с сортировочной станции, т.е. грузовая станция является как бы крупным грузовым пунктом, примыкающим к сортировочной станции;

г) масса и длина передаточных поездов, как правило, значительно меньше, чем всех остальных поездов, обращающихся на данной линии. В связи с этим длина приемо-отправочных путей на тупиковых станциях в большинстве случаев меньше стандартной.

Подборка вагонов по фронтам грузовой станции может осуществляться либо на самой грузовой станции, либо на сортировочной. В первом случае на грузовой станции должны быть сортировочные пути и сортировочное устройство.

Из-за передаточного движения сортировочная работа заключается в основном в соединении на сортировочном пути убираемых с грузовых пунктов вагонов и их расстановке в соответствии с требованиями ПТЭ. Поэтому часть путей может работать как сортировочно-отправочные.

175

8.3. Схема грузовой станции тупикового типа с последовательным расположением грузового двора. Технология ее работы

Рассматриваемая схема (рис. 8.1) применяется при наличии удлиненной площадки, отводимой для грузовой станции.

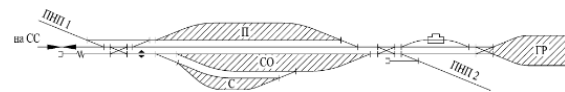


Рис. 8.1. Схема грузовой станции тупикового типа с последовательным расположением парков и грузового двора

Передаточные поезда с сортировочной станции поступают в парк прибытия. После отцепки локомотива, выполнения технического и коммерческого осмотра составы вытягивают на вытяжной путь и надвигают на сортировочную горку. После накопления подачи вагоны подкют на грузовой двор, где с ними выполняются грузовые операции. После этого вагоны переставляют на пути сортировочно-отправочного парка, накапливают, соединяют группы вагонов. После выполнения коммерческого и технического осмотра и прицепки поездного локомотива сформированный состав отправляется непосредственно с путей сортировочно-отправочного парка. При необходимости вагоны после выполнения с ними грузовых операций могут быть поданы на сортировочную горку и рассортированы на пути сортировочного или сортировочно-отправочного парков.

Особенности данной схемы:

- а) создается поточная подача вагонов на грузовой двор с путей сортировочного парка;
- б) сортировочная вытяжка проектируется со стороны, противоположной грузовому двору;
- в) четко выражены два маневровых района.

8.4. Схема грузовой станции тупикового типа с параллельным расположением всего комплекса устройств

Эта схема (см. рис. 8.2) применяется при наличии короткой, но широкой площадки. Технология работы описана ранее.

176



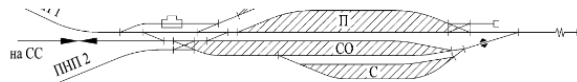


Рис. 8.2. Схема грузовой станции туликовского типа с параллельным расположением всего комплекса устройств

Особенности данной схемы:

- а) так как все устройства расположены параллельно, то подача-уборка вагонов на грузовой двор осуществляется с угловыми заездами;
- б) образованы два маневровых района.

8.5. Особенности грузовых станций сквозного типа

Станции сквозного типа обладают рядом особенностей, определяющих технологию их работы, а именно:

- а) через станцию осуществляется пропуск, скрещение и обгон грузовых и пассажирских поездов, для чего должны быть соответствующие пути, платформы и развитие горловин для изоляции от других передвижений;
- б) вагонопотоки на станцию поступают и отправляются различными категориями местных, иногда маршрутных или групповых поездов, для приема и отправления которых должны быть пути стандартной полезной длины;
- в) отдельно парк приема и отправления не устраиваются, т.к. в основном поезда, развозящие местный груз, имеют отцепку-прицепку на станции и пути специализируются как приемоотправочные;
- г) в сортировочном парке пути специализируют по приему и отправлению. Длина сортировочных путей, специализированных по прибытию, определяется длиной грузовых фронтов и, как правило, составляет не более 1/3 состава;
- д) сортировочная работа по отправлению вагонопотоков заключается в подборке вагонов для отправления в четном или нечетном направлении до ближайших технических станций, что определяет минимальное число сортировочных путей, специализирующихся по отправлению;
- е) на линейных станциях грузовой район в большинстве случаев располагается параллельно сортировочным путям, примыкая к вытяжному пути одного из изолированных маневровых районов. Если сооружается сортировочная горка, грузовой район примыкает к противоположному вытяжному пути;

177

- ж) при расположении грузового района параллельно сортировочному парку часть погрузочно-выгрузочных путей может быть сквозной, а подача-уборка вагонов производится с разных вытяжных путей, что увеличивает точность и снижает непроизводительные задержки при подаче-уборке вагонов.

8.6. Схема и технология грузовой станции сквозного типа с параллельным расположением всего комплекса устройств

Поезда с обоих направлений поступают в приемоотправочный парк (см. рис. 8.3). После отцепки поездного локомотива, выполнения технического и коммерческого осмотра составы вытягиваются на вытяжной путь и расформируются на сортировочной горке по грузовым фронтам.

После накопления подачи вагоны маневровым локомотивом подаются на грузовой двор или на подъездные пути, где с ними выполняются грузовые операции. По их окончании вагоны подаются на пути сортировочного парка для последующего расформирования и накопления в четном или нечетном направлении. После накопления составы переставляются на пути приемоотправочного парка, где с ними выполняются технический и коммерческий осмотры, после чего происходит прицепка поездного локомотива, проба тормозов и отправление.



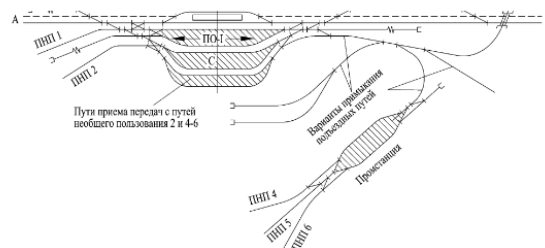


Рис. 8.3. Схема грузовой станции сквозного типа с параллельным расположением всего комплекса устройств

178

При увеличении маршрутизированного вагонопотока с пути необщего пользования № 3 может проектироваться дополнительный парк ПО-П.

8.7. Схема нефтесливной станции с комбинированным расположением всего комплекса устройств

Комплекс устройств нефтесливных и нефтеналивных районов включает в себя (см. рис. 8.4):

- станцию прицепки;
- нефтеочистительную или промывочно-пропарочную станцию;
- станции пунктов налива или слива.

К размещению устройств предъявляются следующие *требования*:

- весь комплекс устройств должен быть удален от жилых массивов;
- каждый комплекс должен быть удален от другого с обеспечением норм санитарии и противопожарных разрывов.

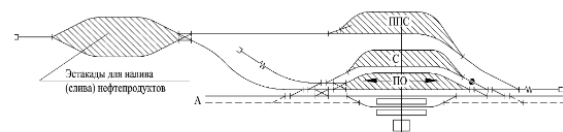


Рис. 8.4. Схема нефтесливной станции с комбинированным расположением всего комплекса устройств

По взаимному размещению все три комплекса могут быть:

- с параллельным расположением всех устройств;
- с комбинированным расположением;
- с последовательным расположением всех устройств.

На станции прицепки выполняются следующие операции:

- технический и коммерческий осмотр цистерн;
- сортировка; чистые цистерны сразу подаются под налив, неочищенные на промывочно-пропарочную станцию;
- подборка вагонов по родам нефтепродуктов: спецпродукты, светлый и темный налив.

179

На промывочно-пропарочной станции выполняются операции:

- слив и удаление остатков нефтепродуктов с помощью стационарных или передвижных вакуумных установок или насосов с предварительным подогревом высоковязких остатков острым паром (до 70–90 °С);

- ремонт цистерн;
- внешняя обмывка;
- пропарка насыщенным паром под давлением, продувка и просушка котлов.

Пункты слива и налива.

Обязательным условием обслуживания пунктов налива или слива является подача цистерн вагонами вперед, при этом локомотив прикрывается вагонами с песком. Локомотив должен быть оборудован искрогасительными устройствами.

Эстакады могут быть односторонними или двусторонними. Налив и слив может производиться самотеком или принудительно (с помощью насосов).

Особенности схемы:

- требуется короткая, но широкая площадка;
- соединительные пути извилисты, что ухудшает условия маневровой работы, увеличивает строительные и эксплуатационные расходы;
- сложная конструкция горловин, их большая загрузка;
- подача-уборка вагонов осуществляется с угловыми заездами, что увеличивает время маневровых операций.

8.8. Комбинированная схема перегрузочной пограничной станции

На сети железных дорог имеются два вида перегрузочных станций:

- внутренние перегрузочные станции (с узкой колеи 750 мм и 1 000 мм на колею 1 520 мм);
- пограничные перегрузочные станции (с узкой колеи 1 435 мм на колею 1 520 мм).

Чаще всего внутренние перегрузочные станции встречаются на торфоразработках, лесоразработках, в местах открытой добычи угля, руды, в местах масового посева сахарной свеклы.

Особенности организации поездопотоков пограничных перегрузочных станций:

- все поезда, следующие с грузами за границу, пропускаются через перегрузочные станции с переработкой или без переработки; процесс перегрузки может осуществляться на нашей пограничной станции или зарубежной;
- между перегрузочными станциями курсируют передаточные поезда;
- при незначительных объемах работы на перегонах может проектироваться совмещенная колея;
- все поезда, проходящие через границу, проходят таможенный контроль, что увеличивает простой подвижного состава. Поезда осматриваются в техническом и коммерческом отношении;
- практически не удается избежать порожнего пробега вагонов, так как в обратном направлении не всегда имеется груз в данный подвижной состав.

У пассажирских вагонов переставляют тележки, что уменьшает время простоя пассажирских поездов. Применение устройства SUW-2000 позволит осуществлять проследование грузовых и пассажирских поездов через пограничные переходы практически без задержек. Это устройство изменяет расстояние между колесами в зависимости от ширины колеи.

а) устройства для обслуживания пассажиров (пассажирское здание с залами для таможенного досмотра вещей и пассажиров, пассажирские платформы, комплекс устройств для перестановки тележек вагонов);

б) комплекс устройств для обслуживания широкой колеи (парки приема, отправления, сортировочные парки или пути, устройства локомотивного хозяйства, ВЧД и ПТО);

в) комплекс устройств для обслуживания узкой колеи (парки приема, отправления, сортировочные и вытяжные пути для подформирования вагонов по фронтам выгрузки, устройства экипировки локомотивов, ходовые пути);

г) общий комплекс устройств (перегрузочные устройства).
 Эти комплексы устройств могут располагаться параллельно, последовательно или комбинированно (см. рис. 8.5) друг относительно друга.
 Комплекс устройств пограничной перегрузочной станции включает в себя:
 Особенности схемы:
 а) сплетение узкой и широкой колеи;
 б) локомотивное хозяйство запроектировано объединенным;
 в) для одного из комплексов подача и уборка вагонов осуществляется с угловыми заездами.

181

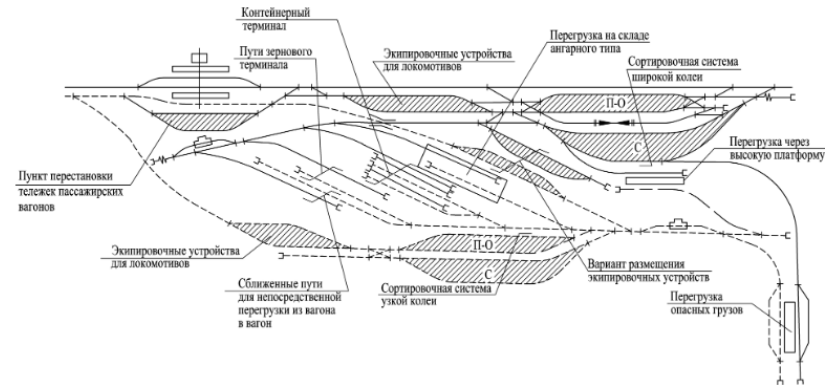
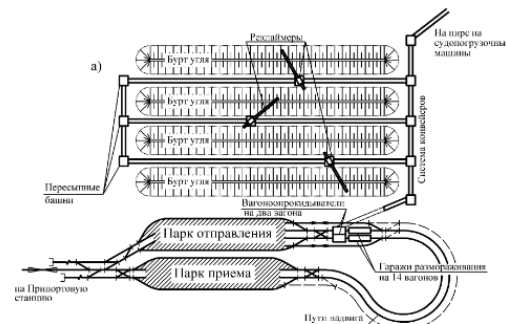


Рис. 8.5. Схема пограничной перегрузочной станции с комбинированным расположением всех комплексов устройств

182

8.9. Станции выгрузки и погрузки угля

Для переработки угля на пунктах перевалки с железнодорожного на речной или морской транспорт в настоящее время применяются следующие схемы путевого развития терминалов (см. рис. 8.6).



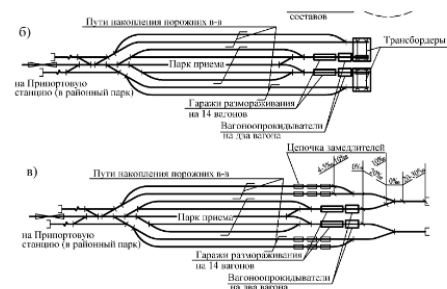


Рис. 8.6. Путевое развитие балкерных терминалов (терминалов для переработки навалочных грузов: угля, рудного концентрата): а — терминал с кольцевой схемой, обеспечивающей поточность продвижения вагонов; б — терминал с трансбордерами для перестановки вагонов после выгрузки на пути накопления порожних вагонов; в — терминал с устройством реверсивной горки для перестановки вагонов на путь накопления

183

В варианте, представленном на рис. 8.6, а путевое развитие сгруппировано в два парка: приема, где производятся операции по прибытию, как правило, совмещенные с приемо-сдаточными операциями (обслуживание терминала осуществляется поездным порядком), парка отправления, где производится накопление порожних вагонов, при необходимости их зачистка, подача на повторную выгрузку, операции по отправлению и приемо-сдаточные операции при возвращении вагонов с пути общего пользования на пути общего пользования.

Парки соединены путями надвига, расположенными на кривых, подача на эти пути осуществляется маневровыми локомотивами с хвоста состава до размораживающих устройств. Далее по фронту между гаражами размораживания и вагонопрокидывателями состав передвигается позиционерами. Вагонопрокидыватели, как правило, спаренные (два, три или четыре) в зависимости от требуемой производительности комплекса. После подачи очередной группы вагонов в ротор вагонопрокидывателя, составитель производит отцепку этой группы от состава, позиционер фиксирует оставшуюся на пути подачи группу, осуществляется опрокидывание вагонов на решетку приемного бункера вагонопрокидывателя. После возвращения ротора в исходное положение позиционер продолжает надвиг состава, тыльной стороной «лапы» выталкивает порожние вагоны на путь накопления. Далее цикл повторяется. Преимущество данной схемы в поточности продвижения вагонопотока, отсутствии дополнительных технических средств типа трансбордеров и реверсивных горок, однако такая схема требует достаточной площадки для ее размещения на местности. С внешней стороны от вагонопрокидывателей уложены обходные пути для возможности переподачи порожних вагонов после зачистки в парке отправления на роторы вагонопрокидывателей. Емкость гаражей размораживания составляет 14 вагонов. Длительность оттаивания смерзшегося угля или концентрата от бортов вагона составляет около 20–30 мин для первой партии, остальные вагоны разогреваются в процессе работы позиционера и опрокидывателя. Перерабатывающая способность такого комплекса при двух путях надвига и двух спаренных вагонопрокидывателях составляет до 18 млн. тонн/год (600–800 вагонов/сутки).

Схема, представленная на рис. 8.6, б относительно предыдущей имеет следующие конструктивные особенности. Пути парка приема располагаются в центре, отправочные пути по краям. Данная схема требует наличия районного парка или припортовой станции, где будут выполняться операции по приему-отправлению поездов, обслуживание терминала выполняется маневровым порядком с подачей составов вагонами вперед. Схема применяется при короткой

184

Технологическая линия по погрузке концентрата представлена путями парка приема (пути 5–8), где производится операции по прибытию, пути подачи вагонов (13, 14), выставочным парком (пути 15–18). Подача вагонов с путей парка приема на выставочные пути осуществляется маневровыми локомотивами (можно вагонами вперед, можно локомотивом вперед, для обгона после подачи должен быть свободен смежный путь). Подача вагонов к погрузочным бункерам выполняется толкателями с хвоста состава, погруженные вагоны

8.10. Предпортовые и портовые станции, районные парки порта

Для передачи грузов с железнодорожного транспорта на морской и обратно, формирования порожних и груженых составов, подачи вагонов к определенным причалам и складам создаются предпортовые железнодорожные станции или выделяются определенные парки и пути.

Предпортовыми станциями являются, как правило, сортировочные станции сетевого значения, служащие главными опорными пунктами железных дорог по организации грузового движения, на которых сконцентрирована основная маневровая работа по расформированию и формированию грузовых поездов и передач как на сеть ОАО «РЖД», так и в обслуживаемые порты и другие предприятия.

При значительных объемах переработки грузов в адрес порта сооружаются портовые станции и районные парки.

186

Портовые станции производят основную работу по организации взаимосвязи с предпортовой станцией и сортировке вагонов по районам порта или отдельным его причалам (складам). Для выполнения этой работы в портовой станции выделяются приемоотправочные и сортировочные парки с соответствующими объемам работ сортировочными устройствами (вытяжки, горки малой мощности и т. п.). Взаимное размещение этих парков зависит от объема работы и местных условий.

Районные парки порта имеют основное назначение — приблизить к причалам и складам железнодорожные вагоны, подготовленные для подачи к погрузочно-выгрузочным фронтам. В районных парках может производиться частичная сортировка вагонов по причалам и трюмам судов. В зависимости от объема работы районные парки могут иметь приемоотправочные и сортировочные пути.

Портовые станции обычно создаются в условиях, когда не представляется возможным разместить в порту районные парки и при концентрированном размещении причалов. В этих случаях районные парки подлежат объединению в одну-две портовые станции со специализацией отдельных ее парков по обслуживанию разных районов порта. При размещении портовых станций следует максимально приближать их к порту, а при возможности располагать непосредственно на его территории с учетом планировки города.

Портовые станции и районные парки могут быть отнесены к станциям типа грузовых или промежуточных в зависимости от объема работы. С целью сохранения занятости ценной территории порта как портовые станции, так и районные парки наиболее целесообразно располагать по параллельной схеме. В зависимости от принятой системы обслуживания районные парки могут использоваться либо для подачи к фронтам вагонов, прибывших подобранными в группу, либо для производства такой подборки до подачи.

В дополнение к общеизвестным классификациям предпортовых и портовых станций и районных парков их схемы и взаимное расположение можно классифицировать по геометрическому расположению по отношению к причальным линиям порта. По конфигурации причальных линий порты бывают с пирсовыми причалами, причалами-набережными, комбинированными причалами.

В соответствии с этими признаками схемы размещения предпортовой станции и районных парков по геометрическому расположению можно классифицировать следующим образом:

- предпортовые станции и подходы портовой ветви, перпендикулярные береговой линии порта;

187

- предпортовые станции и подходы портовой ветви, последовательные береговой линии порта,
- предпортовые станции, параллельные береговой линии порта.

Размещение районных парков во всех схемах может быть перпендикулярным, продольным либо параллельным по отношению к береговой линии в зависимости от типа причалов и степени стесненности портовой площадки.

Схема районного парка, обслуживающего паромный комплекс, контейнерный терминал показан на рис. 8.8. Примыкание путей необщего пользования терминалов выполнено в разных горловинах районного парка для снижения их загрузки, посредине районного парка уложен ходовой путь для обгона передаточных локомотивов в противоположную горловину. Подача вагонов на пути контейнерного терминала может выполняться вагонами вперед и вагонами, прицепленными сзади. Пути контейнерного терминала располагаются перпендикулярно причальной линии. С внешней стороны уложен ходовой путь для пропуска поездного локомотива.

Выставочный парк паромного комплекса предназначен для выполнения приемо-сдаточных операций, пограничных операций при отправлении или прибытии парома из-за границы.

На схеме транспортного узла (рис. 8.9) показано размещение предпортовой станции и подхода портового пути необщего пользования перпендикулярно береговой линии с причалами-набережными порта. Приведенная схема предпортовой станции имеет комбинированное расположение районных парков, размещенных в непосредственной близости от порта. При данной схеме возможно размещение предпортовой станции и в удалении от порта без изменений общей компоновки.

Районные парки размещаются на портовой территории в непосредственной близости от обслуживаемых причалов. Наиболее удобным (при пирсовых причалах порта и достаточной ширине портовой площадки) является их размещение перпендикулярно береговой линии, что позволяет максимально приблизиться к причалам. При стесненной ширине портовой площадки районный парк целесообразно размещать параллельно береговой линии. Такое размещение удаляет районный парк от причалов по техническим возможностям укладки кривых соединительных путей даже с применением минимально допустимых радиусов. В этих случаях допускается применение радиусов кривых 150 м. В остальных случаях желательно применение радиусов не менее 180 м.

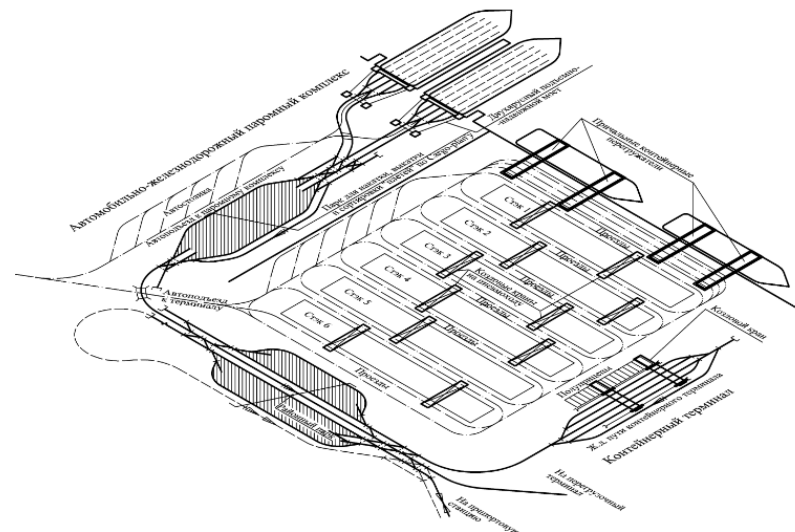


Рис. 8.8. Схема районного парка, обслуживающего паромный комплекс и контейнерный терминал

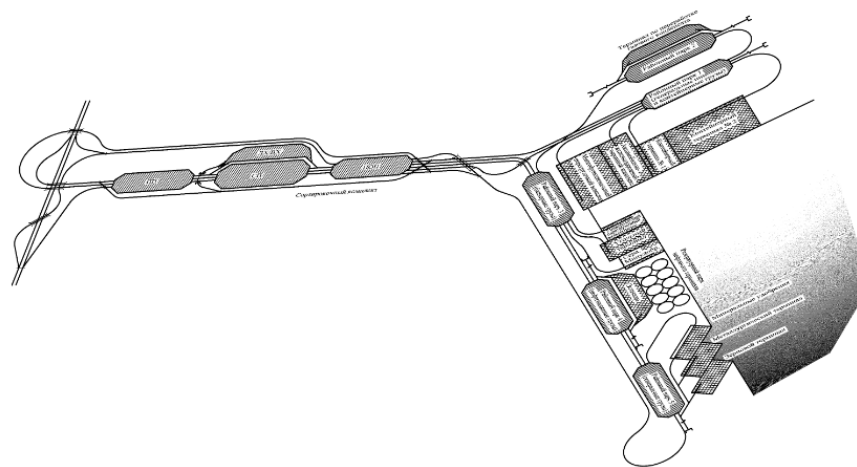


Рис. 8.9. Схема транспортного узла по перевалке грузов с железнодорожного на морской транспорт

190

В сортировочном парке предпортовой станции предусматриваются сортировочные пути для групп вагонов, направляемых в районные парки порта и на специализированные перегрузочные участки. Для вагонов, направляемых из порта на сортировочную станцию, выделяются пути, располагаемые в парке приема. Для приема этих передач между транзитным и сортировочным парком предусматривается ходовой путь.

