

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

Кафедра «Транспортные узлы»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ С АВТОМАТИЗИРОВАННЫМИ ГОРОЧНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ

**Учебно-методическое пособие
для курсового и дипломного проектирования по дисциплине
«Железнодорожные станции и узлы»**

Гомель 2015

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Транспортные узлы»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ С АВТОМАТИЗИРОВАННЫМИ ГОРОЧНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ

Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию в области транспорта и транспортной деятельности в качестве учебно-методического пособия для студентов учреждений высшего образования специальности 1-44 01 03 «Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте» очной и заочной форм обучения

Гомель 2015

УДК 656.212.5:658.011.56 (075.8)

ББК 39.213

П79

А вторы: *В.Я. Негрей, В.А. Подкопаев, С.А. Пожидаев, Е.А. Филатов, Н.В. Кирик*

Р е ц е н з е н т ы: кафедра «Управление эксплуатационной работой»
Днепропетровского национального университета
железнодорожного транспорта им. акад.Лазаряна
(Украина);
главный ревизор по безопасности движения
Гомельского отделения Белорусской железной
дороги *В.Ф. Федченко*

Проектирование сортировочных станций с автоматизированными
горочными комплексами : учеб.-метод. пособие для курсового и диплом-
ного проектирования по дисциплине «Железнодорожные станции и
узлы» / В.Я. Негрей [и др.]; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Бела-
русь, Беларус. гос. ун-т трансп. – Гомель :БелГУТ, 2015. – 235 с.
ISBN 978-985-554-425-9

Изложены теоретические положения и приведены примеры решения задач по определению основных параметров технического оснащения сортировочной станции, разработки технологии её работы, проектированию путевого развития сортировочной станции в масштабе, расчету основных параметров сортировочной горки и мощности тормозных средств, проектированию её продольного профиля с учетом оснащения системами автоматизации технологических процессов расформирования и формирования составов грузовых поездов, моделированию работы сортировочной горки и определению её эксплуатационных качеств.

Предназначено для студентов специальности 1-44 01 03 «Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте», изучающих дисциплину «Железнодорожные станции и узлы», специалистов железнодорожного транспорта.

УДК 656.212.5: 658.011.56 (075.8)

ББК 39.213

ВВЕДЕНИЕ

Сортировочные станции являются важнейшим элементом инфраструктуры железнодорожного транспорта и оказывают решающее влияние на организацию перевозочного процесса, обеспечивая мультипликативный эффект как для транспортной системы, так и для макроэкономики в целом.

В условиях роста конкурентной борьбы между видами транспорта, а также развития инфраструктуры международных транспортных коридоров для снижения себестоимости и повышения качества услуг железнодорожного транспорта должна быть реализована **концепция концентрации сортировочной работы** на меньшем количестве станций. Это вызовет перераспределение сложившихся вагонопотоков на всем полигоне, а в условиях колебаний объемов работы, массы и длины поездов, введения электротяги потребует постоянного и системного развития практически всех существующих станций. Многие существующие сортировочные станции исчерпали резерв своего развития в рамках отведенной для них территории.

Изучение вопросов конструирования и оптимизации схем станций, оптимизации конструкции плана и профиля сортировочных комплексов, совершенствования вертикальной планировки станционных комплексов, технико-экономическое обоснование принимаемых решений позволяют уже на стадии проектирования создать предпосылки повышения эффективности и безопасности сортировочного процесса, ускорения оборота вагонов, снижения себестоимости переработки вагонов на станции.

За последние десятилетия в определенной степени изменились нормы, связанные с проектированием железнодорожных станций и узлов, которые отражены в Строительных нормах Республики Беларусь: СНБ 3.03.01-98. Железные дороги колеи 1520 мм [1], Строительно-технических нормах МПС Российской Федерации. Железные дороги колеи 1520 мм. СТН Ц-01-95 и ряде других нормативных документах. Эти изменения учтены при подготовке пособия. В настоящее время проходит согласование подготовленная кафедрой «Транспортные узлы» БелГУта «*Инструкция по проектированию (реконструкции) железнодорожных станций и узлов*» (№ БЖДПР/Ю 2038), которая будет впервые введена для применения на Белорусской железной дороге.

Ведётся разработка основного нормативно-справочного документа по проектированию и эксплуатации сортировочных устройств СТП *«Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на Белорусской железной дороге» (№ Д/Ю-722)* взамен «Правил и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР» (ВСН 207-89) [3].

С целью повышения безопасности и эффективности работы, снижения энергоёмкости работы, внедрения современных технических средств и технологий перевозочного процесса постоянно совершенствуются *методы расчета и проектирования элементов технического оснащения сортировочных станций*. Естественным образом растут требования к компетенции специалистов в области проектирования и эксплуатации сортировочных станций с автоматизированными горочными комплексами. Этот процесс нашел свое отражение и в курсе дисциплины «Железнодорожные станции и узлы» при выполнении курсового и дипломного проектирования на тему «Проектирование сортировочной станции».

В этой связи настоящее пособие содержит как теоретические аспекты проектирования во взаимосвязи с основными учебно-методическими пособиями, так и методику выполнения проекта, практические рекомендации по размещению и расчету основных устройств сортировочных станций, а также многочисленные примеры расчетов.