Пути для отстоя задерживаемых вагонов наиболее целесообразно располагать в соответствующих районных парках, однако в отдельных случаях возможно расположение этих путей и на предпортовой станции (при небольшом удалении ее от порта) отдельным пучком в сортировочном парке.

Возможны схемы при перпендикулярном подходе портовой ветви и при причалах-набережных. Размещение районных парков вблизи от обслуживаемых причалов при такой схеме затруднено из-за криволинейного вписывания соединительных путей даже при минимально допустимых радиусах. Такая схема требует большую ширину портовой площадки. При наличии комбинированных причалов (пирсовые причалы и причалы-набережные) часть районных парков может располагаться в непосредственной близости от обслуживаемых пирсовых причалов, другая часть, обслуживающая причалы-набережные, удаляется на расстояние по техническим возможностям вписывания.

Во всех случаях размещения районных парков на существующей площадке портов должны учитываться местные условия расположения порта (приближение жилой и промышленной застройки, возможность вписывания железнодорожных подходов и др.). Компоновка районных парков порта с пирсовыми причалами применяется при достаточной ширине портовой площадки, а при причалах-набережных и комбинированных причалах — при небольшой ширине площадки. Во всех этих случаях районные парки целесообразно размещать параллельно береговой линии, максимально приближая их к внешней территории порта, с целью уменьшения занятия полезных площадей и размещения между береговой линией и районными парками складов и погрузочно-выгрузочных площадок. Параллельное размещение предпортовой сортировочной станции

характеризуется незначительным удалением ее от территории порта с пирсовыми причалами, но при достаточной ширине портовой площадки для размещения районных парков. При такой конфигурации береговой линии районные парки следует располагать параллельно ей. В связи со значительной протяженностью причального фронта вдоль берега районные парки располагаются последовательно друг к другу.

191

В связи с большим протяжением причального фронта и близким расположением предпортовой станции целесообразно предусматривать два входа в порт во избежание значительного перепробега маневровых передач из станции в различные районные парки. В зависимости от схемы сортировочной станции при расположении сортировочного парка с противоположной стороны главных путей, а также при прибытии маршрутов в адрес порта может возникнуть необходимость в сооружении развязки железнодорожных подходов в разных уровнях, как показано на рис. 8.9.

При размещении предпортовой станции параллельно береговой линии на значительном от нее удалении возможно ограничиться одним входом в порт. В этом случае в зависимости от конфигурации причального фронта и размеров портовой площадки размещение районных парков возможно как перпендикулярно, так и параллельно береговой линии.

На приведенной схеме показаны принципиально возможные варианты компоновки предпортовой станции и районных парков. При компоновке схем железнодорожных устройств на существующих территориях порта могут возникнуть частные решения, вызывающие отдельные поправки к схемам, однако общая конфигурация может сохраняться оптимально удобной. При строительстве новых портов компоновать районные парки можно в увязке с отводимой под строительство порта территорией площадки, конфигурацией береговой линии и причалов, а также направлением подхода портовой ветви.

Основой четкого взаимодействия железнодорожного и морского транспорта должны служить принципы, при которых будет получаться максимальная экономия труда, времени и всякого рода транспортных издержек на всем пути следования грузов смешанного сообщения. Для обеспечения взаимодействия (ритмичности) в работе портов и станций и увязки с графиками движения судов и поездов необходимо соблюдать следующие основные условия:

- минимальный интервал между прибытием судов в перевалочный пункт (к причалу) должен быть больше или равен технологическому интервалу их обработки;
- минимальный интервал между прибытием поездов или передач в перевалочный пункт (к причалу) должен быть больше или равен технологическому времени их обработки;
- количество порожних вагонов, подаваемых под погрузку за расчетный период, должно соответствовать количеству груза, прибывающему за этот период в судах, или количеству, прибывающего по железной дороге, должно соответствовать количеству подаваемого тоннажа;

192

– календарные сроки погрузки маршрутов, следующих на перевалку, а также календарные сроки подачи порожних вагонов под погрузку в перевалочный пункт должны устанавливаться с учетом календарных сроков прибытия судов в перевалочный пункт;

– интервал прибытия судов или поездов в перевалочный пункт должен выбираться с учетом обеспечения наибольшей перевалки грузов по прямому варианту и наименьшего простоя судов и вагонов.

Эти принципы кладутся в основу совмещенных графиков движения судов и поездов на внутренних смешанных железнодорожно-водных перевозках. Такие же условия должны закладываться и в организацию взаимодействия желез-

нодорожного и морского транспорта при экспортно-импортных перевозках.

На неравномерный подход судов, а следовательно, и ритмичность взаимной железнодорожно-водной перегрузочной работы в портах влияет целый ряд объективных факторов: изменение метеорологических условий, аварийные отклонения судна от маршрута, внезапное изменение договорных условий и др. Учитывая, что поступление грузов и необходимого количества порожнего подвижного состава в порт обеспечивается из различных районов страны зачистую на большие расстояния, поток вагонов в порт не прекращается, оставаясь в предпортовых станциях в ожидании разгрузки или загрузки.

8.11. Устройство паромных железнодорожно-морских переправ и технология их работы

Характерная для последних лет тенденция организации бесперегрузочных перевозок грузов с участием различных видов транспорта находит свое выражение во все более широком развитии паромных сообщений наряду с появлением и других видов и систем перевозок.

Морские паромные сообщения, обеспечиваемые специальными судами-паромами, характеризуются неслучайным наличием специализируемых комплексов береговых устройств в портах отправления и прибытия, рассчитанных на прием и обработку принятых для данной линии судов.

В зависимости от типа паромной переправы и ее назначения такие береговые комплексы состоят из соответствующего набора специальных сооружений, зданий и устройств.

Для единообразия в настоящее время приняты следующие основные термины и определения основных элементов морских паромных переправ:

193

– паром — морское судно, предназначенное для перевозки по расписанию наземных транспортных средств, пассажиров, а также частично укрупненных грузовых мест, перегружаемых способом наката;

– береговые морские устройства — комплекс сооружений, зданий и устройств, предназначенных для приема, швартовки паромов, сопряжения рабочих палуб паромов с берегом, подготовки и накатки-выкатки перевозимых ими транспортных средств и грузов, посадки-высадки и обслуживания пассажиров, оформления грузовой и другой сопроводительной документации, рампа (стационарное береговое сооружение причала, предназначенное для сопряжения рабочей палубы парома с берегом), подъемно-сопрягающий (надвижной) мост;

– ашпель — судовое подъемно-сопрягающее устройство для сопряжения рабочей палубы парома с береговым подъемным мостом или рампой;

– береговые железнодорожные устройства — предпаромная сортировочная станция (для сортировки вагонов по весовым характеристикам — Cargo-plan и коммерческой пригодности, для оформления и таксировки грузовых документов по вагонам, намеченным к погрузке на паром), выставочный парк (для вагонов в ожидании их накатки-выкатки), железнодорожные пути на подходе к подъемно-надвижному мосту;

– плеть — группа железнодорожных вагонов для одновременной накатки на рабочую палубу парома;

– вагоны прикрытия — буферные вагоны или платформы, устанавливаемые между плетью и локомотивом, производящим накатку-выкатку плетей (применяются в случаях, когда въезд локомотивов на подъемно-сопрягающий мост и паром запрещен).

Морские паромные переправы могут быть классифицированы в соответствии со следующими критериями:

- 1) по характеру перевозок — международные и каботажные;
- 2) по роду перевозок — грузовые и грузо-пассажирские;
- 3) по виду перевозимых транспортных средств — автомобильные, железнодорожные и автомобильно-железнодорожные;
- 4) по долговечности службы — постоянные и временные;
- 5) по длительности работы в течение года — круглогодичные и сезонные;

6) по протяженности маршрута — короткие линии (до 100 км), линии средней протяженности (от 100 до 700 км), дальние линии (800 км и более);

7) по типу обслуживающих линию судов — с судами традиционных типов и с неводоизмещающими судами;

194

8) по типам и размещению подъемно-сопрягающих устройств — переправы с паромом, располагающими подъемно-сопрягающими устройствами, переправы с береговыми подъемно-сопрягающими устройствами и переправы с подъемно-сопрягающими устройствами и у паромов и у причалов;

9) по направлению накатки наземных транспортных средств (по отношению к оси парома) — с продольной накаткой (через носовые или кормовые ворота парома) и с поперечной накаткой (через бортовые лапшорты);

10) по числу ярусов причалов — одно- и многоярусные.

Развитие морских паромных сообщений в течение последних лет характеризуется рядом тенденций:

- возникновение новых линий, открываемых как в странах традиционного паромного судоходства, так и в странах, где оно до последнего времени не развивалось;

- увеличение частоты отправок на уже эксплуатируемых линиях;

- пополнение паромного флота новыми современными судами и вывод из эксплуатации старых;

- изменение структуры паромного судоходства: относительно медленное развитие, а в ряде случаев вытеснение железнодорожных и железнодорожно-пассажирских паромных перевозок и паромов автомобильно-пассажирскими и грузовыми;

- изменение режима работы паромных линий — превращение сезонных линий в круглогодичные;

- увеличение протяженности паромных маршрутов и появление все новых линий средней (от 100 до 300 км) и большой (более 300 км) протяженности. Имеются паромные переправы протяженностью и свыше 1 000 км.

Эти тенденции в наибольшей степени характерны для таких районов мира, как бассейны Северного и Балтийского морей, Средиземное море, Дальний Восток.

Как сказано выше, железнодорожно-морские паромные переправы возникают в связи с наличием водных (морских) преград как между железнодорожными направлениями по кратчайшему расстоянию внутри страны, так и между государствами.

В первом случае паромные переправы либо сокращают пробеги вагонов при следовании их из одного района страны в другой, либо не только сокращают эти пробеги, но и позволяют избежать крупных капитальных затрат на строительство многокилометровых мостовых переходов.

195

Во втором случае железнодорожно-морские паромные переправы возникают во избежание крупных затрат на многократную перегрузку грузов при переходе вагонов из одной страны в другую из-за различной ширины колеи железнодорожных путей в этих странах.

В состав береговых портовых устройств паромных переправ входят паромный пирс с корневым выступом, образующим ложе парома, подъемно-сопрягающий (надвижной) мост, везды на пирсы и паромы, служебно-технические здания по обслуживанию паромных переправ и управлению их работой.

Конструкции паромного пирса, ложи парома, подъемно-надвижного моста и вездов зависят от типа паромов.

Паромные причалы представляют собой узкие пирсы длиной в зависимости от типа обращающихся судов-паромов. В корневой части пирса расположе-

ны морские устои, один из которых примыкает непосредственно к пирсу, а другой расположен на расстоянии, соответствующем ширине кормы парома, и вместе с передним краем подъемно-сопрягающего моста эти устои образуют таким образом ложу парома.

Отбойные устройства служат для амортизации при ударах судна-парома о причал и корневую часть пирса-причала во время причаливания. Эти устройства на пирсе предусматриваются различной конструкции.

Подъемно-сопрягающий (надвижной) мост паромных переправ представляет собой металлическую конструкцию, состоящую либо из двух пролетов, либо из одного пролета.

Конструкция мостов предусматривает возможность различных его наклонов для паромов в порожнем и выкатки вагонов в грузе в различных положениях.

Достижение определенного наклона моста осуществляется специальным подъемным механизмом. На сопряжении двух пролетов моста между собой и с берегом предусмотрено устройство шарнирных соединений. Верхнее строение пути в этих шарнирных соединениях имеет специальную конструкцию.

Каждый из ярусов моста имеет вертикальную свободу перемещения в зависимости от уровня палуб парома при его погрузке-выгрузке. Максимальный уклон пролетов моста 50 %.

На всех мостах и в корме парома предусмотрены сигнально-блокировочные замки, запирающиеся автоматически при правильной стыковке кормы парома с подъемно-надвижным мостом. Эти замки удерживают в сочлененном состоянии паром и мост как единую конструкцию при производстве накатки-выкатки вагонов.

Въезды на причальные пирсы устраиваются из специальных конструкций. По ним производится въезд автотранспорта для снабжения и обслуживания парома.

Возможно устройство въезда на пирс с укладкой железнодорожного пути для подачи на него вагонов при материально-техническом снабжении парома.

Железнодорожные устройства паромных переправ состоят из предпортовой сортировочной станции, выставочного парка и подходов к подъемно-надвижному мосту. На предпортовых сортировочных станциях производится подборка плетей вагонов на паром по Cargo-plan'у и формирование поездов на внешнюю сеть.

Выставочный парк предназначен для выставки подобранных на каждый путь парома групп (плетей) вагонов и их уборки из парома. В выставочном парке производятся таможенный и пограничный досмотры вагонов. Количество путей в выставочном парке определяется в зависимости от схемы надвига и выкатки плетей вагонов (отдельно на каждый путь) по количеству путей на пароме, а при соединении двух-трех плетей количество путей соответственно уменьшается. Например, если перевозки осуществляются двухпалубным паромом с пятью путями на каждой палубе, то количество сортировочных путей на станции для обслуживания парома предусматривается 10 плюс соответствующее количество ходовых и сортировочных путей на внешнюю сеть. Количество путей в выставочном парке при накатке-выкатке каждой плети вагонов отдельно предусматривается 20 путей (10 для накатки и 10 для выкатки) плюс 2 ходовых пути. При соединении плетей вагонов в две и три группы в выставочном парке предусматривается 8 путей (по 4 пути для накатки и выкатки вагонов) плюс 2 ходовых пути. Подробное описание специализации путей приведено ниже.

Конструкция железнодорожных подходов к подъемно-сопрягаемому мосту зависит от типа парома и способа подачи плетей вагонов на палубы судна. При одноярусном мосте и однопалубных паромех железнодорожные подходы к мосту предусматриваются на обычном земляном полотне, в плане, как правило, на прямой и в профиле на площадке либо на уклонах незначительной величины.

Совсем иную конструкцию имеют железнодорожные подходы к двухъярусному подъемно-надвижному мосту. Учитывая, что к этому мосту необходимо обеспечить подачу вагонов на верхний и нижний ярусы моста, железнодорожные подходы имеют две пары путей: верхнюю и нижнюю. Верхняя пара путей укладывается в плане на прямой и в профиле — на подъеме в сторону моста. Величина уклона на подъеме зависит от рельефа местности и обычно не превышает 15–18 %. Часть этих путей на подходе к верхнему ярусу моста

В связи с этим нижняя пара путей на подходе к мосту проектируется в плане с устройством обратных кривых перед входом вовнутрь нижней части эстакады. На протяжении 150–200 м от передней грани моста (кормы паромы) на средних подвижных путях предусматривается прямая либо пологие кривые больших радиусов для обеспечения безопасности маневровой работы на эстакаде и мосту.

Технология работы всего комплекса паромных переправ зависит от типа судов-паромов, отличающихся друг от друга количеством палуб для размещения железнодорожных вагонов и количеством путей на каждой палубе. Суда-паромы бывают однопалубные, двухпалубные и трехпалубные.

Однопалубные суда располагают, как правило, тремя-четырьмя путями, двухпалубные и трехпалубные — по 5 путей на каждой палубе. Таким образом, каждый тип судна-парома имеет разную вместимость вагонов. На паромных сообщениях нашей страны курсируют паромы однопалубные вместимостью 26 четырехосных вагонов, двухпалубные — 104 четырехосных вагонов и трехпалубные — 108 четырехосных вагонов.

В зависимости от количества путей на судне-пароме на предпортовой сортировочной станции осуществляется подборка плетей вагонов на каждый путь паромы. Эта подборка осуществляется по заданному портом так называемому каргоплану, т.е. каждый вагон в плети на каждый путь должен иметь свое место по массе и роду груза. На предпортовой сортировочной станции плети подбираются по массе с таким расчетом, чтобы разность массы плетей, выставляемых на правые и левые бортовые пути паромы, не превышала допустимых величин во избежание крена судна в процессе накатки и выкатки вагонов. Для такой подборки плетей на предпортовой сортировочной станции предусматривается столько путей, сколько путей на пароме. Длина этих путей предусматривается по длине наибольшей плети.

По окончании формирования плетей они выставляются в выставочный парк. Эта выставка может производиться каждой плети на отдельные пути выставочного парка либо в соединении двух-трех плетей в зависимости от принятой технологии накатки-выкатки вагонов на паром и обратно.

До прихода судна-парома все плети вагонов должны быть подобраны и выставлены в выставочный парк, где вагоны на международных переправах до накатки их на паром должны пройти пограничный и таможенный досмотр.

Новые современные паромы с компенсаторами крена позволяют не производить подборку плетей с разновеской по Cargo-plan'y, а в процессе накатки на самом пароме производится их сортировка и подъем с помощью грузовых лифтов.

При прибытии судна производятся грузовые операции на нем. Выкатка плетей с паромы осуществляются двумя локомотивами и начинается с бортовых путей, затем средних и в последнюю очередь с центрального пути.

Особенности загрузки судна, распределение вагонов по палубам исходя из их массы, длины и габарита, а также конструктивные особенности железнодорожного двухъярусного подхода к причалу, обусловленные двухъярусной конструкцией подъемно-подвижного моста и безлифтной конструкцией паромы, определяют технологию работы всего комплекса железнодорожных паромных устройств.

Погрузка паромы производится в обратном порядке разгрузки.

Накатывают вагоны на пути паромы и выкатывают их при максимальной скорости 3 км/ч. Необходимым условием загрузки паромы является примерное весовое равенство групп вагонов, находящихся на бортовых путях.

Автоматические устройства выравнивания крена судна во время всего погрузочного процесса обеспечивают нормальные условия работы при предполагаемой несимметричной нагрузке (200 т), равномерно распределенной по длине

плети для пары плетей на крайних бортовых путях паромов. По завершении операций в выставочном парке с выставленными из паромов вагонами они подаются в парк приема сортировочной станции для последующего формирования поездов на внешнюю сеть.

Контрольные вопросы

1. Какие операции выполняются на грузовых станциях?
2. Какие устройства имеются на грузовых станциях?
3. Приведите классификацию грузовых станций.
4. Укажите особенности грузовых станций тупикового типа.
5. Перечислите особенности грузовых станций сквозного типа.
6. Как может располагаться грузовой район по отношению к паркам грузовой станции?
7. Какие устройства включает в себя комплекс нефтесливной (нефтеналивной) станции?
8. Какие требования предъявляются к размещению отдельных устройств нефтеналивной станции?
9. Какие операции выполняются на станции примыкания комплекса налива (слива) нефтепродуктов?
10. Какие операции выполняются на промывочно-пропарочной станции комплекса налива (слива) нефтепродуктов?

199

11. Укажите требования к обслуживанию пунктов налива и слива нефтепродуктов (эстакад).
12. Опишите особенности организации поездопотоков пограничной перегрузочной станции.
13. Какие устройства включает в себя комплекс пограничной перегрузочной станции?
14. Укажите особенности комбинированной схемы пограничной перегрузочной станции.
15. Опишите отличительные моменты в схемных решениях станций погрузки и выгрузки угля.
16. Что такое районный парк порта и какие операции выполняются в нем?
17. Чем отличаются портовые и предпортовые станции?
18. Как классифицируются порты по конфигурации причальных линий?
19. Как классифицируются порты по геометрическому расположению предпортовой станции и районных парков?
20. Укажите условия, необходимые для обеспечения взаимодействия в работе портов и станций.
21. Что называется морским паромом?
22. Что относится к береговым морским устройствам паромной переправы?
23. Что относится к береговым железнодорожным устройствам паромной переправы?
24. Как классифицируются морские паромные переправы?
25. Укажите основные тенденции в развитии паромных сообщений.

Литература

1. СП 237.1326000.2015. Свод правил. Инфраструктура железнодорожного транспорта. Общие требования (утв. и введен в действие Приказом Минтранса России от 06.07.2015 № 208) // Текст : электронный // Справочная правовая система «Консультант Плюс» Информационный банк «Строительство»: [сайт]. — URL: www.consultant.ru/ (дата обращения: 25.02.2020).
2. СП 225.1326000.2014. Свод правил. Станционные здания, сооружения и устройства (утв. Приказом Минтранса России от 02.12.2014 № 331) // Текст : электронный // Справочная правовая система «Консультант Плюс» Информационный банк «Строительство»: [сайт]. — URL: www.consultant.ru/ (дата обращения: 25.02.2020).

3. Железнодорожные станции и узлы : учебник для вузов железнодорожного транспорта / В. И. Апатцев, Ю. И. Ефименко [и др.]. — Москва : ФГБОУ «УМЦ ЖДТ», 2014. — 855 с.
4. Железнодорожные станции и узлы : учебник для вузов железнодорожного транспорта / В. Г. Шубко, Н. В. Правдин, Е. В. Архангельский [и др.] ; под редакцией В. Г. Шубко и Н. В. Правдина. — Москва : УМК МПС России, 2002. — 386 с.
5. Акулиничев, В. М. Железнодорожные станции и узлы / В. М. Акулиничев, Н. В. Правдин, В. Я. Болотный, И. Е. Савченко. — Москва : «Транспорт», 1992. — 420 с.
6. Правдин, Н. В. Проектирование железнодорожных станций и узлов : учебное пособие для транспортных вузов / Н. В. Правдин, Т. С. Банек, В. Я. Негрей ; под общей редакцией Н. В. Правдина. — Минск : Выш. шк., 1984. — 2-е изд., перераб. и доп. — 288 с.
7. Проектирование железнодорожных станций и узлов : справочное и методическое руководство / под редакцией А. М. Козлова и К. Г. Гусевой. — Москва : «Транспорт», 1981. — 592 с.
8. Скалов, К. Ю. Развитие и реконструкция станций и узлов / К. Ю. Скалов, И. Е. Савченко, Е. А. Ветухов [и др.]. — Москва : Транспорт, 1972. — 286 с.
9. Болотный, В. Я. Совершенствование схем и технологии работы железнодорожных станций : учебное пособие для вузов / В. Я. Болотный. — Москва : Транспорт, 1986. — 280 с.
10. Болотный, В. Я. Переустройство железнодорожных станций : справочное руководство по проектированию / В. Я. Болотный, М. К. Брехов. — Москва : Транспорт, 1982. — 173 с.
11. Болотный, В. Я. Проектирование железнодорожных узлов : учебное пособие / В. Я. Болотный. — Москва : Транспорт, 1989. — 152 с.

ГЛАВА 9. ПАССАЖИРСКИЕ СТАНЦИИ

9.1. Назначение, основные операции, выполняемые на пассажирских станциях. Классификация пассажирских станций

Пассажирская станция состоит из двух комплексов:

- а) основная пассажирская станция;
- б) техническая пассажирская станция (или технический парк).

На основных пассажирских станциях имеются приемо-отправочные (перронные) пути для поездов, пассажирские платформы для посадки-высадки пассажиров, погрузки-выгрузки багажа и грузобагажа, здания вокзалов, переходы, связывающие вокзалы с данными платформами, багажные и почтовые устройства для обслуживания почтово-багажных перевозок.

На технических пассажирских станциях имеются устройства: парк грубой очистки (парк приема), вагономоечная машина, вагоноремонтное (ВЧД) и ремонтно-экипировочное (РЭД) депо, пункты технического осмотра, механизированные прачечные, склады топлива, горячее и холодное водоснабжение, пути

для отстоя готовых составов (парки отправления), резервные пути, вытяжные пути для переформирования составов. Кроме того, на территории пассажирской технической станции могут находиться локомотивное хозяйство пассажирских локомотивов, пути отстоя пригородных составов.

В зависимости от объема работы пассажирские станции могут разделяться на 5 типов:

- а) крупные пассажирские станции, которые проектируются в столичных городах. Эти станции предусматривают обслуживание более 20 млн человек в год. Чаще всего эти станции проектируют перронно-тупикового типа. Пригородное движение, как правило, отделяется от дальнего движения;
- б) станции с годовым отправлением пассажиров 10–20 млн человек в год. Эти станции имеют сквозные приемоотправочные пути и хорошо развитую техническую станцию;
- в) станции на пересечении маршрутов пассажиров;
- г) станции курортных городов;
- д) прочие пассажирские станции, выполняющие работу по обслуживанию пассажиров.

По характеру работы пассажирские станции подразделяются:

- *специализированные* — только для обслуживания пассажирского движения;

202

- *объединенные* — для обслуживания грузового и пассажирского движения;
- *зонные* — для обслуживания пригородного движения (размещаются в пределах пригородного участка и служат для оборота, отстоя и экипировки части пригородных составов).

По роду выполняемой работы с пассажирскими поездами пассажирские станции бывают:

- транзитные;
- конечные;
- смешанные.

По взаимному расположению главных путей и пассажирской технической станции (ПТС) пассажирские станции могут быть:

- с расположением ПТС между главными путями;
- с расположением ПТС сбоку от главных путей.

По схеме путевого развития:

- тупиковые;
- сквозные;
- комбинированные.

9.2. Основные схемы взаимного расположения пассажирской и технической станций

Размещение пассажирской технической станции (ПТС) должно быть обязательно противоположно направлению следования максимального количества поездов местного формирования (см. рис. 9.1).

При расположении пассажирской технической станции между главными путями происходит искривление главных путей. Чтобы не снижалась скорость движения пассажирских поездов, при подходе к станции необходимо укладывать кривые больших радиусов (желательно 2 000 м и более). Достоинством такого расположения является поточность подачи-уборки пассажирских составов на пассажирскую техническую станцию.

При этом специализация путей на пассажирской станции должна быть следующей: средние пути выделяются для поездов своего формирования, а крайние — для транзитных поездов соответствующего направления.

При расположении пассажирской технической станции сбоку от главных путей главные пути не искривляются. Однако сильно загружены горловины, связывающие пассажирскую и техническую станции, не обеспечивается поточность подачи-уборки вагонов на ПТС.

203

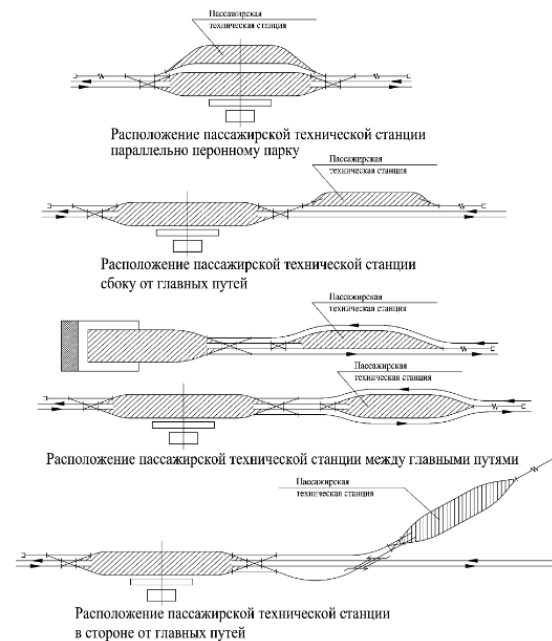


Рис. 9.1. Схемы взаимного расположения пассажирской и технической станций

При такой схеме взаимного расположения пассажирской станции и ПТС специализация путей на пассажирской станции должна быть следующая: ближайшие пути к ПТС — для поездов своего формирования, а для транзитных поездов каждого направления выделяются средние и крайние пути.

Для устранения вышеуказанных недостатков можно сделать вынос пассажирской технической станции с путепроводной развязкой.

9.3. Тупиковая пассажирская станция с выделением приемоотправочных путей для пригородного и дальнего пассажирского движения

Достоинствами пассажирских тупиковых станций являются (см. рис. 9.2):

- обеспечение удобной связи городского и железнодорожного транспорта;
 - меньшая территория, чем при размещении сквозных пассажирских станций;
 - возможность глубокого ввода на территорию города.
- Недостатками пассажирских тупиковых станций являются:
- сложность обработки транзитных пассажирских поездов;
 - меньшая пропускная способность, чем у станций сквозного типа;
 - необходимость снижать скорость приема для обеспечения безопасности движения при приеме (увеличивается загрузка горловин);
 - увеличение времени прохода пассажиров к крайнему вагону на перроне.

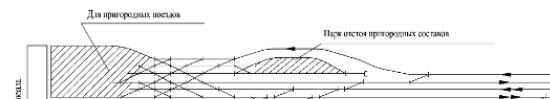




Рис. 9.2. Схема тупиковой пассажирской станции с выделением перронных путей для пригородного и дальнего пассажирского движения

В горловине станции может укладываться в каждом направлении 3 параллельных хода, позволяющих осуществлять:

- прием пригородного поезда на верхние пути;
- уборку-подачу составов на средние пути;
- отправление с нижних путей.

При больших размерах дальнего пассажирского движения укладывается дублирующий главный путь в обход ПТС.

Особенностями данной схемы являются:

- ликвидация враждебных передвижений;
- большая пропускная способность;
- увеличение маневренности;
- разделение потоков пригородных и дальних пассажиров.

205

9.4. Схема пассажирской станции со сквозными приемоотправочными путями

Сквозные пассажирские станции имеют наибольшее распространение на сети железных дорог (см. рис. 9.3). Основным вариантом для этих схем является боковое размещение пассажирского здания. Однако имеется целый ряд станций с внутренним расположением. На большинстве пассажирских станций со сквозными путями проектируются объединенные пути для пригородного и дальнего пассажирского движения, однако на станциях с большим объемом пригородной работы могут проектироваться приемоотправочные пути отдельно для дальнего и пригородного движения.

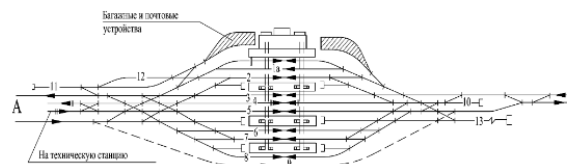


Рис. 9.3. Схема сквозной пассажирской станции

Недостатками сквозных пассажирских станций являются:

- отсутствие обеспечения удобной связи городского и железнодорожного транспорта;
- большая территория, чем при размещении тупиковых пассажирских станций;
- невозможность глубокого ввода на территорию города.

Достоинствами сквозных пассажирских станций являются:

- удобство обработки транзитных пассажирских поездов;
- большая пропускная способность, чем у станций тупикового типа;
- возможность прохода пассажиров к поезду с разных сторон при наличии не менее двух выходов на перроне.

В практике эксплуатации станций такого типа пассажирское здание располагается над перронными путями (Новосибирск, Челябинск).

206

9.5. Схема пассажирской технической станции с наличием полукольцевого объезда

Пассажирские технические станции (ПТС) являются составной частью пассажирских станций. На ПТС осуществляется подготовка составов к очередному рейсу (см. рис. 9.4).

Основным комплексом является обмывочный цех для наружной обмывки вагонов в составе.

Второй комплекс — парка приема (парк грубой очистки), имеющий группу путей и вытяжной путь для переформирования состава.

Третий комплекс устройств — ремонтно-экипировочное депо, как правило, закрытого типа, где осуществляется вся основная подготовка состава к следующему рейсу (наружный и внутренний осмотр вагонов, проба автотормозов, ремонт электро- и радиосети, зарядка аккумуляторов, снабжение водой, уборка, санитарный осмотр и выдача санитарной путевки). Проектируется на длину состава с учетом нескольких растяжек.

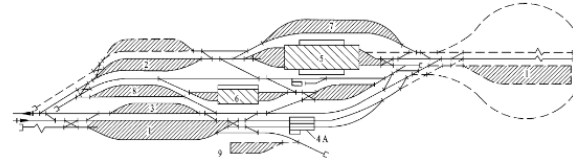


Рис. 9.4. Схема пассажирской технической станции с полукольцевым объездом: 1 — парк грубой очистки; 2 — парк отправления; 3 — парк для местных составов и резервных вагонов; 4 — пункт обмывки составов; 5 — ремонтно-экипировочное депо; 6 — вагонное депо; 7 — парк резервных составов; 8 — локомотивное хозяйство; 9 — место возможного размещения пункта газовой обработки вагонов

Четвертый комплекс устройств — парк отправления (парк отстоя), состоящий из группы путей с подводкой к ним водной сети, электричества и воздуха для пробы тормозов. В парке отправления осуществляются следующие операции: прием состава поездной бригадой; снабжение бельем, съемным оборудованием; подзарядка аккумуляторов; проверка состава агентом санитарной службы и ожидание подачи под посадку.

207

В зависимости от объема работы и наличия свободной территории технические станции проектируются:

- с параллельным расположением всех комплексов;
- с последовательным расположением всех комплексов;
- с комбинированным расположением всех комплексов.

В парках грубой очистки и отправления укладываются пути с чередующимися междупутными расстояниями (5,3 и 7,5 м). В междупутьях 7,5 м проектируются платформы в уровень с головками рельсов.

Схема требует достаточно длинную площадку. Хорошо обеспечивается поточность продвижения состава. Больше пропускная способность технической станции и меньше загрузка горловин.

Контрольные вопросы

1. Дайте классификацию железнодорожных узлов по геометрическому начертанию.
2. В чем схожесть и принципиальное отличие узлов радиального и крестообразного типов?
3. Каким образом можно избежать дублирования отдельных устройств в узлах треугольного типа?
4. В чем принципиальные отличия и схожесть центральных развязок узлов треугольного и крестообразного типов?
5. Перечислите сравнительные достоинства и недостатки узлов полуколь-

цевого и радиально-кольцевого типов.

6. Как организуется сортировочная работа в узлах радиально-кольцевого типов?
7. Дайте сравнительную характеристику узлов с параллельным и последовательным расположением основных станций.
8. Охарактеризуйте достоинства и недостатки узлов комбинированного типа.
9. Чем отличаются глубокие обходы узла от местных?
10. Как различаются узлы по объему и характеру работы?
11. Где целесообразно располагать сортировочные станции в узлах вытянутых в длину и радиально-кольцевых?
12. В каких случаях проектируются узлы тупикового типа?
13. Как организуется работа грузовых станций узла радиально-кольцевого типа?

208

14. Перечислите возможные варианты распределения работы с пассажирскими поездами в узлах различных типов?
15. Какие преимущества дает создание сквозных диаметров в узлах радиально-кольцевого типа?
16. Укажите основные проблемы и тенденции в развитии железнодорожных узлов.
17. Перечислите достоинства и недостатки узлов с одной станцией.

Литература

1. СП 237.1326000.2015. Свод правил. Инфраструктура железнодорожного транспорта. Общие требования (утв. и введен в действие Приказом Минтранса России от 06.07.2015 № 208) // Текст : электронный // Справочная правовая система «Консультант Плюс» Информационный банк «Строительство»: [сайт]. — URL: www.consultant.ru/ (дата обращения: 25.02.2020).
2. СП 225.1326000.2014. Свод правил. Станционные здания, сооружения и устройства (утв. Приказом Минтранса России от 02.12.2014 № 331) // Текст : электронный // Справочная правовая система «Консультант Плюс» Информационный банк «Строительство»: [сайт]. — URL: www.consultant.ru/ (дата обращения: 25.02.2020).
3. Железнодорожные станции и узлы : учебник для вузов железнодорожного транспорта / В. И. Апатцев, Ю. И. Ефименко [и др.]. — Москва : ФГБОУ «УМЦ ЖДТ», 2014. — 855 с.
4. Железнодорожные станции и узлы : учебник для вузов железнодорожного транспорта / В. Г. Шубко, Н. В. Правдин, Е. В. Архангельский [и др.] ; под редакцией В. Г. Шубко и Н. В. Правдина. — Москва : УМК МПС России, 2002. — 386 с.
5. Акулиничев, В. М. Железнодорожные станции и узлы / В. М. Акулиничев, Н. В. Правдин, В. Я. Болотный, И. Е. Савченко. — Москва : «Транспорт», 1992. — 420 с.
6. Правдин, Н. В. Проектирование железнодорожных станций и узлов : учебное пособие для транспортных вузов / Н. В. Правдин, Т. С. Банек, В. Я. Негрей ; под общей редакцией Н. В. Правдина. — Минск : Выш. шк., 1984. — 2-е изд., перераб. и доп. — 288 с.
7. Проектирование железнодорожных станций и узлов : справочное и методическое руководство / под редакцией А. М. Козлова и К. Г. Гусевой. — Москва : «Транспорт», 1981. — 592 с.

209

8. Скалов, К. Ю. Развитие и реконструкция станций и узлов / К. Ю. Скалов, И. Е. Савченко, Е. А. Ветухов [и др.]. — Москва : Транспорт, 1972. — 286 с.
9. Болотный, В. Я. Совершенствование схем и технологии работы

железнодорожных станций : учебное пособие для вузов / В. Я. Болотный. — Москва : Транспорт, 1986. — 280 с.

10. Болотный, В. Я. Переустройство железнодорожных станций : справочное руководство по проектированию / В. Я. Болотный, М. К. Брехов. — Москва : Транспорт, 1982. — 173 с.

11. Болотный, В. Я. Проектирование железнодорожных узлов : учебное пособие / В. Я. Болотный. — Москва : Транспорт, 1989. — 152 с.

ГЛАВА 10. ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ УЗЛЫ

10.1. Классификация железнодорожных узлов.

Основные комплексы устройств в узлах. Границы узлов

Железнодорожным узлом называется пункт слияния или пересечения нескольких линий, а также группа станций, расположенных на одной линии, связанных общим технологическим процессом. Железнодорожные узлы помимо операций, присущих обычным станциям по обслуживанию поездов и групп вагонов, осуществляют: пропуск сквозных грузовых и пассажирских поездов с одной линии на другую; передачу групп вагонов, следующих с переработкой, и местных вагонов между специализированными станциями узла; сортировку вагонов по примыкающим направлениям, а также пересадку пассажиров.

В зависимости от объема и характера работы железнодорожные узлы в своем составе имеют ряд устройств, которые можно объединить в *три основные группы*:

а) *устройства для обслуживания грузового движения*: сортировочные станции (одна или несколько); грузовые станции общего или особого пользования; специализированные станции для очистки, промывки и оборудования вагонов под различные перевозки, главные пути для грузового движения; соединительные ветви для грузового движения между отдельными станциями и пунктами узла; локомотивные, вагоноремонтные депо и т.д.;

б) *устройства, обслуживающие пассажирское движение*: пассажирские, зонные станции и остановочные пункты; технические станции и парки; главные пути, специализированные для пропуска пассажирских и пригородных поездов; пассажирские локомотивные и вагоноремонтные депо и др.;

в) устройства, обеспечивающие пропускную способность и безопасность движения в узле: путепроводные развязки главных путей на подходах к узлу и внутриузловые развязки; путевые посты и шлюзы, устраиваемые в местах слияния или разделения потоков на подходах к узлам, а также в местах пересечения или примыкания к главным подъездным путям пересечения в одном или разных уровнях железнодорожных линий с городскими магистралями; соединительные пути и обходы узлов и другие устройства.

Границами железнодорожного узла являются пункты, от которых начинается разветвление или слияние главных путей по различным направлениям, а также конечные зоны интенсивного пригородного движения в пункты расположения промышленных предприятий, обслуживаемых станциями данного узла.

211

Железнодорожные узлы обычно классифицируют по следующим основным признакам: по характеру эксплуатационной работы; по экономико-географическому положению; по геометрическому начертанию их конструкции (по топологии).

По характеру эксплуатационной работы узлы делятся:

- на транзитные с небольшим объемом сортировочной работы;
- транзитные со значительным объемом переработки транзитных вагонопотоков и незначительной местной работой;
- с большим объемом местной работы, выполняющие помимо обслуживания транзитных потоков большую местную работу по обслуживанию нужд города, промышленности;
- конечные, в которых транзитная работа отсутствует. Они располагаются в районах зарождения или погашения крупных вагонопотоков;
- перевалочные, совершающие перевалочные операции с воды на железнодорожную дорогу и обратно;
- перегрузочные, совершающие перегрузочные операции из вагонов одной ширины колеи в вагоны другой колеи;
- промышленные, обслуживающие крупные промышленные районы.

По экономико-географическому положению различают узлы:

- расположенные в малых и средних городах с населением до 100 тыс. чел., со слабо развитой промышленностью;
- в крупных городах (до 500 тыс. чел.); в крупнейших (с населением до 1 млн и более чел.);
- в районах с крупной добывающей промышленностью;
- портовые узлы (на берегах судоходных рек, морей, крупных озер).

По геометрическому начертанию конструкции узлы классифицируют:

- 1) с одной станцией:
 - треугольные;
 - крестообразные;
 - радиальные;
 - тупиковые;
 - кольцевые;
 - полукольцевые;
 - комбинированные;
- 2) с последовательным расположением основных станций (узлы, вытянутые в длину);
- 3) с параллельным расположением основных станций.

212

Приведенные классификации взаимно связаны и дополняют друг друга. Узлы могут также различаться по числу подходов, наличию обходов, числу и специализации станций в узле. Указанные признаки являются частными, дополняющими основную классификацию.

Железнодорожный узел является основной частью транспортного узла, в котором взаимодействуют различные виды транспорта (железнодорожный, ав-

10.2. Узлы с одной станцией

Узлы с одной станцией (см. рис. 10.1) образуются в небольших городах, в местах пересечения двух магистральных линий или примыкания одной магистрали к другой. Они сооружаются на базе участковой или сортировочной станции, перерабатывающей незначительные вагонопотоки и обслуживающей местную грузовую работу, а также пассажирское движение. Иногда основной узла служит объединенная станция, совмещающая на одной площадке сортировочную и пассажирскую станции, грузовой район.

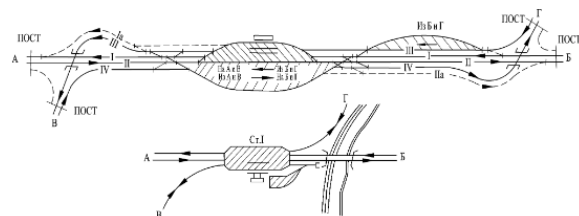


Рис. 10.1. Узлы с одной станцией. Реконструкция развязки по линиям в развязку по направлениям движения

Узлы с одной станцией относятся к транзитным узлам. Они имеют ряд преимуществ:

- минимальный штат обслуживающего персонала;
- минимальные маневровые средства;
- незначительная, компактная территория для размещения устройств.

213

Недостатки:

- трудности обработки угловых потоков, особенно для тех узлов, где примыкающие линии пересекаются под прямым углом;
- большая концентрация работы на одной станции, обслуживающей пересекающиеся магистрали.

Узлы с одной станцией имеют развязки подходов по направлениям движения и реже — по линиям. Развязки по направлениям целесообразны при наличии взаимной корреспонденции вагонопотоков пересекающихся линий. Развязки по линиям допустимы только при прохождении через узел прямых транзитных вагонопотоков. Оптимальная схема узла с одной станцией должна обеспечивать минимум угловых поездов, одновременную работу устройств, специализированных для примыкающих линий, минимум враждебных пересечений и, в случае необходимости, сооружение путепроводных развязок.

Сортировочные и пассажирские устройства в узлах с одной станцией могут располагаться последовательно или параллельно. При параллельном расположении требуется меньшая длина станционной площадки, однако увеличивается загрузка горловин. При последовательном расположении обеспечивается большее удобство для обслуживания пассажиров, однако требуется станционная площадка большей длины.

10.3. Узлы треугольного типа

Узлы треугольного типа (см. рис. 10.2) возникают при небольшом числе подходов, имеющих значительную взаимную корреспонденцию грузо- и пассажиропотоков. Перестройка узла с одной станцией в узел треугольного типа обуславливается прежде всего появлением транзитного углового потока, пропуск которого через основную станцию вызывает перепробег сквозных поездов, их частичное переформирование, а также развитием промышленности. Сортировочная, пассажирская, основная местная работа остается на станции 1.

Станция 2 является вспомогательной по пропуску транзитного углового потока Б-С. Она может также взять на себя часть грузовой работы по обслуживанию развивающихся промышленных предприятий города. При дальнейшем росте работы узла возможно сооружение станции 3 на подходе к промышленному комплексу. Ее специализация зависит от направления развития промышленных предприятий города и направления основного поступления транзитного потока в переработку. В одном случае ее целесообразно специализировать как грузовую, в другом — перенести на нее основную сортировочную работу, (тем

214

более что это способствует ее развитию), в третьем — использовать как вспомогательную сортировочную для пропуска углового потока. На рис. 10.3 представлена схема узла треугольного типа с местным обходом городской застройки.

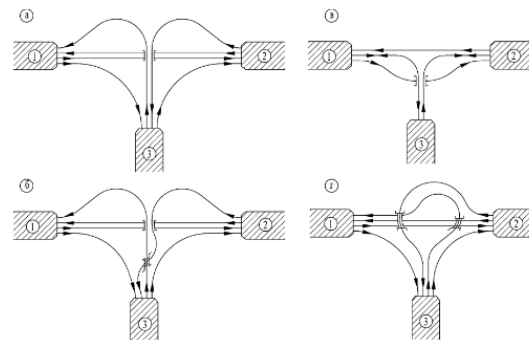


Рис. 10.2. Схемы узлов треугольного типа:

- а — схема с неразвязанными пересечениями главных путей по вводу на станцию 3;
- б — схема с развязанными пересечениями главных путей по вводу на станцию 3;
- в — схема с двумя однопутными вводами на станцию 3 со станций 1 и 2; г — вариант схемы с развязанными пересечениями главных путей по вводу на станцию 3

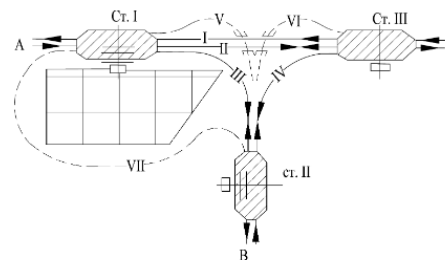
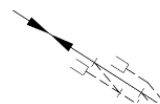


Рис. 10.3. Схемы узлов треугольного типа с местным обходом

215

При необходимости развязка по направлениям на выходе со станции в узле треугольного типа может быть реконструирована в центральную развязку (рис. 10.4).



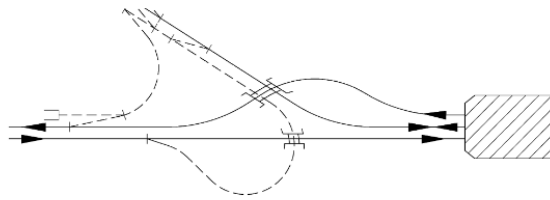


Рис. 10.4. Реконструкция развязки по направлениям в центральную развязку узла треугольного типа

Достоинства узлов треугольного типа:

- большая маневренность, позволяющая перераспределять потоки по любому из направлений;
- большая взаимозаменяемость станций.

Недостатки:

- перепробег части поездопотока, поступающего в переработку;
- в ряде случаев — необходимость сооружения полного комплекса устройств на сливающихся магистралях.

Необходимость дополнительных расходов по содержанию штата и устройств на трех станциях узла.

Работа по расформированию и формированию поездов чаще всего концентрируется на одной станции, где располагаются также тяговое хозяйство или экипировочные устройства. Размещение грузовых устройств (грузовая станция или отдельный район) определяется расположением промышленных предприятий и наличием автомагистралей в городе.

Транзитные поезда в узлах треугольного типа пропускаются обычно по кратчайшим маршрутам.

10.4. Узлы крестообразного типа

Узлы крестообразного типа возникают при пересечении двух магистральных линий под близким к прямому углом со значительным транзитным поездопотоком и, как правило, при небольшом объеме переработки. В качестве первой очереди развития узла такого типа может проектироваться узел с одной станцией. В дальнейшем узел развивается аналогично узлу треугольного типа.

В узлах, где пересекаются двухпутные линии и имеются мощные угловые поездопотоки (см. рис. 10.5), проектируют сложные развязки с применением большого числа путепроводов и соединительных путей. Крестообразные пути имеют независимый ход для обеих линий, что весьма существенно при больших транзитных потоках и дает наименьшие пробег транзитных поездов по обеим линиям. Недостаток этих узлов — увеличение числа раздельных пунктов, необходимость сооружения дополнительных соединительных путей для угловых поездов, перепробег вагонопотоков и, в некоторых случаях, двойная переработка в узле.

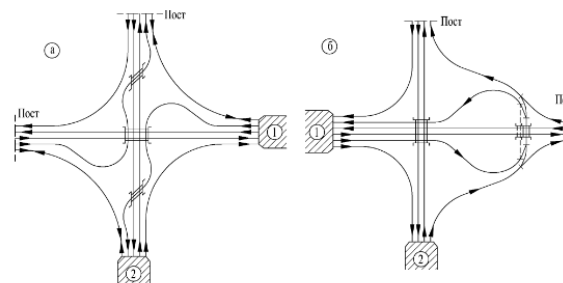


Рис. 10.5. Центральные развязки узлов крестообразного типа:

a — полная центральная развязка узла крестообразного типа;
б — неполная центральная развязка узла крестообразного типа

Кроме того, в таких узлах отсутствует общий для линий пункт остановки пассажирских поездов.

217

Вторая станция узла практически становится вспомогательной, на которую возложена работа по пропуску транзитного движения (технический осмотр и смена бригад), пропуск и обработка пассажирских поездов. Для создания удобств пересаживающимся в узле пассажирам могут применяться следующие решения:

- пропуск пассажирских поездов через обе станции со сменой головы поезда, что очень неудобно;
- сооружение специальных обходов, обеспечивающих возможности угловых поездов;
- использование городского транспорта или автомотрис для доставки пассажиров с одной станции на другую.

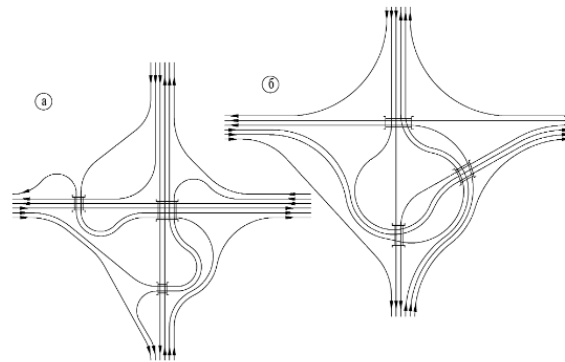


Рис. 10.6. Центральные четырехквартантовые развязки узлов крестообразного типа:
a — полная четырехквартантовая развязка узла крестообразного типа;
б — вариант развязки узла крестообразного типа с устройством петлевых вводов

Крестообразные узлы проектируются в следующих случаях (см. рис. 10.6):
 – когда две линии пересекаются под прямым или близким к прямому углом;
 – на новых линиях со значительным транзитным поездопотоком и, как правило, при небольшом объеме переработки, не требующем в узле сортировочной станции (см. рис. 10.7).

218

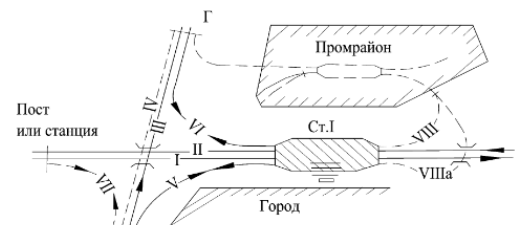




Рис. 10.7. Узел крестообразного типа с местным обходом

10.5. Узлы, вытянутые в длину (с последовательным расположением основных станций)

Такие узлы возникают в городах, вытянутых на большом протяжении как один массив или как ряд населенных пунктов (см. рис. 10.8), а также при размещении новых сортировочных станций за городом в стесненных условиях — в узких горных проходах и в долинах рек; подходы главных путей в этих узлах концентрируются по концам. Грузовая станция общего пользования располагается между сортировочной станцией и городом или на окраине города и должна иметь удобную связь с сортировочной станцией и хорошие подъезды из города. Число обслуживания и расположение грузовых, линейных и обслуживающих подъездные пути станций определяется размещением промышленных предприятий в городе.

В узлах с последовательным расположением станций нередко возникает вопрос о сооружении второй сортировочной или пассажирской станции, когда перерабатывающая способность одной сортировочной станции оказывается недостаточной или когда вторая станция способствует ускорению оборота ваго-

219

нов и сокращению пробега поездов и локомотивов в узле, или же когда вторая пассажирская станция при сокращении пробега поездов дает лучшие условия для обслуживания пассажирских перевозок. Наличие двух сортировочных станций, расположенных на противоположных концах узла, создает ряд эксплуатационных преимуществ. Местный вагонопоток можно сортировать как при входе, так и при выходе, что способствует ускорению оборота вагонов за счет уменьшения их пробега.

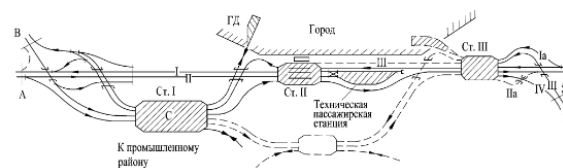


Рис. 10.8. Схема узла с последовательным расположением станций и местным обходом

В целом ряде случаев предусматривается сооружение второй грузовой станции в узле, которая, как правило, базируется на дополнительной сортировочной станции.

Размещение объемлющих главных путей для пассажирского движения (по отношению к сортировочной станции), несмотря на упрощение развязки, отдаление устройства дополнительных путепроводов, нецелесообразно, т. к. вызывает ухудшение обслуживания пассажиров в пределах станции. В этом случае необходимо иметь отдельные пассажирские остановочные пункты для четного и нечетного направлений.

10.6. Узел с параллельным расположением станций в месте пересечения линий

Пассажирская станция размещена ближе к селитебной части города, а

грузовая — или между пассажирской и сортировочной (с устройством городских путепроводов для подъезда автотранспорта), или на одном из подходов ближе к промышленной зоне (см. рис. 10.9).

220

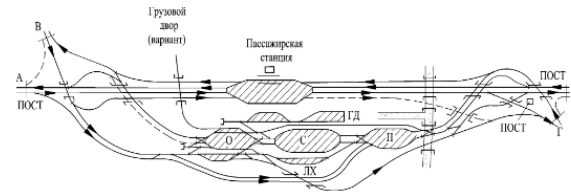


Рис. 10.9. Схема узла с параллельным расположением станций

На подходах к узлу могут устраиваться обходы для пропуска угловых транзитных поездов.

Достоинства: узлы с параллельным расположением станций при сооружении на подходах развязки по роду движения обеспечивают независимость работы пассажирской и сортировочной станций.

Недостатки:

- занимают широкую площадку;
- затрудняют связь районов города, расположенных по обе стороны железнодорожной линии;
- развитие таких узлов крайне затруднено.

Таких узлов у нас в стране очень мало.

10.7. Узлы радиального типа

Узлы радиального типа (см. рис. 10.10) имеют в центре станцию 1, где сосредоточена основная пассажирская и сортировочная работа, и ряд самостоятельных грузовых станций 2, 3, расположенных на радиально расходящихся линиях и обслуживающих крупные промышленные предприятия. При необходимости рассредоточения сортировочной работы новую сортировочную станцию размещают на обходе или на том подходе, с которого более всего поступает вагонов в переработку. В радиальных узлах, имеющих большое число подходов и обслуживающих города с перспективой роста промышленности, предусматривается сооружение кольцевых и полукольцевых обходов.

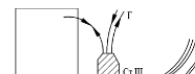
Достоинства:

- обладают значительной пропускной способностью;
- легко переустраиваются в кольцевые или полукольцевые.

221

Недостатки:

- трудность развития основной станции, расположенной среди городских застроек;
- значительный перепробег местных вагонов, совершаемый после формирования на основной станции при следовании на станцию выгрузки;
- трудность пропуска углового потока;
- необходимость пропуска всех транзитных поездов через основную станцию узла.



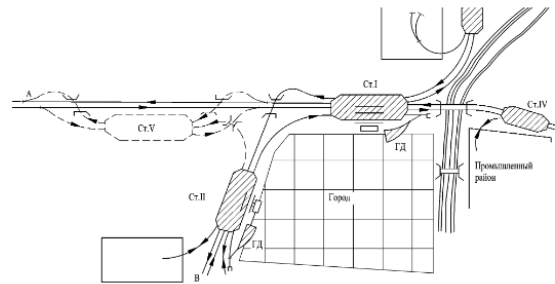


Рис. 10.10. Схема узла радиального типа

10.8. Узлы тупикового типа

Узлы тупикового типа (см. рис. 10.11) образуются там, где по экономическим или географическим условиям происходит зарождение или погашение вагонопотоков (грузовых и пассажирских). В таких узлах отсутствуют транзитные потоки. Сортировочная станция обрабатывает потоки грузовых, промышленных и портовых станций. Пассажирская станция обычно располагается вблизи центральной части города и имеет хорошую связь с городским транспортом.

222

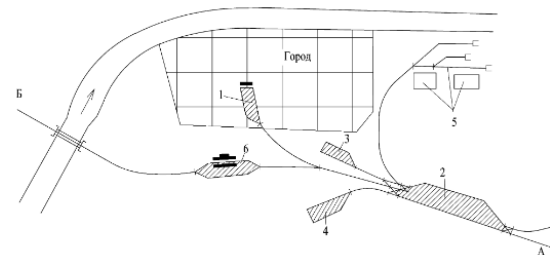


Рис. 10.11. Узел тупикового типа:

- 1 — пассажирская станция тупикового типа; 2 — сортировочная станция;
3, 4 — грузовые станции тупикового типа; 5 — комплекс грузовых устройств портовой станции; 6 — сквозная пассажирская станция

Для таких узлов характерна массовая перевалка грузов на водный или автомобильный транспорт. В таких узлах целесообразно заранее предусматривать возможность перспективной реконструкции и располагать станции в местах, которые обеспечат минимальные затраты и возможность их переустройства.

10.9. Полукольцевые узлы (радиально-полукольцевые)

Полукольцевые узлы (см. рис. 10.12) образуются при наличии с одной стороны города, обслуживаемого узлом, естественного препятствия, мешающего прокладке полного кольца, например, моря, озера, крупной реки. В узлах такого типа имеются обычно тупиковые вводы в город, заканчивающиеся пассажирскими и грузовыми станциями, а за пределами города — полукольцо, связывающее подходы линий по грузовому движению. Сортировочные станции размещают в основном на подходах к полукольцу.

Достоинство — хорошая связь с прилегающими направлениями, а также с устройствами речного или морского порта.

Недостатки:

- велика загрузка тупиковых пассажирских станций;
- значительный перепробег и простой состава при передачах вагонов между отдельными направлениями.

Подукольцевые узлы также можно подразделить на обычные и узлы особо крупных городов.

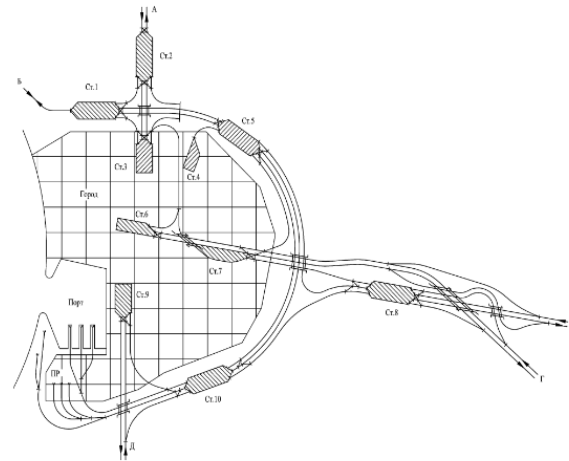


Рис. 10.12. Узел радиально-подукольцевого типа

10.10. Узлы кольцевого типа

Узлы кольцевого типа (см. рис. 10.13) образуются в пунктах слияния большого числа магистральных линий, связанных между собой окружной дорогой, идущей в обход узла. Для них характерен большой объем взаимной корреспонденции грузового и пассажирского потоков.

Достоинства:

- большая пропускная способность;
- большая маневренность;
- возможность пропускать поезда с одной линии на другую без угловых заездов.

Недостатки:

- значительный перепробег и простой подвижного состава при передачах вагонов между отдельными направлениями;
- трудности для дальнейшего развития города.

Узлы кольцевого типа имеют несколько специализированных станций: пассажирских, сортировочных и грузовых, месторасположение которых определяется планировкой города, объемом и структурой работы, топографией местности.

В зависимости от категории города узлы подразделяются на обычные и узлы особо крупных городов (свыше трех млн. жителей).

Для обычных кольцевых узлов характерно наличие одной окружной дороги (без соединения внутри кольца). Могут быть одна-две сортировочных станции, расположенных на подходе к узлу.

Грузовые станции размещаются на кольце или ответвлениях от него.

Пассажирские станции в кольцевых узлах располагаются также на кольце и развиваются по сквозным схемам. Однако встречаются узлы с тупиковыми

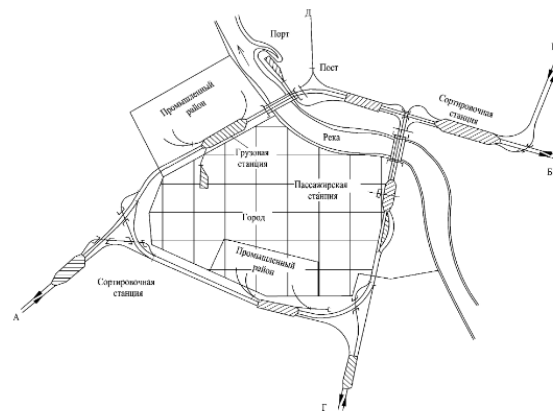


Рис. 10.13. Узел кольцевого типа

225

Для кольцевых узлов особо крупных городов характерны:

- наличие мощных пригородных и дальних пассажирских потоков, требующих пересадки с линии на линию;
- большие грузовые потоки с преобладанием ввоза грузов для обеспечения нужд города;
- большое транзитное грузовое движение, нуждающееся в ускоренном пропуске через узел по кратчайшему пути;
- большое число входящих в узел линий, имеющих многочисленные пересечения с городскими транспортными магистралями.

Это приводит к необходимости проектирования:

- многопутных головных участков, сходящихся в узле дорог;
- большого числа сортировочных, грузовых и пассажирских станций;
- сооружения двух окружных дорог, обеспечивающих обслуживание пригородных и местных городских пассажирских перевозок и дающих возможность пропуска транзитного транспорта в обход узла;
- одного или двух диаметров, соединяющих различные подходы линий между собой и обеспечивающих пропуск дальних пассажирских поездов, проходящих узел транзитом;
- нескольких глубоких вводов (радиусов), заканчивающихся внутри кольца пассажирской станцией тупикового типа.

При развитии и реконструкции кольцевых узлов особо крупных городов должны быть, прежде всего, выполнены следующие условия:

- оптимальное или близкое к нему размещение всех устройств, обеспечивающих пассажирское и грузовое движение;
- вынос из города транзитного грузового движения и рациональное размещение сортировочных и грузовых станций, обеспечивающих минимальные пробеги вагонов.

На большом кольце сортировочные станции специализируются, как правило, на обработке транзитных вагонопотоков. Станции на подходах к малому кольцу и внутри него специализируются для местной работы. При определении мест размещения грузовых станций и их числа необходимо исходить из того, что станции должны размещаться равномерно по всей территории города и специализироваться по роду груза, необходимого данному району. При этом должны учитываться загрузка автотранспорта, городских транспортных магистралей. Число грузовых станций зависит от числа сортировочных — каждая сортировочная станция обслуживает две-три грузовые.

Грузовые станции нецелесообразно удалять на значительные расстояния от сортировочных, т.к. это вызовет значительные расходы на строительство дорогостоящих путей и развитие головных участков магистралей и ухудшение обслуживания пассажирского и пригородного движения. Рекомендуется располагать грузовые устройства в одном комплексе с сортировочными станциями.

Преимущество диаметров:

- позволяют сократить число тупиковых станций за счет концентрации движения поездов на меньшем их числе;
- улучшают обслуживание, сокращают число пересадок и ускоряют доставку пассажиров.

Недостатки диаметров:

- необходимость прохода линий через весь город (подземные участки и наземные участки);
- пересечения с городским транспортом;
- большой шум и загрязнение воздушной среды.

10.11. Узлы комбинированного типа

Узлы комбинированного типа (см. рис. 10.14) возникают в результате поэтапного развития узлов более простых схем.

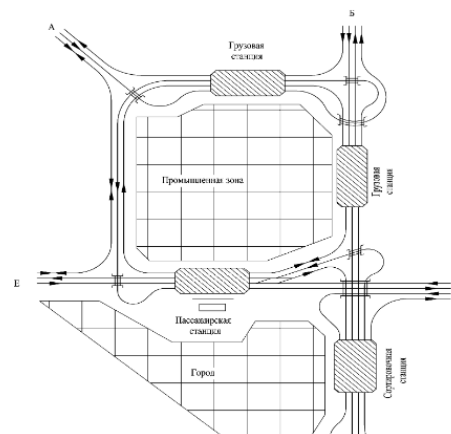
Схемы комбинированных узлов определяются конкретнее условиями: рельефом местности, застройкой города, размещением промышленных предприятий и характером вагонопотоков.

Достоинства комбинированных узлов:

- высокая маневренность;
- поточность передвижений подвижного состава по кратчайшим маршрутам, в обход основных станций узла.

Комбинированными следует считать лишь те узлы, у которых нечетко выражены свойства и особенности основных элементов разных типов узлов, входящих в общую комбинацию. Если же в узле преобладают особенности одного из составляющих узлов, определяющие работу всей системы, узел следует относить к типу, наиболее соответствующему классификационной категории узла.

Известны две основные группы наиболее характерных узлов комбинированного типа: узлы с параллельными ходами и узлы, расположенные по берегам крупных рек.



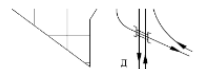


Рис. 10.14. Узел комбинированного типа

Узлы с параллельными ходами образуются из узлов с последовательным расположением станций в случае изменения специализации их линий, создания новых ходов и переустройства станций.

Узлы комбинированного типа на берегах крупных рек возникают при наличии на обоих берегах реки крупных промышленных, селитебных районов.

10.12. Обходы в узлах

Для уменьшения пробега подвижного состава, улучшения организации движения вагонопотоков и разгрузки отдельных участков внутриузловых линий в узлах строятся обходы, используемые для пропуска грузовых поездов вне основных элементов узла, угловых транзитных поездов без захода в узел, поездов в обход крупных мостовых переходов.

228

Обходы в узлах подразделяются (см. рис. 10.15):

- на *глубокие* (часто их рассматривают как самостоятельную линию). Сокращаются пробеги подвижного состава, увеличивается маневренность узла;
- *обходы, прилегающие к узлам и входящие в состав узла*. Отклоняют от центра станций узла транзитные поезда, вынос на обход сортировочную станцию, используются для размещения станций, обслуживающих крупный промышленный центр;
- *местные обходы* — обходы отдельных элементов станций;
- *дублирующие ходы через реку*.

Обходы повышают пропускную способность, маневренность узлов, имеют важное стратегическое значение.

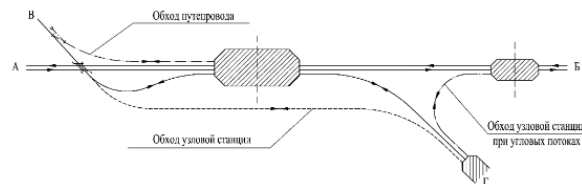


Рис. 10.15. Обходы узла

10.13. Промышленные железнодорожные узлы

Промышленные железнодорожные узлы образуются в районах добывающей (угольной, железорудной, нефтяной, лесной и др.) или обрабатывающей (металлургической, машиностроительной, химической, лесоперерабатывающей и др.) промышленности и являются составными элементами транспортного узла.

В состав промышленного железнодорожного узла входят устройства магистрального железнодорожного транспорта общего пользования (железнодорожные станции и главные пути), подъездные пути, станции промышленных предприятий, соединительные пути между станциями предприятий и внутризаводские пути. Кроме устройств железнодорожного транспорта в состав промышленного узла могут входить устройства автомобильного, конвейерного, подвесного, трубопроводного, водного транспорта, а также некоторых видов городского транспорта.

229

Взаимное размещение железнодорожных станций и промышленных предприятий осуществляется обычно последовательно или параллельно по отношению друг к другу. В ряде случаев при соответствующей технологии применяется кольцевое расположение предприятий промышленности с примыканием их к одной станции в разных горловинах. Бывают также промышленные узлы сквозного типа (рис. 10.16), которые имеют две станции примыкания (основную и вспомогательную) и заводские сортировочные станции, обслуживающие производственные объекты (заводы и другие предприятия). Основная работа по сортировке вагонов в адрес станций такого промышленного узла выполняется общесетевой сортировочной станцией. Дальнейшая сортировка вагонов по фронтам погрузки и выгрузки осуществляется заводскими станциями. Станция примыкания играет роль дополнительной сортировочной станции.

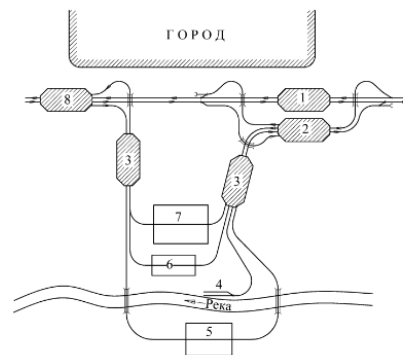


Рис. 10.16. Схема промышленного железнодорожного узла сквозного типа:
1 — пассажирская станция; 2 — сортировочная станция; 3 — заводские станции;
4 — пристань; 5 — алюминиевый завод; 6 — ГРЭС;
7 — металлургический завод; 8 — станция примыкания

Схемы промышленных железнодорожных узлов выбирают в зависимости от размещения промышленных предприятий по отношению к магистральной железной дороге, размеров и характера грузопотоков, особенностей работы

предприятий и условий местности. При развитии промышленных узлов обращают внимание на сокращение времени нахождения подвижного состава на предприятиях, уменьшение пробегов подвижного состава на путях общего пользования и внутрипромышленных путях и концентрацию сортировочной работы.

При проектировании промышленных узлов необходимо обеспечивать увязку схемы узла с генеральными планами предприятий и технологией их работы.

10.14. Основные причины развития и реконструкции железнодорожных узлов

Необходимость развития узлов может вызываться многими причинами: увеличением численности населения и ростом городов; строительством крупных промышленных предприятий, увеличением размеров движения; примыканием новых железнодорожных линий; развитием других видов транспорта (строительством новых или развитием существующих морских и речных портов, трубопроводов, аэропортов).

При увеличении численности населения и развитии городов иногда требуется строительство новой пассажирской станции или дополнительных остановочных пассажирских пунктов, вынос отдельных участков железнодорожных

линий на новую трассу, снос грузовых станций или локомотивных депо и строительство их в другом месте.

В связи с увеличением размеров движения возникает необходимость укладки дополнительных главных путей, развития пассажирских, технических, грузовых и сортировочных станций, сооружения дополнительных путепроводных развязок.

При увеличении размеров движения и повышении весовых норм поездов тепловая тяга часто заменяется электрической, а это влечет за собой реконструкцию локомотивного хозяйства, строительство тяговых подстанций и переустройство путей на станциях.

Примыкание новых линий вызывает реконструкцию существующих станций, укладку новых развязок и соединительных путей.

Развитие промышленности вызывает строительство новых и переустройство существующих грузовых станций, а сооружение новых или реконструкция существующих портов требует развития существующих сортировочных станций или строительства новых портовых станций.

231

При необходимости в узлах строят железнодорожные обходы, которые могут быть ближними (местными) и глубокими. Глубокие обходы проектируют на расстоянии 30–50 км от города, связывая между собой примыкающие к узлу линии. Местные обходы устраивают для пропуска транзитных грузовых поездов в обход пассажирской или сортировочной станции, разгрузки отдельных участков узла, пропуска поездов в обход крупного мостового перехода, а также при сооружении в узле новой сортировочной станции, нового промышленного района или морского порта.

Обходы, предназначенные для пропуска транзитных поездов, при необходимости могут иметь на передовых станциях устройства для экипировки локомотивов, осмотра вагонов, а также дома отдыха бригад.

Соединительные пути, проектируемые между отдельными примыкающими к узлу линиями для пропуска угловых потоков, как правило, должны иметь длину, обеспечивающую возможность остановки поезда наибольшей длины без задержки движения по соединяемым направлениям. В пунктах отклонения обходов от основных направлений предусматривают развязки пересечений в разных уровнях или в одном уровне (с устройством шлюзов или без них).

10.15. Общие принципы и требования по разработке генеральных схем развития узлов

Развитие или реконструкция железнодорожных узлов осуществляются в соответствии с генеральными схемами, разрабатываемыми, как правило, в составе генеральных планов городов на перспективу 20–25 лет.

Генеральные схемы и ТЭО развития железнодорожных узлов разрабатываются комплексно, в увязке с проектами планировки городов, промышленных узлов (районов) и развития всех видов транспорта как составных частей единой транспортной системы. При этом учитывают взаимное расположение станций, подходов главных и соединительных путей и обходов.

Необходимым условием является соблюдение экономических, технических, архитектурно-планировочных, экологических, санитарно-гигиенических и противопожарных требований и удобств населения обслуживаемого района.

В генеральной схеме развития узла дается план размещения устройств и решаются вопросы организации:

- пассажирского движения (размещение, развитие пассажирских станций и распределение работы между ними);
- сортировочной работы (строительство новых, развитие существующих сортировочных станций и распределение работы между ними);

232

- местной грузовой работы (развитие существующих и строительство новых

грузовых станций, грузовых дворов, баз и распределение работы между ними).

Там же решаются вопросы:

- усиления пропускной способности головных участков, главных путей в границах узла и внутриузловых соединительных линий;
- развития локомотивного и вагонного хозяйств;
- реконструкции устройств автоматики, телемеханики и связи;
- усиления устройств энергоснабжения;
- увязки перспектив развития железнодорожного узла с генеральным планом города.

Новые и реконструируемые железнодорожные узлы, основные их элементы проектируют в соответствии с потребной пропускной и перерабатывающей способностью на расчетные сроки.

Места размещения станций и их путевое развитие определяют на основе технико-экономических расчетов. При этом учитываются требования охраны окружающей среды, минимальной площади занимаемых земель и угодий, ценных для других отраслей хозяйства, и не ущемляются интересы населения.

Число, мощность и места размещения входящих в состав узла станций устанавливают при конкретном проектировании в зависимости от размеров, характера и направления потоков пассажиров и грузов, рельефа и плана местности, размещения предприятий промышленности и жилых районов в соответствии с нормами проектирования применительно к рекомендациям, изложенным ниже.

В малых и средних узлах проектируют, как правило, одну объединенную пассажирскую станцию для всех направлений с обеспечением следования через нее транзитных пассажирских поездов без перемены головы поезда. В крупных узлах при соответствующем обосновании допускается проектировать две или несколько станций.

Вновь сооружаемые пассажирские технические станции размещают с учетом требований планировки города, наименьших пробегов пассажирских составов и локомотивов и поточности следований основной части составов, подаваемых на пассажирскую техническую станцию и обратно. Техническая обработка пассажирских составов в узле обычно сосредоточивается на одной станции. В узлах, где конечные поезда прибывают на несколько пассажирских станций, следует рассматривать варианты концентрации обработки составов на одной пассажирской технической станции или на небольшом числе станций. В крупнейших узлах проектируют также базы отстоя резерва пассажирских вагонов.

Новые пассажирские технические станции, парки резервного подвижного состава, сооружения и устройства, не имеющие прямой связи с обслуживанием населения города, рекомендуется располагать за пределами селитебной территории.

Пассажирские остановочные пункты на железнодорожных линиях, проходящих по территории города, размещают вблизи жилых и промышленных районов, мест массового отдыха и массового посещения населением, на расстоянии друг от друга не менее 2 км; меньшие расстояния допускаются лишь в отдельных случаях при соответствующем обосновании.

Устройства для обслуживания грузовых транзитных поездов, следующих через узел без изменения составов (приемо-отправочные пути или парк, экипировочные устройства, пункты технического осмотра и т.п.), размещают на сортировочных или других станциях узла. Выбор станции для обслуживания транзитных поездов осуществляют на основе технико-экономических обоснований.

Устройства для обслуживания грузовых транзитных поездов, изменяющих свой состав в узле (перелом веса, обмен групп), предусматриваются, как правило, на основной сортировочной станции узла.

Сортировочная работа в железнодорожных узлах, за исключением крупных и крупнейших узлов, сосредоточивается на одной сортировочной станции. Проектирование для узла двух и более сортировочных станций допускается при соответствующем технико-экономическом обосновании.

В узлах, обслуживающих крупнейшие города или промышленные районы, число и размещение сортировочных станций должно быть обосновано технико-экономическими расчетами. При этом следует обеспечивать концентра-

цию сортировочной работы на меньшем числе хорошо оснащенных станций. Как правило, проектируют не более двух сортировочных станций в узле. В особо крупных узлах, имеющих значительное число грузовых станций и подъездных путей, допускается проектировать более двух сортировочных станций.

При наличии в узле одной сортировочной станции и проектировании развития ее в двустороннюю необходимо рассматривать вариант строительства в узле или на подходе к нему второй односторонней сортировочной станции взамен второй системы на существующей станции.

При размещении в железнодорожном узле двух и более сортировочных станций объем и характер работы каждой сортировочной станции устанавливаются технико-экономическими расчетами.

Новые сортировочные станции рекомендуется размещать за пределами города.

234

В генеральных схемах развития узлов следует рассматривать мероприятия по повышению транзитности вагонопотоков, направляемых через узел, и пропуску транзитных поездов в обход сортировочной станции, развитие которой не может быть осуществлено в необходимых размерах.

Число грузовых станций и грузовых дворов в железнодорожных узлах и в городах, места их размещения и специализация устанавливаются проектом на основе технико-экономических обоснований с учетом планировки городской территории, схемы узла, пробега вагонов и автомобильного транспорта.

Новые грузовые станции, грузовые дворы и контейнерные площадки следует размещать за пределами селитебной территории.

Погрузку и выгрузку жидкого топлива, огнеопасных и особо пылящих грузов, а также грузов с едкими запахами необходимо осуществлять на специальных пунктах, изолированных от города, в соответствии с требованиями пожарной безопасности и санитарными правилами, а также с учетом направления господствующих ветров. При этом в проектах предусматривают меры по сокращению вредных выбросов в атмосферу.

Устройства локомотивного хозяйства размещают в узле исходя из технологического процесса его работы, с учетом обеспечения наименьших простоев и пробегов поездов и локомотивов. Экипировка локомотивов обычно дислоцируется на сортировочных или участковых станциях, иногда — на крупных грузовых станциях. Пассажирские локомотивы экипируются на пассажирских технических станциях.

Устройства вагонного хозяйства размещают в узле в соответствии с технологическим процессом его работы с учетом их концентрации.

Вагонное и локомотивное депо рекомендуется располагать на одной и той же станции узла с учетом их наибольшего кооперирования.

Депо для пригородных поездов размещается, как правило, вблизи пассажирской или пассажирской технической станции или на зонной станции обслуживаемого участка.

10.16. Основные проблемы развития и реконструкции железнодорожных узлов

Современные железнодорожные узлы имеют существенные недостатки: низкий уровень обслуживания пассажиров, ограниченную пропускную способность головных железнодорожных участков на подходах к узлам, распыленность сортировочной работы, рассредоточенность местной работы по многочисленным подъездным путям, большие простои подвижного состава и др.

235

В целях устранения недостатков и создания благоприятных условий по освоению предстоящих объемов перевозок при разработке генеральных схем узлов приходится решать проблемы усиления и развития различных транспорт-

ных устройств и сооружений.

Для обеспечения пассажирских перевозок предусматриваются развитие существующих и строительство новых пассажирских и технических станций и усиление пропускной способности железнодорожных подходов к ним путем сооружения вторых, третьих и четвертых главных путей и внутриузловых соединительных линий.

В целях улучшения обслуживания пригородных и городских пассажиров проектируют пересадочные станции метрополитена и железных дорог, организуют внутригородское пассажирское движение на головных участках и внутриузловых соединительных линиях, предусматривают сооружение подземных железнодорожных диаметров, монорельсовых дорог, а также создание в крупных узлах пассажирского транспорта на магнитном подвесе.

При строительстве высокоскоростных магистралей проводят обоснование выбора места размещения в узлах и схем специализированных пассажирских и технических станций.

Для качественной и своевременной сортировки вагонопотоков и переработки грузопотоков решают вопросы концентрации сортировочной и грузовой работы на хорошо оснащенных сортировочных и грузовых станциях.

В приморских узлах строят портовые станции обслуживания новых морских портов или паромных переправ.

Реконструкция узлов увязывается с развитием городов и городского транспорта, в связи с чем возникает потребность в строительстве путепроводных развязок, мостов, пешеходных тоннелей, обходов для пропуска транзитных грузовых поездов.

Наряду с перечисленными проблемами важнейшими задачами при развитии и реконструкции узлов являются обновление путевого хозяйства (замена изношенных старогонных рельсов и стрелочных переводов) и усиление ремонтной базы подвижного состава (локомотивных, моторвагонных и вагоноремонтных депо).

Контрольные вопросы

1. Дайте классификацию железнодорожных узлов по геометрическому начертанию.

236

2. В чем схожесть и принципиальное отличие узлов радиального и крестообразного типов?

3. Каким образом можно избежать дублирования отдельных устройств в узлах треугольного типа?

4. В чем принципиальные отличия и схожесть центральных развязок узлов треугольного и крестообразного типов?

5. Перечислите сравнительные достоинства и недостатки узлов полукольцевого и радиально-кольцевого типов.

6. Как организуется сортировочная работа в узлах радиально-кольцевого типов?

7. Дайте сравнительную характеристику узлов с параллельным и последовательным расположением основных станций.

8. Охарактеризуйте достоинства и недостатки узлов комбинированного типа.

9. Чем отличаются глубокие обходы узла от местных?

10. Как различаются узлы по объему и характеру работы?

11. Где целесообразно располагать сортировочные станции в узлах вытянутых в длину и радиально-кольцевых?

12. В каких случаях проектируются узлы тупикового типа?

13. Как организуется работа грузовых станций узла радиально-кольцевого типа?

14. Перечислите возможные варианты распределения работы с пассажирскими поездами в узлах различных типов.

15. Какие преимущества дает создание сквозных диаметров в узлах радиально-кольцевого типа?

16. Укажите основные проблемы и тенденции в развитии железнодорож-

ных узлов.

17. Перечислите достоинства и недостатки узлов с одной станцией.

Литература

1. СП 237.1326000.2015. Свод правил. Инфраструктура железнодорожного транспорта. Общие требования (утв. и введен в действие Приказом Минтранса России от 06.07.2015 № 208) // Текст : электронный // Справочная правовая система «Консультант Плюс» Информационный банк «Строительство»: [сайт]. — URL: www.consultant.ru/ (дата обращения: 25.02.2020).

237

2. СП 225.1326000.2014. Свод правил. Станционные здания, сооружения и устройства (утв. Приказом Минтранса России от 02.12.2014 № 331) // Текст : электронный // Справочная правовая система «Консультант Плюс» Информационный банк «Строительство»: [сайт]. — URL: www.consultant.ru/ (дата обращения: 25.02.2020).

3. Железнодорожные станции и узлы : учебник для вузов железнодорожного транспорта / В. И. Апатцев, Ю. И. Ефименко [и др.]. — Москва : ФГБОУ «УМЦ ЖДТ», 2014. — 855 с.

4. Железнодорожные станции и узлы : учебник для вузов железнодорожного транспорта / В. Г. Шубко, Н. В. Правдин, Е. В. Архангельский [и др.] ; под редакцией В. Г. Шубко и Н. В. Правдина. — Москва : УМК МПС России, 2002. — 386 с.

5. Акулиничев, В. М. Железнодорожные станции и узлы / В. М. Акулиничев, Н. В. Правдин, В. Я. Болотный, И. Е. Савченко. — Москва : «Транспорт», 1992. — 420 с.

6. Правдин, Н. В. Проектирование железнодорожных станций и узлов : учебное пособие для транспортных вузов / Н. В. Правдин, Т. С. Банек, В. Я. Негрей ; под общей редакцией Н. В. Правдина. — Минск : Выш. шк., 1984. — 2-е изд., перераб. и доп. — 288 с.

7. Проектирование железнодорожных станций и узлов : справочное и методическое руководство / под редакцией А. М. Козлова и К. Г. Гусевой. — Москва : «Транспорт», 1981. — 592 с.

8. Скалов, К. Ю. Развитие и реконструкция станций и узлов / К. Ю. Скалов, И. Е. Савченко, Е. А. Ветухов [и др.]. — Москва : Транспорт, 1972. — 286 с.

9. Болотный, В. Я. Совершенствование схем и технологии работы железнодорожных станций : учебное пособие для вузов / В. Я. Болотный. — Москва : Транспорт, 1986. — 280 с.

10. Болотный, В. Я. Переустройство железнодорожных станций : справочное руководство по проектированию / В. Я. Болотный, М. К. Брехов. — Москва : Транспорт, 1982. — 173 с.

11. Болотный, В. Я. Проектирование железнодорожных узлов : учебное пособие / В. Я. Болотный. — Москва : Транспорт, 1989. — 152 с.

238

ГЛАВА 11. РАЗВЯЗКИ В УЗЛАХ

11.1. Классификация развязок пересечений в одном уровне

При разработке проектов станций и узлов необходимо стремиться развязывать все маршруты без пересечений в одном уровне и особенное внимание

уделять маршрутам приема поездов в одном уровне.

К пересечениям в одном уровне предъявляются следующие требования:

- безусловное обеспечение потребной пропускной способности;
- обеспечение безопасности движения. Для предотвращения выезда поезда или маневрового состава на готовый маршрут в пункте слияния устраиваются предохранительные тупики, укладываются стрелочные переводы с автовозвратом.

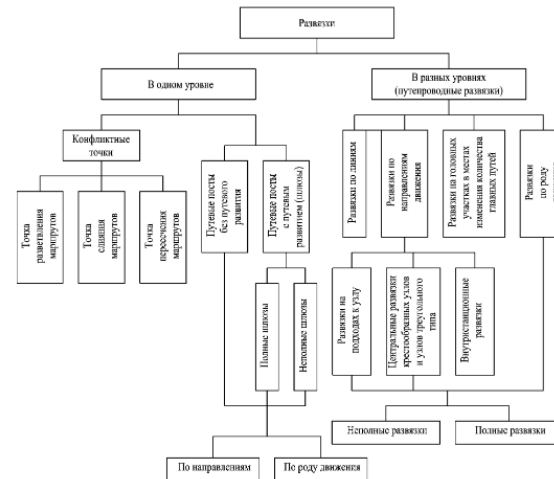


Рис. 11.1. Классификация развязок подходов в узлах

239

Классификация развязок пересечений в одной уровне (см. рис. 11.1):

- в пункте слияния, пересечения, разветвления линий;
- путевые посты без путевого развития;
- путевые посты с путевым развитием, или шлюзы. Самую простую схему имеют пункты слияния, пересечения или разветвления линий. Их можно применять при конструировании более сложных развязок (рис. 11.2)

Путевые посты бывают с путевым развитием и без путевого развития. В первом случае они используются как развязки по роду и направлению движения (рис. 11.3). Несмотря на низкую пропускную способность, они отличаются простотой конструкции и небольшой длиной.

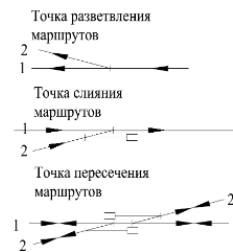


Рис. 11.2. Пункты разветвления, слияния и пересечения линий



Рис. 11.3. Путевые посты без путевого развития

Развязки по направлениям движения могут обеспечить четыре параллельных маршрута по приему-отправлению поездов с верхней секции станции на 1 подход и с нижней секции на 2 подход.

Развязка по роду движения (рис. 11.4) обеспечивает разделение потоков поездов с пассажирской и сортировочной станций, а также развязывает потоки по направлениям. При условии, что пассажирские поезда по средним главным путям следуют на подход 1, а грузовые поезда с сортировочной станции по крайним путям направляются на подход 2, реализуется одновременно 4 параллельных маршрута.

При возрастании поездопотока развязки в одном уровне переустройстваются в развязки в разных уровнях.

240



Рис. 11.4. Путевой пост с путевым развитием, реализующий развязку по роду движения

Путевые посты с путевым развитием (шлюзы) имеют большую пропускную способность, чем посты без путевого развития. В зависимости от количества пересекающихся главных путей они подразделяются на шлюзы при пересечении двух однопутных линий или шлюзы при пересечении однопутной и двухпутной линии.

Кроме того, в зависимости от того, увеличивается ли интервал движения поездов по шлюзу или нет, путевые посты с путевым развитием могут быть неполными и полными. В последнем случае поезда движутся без уменьшения скорости движения (рис. 11.5).

При устройстве неполного шлюза в месте пересечения двух однопутных линий шлюзовые пути проектируются полезной длиной, соответствующей норме длины поездов на данном направлении (рис. 11.5, а).

При устройстве полного шлюза в месте пересечения двух однопутных линий между основными главными путями укладывается дополнительный (шлюзовой) путь 2 с полезной длиной, соответствующей норме длины поездов на данном направлении (рис. 11.5, б). При подходе поезда, следующего по 2 маршруту, он сначала попадает на шлюзовую путь, а после освобождения соответствующей стрелочной секции, он проследует далее без снижения скорости движения. При устройстве неполного шлюза в месте пересечения однопутной и двухпутной линий шлюзовой путь 3 также укладывается между главными путями, однако поезд на примыкание 3 следует со снижением скорости движения или с остановкой (рис. 11.5, в).

Полный шлюз в месте пересечения однопутной и двухпутной линий (рис. 11.5, г) имеет два дополнительных шлюзовых пути 3 и 4. Движение через пересечение осуществляется без снижения скорости движения по мере освобождения стрелочных секций. Поезда, следующие по маршруту 1, поочередно переключаются с I главного пути на путь Ia (и соответственно со II пути на путь IIa).

241

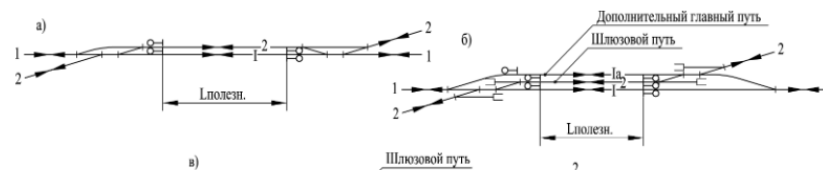




Рис. 11.5. Схемы неполных и полных шлюзов:
 а — неполный шлюз в месте пересечения двух однопутных линий; б — полный шлюз в месте пересечения двух однопутных линий (с укладкой дополнительного главного пути);
 в — неполный шлюз в месте пересечения двухпутной и однопутной линий; г — полный шлюз в месте пересечения двухпутной и однопутной линий

242

11.2. Классификация развязок пересечений в разных уровнях

Развязки в разных уровнях делятся на следующие типы:

- развязки по линиям;
- развязки в местах изменения числа главных путей;
- развязки по направлениям движения;
- развязки по роду движения.

Развязки по линиям исторически создавались в местах пересечения двух-трех линий, не имеющих взаимной корреспонденции вагонопотоков, принадлежащих разным собственникам, в процессе создания объединенных станций, и в узлах производилась реконструкция их в развязки по направлениям. Сооружались развязки по линиям в узлах с одной станцией (обычно участковых), парки путей каждой линии обслуживали поезда обоих направлений, локомотивное хозяйство, пассажирское здание использовалось кооперативно.

При реконструкции (см. рис. 11.6) парки получали специализацию в четном или нечетном направлении. Переустроенные развязки обеспечивают пропуск поездов с одной линии на другую.

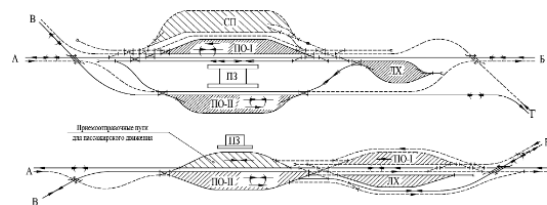


Рис. 11.6. Реконструкция развязок по линиям в развязки по направлениям движения

В крупных узлах, в местах примыкания многопутных участков необходимо устраивать развязки в местах изменения числа главных путей (рис. 11.7). Главные пути на многопутных участках могут иметь различную специализацию для пропуска пассажирских, пригородных и грузовых поездов в зависимости от технологии работы участка и размеров движения. В подавляющем большинстве случаев трехпутного участка основная пара главных путей используется для пассажирских и грузовых поездов, а третий

243

пригородных поездов могут располагаться сбоку, а главные пути для пассажирских и грузовых поездов имеют внутреннее расположение.

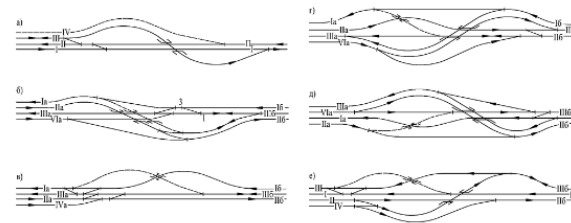


Рис. 11.7. Развязки на головных участках в местах изменения числа главных путей:
 а — развязка в разных уровнях при изменении числа главных путей с 2 до 4;
 б — развязка в разных уровнях при изменении числа главных путей с 3 до 4 с устройством двухпутного путепровода; в — развязка в разных уровнях при изменении числа главных путей с 3 до 4 с устройством однопутного путепровода;
 г — развязка в разных уровнях при изменении числа главных путей с 3 до 4 с устройством двухпутного и однопутного путепроводов;
 д — вариант развязки в разных уровнях при изменении числа главных путей с 3 до 4 с устройством двухпутного и однопутного путепроводов;
 е — развязка в разных уровнях при изменении числа главных путей с 3 до 4 с устройством двух однопутных путепроводов

Конструкция развязки в месте изменения числа главных путей зависит от их специализации и количества.

В железнодорожных узлах с одной станцией и узлах с последовательным расположением станций проектируются развязки по направлению движения (рис. 11.8). Их достоинствами являются относительно небольшая стоимость строительства и более низкие расходы на содержание устройств по сравнению с развязками по роду движения. Однако их пропускная способность значительно уступает последним. Конструкция развязки по роду движения зависит от тех же факторов, что и у развязок в местах изменения числа главных путей.

В зависимости от специализации главных путей развязки бывают:
 — симметричные (объемлющие);
 — несимметричные (последовательные).

244

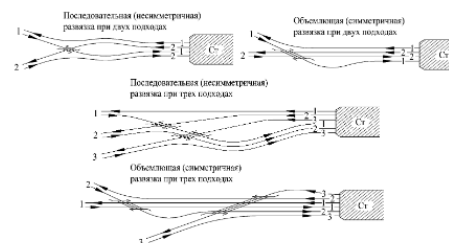


Рис. 11.8. Развязки по направлению движения

Пример определения специализации главных путей на подходе к станциям приведен на рис. 11.9, 11.10.



Определение специализации главных путей по приему

- ① Изначально принять специализацию главных путей по приему
- ② Определим количество пересечений поездопотоков
- ③ Меняем специализацию главных путей по приему
- ④ Определим количество пересечений поездопотоков
- ⑤ По минимуму данного показателя определяем окончательную схему ввода путей на пассажирскую станцию



Определение специализации главных путей по отправлению

- ① Изначально принять специализацию главных путей по приему
- ② Определим количество пересечений поездопотоков
- ③ Меняем специализацию главных путей по приему
- ④ Определим количество пересечений поездопотоков
- ⑤ По минимуму данного показателя определяем окончательную схему вывода путей с пассажирской станции

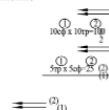
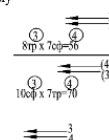


Рис. 11.9. Определение схем ввода-вывода главных путей на пассажирскую станцию при объемлющем расположении главных путей по отношению к ПТС



Определение специализации главных путей по приему

- ① Изначально принять специализацию главных путей по приему
- ② Определим количество пересечений поездопотоков
- ③ Меняем специализацию главных путей по приему
- ④ Определим количество пересечений поездопотоков
- ⑤ По минимуму данного показателя определяем окончательную схему ввода путей на пассажирскую станцию



Определение специализации главных путей по отправлению

- ① Изначально принять специализацию главных путей по приему
- ② Определим количество пересечений поездопотоков
- ③ Меняем специализацию главных путей по приему
- ④ Определим количество пересечений поездопотоков
- ⑤ По минимуму данного показателя определяем окончательную схему вывода путей с пассажирской станции

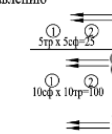


Рис. 11.10. Определение схем ввода-вывода главных путей на пассажирскую станцию при боковом расположении пассажирской технической станции

Наиболее сложные развязки — по роду движения — проектируются в железнодорожных узлах с параллельным расположением пассажирской и сортировочной станций.

Определение схем ввода-вывода главных путей при проектировании развязки по роду движения представлено на рис. 11.11, а определение количества конфликтных точек и количества путепроводов в таких развязках отражено на рис. 11.12.

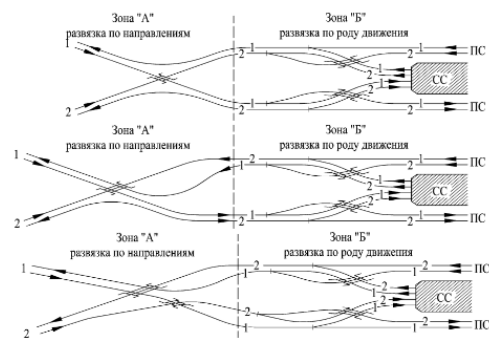


Рис. 11.13. Развязки по роду движения в узлах с параллельным расположением основных станций

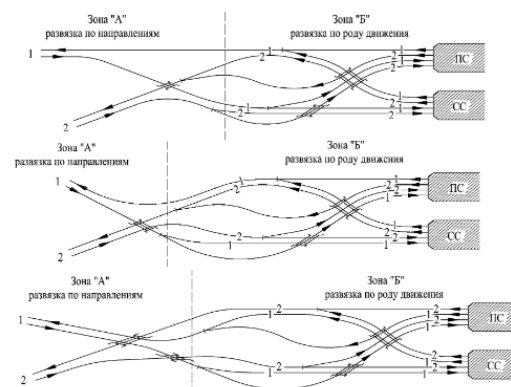
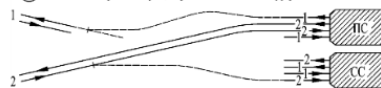


Рис. 11.14. Развязки по роду движения в узлах с последовательным расположением основных станций

а Среди схем вводе-вывода главных путей на пассажирскую и сортировочную станции находим пару путей, соответствующую одному из подходов, и соединим их



б Соединим крайние пути, ограничивающие контур развязки



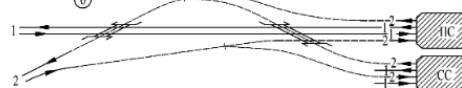
в Выполняем все оставшиеся внутренние коммуникации при минимуме путепроводов



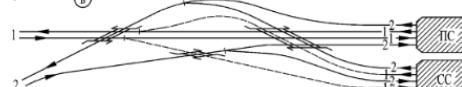
а



б



в



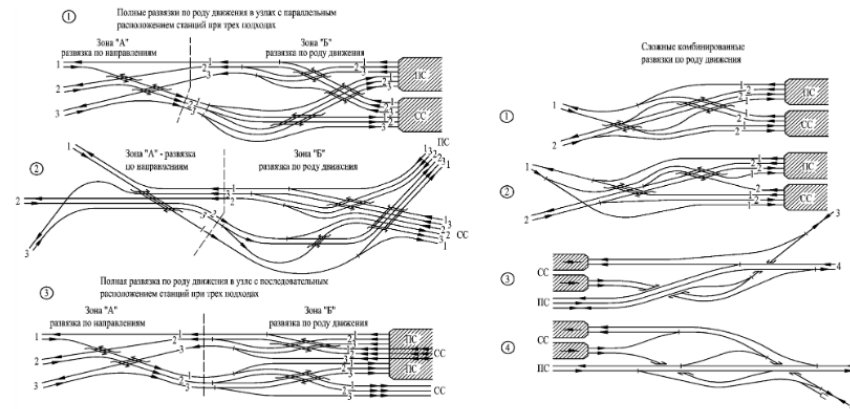


Рис. 11.16. Развязки по роду движения при трех подходах при совпадении схем ввода-вывода путей на пассажирскую и сортировочную станции, сложные комбинированные развязки при двух подходах, неполные развязки подходов

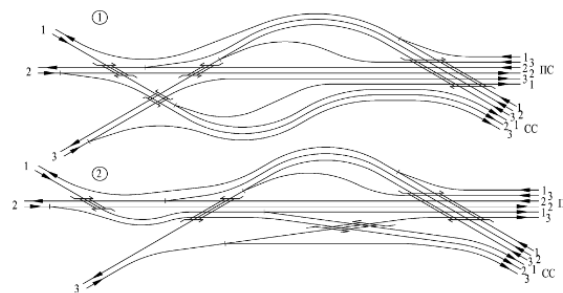


Рис. 11.17 Сложные комбинированные развязки при трех подходах

Порядок проектирования путепроводных развязок в этом случае следующий:

- среди схем ввода-вывода главных путей на пассажирскую и сортировочную станции находим пару главных путей, соответствующих одному из подходов, и соединяем эту пару главных путей с соответствующим подходом;
- выполняем подключение крайних путей, определяющих контур будущей развязки;
- выполняем все остальные коммуникации развязки, стремясь при этом к

11.3. Обоснование экономической целесообразности сооружения путепроводных развязок

Пересечение в одном уровне требует наименьших затрат на сооружение, но вызывает дополнительные эксплуатационные расходы из-за задержек транспорта, остановок и снижения скорости движения поездов при подходе к пересечению. Поэтому следует определить экономическую целесообразность строительства развязки в разных уровнях (путепровода), когда затраты на строительство путепровода окупятся за счет уменьшения эксплуатационных расходов.

252

Разница в капитальных вложениях на сооружение пересечения в одном уровне и путепроводной развязки должна вычисляться в сопоставимых границах плана и профиля. При определении эксплуатационных расходов должны учитываться затраты, связанные с задержками поездов на подходах, их разгоном и торможением, преодолением подъемов и спусков, пробегом грузовых и пассажирских поездов (если они отличаются по вариантам); затраты на приобретение подвижного состава.

Затраты, связанные с разгоном и торможением, не учитываются при пересечении маршрутов в горловинах станций, так как задерживаться будут отправляющиеся, а не прибывающие поезда. Однако при этом требуется дополнительные затраты на путевое развитие станции, которые должны учитываться при сравнении. Продолжительность задержек (ч) в год можно в простых случаях определять по формулам:

– при равноправных маршрутах:

$$T_1 = \frac{6,08 N_1 N_2 (t_1^2 + t_2^2)}{2880}; \quad (11.1)$$

– при неравноправных маршрутах:

$$T_1 = \frac{6,08 N_1 N_2 (t_1 + t_2)^2}{2880}, \quad (11.2)$$

где N_1, N_2 — число передвижений соответственно по первому и второму маршрутам; t_1, t_2 — время занятия пересечения одним передвижением.

Общее количество задержек на обоих маршрутах в годовом исчислении:

$$K_2 = \frac{365 N_1 N_2 (t_1 + t_2)}{1440}. \quad (11.3)$$

Более точно продолжительность задержек и число остановок поезда, а также дополнительные расходы, связанные с задержками поездов (на дополнительное путевое развитие и др.), определяются методом статистических испытаний.

253

11.4. Проектирование развязок в плане

План и профиль главных путей в путепроводной развязке проектируют с соблюдением норм проектирования главных путей на перегонах. Для сокраще-

ния территории, занимаемой развязкой, а также уменьшения объемов земляных работ и стоимости подготовительных работ (сносы зданий, переносы высоковольтных линий и др.) могут применяться уменьшенные значения радиусов кривых, приведенные в табл. 11.1. Наименьшая длина прямых вставок между начальными точками переходных кривых указана в табл. 11.2. Длины переходных кривых приведены в табл. 11.3.

Алгебраическая разность сопрягаемых уклонов и минимальные длины элементов профиля указаны в табл. 11.4. Минимальная длина элемента профиля в развязках допускается 200 м.

Таблица 11.1

Радиусы кривых в плане

Категории железнодорожной линии, подъездного пути	Радиусы кривых в плане, м			
	рекомендуемые	допускаемые		
		в трудных условиях	в особо трудных условиях при технико-экономическом обосновании	по согласованию
Скоростные	4 000÷3 000	2 500	1 200	300
Особогрузонапряженные	4 000÷2 000	1 500	1 000	600
I	4 000÷2 500	2 000	1 000	600
II	4 000÷2 000	1 500	800	400
III	4 000÷1 200	800	600	350
IV — железнодорожные линии	2 000÷1 000	600	350	200
IV — подъездные пути	2 000÷600	500	200	200
IV — соединительные пути	2 000÷350	250	200	200

- Примечания:
1. В случаях, когда на особогрузонапряженных линиях предусматривается максимальная скорость движения пассажирских поездов свыше 120 км/ч, радиусы кривых, рекомендуемые и допускаемые в трудных условиях, на указанных линиях следует принимать по нормам, предусмотренным для линий I категории.
 2. При проектировании участков железнодорожных линий на пересечении высотных препятствий, где по условиям продольного профиля пути реализуются скорости движения пассажирских поездов менее 120 км/ч и грузовых поездов менее 60 км/ч, по согласованию допускается применять кривые радиусами: 300 м — на линиях I и II категории, 250 м — на линиях III категории.
 3. При проектировании уширений междупутий допускается применять кривые радиусом более 4000 м.
 4. При проектировании развязок в железнодорожных узлах допускается применять кривые радиусом 250 м.

Таблица 11.2

Длины прямых вставок между смежными кривыми

Категория железнодорожной линии	Длина прямой вставки, м			
	в нормальных условиях между кривыми, направленными		в трудных условиях между кривыми, направленными	
	в разные стороны	в одну сторону	в разные стороны	в одну сторону
Скоростные	150	150	100	100
Особогрузонапряженные	75	100	50	50
I и II	150	150	50	75

III	75	100	50	50
IV	50	50	30	30

Примечания:
1. В случаях, когда на особогрузонапряженных линиях предусматривается максимальная скорость движения пассажирских поездов свыше 120 км/ч, прямые вставки на указанных линиях следует принимать по нормам, предусмотренным для линий I категории.
2. На подъездных путях, обслуживаемых маневровым порядком, а в трудных условиях при поездном движении со скоростями не более 25 км/ч, а также на временных участках трассы, сооружаемых на период строительства, прямые вставки между переходными кривыми допускается не устраивать. При отсутствии переходных кривых прямые вставки допускается не устраивать, если не предусматривается возвышение наружного рельса.

Таблица 11.3

Длины переходных кривых

Радиус кривой, м	Длина переходных кривых на железнодорожных линиях и подъездных путях, м								
	особогрузонапряженных, I и II категории			III категории			IV категории		
	Зоны скоростей движения								
1	2	3	1	2	3	1	2	3	
4000	40	30	20	30	20	20	—	—	—
3000	60+40	40+30	20	40+30	30+20	20	—	—	—
2500	80+60	50+30	20	60+40	40+30	20	—	—	—
2000	100+80	60+40	30	60+50	50+30	20	40+30	30	20
1300	100+80	60+40	40+30	80+60	50+40	30+20	50+30	30	20
1500	120+100	80+60	50+40	80+60	60+50	40+30	60+40	40+30	30
1200	140+120	100+80	60+50	100+80	80+60	40+30	60+50	50+30	30
1000	140+120	120+100	70+50	120+100	80+60	50+40	80+60	50+40	30
800	160+140	140+100	80+50	140+100	100+80	50+40	90+60	60+50	40+30
700	160+140	140+120	80+60	160+120	110+90	60+50	120+80	60+50	40+30
600	160+130	140+120	100+60	160+120	120+100	60+50	120+80	80+60	50+40
500	160+120	140+120	120+70	160+120	130+100	80+60	120+100	90+70	60+40
400	160+120	140+120	140+80	140+100	140+100	80+60	120+100	110+80	60+50
350	140+100	140+100	140+80	140+100	130+100	100+60	120+100	120+80	80+50
300	140+100	140+100	120+80	140+100	120+100	120+80	120+80	120+80	80+60
250	120+90	120+80	120+80	120+80	120+80	120+80	120+80	120+80	80+60
200	—	—	—	—	—	—	100+80	100+80	80+60

Примечания:
1. В случаях, когда на особогрузонапряженных линиях предусматривается максимальная скорость движения пассажирских поездов свыше 120 км/ч, длины переходных кривых на указанных линиях следует определять как для линий I категории.
2. При двух значениях длин переходных кривых меньшие значения допускается применять в трудных условиях.
3. Деление участков на зоны скоростей движения поездов следует производить в зависимости от конфигурации продольного профиля:
— 1-я зона скоростей — углубления продольного профиля и примыкающие к ним участки, а также другие участки, проходимые грузовыми поездами в обоих направлениях с максимальными или близкими к ним скоростями;
— 2-я зона скоростей — горизонтальные площадки и уклоны, на которых величина средневзвешенной квадратической скорости близка к средним значениям скоростей движения грузовых поездов;

— 3-я зона скоростей — возвышения продольного профиля и примыкающие к ним участки затяжных подъемов, проходимые грузовыми поездами в обоих направлениях со скоростями, близкими к расчетной скорости на руководящем подъеме.

Таблица 11.4

Наибольшая алгебраическая разность сопрягаемых уклонов

и минимальные длины элементов продольного профиля

Категория железнодорожной линии, полезного пути	Наибольшая алгебраическая разность уклонов смежных элементов профиля Δi_n , ‰ (числитель) и наименьшая длина разделительных площадок и элементов переходной кривизны l_n , м, (знаменатель) при полезной длине приемоправочных путей, м			
	850	1050	2·850 = 1700	2·1050 = 2100
<i>Рекомендуемые нормы</i>				
Скоростная	6/250	4/300	—	—
Особогрузонапряженная	—	3/250	3/250	3/400
I	6/200	4/250	3/250	3/300
II	8/200	5/250	4/250	3/300
III	13/200	7/200	7/250	4/253
IV	13/200	3/200	3/250	—
<i>Допускаемые нормы</i>				
Скоростная	10/250	9/300	—	—
Особогрузонапряженная	—	10/200	5/250	4/300
I	13/200	10/200	5/250	4/300
II	13/200	10/200	6/250	4/250
III	13/200	10/200	8/250	6/250
IV	20/200	10/200	10/200	—

Примечания:

1. Временные участки трассы проектируются по нормам железных дорог IV категории при полезной длине приемно-отправочных путей 850 м.
2. При проектировании подъездных путей и временных участков в трудных условиях допускается увеличивать алгебраическую разность уклонов Δi_n до 30 ‰ при длине элементов профиля l_n не менее 150 м.

Если путь развязки примыкает к горловине станции, то для возможности удлинения в будущем парковых путей рекомендуется на протяжении не менее 200 м укладывать его на прямом участке параллельно главным путям и в одном уровне с ними и только после этого участка устраивать отход на развязку.

257

На постах примыкания и пересечений в развязках применяют стрелочные переводы пологих марок (1/18, 1/22) или симметричные переводы марки 1/11.

Путепроводы в зависимости от материала пролетного строения имеются железобетонные или металлические, а по конструкции — с ездой поверху или понизу. В настоящее время строят главным образом железобетонные путепроводы. Угол пересечения путей в типовых проектах путепроводов принят 30, 45, 60, 90°. При пересечении под углом меньше 60° путепроводы для двух и более путей устраивают косыми со ступенчатым расположением передней грани опор или с косыми опорами и пролетными строениями. Ступенчатые опоры позволяют применять типовые прямые пролетные строения, но требуют некоторого увеличения пролета. При косых опорах длина путепровода сокращается, но требуется применение индивидуальных косых пролетных строений.

Путепроводы устраивают так, чтобы верхний путь был по возможности на прямом горизонтальном участке, но при железобетонных путепроводах с непрерывным балластным слоем этот путь можно располагать на уклоне и на вертикальной кривой. Необходимая разность отметок головок рельсов верхнего и нижнего путей определяется по формуле:

$$H_d = h_t + h_c + h_p, \quad (11.4)$$

где h_t — габаритное расстояние от головки рельса до низа конструкции пролетного строения путепровода, принимается $h_t = 6,50$ м; h_c — конструктивная высота пролетного строения, исчисляемая от низа пролетного строения до подошвы рельса (ПР) верхнего пути и зависящая от величины пролета и конструкции пролетного строения, в курсовом проекте можно принять $h_c = 0,8+1,2$ м; h_p — высота рельса верхнего пути, для Р65 $h_p = 0,18$ м.

Разность отметок головок рельсов в предварительных расчетах можно

принимать от 7,5 м (при путепроводе над одним путем и угле пересечения 60° и более) до 8,5 м (при пересечении большими пролетами двух-трех путей под острым углом).

Чтобы уменьшить объем земляных работ, во многих случаях снижают разность отметок головок рельсов верхнего и нижнего путей, применяя типовые пролетные строения из преднапряженного железобетона с пониженной строительной высотой ($h_c = 0,83$ м). Схема путепровода с таким пролетным строением приведена на рис. 11.18.

258

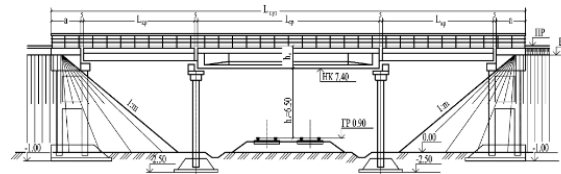


Рис. 11.18. Путепровод через два железнодорожных пути при пересечении линий под углом 45°

Для пересечений под острыми углами иногда разрабатывают индивидуальные проекты путепроводов со сборными косыми пролетными строениями высотой 0,9–1,0 м.

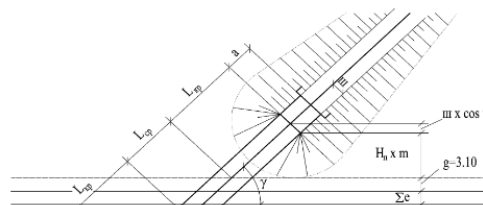
Новые путепроводы чаще всего сооружают над существующими главными путями, что особенно целесообразно, если существующие пути проходят в выемке. Если же существующие пути проходят на высокой насыпи, путепровод для пропуска нового пути сооружают под ними (путепроводы тоннельного типа). При этом в поисках экономичного решения иногда приходится изменять профиль существующих путей в месте путепровода, чтобы несколько повысить отметки этих путей. Во всех случаях пропуска новых главных путей под существующими проверяется возможность отвода поверхностных вод от главных путей в пониженные места.

Длина путепровода согласно расчетной схеме (рис. 11.19) определяется по формуле:

$$L_{\text{пут}} = 2a + \frac{2u \times \cos \gamma + H_n m}{\sin \gamma} + \frac{\sum e + 2g}{\sin \gamma}, \quad (11.5)$$

где a — длина устоя путепровода; u — половина ширины устоя путепровода; H_n — высота путепровода (разность отметок верхнего и нижнего путей); m — величина, характеризующая отношение заложения откоса к его высоте, обратная крутизне откоса; γ — угол пересечения путей, проходящих поверху и понизу путепровода; $\sum e$ — сумма междупутей путей, проходящих понизу путепровода; g — габаритное расстояние от оси крайнего пути до промежуточного устоя.

259



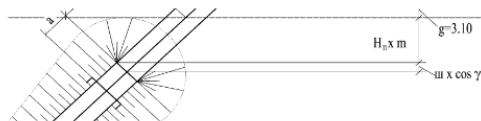


Рис. 11.19. Расчетная схема для определения длины путепровода

Второе слагаемое определяет длину крайних пролетов путепровода, последнее слагаемое — длину среднего пролета путепровода.

В простейших случаях, когда разность уровней главных путей в месте путепровода легко набирается, длина развязки может быть определена теоретически в зависимости от принимаемого угла пересечения γ (рис. 11.20), радиуса кривой R , длины прямой вставки d_0 между концами переходных кривых и принимаемых длин переходных кривых C_1, C_2 . Полная вставка d между концами круговых кривых равна $d_0 + C_1$.

Вначале определяются расстояния, обозначенные на рисунке буквами a и U :

$$a = b + \frac{C_2}{2} + T_2 = b + \frac{C_2}{2} + R \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}; U = a \sin \gamma - (0,5e + e_1) \quad (11.6)$$

где b — расстояние от оси путепровода до начала переходной кривой, м; C_2 — длина переходной кривой, м; R — радиус круговой кривой, м; T_2 — тангенс чистой круговой кривой в плане; γ — угол пересечения путей, проходящих поверху и понизу путепровода; e — ширина междупутья между I и II путями на перегоне, $e = 4,10$ м; e_1 — ширина междупутья между I и III путями на перегоне, $e_1 = 8,00$ м.

260

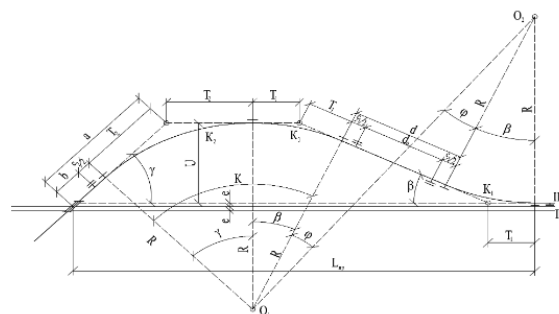


Рис. 11.20. Расчетная схема для определения длины путепроводной развязки

Величина b равна половине длины площадки в профиле для размещения путепровода:

$$b = \frac{L_{\text{пл}}}{2} \quad (11.7)$$

Длина площадки для размещения путепровода принимается равной минимальной длине элементов профиля (200, 250, 300 м), но не менее:

$$L_{\text{пл}}^{\min} = L_{\text{пут}} + T_{\text{в}} + T_{\text{в}}' \quad (11.8)$$

где $L_{\text{пут}}$ — длина путепровода, м; $T_{\text{в}}, T_{\text{в}}'$ — длины тангенсов вертикальных кривых со стороны подъема и спуска с путепровода (рис. 11.20), м.

Тангенсы вертикальных кривых рассчитываются по формуле:

$$T_{\text{в}} = \frac{\Delta i \times R_{\text{в}}}{2000}, \quad (11.9)$$

где Δi — алгебраическая разность сопрягаемых кривых, ‰; $R_{\text{в}}$ — радиус вертикальной кривой, м.

261

Радиусы вертикальных кривых принимают 20 000 м — на скоростных линиях; 15 000 м — на линиях I и II категорий, 10 000 м — на особогрузонапряженных линиях и линиях III категории; 5 000 м — на железных дорогах IV категории. При проектировании дополнительных главных путей и усиления (реконструкции) существующих железных дорог в трудных условиях, а также подъездных путей допускается уменьшать радиусы вертикальных кривых: до 15 000 м — на скоростных линиях; до 10 000 м — на линиях I и II категорий; до 5 000 м — на особогрузонапряженных линиях и линиях III категории; до 3 000 м — на железных дорогах IV категории.

Для определения угла β проектируем на вертикальную ось отрезок O_1O_2 (рис. 11.20) и получаем уравнение:

$$O_1O_2 \cos(\beta + \varphi) = 2R - U \quad (11.10)$$

Вспомогательный угол φ определяется из выражения $\text{tg } \varphi = d/2R$.

Отрезок $O_1O_2 = 2R/\cos(\varphi)$.

Из уравнения (11.10) получим:

$$\beta = \arccos\left(\frac{2R - U}{2R} \cos \varphi\right) - \varphi \quad (11.11)$$

Длина развязки в плане определяется по формуле:

$$L_{\text{пл}}^{\text{разв}} = b + \frac{C_2}{2} + K_2 + \frac{C_1}{2} + d_0 + \frac{C_1}{2} + K_1 \quad (11.12)$$

Длины круговых кривых определяются по формулам:

$$\begin{aligned} K_1 &= \frac{\pi \times R \times \beta}{180} = 0,017453 \times R \times \beta; \\ K_2 &= \frac{\pi \times R \times (\beta + \gamma)}{180} = 0,017453 \times R \times (\beta + \gamma). \end{aligned} \quad (11.13)$$

Длина путепроводной развязки в плане должна быть не менее развязки в профиле. Длина развязки в профиле зависит от характера подходов. Типичны три случая: один путь на уровне условного горизонта, второй на насыпи

262

(рис. 11.21, а); один путь в выемке, второй на уровне условного горизонта (рис. 11.21, б); один путь на насыпи, второй путь в выемке (рис. 11.21, в); в редких случаях встречаются другие решения (рис. 11.21, г, д).

Минимальная длина развязки в профиле:

$$L_{\text{пр}}^{\text{мин}} = L_{\text{под}} + 0,5L_{\text{пл}} - \frac{H_{\text{п}} \times 10^3}{i_{\text{п}} - i_{\text{эк}}} + 0,5L_{\text{пл}}, \quad (11.14)$$

где $L_{\text{под}}$ — длина подъемной части развязки, м; $L_{\text{пл}}$ — длина площадки для размещения путепровода в профиле, м; $H_{\text{п}}$ — высота путепровода (разность отметок верхнего и нижнего путей), м; $i_{\text{п}}$ — руководящий уклон на

примыкающем направлении, ‰; $i_{эк}$ — эквивалентный уклон от кривых, ‰, определяется как $i_{эк} = 700/R$.

При устройстве развязки вблизи горловины станции необходимо предусматривать возможность удлинения станционных путей в перспективе. Для этого главные пути развязки на протяжении не менее 200 м от горловины рекомендуются укладывать на прямом участке в одном уровне.

Иногда план развязки проектируют с учетом обхода существующих устройств (локомотивного хозяйства, технических зданий, складов и др.). В таких случаях находить положение путепровода по формуле (11.12) не требуется.

11.5. Профилировка путепроводных развязок

На рис. 11.22 дан пример путепроводной развязки двух двухпутных линий. Новая линия по схеме станции примыкает главным путем III к пассажирским путям, а путем IV — к паркам грузового движения. Угол пересечения принят 45° . Продольный профиль запроектирован с применением руководящего уклона 9 ‰. В кривых выполняется положение уклона на величину дополнительного сопротивления от кривых $700/R$, при радиусе кривых в плане максимальный уклон составит $9 - 700/600 = 7,83$ ‰.

Максимальная алгебраическая разность смежных элементов профиля принята $\Delta i = 10$ ‰. Минимальная длина элемента профиля в месте расположения путепровода принята 200 м. Переломы профиля запроектированы таким образом, чтобы вертикальные сопрягающие кривые не совпадали с переходными кривыми.

263

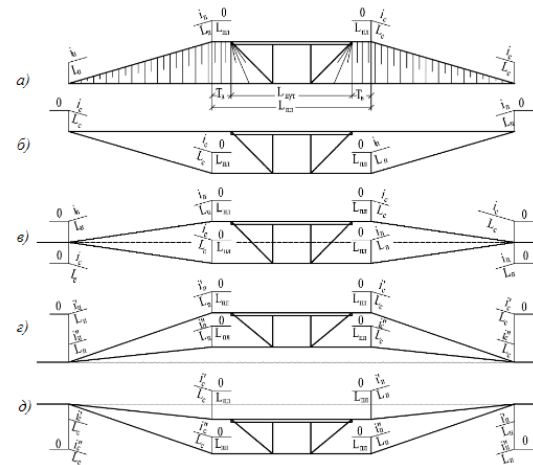


Рис. 11.21. Расположение путей в профиле при подходе к путепроводу:

- а — один путь на уровне условного горизонта, второй на насыпи;
- б — один путь в выемке, второй на уровне условного горизонта;
- в — один путь на насыпи, второй путь в выемке; г — оба пути на насыпи в разных уровнях; д — оба пути в выемке в разных уровнях

Профилировка выполняется следующим образом:

1. Определяем отметки головок рельсов путей, проходящих понизу развязки, на границе проектирования и на подходах к горловине станции (т. А, Д, Г).

Отметки головок рельсов определяются по формуле:

$$H_{гр} = H_z + h_{нас} + h_{всп}, \quad (11.15)$$

где H_z — отметка земли, определяемая интерполяцией по горизонталям, м;

принять $h_{\text{нас}} = 1,0 \div 1,5$ м; $h_{\text{всп}}$ — высота верхнего строения пути, м, при рельсах Р65, железобетонных шпалах и однослойном щебеночном балласте толщиной 35 см $h_{\text{всп}} = 0,76$ м.

2. Определяем отметку путей, проходящих понизу путепровода:

$$H_{\text{гр}}^B = H_{\text{гр}}^A + i_{AD} \times L_{AB} \times 10^{-3} = 204,50 + (-0,4) \times 688 \times 10^{-3} = 204,27 \text{ м}, \quad (11.16)$$

где $H_{\text{гр}}^A$ — отметка головки рельса в точке A , м; i_{AD} — уклон между точками A и D , ‰; L_{AB} — расстояние между точками A и B , м.

3. Определяем отметку путей, проходящих поверху путепровода:

$$H_{\text{гр}}^{B,E'} = H_{\text{гр}}^B + H_{\text{п}} = 204,27 + 8,50 = 212,77 \text{ м}, \quad (11.17)$$

где $H_{\text{п}}$ — высота путепровода, принята 8,5 м.

4. Назначаем точки перелома профиля в местах разделения земляных полотно главных путей (т. B , D , E). Определяем расстояния между всеми смежными точками. Рассчитываем величину уклонов между смежными точками по формуле:

$$i_{12} = \frac{(H_2 + H_1)}{L_{12}} \times 10^3, \quad (11.18)$$

где H_1 , H_2 — отметки головок рельсов смежных точек, м; L_{12} — расстояние между смежными точками, м.

5. Рассчитанная крутизна уклонов не должна превышать предельных значений, алгебраическая разность сопрягаемых уклонов не должна быть больше принятого значения Δi .

Например, если точка B будет располагаться на насыпи минимальной высоты $H_{\text{гр}}^B = 205,10$ м, крутизна уклона между точками B и E будет превышать величину руководящего уклона:

$$i_{BE} = \frac{(H_E + H_B)}{L_{BE}} \times 10^3 = \frac{(212,77 - 205,10)}{568} \times 10^3 = 13,5 \text{ ‰} > i_p = 9 \text{ ‰}.$$

Поэтому отметка точки B определяется по величине максимального уклона, равного руководящему:

$$H_B = H_E - i_p \times L_{BE} \times 10^{-3} = 212,77 - 9 \times 568 \times 10^{-3} = 207,66 \text{ м}.$$

В то же время следует стремиться к использованию максимальных уклонов для сокращения объемов земляных работ. Например, если запроектировать один общий уклон между точками E' и E , крутизна его составит:

$$i_{E'E} = \frac{(H_E + H_{E'})}{L_{E'E}} \times 10^3 = \frac{(205,20 - 212,77)}{723 + 708} \times 10^3 = -5,3 \text{ ‰}.$$

В таком случае целесообразно спуститься с путепровода максимальным

6. С целью разделения земляного полотна главных путей второго подхода, идущих на путепровод и примыкающих к горловине (пути III и IV), за 700÷1 000 м от путепровода устраивается дополнительная кривая с углом поворота $1,5+3^\circ$ (г. Б).

Пример профилировки путепроводной развязки представлен на рис. 11.23.

267

1. Чем отличаются полные и неполные шлюзы?
2. В каких случаях устраиваются путевые посты без путевого развития и посты-шлюзы?
3. Что дает укладка дополнительных главных путей в схемах полных шлюзов?

4. В каких случаях оправдано устройство путевого поста вместо путепроводной развязки?
5. Дайте классификацию путепроводных развязок.
6. В чем состоит отличительная особенность развязок по линиям?
7. Какие принципиальные отличия можно указать для развязок по роду движения в сравнении с развязками по направлениям?
8. Как определяется схема ввода-вывода главных путей на сортировочную станцию?
9. Как устанавливается специализация главных путей на подходе к пассажирской станции?
10. Какова должна быть величина максимального уклона на подходе к путепроводной развязке?
11. Чем руководствуются при назначении радиусов вертикальных кривых при сопряжении смежных элементов профиля в пределах путепроводной развязки?
12. Где допускается устраивать точки перелома смежных элементов профиля в пределах путепроводной развязки?
13. Чем полные развязки по роду движения отличаются от неполных?
14. Преимущественно в узлах какого типа устраивают развязки по роду движения?

Литература

1. СП 237.1326000.2015. Свод правил. Инфраструктура железнодорожного транспорта. Общие требования (утв. и введен в действие Приказом Минтранса России от 06.07.2015 № 208) // Текст : электронный // Справочная правовая система «Консультант Плюс» Информационный банк «Строительство»: [сайт]. — URL: www.consultant.ru/ (дата обращения: 25.02.2020).
2. СП 225.1326000.2014. Свод правил. Станционные здания, сооружения и устройства (утв. Приказом Минтранса России от 02.12.2014 № 331) // Текст : электронный // Справочная правовая система «Консультант Плюс» Информационный банк «Строительство»: [сайт]. — URL: www.consultant.ru/ (дата обращения: 25.02.2020).

268

3. Железнодорожные станции и узлы : учебник для вузов железнодорожного транспорта / В. И. Апатцев, Ю. И. Ефименко [и др.] — Москва : ФГБОУ «УМЦ ЖДТ», 2014. — 855 с.
4. Железнодорожные станции и узлы : учебник для вузов железнодорожного транспорта / В. Г. Шубко, Н. В. Правдин, Е. В. Архангельский [и др.] ; под редакцией В. Г. Шубко и Н. В. Правдина. — Москва : УМК МПС России, 2002. — 386 с.
5. Акулиничев, В. М. Железнодорожные станции и узлы / В. М. Акулиничев, Н. В. Правдин, В. Я. Болотный, И. Е. Савченко. — Москва : «Транспорт», 1992. — 420 с.
6. Правдин, Н. В. Проектирование железнодорожных станций и узлов : учебное пособие для транспортных вузов / Н. В. Правдин, Т. С. Банек, В. Я. Негрей ; под общей редакцией Н. В. Правдина. — Минск : Выш. шк., 1984. — 2-е изд., перераб. и доп. — 288 с.
7. Проектирование железнодорожных станций и узлов : справочное и методическое руководство / под редакцией А. М. Козлова и К. Г. Гусевой. — Москва : «Транспорт», 1981. — 592 с.
8. Скалов, К. Ю. Развитие и реконструкция станций и узлов / К. Ю. Скалов, И. Е. Савченко, Е. А. Ветухов [и др.]. — Москва : Транспорт, 1972. — 286 с.
9. Болотный, В. Я. Совершенствование схем и технологии работы железнодорожных станций : учебное пособие для вузов / В. Я. Болотный. — Москва : Транспорт, 1986. — 280 с.
10. Болотный, В. Я. Переустройство железнодорожных станций : справочное руководство по проектированию / В. Я. Болотный, М. К. Брехов. — Москва : Транспорт, 1982. — 173 с.
11. Болотный, В. Я. Проектирование железнодорожных узлов : учебное пособие / В. Я. Болотный. — Москва : Транспорт, 1989. — 152 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Пример расчета высоты и профиля горки

Исходные данные.

Схема горочной горловины на 32 пути представлена на рис. П.1.

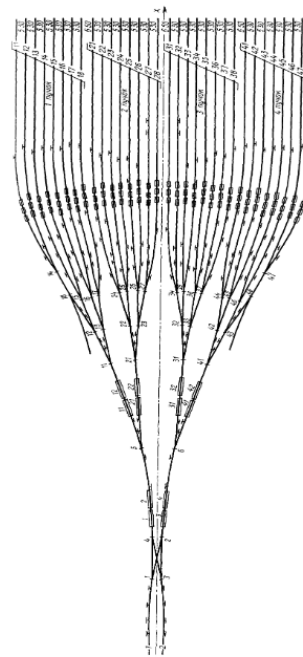


Рис. П.1. Схема горловины
270

По условиям скатывания трудным будет путь № 48, т.к. по маршруту скатывания на него отцеп преодолевает наибольшее сопротивление от стрелок и кривых. Смежный с трудным путь № 47. Развертка трудного пути представлена на рис. П.2. Точки перелома профиля выбраны на расстоянии 3 метров от границ 2 ТП и 2 метров относительно начала и конца ПТП. Переломы профиля между первым и вторым скоростными уклонами и между вторым скоростным уклоном и уклоном 1 ТП расположены в пределах стрелочных переводов СП1 и СП2. Положение точки перелома профиля, соответствующей условной вершине горки будет определено в ходе дальнейших расчетов.

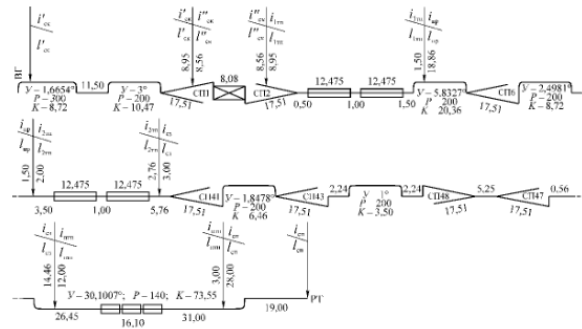


Рис. П.2. Развертка грунтового пути № 48

По развертке определяем длины расчетных участков:

- 1-й участок от ВГ до начала 1 ТП:

$$l_1 = 8,72 + 11,50 + 10,47 + 17,51 + 8,08 + 17,51 + 0,50 = 73,86 \text{ м};$$

- 2-й участок от 1 ТП до начала 2 ТП:

$$l_2 = 12,475 + 1,00 + 12,475 + 1,50 + 20,36 + 17,51 + 8,72 + 3,50 = 77,546 \text{ м};$$

- 3-й участок от 2 ТП до начала ППП:

271

$$l_3 = 12,475 + 1,00 + 12,475 + 5,76 + 17,51 + 6,46 + 17,51 + 2,24 + 3,50 + 2,24 + 17,51 + 5,26 + 17,51 + 0,56 + 26,45 = 148,46 \text{ м};$$

- 4-й участок от начала ППП до расчетной точки:

$$l_4 = 16,10 + 31,00 + 19,00 = 66,10 \text{ м}.$$

Определяем количество стрелочных переводов и сумму углов поворота по расчетным участкам:

- 1-й участок от ВГ до начала 1 ТП: $n_1 = 3$ (включая глухое пересечение);

$$\sum \alpha_1 = 1,6654 + 3 + 2 \cdot 4,73125 = 14,0458^\circ;$$

- 2-й участок от 1 ТП до начала 2 ТП: $n_2 = 1$;

$$\sum \alpha_2 = 5,8327 + 2,4981 + 4,73125 = 13,0621^\circ;$$

- 3-й участок от 2 ТП до начала ППП: $n_3 = 4$;

$$\sum \alpha_3 = 1,8478 + 1 + 4 \cdot 4,73125 + \frac{26,45 \cdot 180}{3,14159 \cdot 140} = 32,5976^\circ;$$

- 4-й участок от начала ППП до расчетной точки: $n_4 = 0$;

$$\sum \alpha_4 = 30,1007 - \frac{26,45 \cdot 180}{3,14159 \cdot 140} = 19,2759^\circ.$$

Роза ветров расчетного месяца неблагоприятных условий

		гра.	сть			гра.	сть
--	--	------	-----	--	--	------	-----

N п/п	Наименование румба	Средняя скорость, м/с	Напорное желе	N п/п	Наименование румба	Средняя скорость, м/с	Напорное желе
1	Север	5,00	0,09	5	Юг	5,30	0,17
2	Северо-восток	4,60	0,14	6	Юго-запад	4,50	0,06
3	Восток	3,20	0,16	7	Запад	5,30	0,12
4	Юго-восток	4,20	0,16	8	Северо-запад	4,80	0,10

272

Азимут направления роспуска 50 градусов.

Расчетная температура для зимних условий $t = -21^\circ\text{C}$.

На рис. П.3 приведены роза ветров и направление роспуска.

На схему наносят средние скорости ветра по каждому румбу. От северного направления по часовой стрелке откладывают азимут направления роспуска и наносят его на схему, проводят перпендикулярно ему линию, тем самым отделяют встречные направления ветра от попутных. Встречными являются следующие направления (см. рис. П.3): С, СВ, В, ЮВ. Затем определяют углы β_i , которые составляют i -й румб с заданным направлением роспуска.

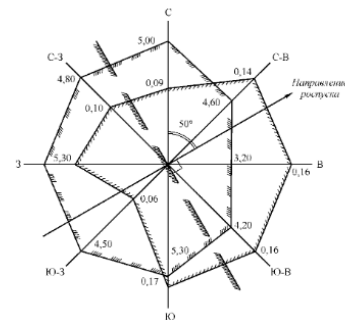


Рис. П.3. Роза ветров

Углы β_i для этих румбов составляют:

$$С - \beta = 50^\circ; СВ - \beta = 5^\circ; В - \beta = 40^\circ; ЮВ - \beta = 85^\circ.$$

Румбы, участвующие в расчете $w_{\text{ср}}$: С, СВ, В, ЮВ.

Расчет $w_{\text{ср}}$ приведен для северного румба для 1-го расчетного участка горки:

$$v_i = 4,2 \text{ м/с}; v_k = 5,0 \text{ м/с}; q = 25 \text{ тс}; t = -21^\circ\text{C}; \beta = 50^\circ;$$

273

$$v_{\text{ср}}^2 = 4,2^2 + 5,0^2 + 2 \cdot 4,2 \cdot 5,0 \cdot \cos 50^\circ = 69,64 \text{ м}^2/\text{с}^2;$$

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{v_k \cdot \sin \beta}{v_{\text{ср}}}\right) = \arcsin\left(\frac{5,0 \cdot \sin 50^\circ}{\sqrt{69,64}}\right) = 27^\circ 19' 17''.$$

По табл. 3.5 определяем коэффициенты воздушного сопротивления C_x .

При угле $\alpha_1 = 20^\circ - C_{x1} = 1,64$, а при угле $\alpha_2 = 30^\circ - C_{x2} = 1,58$. Для угла $\alpha = 27^\circ 19' 17''$ значение коэффициента C_x составит:

$$C_x = C_{x1} + \frac{C_{x2} - C_{x1}}{\alpha_2 - \alpha_1} (\alpha_2 - \alpha_1) = 1,64 + \frac{1,58 - 1,64}{30^\circ - 20^\circ} \cdot (27^\circ 19' 17'' - 20^\circ) = 1,60.$$

Площадь поперечного сечения вагона определяем по табл. 1.5: $S = 9,7 \text{ м}^2$, тогда приведенный коэффициент воздушного сопротивления составит:

$$C = \frac{17,8 \cdot 1,60 \cdot 9,7}{(273 - 21) \cdot 25} = 0,0439$$

$$w_{св} = 0,0439 \cdot 69,64 = 3,06 \text{ кгс/тс.}$$

Для остальных румбов расчет производим аналогично, результаты вычислений заносим в таблицу следующей формы (табл. П.1).

Расчеты удельных работ сил сопротивления движению приведены в табл. П.2.

Определяем зону действия инея и снега:

$$l_{сн} = l_3 + l_4 - l_{2тн} = 148,46 + 66,10 - (12,475 + 1,0 + 12,475) = 188,61 \text{ м.}$$

Удельное сопротивление движению расчетного бегуна от снега и инея принимается согласно табл.3.8:

– при $t = -20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $w_{сн} = 0,30 \text{ кгс/тс}$;

– при $t = -30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $w_{сн} = 0,50 \text{ кгс/тс}$.

При $t = -21 \text{ }^{\circ}\text{C}$ удельное сопротивление движению расчетного бегуна от снега и инея составит:

$$w_{сн} = 0,30 + \frac{0,50 - 0,30}{-30 - (-20)} \cdot (-21 - (-20)) = 0,32 \text{ кгс/тс.}$$

Таблица П.1

Расчет удельных сопротивлений от среды и ветра

Расчетные участки				Участок 1: $v_1 = 4,2 \text{ м/с}$				Участок 2: $v_2 = 5,5 \text{ м/с}$				Участок 3: $v_3 = 5,0 \text{ м/с}$				Участок 4: $v_4 = 2,0 \text{ м/с}$			
Румб	$\beta, ^{\circ}$	Скорость ветра $v_0, \text{ м/с}$	Погоризность $P, \%$	$v^2, \text{ м}^2/\text{с}^2$	$\alpha, ^{\circ}$	ζ	$w_{св}, \text{ кгс/тс}$	$v^2, \text{ м}^2/\text{с}^2$	$\alpha, ^{\circ}$	ζ	$w_{св}, \text{ кгс/тс}$	$v^2, \text{ м}^2/\text{с}^2$	$\alpha, ^{\circ}$	ζ	$w_{св}, \text{ кгс/тс}$	$v^2, \text{ м}^2/\text{с}^2$	$\alpha, ^{\circ}$	ζ	$w_{св}, \text{ кгс/тс}$
Расчетный бегун — крытый 4-осный вагон весом 25 тс																			
С	50	5,0	0,1	69,64	27,30	1,60	3,06	90,60	23,70	1,62	4,02	82,14	25,00	1,61	3,62	44,32	35,10	1,08	1,31
СВ	5	4,6	0,1	77,44	2,50	1,21	2,67	102,00	2,50	1,21	3,38	92,16	2,50	1,21	3,06	43,56	2,50	1,21	1,44
В	40	3,2	0,2	44,47	17,20	1,59	2,11	67,45	14,50	1,54	2,85	59,75	1,56	1,56	2,55	24,05	24,80	1,61	1,06
ЮВ	85	4,2	0,2	38,35	42,50	1,17	1,23	51,92	35,50	1,40	1,99	46,30	1,32	1,32	1,67	23,10	60,50	59,0	3,7
$\Sigma p_i = 0,55$				$\Sigma w_{св}/p_i = 1,184$ $w_{св1} = 2,15 \text{ кгс/тс}$				$\Sigma w_{св}/p_i = 1,609$ $w_{св2} = 2,93 \text{ кгс/тс}$				$\Sigma w_{св}/p_i = 1,429$ $w_{св3} = 2,60 \text{ кгс/тс}$				$\Sigma w_{св}/p_i = 0,548$ $w_{св4} = 1,00 \text{ кгс/тс}$			

Таблица П.2

Определение величин удельных работ сил сопротивления движению расчетного бегуна

№ участка	Длина участка, м	крытый 4-х осный вагон, $q = 25 \text{ тс}$, $w_0 = 1,75 \text{ кгс/тс}$, $v_0 = 1,7 \text{ м/с}$, $t = -21^{\circ}\text{C}$							
		$w_0, \text{ кгс/тс}$	$h_{w_0}, \text{ м.э.в.}$	$w_{св}, \text{ кгс/тс}$	$h_{w_{св}}, \text{ м.э.в.}$	$v_0, \text{ м/с}$	l_i	$\Sigma \alpha_i, ^{\circ}$	$h_{w_{св}}, \text{ м.э.в.}$
1	73,86	1,75	0,129	2,15	0,159	4,2	3	14,0458	0,087
2	77,54	1,75	0,136	2,93	0,227	5,5	1	13,0621	0,108
3	148,46	1,75	0,260	2,60	0,386	5,0	4	32,5976	0,243

4	66,10	1,75	0,116	1,00	0,066	2,0	–	19,2759	0,018
$\Sigma l_i = 365,96$		$\Sigma h_{\text{нзг}i} = 0,641$		$\Sigma h_{\text{взг}i} = 0,836$		$\Sigma h_{\text{взг}i} = 0,456$			

275

Удельная работа сил сопротивления движению от снега и инея:

$$h_{\text{сн}} = 0,32 \cdot 188,61 \cdot 10^{-3} = 0,060 \text{ м.э.в.}$$

Скорость роспуска в зависимости от типа сортировочного устройства определяем по табл. 3.7. Для ГБМ v_0 равна 1,7 м/с.

Ускорение свободного падения с учетом инерции вращающихся масс для расчетного бегуна:

$$g' = \frac{9,81}{1 + \frac{0,42 \cdot 4}{25}} = 9,19 \text{ м/с}^2.$$

Удельная энергия, соответствующая установленной скорости роспуска:

$$h_v = \frac{1,7^2}{2 \cdot 9,19} = 0,157 \text{ м.э.в.}$$

Расчетная высота горки составит:

$$H_p = 1,75 \cdot (0,641 + 0,836 + 0,456) + 0,060 - 0,157 = 3,286 \text{ м.э.в.}$$

Рассчитываем длины элементов профиля:

– 2-й скоростной уклон:

$$l_{\text{ск}}'' = 8,51 + 8,08 + 8,51 = 25,10 \text{ м;}$$

– уклон первой ТП:

$$l_{1\text{тп}} = 9,00 + 0,50 + 12,475 + 1,00 + 12,475 + 3,00 = 38,45 \text{ м;}$$

– межпозиционный (промежуточный) уклон:

$$l_{\text{мр}} = 18,86 + 17,51 + 8,72 + 0,50 = 45,59 \text{ м;}$$

276

– уклон второй ТП:

$$l_{2\text{тп}} = 3,00 + 12,475 + 1,00 + 12,475 + 3,00 = 31,95 \text{ м;}$$

– уклон стрелочной зоны:

$$l_{\text{сз}} = 2,76 + 17,51 + 6,46 + 17,51 + 2,24 + 3,50 + 2,24 + 17,51 + 5,26 + 17,51 + 0,56 + 24,45 = 117,51 \text{ м;}$$

– уклон ПТП:

$$l_{\text{пмп}} = 2,00 + 16,10 + 2,00 = 20,10 \text{ м;}$$

– уклон путей сортировочного парка:

$$l_{\text{сн}} = 29,00 + 19,00 = 48,00 \text{ м.}$$

Далее определяем профильную высоту головного участка.

Принимаем: $v_{\text{ск}} = 7 \text{ м/с}$; $v_0 = 2,5 \text{ м/с}$;

$$g' = \frac{9,81}{1 + \frac{0,42 \cdot 4}{85}} = 9,62 \text{ м/с}^2;$$

$$h_0 = w_0^{\text{сн}} \cdot l_1 \cdot 10^{-3} = 0,5 \cdot 73,86 \cdot 10^{-3} = 0,037 \text{ м.э.в.}$$

Работа сил сопротивления движению от стрелок и кривых по головному участку:

$$h_{\text{сск}} = (0,56 \cdot n_1 + 0,23 \cdot \sum \alpha_i) \cdot \left(\frac{v_{\text{ск}} + v_0}{2} \right)^2 \cdot 10^{-3};$$

$$h_{\text{сск}} = (0,56 \cdot 3 + 0,23 \cdot 13,46) \cdot \left(\frac{7 + 2,5}{2} \right)^2 \cdot 10^{-3} = 0,108 \text{ м.э.в.}$$

277

$$h_1^{\text{сн}} = \frac{7^2 - 2,5^2}{2 \cdot 9,62} + 0,037 + 0,108 = 2,367 \text{ м.э.в.}$$

Затем вычисляем профильные высоты нижнего и среднего участков.

Принимаем:

$$i_{\text{сн}} = 0,6 \text{ ‰}; i_{\text{ср}} = i_{\text{сн}} = 2 \text{ ‰}; i_{2\text{тн}} = i_{\text{ср}} = 7 \text{ ‰}.$$

Расстояние от точки перелома профиля между промежуточным уклоном и уклоном 2ТП до начала балок замедлителя 2ТП согласно развертке (рис. 10.2) составит:

$$l_{\text{ЕК}} = 3,00 \text{ м,}$$

тогда профильная высота нижнего участка:

$$h_3 = [0,6 \cdot 48,00 + 2 \cdot (20,10 + 117,51) + 7 \cdot (31,95 - 3,00)] \cdot 10^{-3} = 0,507 \text{ м.э.в.}$$

Высоту среднего участка определяем по формуле (3.5)

$$h_2 = 3,286 - 2,367 - 0,507 = 0,412 \text{ м.э.в.}$$

Расстояние от точки перелома профиля между $i_{\text{ск}}^*$ и $i_{1\text{тн}}$ до балок замедлителя определяем по развертке (рис. 10.2):

$$l_{\text{БС}} = 9,00 + 0,50 = 9,50 \text{ м.}$$

Уклон 1ТП составит:

$$i_{1\text{тн}} = \frac{0,412 \cdot 10^3 - (7 \cdot 3,00 + 7 \cdot 45,59)}{38,45 - 9,50} = 2,5 \text{ ‰}.$$

Так как уклон 1ТП не может быть меньше 12 ‰, следует принять его значение равным 12 ‰.

В сложившейся ситуации может быть рассмотрено два альтернативных варианта:

- 1-й вариант с конструктивной высотой горки $H_k > H_p$;
- 2-й вариант с конструктивной высотой горки $H_k = H_p$.

Первый вариант с избыточной высотой горки потребует увеличения мощности тормозных позиций, в особенности, парковой. Второй вариант является более предпочтительным. Далее рассматривается второй вариант продольного профиля спускной части горки.

Рассчитываем конструктивную профильную высоту среднего участка:

$$h_2 = 7 \cdot (45,59 + 3,00) \cdot 10^{-3} + \\ + 12 \cdot (38,45 - 9,50) \cdot 10^{-3} = 0,688 \text{ м.э.в.}$$

Корректируем профильную высоту головного участка:

$$h_1 = H_p - h_2 - h_3 = 3,285 - 0,688 - 0,507 = 2,090 \text{ м.э.в.}$$

Суммарная длина первого и второго скоростных уклонов, включая вертикальные кривые, составит:

$$l_{1,2} = 8,72 + 11,50 + 10,47 + 17,51 + 8,08 + 8,51 = 64,79 \text{ м.}$$

Вычисляем величины первого скоростного уклона:

$$i'_{\alpha} = \frac{l_{1,2} - \sqrt{l_{1,2}^2 - 4 \cdot 0,125 (h_1 \cdot 10^3 - l_{gc} i_{1m} + 25 \cdot l_{\alpha}^2)}}{2 \cdot 0,125} = \\ = \frac{64,79 - \sqrt{64,79^2 - 4 \cdot 0,125 (2090 - 9,50 \cdot 12 + 25 \cdot 25,10)}}{2 \cdot 0,125} = 44,3\%.$$

Крутизна второго скоростного уклона:

$$i''_{\alpha} = 44,3 - 25 = 19,3\%.$$

Длина первого скоростного уклона:

$$l'_{\alpha} = l_{1,2} - l''_{\alpha} - 0,125 \cdot i''_{\alpha} = 64,79 - 25,10 - 0,125 \cdot 44,3 = 34,15 \text{ м.}$$

Длины прямолинейных отрезков, заменяющих вертикальную кривую:

$$l_{c1} = 5,54 \text{ м; } l_{c2} = 5,54 \text{ м.}$$

Крутизна этих уклонов:

$$i_{c1} = 0,167 \cdot l'_{\alpha} = 0,167 \cdot 44,3 = 7,4\%.$$

$$i_{c2} = 0,833 \cdot l'_{\alpha} = 0,833 \cdot 44,3 = 36,9\%.$$

Расчет кривых скорости времени скатывания вагонов с горки выполнен

табличным способом с использованием программы «Нитр», разработанной авторами настоящего учебного пособия. Результаты расчета кривых скорости и времени для ОП и ОХ в неблагоприятных условиях скатывания представлены в табл. П.3, П.4 соответственно.

Сопротивление от среды и ветра рассчитывалось для северного ветра. Режимы торможения ОХ на тормозных позициях подобраны таким образом, чтобы реализовать наибольшие резервы интервалов на всех разделительных элементах.

Проверка достаточности мощности тормозных средств спускной части горки выполнялась для ОХБ весом 100 тс при благоприятных условиях скатывания на легкий путь. Результаты расчетов представлены в табл. П.5.

Образец оформления чертежа представлен на рис. П.4.

Проверки разделения отцепов на стрелочных переводах, замедлителях и предельных столбиках выполняются, что свидетельствует о высоком качестве запроектированного профиля.

Таблица П.3

Расчет кривых скорости и времени скатывания с горки ОП

№ точек	Уклон i , ‰	Длина L , м	Суммарная длина от ВГ, м	Суммарная высота от ВГ, м.э.в.	$h_{\text{ср}}$, м.э.в.	$R^2_{\text{от}}$	$\eta_{\text{ср}}$, кгс/тс	$h_{\text{ср}}$, м.э.в.	Сумма длин кривых, м	Радиус, м	$\Sigma \alpha$, °	Количество стрелок	$h_{\text{ср}}$, м.э.в.	h_t , м.э.в.	Σh , м.э.в.	Свободная энергетическая высота, м.э.в.	V , м/с	t_p , сек	T , сек
1			0,000	0,000											0,000	0,159	1,70		0,00
2	7,4	5,54	5,54	0,041	0,025	38,47	1,81	0,010	5,54	300	1,0581	0,0	0,001		0,036	0,164	1,73	3,23	3,23
3	36,9	5,54	11,08	0,245	0,025	38,82	1,83	0,010	2,75	300	0,5252	0,0	0,000		0,071	0,333	2,46	2,64	5,87
4	44,3	8,71	19,79	0,631	0,039	48,50	2,28	0,020			0,0000	0,0	0,000		0,130	0,660	3,47	2,94	8,81
5	44,3	10,47	30,26	1,095	0,047	63,49	2,99	0,031	10,47	200	2,9994	0,0	0,008		0,217	1,037	4,35	2,68	11,49
6	44,3	9,00	39,26	1,494	0,041	78,27	3,69	0,033			2,4318	0,5	0,016		0,307	1,346	4,95	1,94	13,42
7	19,3	8,51	47,77	1,658	0,038	89,35	4,21	0,036			2,2994	0,5	0,020		0,400	1,417	5,08	1,70	15,12
8	19,3	8,08	55,85	1,814	0,036	91,79	4,32	0,035			0,0000	1,0	0,014		0,486	1,487	5,20	1,57	16,69
9	19,3	8,51	64,36	1,978	0,038	94,19	4,44	0,038			2,2994	0,5	0,022		0,584	1,553	5,32	1,62	18,31
10	12,0	4,25	68,61	2,029	0,019	96,43	4,54	0,019			1,1484	0,2	0,011		0,634	1,555	5,32	0,80	19,10
11	12,0	18,225	86,84	2,248	0,082	96,48	4,54	0,083			1,2834	0,3	0,013		0,811	1,596	5,39	3,40	22,51

№ точек	Уклон i , ‰	Длина L , м	Суммарная длина от ВГ, м	Суммарная высота от ВГ, м.э.в.	$h_{\text{ср}}$, м.э.в.	$R^2_{\text{от}}$	$\eta_{\text{ср}}$, кгс/тс	$h_{\text{ср}}$, м.э.в.	Сумма длин кривых, м	Радиус, м	$\Sigma \alpha$, °	Количество стрелок	$h_{\text{ср}}$, м.э.в.	h_t , м.э.в.	Σh , м.э.в.	Свободная энергетическая высота, м.э.в.	V , м/с	t_p , сек	T , сек
12	12,0	15,975	102,81	2,440	0,072	97,86	4,61	0,074	1,50	200	0,4297	0,0	0,003		0,959	1,639	5,47	2,94	25,45

13	7,0	18,86	121,67	2,572	0,085	99,30	4,68	0,088	18,86	200	5,4030	0,0	0,037	1,170	1,561	5,33	3,49	28,94
14	7,0	17,51	139,18	2,694	0,079	96,69	4,55	0,080			4,7313	1,0	0,047	1,375	1,478	5,19	3,33	32,27
15	7,0	9,22	148,40	2,759	0,041	93,89	4,42	0,041	8,72	200	2,4981	0,0	0,015	1,473	1,445	5,13	1,79	34,06
16	7,0	15,975	164,38	2,871	0,072	92,76	4,37	0,070			0,0000	0,0	0,000	1,614	1,415	5,08	3,13	37,19
17	7,0	15,975	180,35	2,982	0,072	91,74	4,32	0,069			0,0000	0,0	0,000	1,755	1,386	5,03	3,16	40,35
18	2,0	20,27	200,62	3,023	0,091	90,73	4,27	0,087			4,7313	1,0	0,042	1,975	1,207	4,69	4,17	44,52
19	2,0	26,21	226,83	3,075	0,118	84,46	3,98	0,104	6,46	200	6,5819	1,0	0,046	2,243	0,992	4,25	5,86	50,38
20	2,0	23,25	250,08	3,122	0,105	76,58	3,61	0,084	3,50	200	5,7339	1,0	0,034	2,465	0,816	3,86	5,74	56,12
21	2,0	23,33	273,41	3,169	0,105	69,82	3,29	0,077			4,7313	1,0	0,025	2,671	0,656	3,46	6,38	62,50
22	2,0	24,45	297,86	3,217	0,110	63,33	2,98	0,073	24,25	140	9,9244	0,0	0,027	2,881	0,495	3,00	7,57	70,07
23	2,0	20,10	317,96	3,258	0,090	56,30	2,65	0,053	20,10	140	8,2260	0,0	0,017	3,042	0,374	2,61	7,16	77,23
24	0,6	29,00	346,96	3,275	0,131	50,58	2,38	0,069	29,00	140	11,8684	0,0	0,019	3,260	0,174	1,78	13,21	90,44
25	0,6	19,00	365,96	3,286	0,086	39,42	1,86	0,035			0,0000	0,0	0,000	3,381	0,064	1,08	13,28	103,72
			365,96															

282

Таблица П.4

Расчет кривых скорости и времени скатывания с горки ОХ

№ точки	Уклон i , ‰	Длина L , м	Суммарная длина от ВГ, м	Суммарная высота от ВГ, м.э.в.	$h_{\text{вн}}$, м.э.в.	$V_{\text{вн}}^2$	$W_{\text{вн}}$, кг/с/с	$h_{\text{вн}}$, м.э.в.	$\Sigma h_{\text{вн}}^0$	Дополнительных участков	$h_{\text{вн}}$, м.э.в.	$h_{\text{вн}}$, м.э.в.	$\Sigma h_{\text{вн}}$, м.э.в.	Суммарная энергетическая выжота, м.э.в.	V_i , м/с	$t_{\text{вн}}$, сек	T , сек
1			0,000	0,000									0,000	0,159	1,70		0,00
2	7,4	5,54	5,54	0,041	0,003	38,47	0,47	0,003	1,0581	0,000	0,001		0,006	0,194	1,88	3,09	3,09
3	36,9	5,54	11,08	0,245	0,003	40,70	0,50	0,003	0,5252	0,000	0,000		0,012	0,392	2,67	2,43	5,53
4	44,3	8,71	19,79	0,631	0,004	51,46	0,63	0,005	0,0000	0,000	0,000		0,022	0,768	3,74	2,72	8,24
5	44,3	10,47	30,26	1,095	0,005	67,93	0,83	0,009	2,9994	0,000	0,010		0,045	1,209	4,69	2,48	10,72
6	44,3	9,00	39,26	1,494	0,005	84,51	1,03	0,009	2,4318	0,514	0,019		0,078	1,575	5,36	1,79	12,52
7	19,3	8,51	47,77	1,658	0,004	97,16	1,19	0,010	2,2994	0,486	0,023		0,115	1,702	5,57	1,56	14,07
8	19,3	8,08	55,85	1,814	0,004	101,37	1,24	0,010	0,0000	1,000	0,017		0,147	1,826	5,77	1,43	15,50
9	19,3	8,51	64,36	1,978	0,004	105,44	1,29	0,011	2,2994	0,486	0,027		0,188	1,949	5,96	1,45	16,95
10	12,0	4,25	68,61	2,029	0,002	109,39	1,33	0,006	1,1484	0,243	0,014		0,210	1,978	6,00	0,71	17,66
11	12,0	18,225	86,84	2,248	0,009	110,31	1,35	0,025	1,2834	0,271	0,016	0,680	0,940	1,467	5,17	3,26	20,92

283

№ точки	Уклон i , ‰	Длина L , м	Суммарная длина от ВГ, м	Суммарная высота от ВГ, м.э.в.	$h_{\text{вн}}$, м.э.в.	$V_{\text{вн}}^2$	$W_{\text{вн}}$, кг/с/с	$h_{\text{вн}}$, м.э.в.	$\Sigma h_{\text{вн}}^0$	Дополнительных участков	$h_{\text{вн}}$, м.э.в.	$h_{\text{вн}}$, м.э.в.	$\Sigma h_{\text{вн}}$, м.э.в.	Суммарная энергетическая выжота, м.э.в.	V_i , м/с	$t_{\text{вн}}$, сек	T , сек
12	12,0	15,975	102,81	2,440	0,008	93,50	1,14	0,018	0,4297	0,000	0,003	0,680	1,649	0,950	4,16	3,42	24,35
13	7,0	18,86	121,67	2,572	0,009	74,99	0,91	0,017	5,4030	0,000	0,022		1,697	1,033	4,34	4,44	28,79
14	7,0	17,51	139,18	2,694	0,009	78,13	0,95	0,017	4,7313	1,000	0,031		1,754	1,100	4,48	3,97	32,76
15	7,0	9,22	148,40	2,759	0,005	80,57	0,98	0,009	2,4981	0,000	0,012		1,779	1,139	4,56	2,04	34,80
16	7,0	15,975	164,38	2,871	0,008	82,00	1,00	0,016	0,0000	0,000	0,000	0,050	1,853	1,177	4,63	3,48	38,28

17	7,0	15,975	180,35	2,982	0,008	83,36	1,02	0,016	0,0000	0,000	0,000	0,050	1,927	1,214	4,70	3,42	41,70
18	2,0	20,27	200,62	3,023	0,010	84,71	1,03	0,021	4,7313	1,000	0,036		1,995	1,187	4,65	4,33	46,04
19	2,0	26,21	226,83	3,075	0,013	83,74	1,02	0,027	6,5819	1,000	0,045		2,079	1,155	4,59	5,67	51,71
20	2,0	23,25	250,08	3,122	0,012	82,58	1,01	0,023	5,7339	1,000	0,040		2,154	1,127	4,53	5,10	56,81
21	2,0	23,33	273,41	3,169	0,012	81,56	1,00	0,023	4,7313	1,000	0,034		2,223	1,105	4,49	5,17	61,98
22	2,0	24,45	297,86	3,217	0,012	80,76	0,99	0,024	9,9244	0,000	0,046		2,305	1,071	4,42	5,49	67,47
23	2,0	20,10	317,96	3,258	0,010	79,54	0,97	0,020	8,2260	0,000	0,037	0,915	3,286	0,130	1,54	6,75	74,22
24	0,6	29,00	346,96	3,275	0,015	36,48	0,45	0,013	11,8684	0,000	0,006		3,320	0,114	1,44	19,47	93,69
25	0,6	19,00	365,96	3,286	0,010	35,28	0,43	0,008	0,0000	0,000	0,000		3,338	0,107	1,40	13,39	107,08
			365,96														

284

Таблица П.5

Расчет кривых скорости и времени скатывания с горки ОХБ при благоприятных условиях

№ точки	Уклон i , ‰	Длина L , м	Суммарная длина от ВГ, м	Суммарная высота от ВГ, м.э.в	$h_{\text{св}}$, м.э.в.	$V_{\text{от}}^2$	$w_{\text{св}}$, кг/гс	$h_{\text{св}}$, м.э.в.	$\Sigma \alpha^{\circ}$	Длина стрелочных участков	$h_{\text{св}}$, м.э.в.	h_r , м.э.в.	$\Sigma h_{\text{св}}$, м.э.в.	Свободная энергетическая высота, м.э.в.	V_0 , м/с	t_0 , сек	T , сек
1			0,000	0,000									0,000	0,324	2,50		0,00
2	7,4	5,54	5,54	0,041	0,003	49,01	0,60	0,000	1,0581	0,000	0,002		0,004	0,361	2,64	2,16	2,16
3	36,9	5,54	11,08	0,245	0,003	50,96	0,62	0,000	0,5252	0,000	0,001		0,008	0,562	3,29	1,87	4,02
4	44,3	8,71	19,79	0,631	0,004	60,72	0,74	0,000	0,0000	0,000	0,000		0,012	0,943	4,27	2,30	6,33
5	44,3	10,47	30,26	1,095	0,005	76,85	0,94	0,000	2,9994	0,000	0,013		0,030	1,389	5,18	2,22	8,55
6	44,3	9,00	39,26	1,494	0,005	93,66	1,14	0,000	2,4318	0,514	0,023		0,057	1,761	5,83	1,64	10,18
7	19,3	8,51	47,77	1,658	0,004	106,69	1,30	0,000	2,2994	0,486	0,027		0,089	1,893	6,04	1,43	11,62

285

№ точки	Уклон i , ‰	Длина L , м	Суммарная длина от ВГ, м	Суммарная высота от ВГ, м.э.в	$h_{\text{св}}$, м.э.в.	$V_{\text{от}}^2$	$w_{\text{св}}$, кг/гс	$h_{\text{св}}$, м.э.в.	$\Sigma \alpha^{\circ}$	Длина стрелочных участков	$h_{\text{св}}$, м.э.в.	h_r , м.э.в.	$\Sigma h_{\text{св}}$, м.э.в.	Свободная энергетическая высота, м.э.в.	V_0 , м/с	t_0 , сек	T , сек
8	19,3	8,08	55,85	1,814	0,004	111,19	1,36	0,000	0,0000	1,000	0,020		0,113	2,025	6,25	1,31	12,93
9	19,3	8,51	64,36	1,978	0,004	115,59	1,41	0,000	2,2994	0,486	0,031		0,149	2,153	6,45	1,34	14,27
10	12,0	4,25	68,61	2,029	0,002	119,83	1,46	0,000	1,1484	0,243	0,017		0,168	2,186	6,49	0,66	14,93
11	12,0	18,225	86,84	2,248	0,009	120,89	1,47	0,000	1,2834	0,271	0,019	0,600	0,796	1,776	5,86	2,95	17,88
12	12,0	15,975	102,81	2,440	0,008	107,23	1,31	0,000	0,4297	0,000	0,003	0,600	1,407	1,357	5,12	2,91	20,79
13	7,0	18,86	121,67	2,572	0,009	92,49	1,13	0,000	5,4030	0,000	0,033		1,449	1,447	5,28	3,63	24,42
14	7,0	17,51	139,18	2,694	0,009	95,73	1,17	0,000	4,7313	1,000	0,046		1,504	1,515	5,41	3,28	27,69

286