Детально разъясняются наиболее сложные вопросы разработки проекта сортировочной станции с графической иллюстрацией необходимого поясняющего материала, полностью обновлены справочные данные. Приводятся особенности проектирования сортировочных станций с механизированными и автоматизированными горочными комплексами. Даны характеристики и рекомендации по применению современных технических средств комплексной механизации и автоматизации технологических процессов работы сортировочной станции, внедрение которых ведётся на станциях Белорусской железной дороги и других железных дорог стран «пространства 1520».

Проектирование сортировочных устройств и моделирование их работы рассматривается в пособии с применением средств САПР, приводится методика выполнения автоматизированных расчетов и проектирования продольного профиля сортировочных горок всех типов.

Для решения вопросов оптимизации конструкции сортировочных горок и их технического оснащения в пособие включены теоретические основы выполнения оптимизационных расчетов, апробированные при разработке Программы развития сортировочных комплексов станций Белорусской железной дороги до 2020 года (включает 20 станций), реализуемой в соответствии с поручением начальника дороги от 04.04.2012 №15-0 3-62/11 685.

Авторы благодарны рецензентам за высказанные замечания и предложения, учтенные при подготовке пособия к печати.

1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТА «ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ»

Целью выполнения курсового проекта является закрепление теоретических знаний и получение практических навыков в области проектирования железнодорожного узла, сортировочной станции с автоматизированным горочным сортировочным комплексом.

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

1) обеспечение безопасности движения поездов и маневровой работы, охране труда работников станции; сохранности подвижного состава, грузов и безопасность пассажиров;

2) экономическая эффективность предлагаемых решений; экономическая целесообразность, кооперированное использование устройств и сооружений; высокое качество обслуживания пассажиров, получателей и отправителей грузов;

3) обеспечение применения наиболее совершенной технологии работы и высокой надежности работы; соблюдение требуемого уровня резерва пропускной способности элементов железнодорожного узла, основных сооружений и устройств сортировочной станции; высоких эксплуатационно-технических показателей работы сортировочной станции; автоматизации и комплексной механизации производственных процессов на основе применения наиболее современных технических средств; повышение производительности труда;

4) соблюдение комплексности проектных решений; применение прогрессивных методов и технологий проектирования и расчета основных параметров элементов железнодорожного транспорта; обеспечение возможности перспективы развития элементов станций, железнодорожного узла и прилегающей инфраструктуры района тяготения; передовой опыт работы железных дорог и наиболее эффективное внедрение новой техники.

Проект должен быть разработан в соответствии с требованиями Правил технической эксплуатации Белорусской железной дороги, Устава железнодорожного транспорта общего пользования, а также других нормативно-справочных материалов [1–3, 14, 15] и руководящих документов Белорусской железной дороги.

Проект состоит из пояснительной записки и графических приложений. В пояснительную записку в качестве графических материалов обязательно включаются схемы: тягового обслуживания, железнодорожного узла, выбора преимущественного направления сортировки вагонов, станции «в рыбках», технологических линий обработки вагонопотоков различных категорий, а также графоаналитический расчет сортировочной горки для условий расчета высоты горки и при моделировании. Кроме того, по согласованию с преподавателем пояснительная записка может быть дополнена другими рисунками и графиками с целью более полного представления результатов выполнения курсового проекта. В качестве графических приложений разрабатывается план путевого развития сортировочной станции в масштабе 1:2000 и масштабная графоаналитическая модель работы сортировочной горки.

Краткая пояснительная записка должна содержать: введение; анализ исходных данных задания; характеристику района, обслуживаемого станцией, железнодорожного узла и направлений, примыкающих к нему; техническое оснащение проектируемой станции; описание основных положений технологии работы сортировочной станции; расчет основных параметров автоматизированной сортировочной горки и результаты моделирования её работы; заключение; список литературы и приложения.

Во введении следует показать основные принципы развития заданного железнодорожного узла и проектирования новой сортировочной станции, проблематику их работы и пути совершенствования технического оснащения и эксплуатационной деятельности, четко обозначить цель разработки проекта, а также охарактеризовать основные задачи, решаемые для её достижения. Необходимо указать нормативно-справочную литературу, на основании которой должен разрабатываться курсовой проект.

Основными исходными данными для выполнения курсового проекта являются: принципиальные схемы ж.-д. узла и сортировочной станции, взаимное расположение подходов железнодорожных линий; размеры грузового и пассажирского движения, объём местной работы; технические условия проектирования сортировочной горки; серии грузового, пассажирского и маневрового локомотивов; тип локомотивного депо для направлений (основное, оборотное); масса поезда; погонная нагрузка; средства связи при движении поездов на прилегающих направлениях; система централизации и блокировки на станции; системы автоматизации работы сортировочной горки. Недостающие данные студент принимает самостоятельно по согласованию с преподавателем.

Анализ исходных данных имеет важнейшее значение для разработки принципиальных схемных решений по узлу в целом и его составным элементам, от него в значительной мере зависит качество выполняемого проекта. Прежде всего, необходимо изучить характер и объемы работы узла, распределение этой работы между станциями, общее количество прибываю-

щих грузовых поездов, следующих на сортировочную станцию узла, долю транзитных и перерабатываемых поездов, следующих с примыкающих подходов к станции по соответствующим направлениям. Такой анализ поможет в дальнейшем правильно решать вопросы определения мощности, технического оснащения, комплектности и направления сортировки сортировочной станции, проектирования узла и его составных элементов, количество главных путей на подходах, средств сигнализации и связи при движении поездов, вида тяги и др.

Анализируя данные для проектирования сортировочной горки, следует установить характер перерабатываемого вагонопотока, технические, климатические и другие условия, оказывающие влияние на процессы расформирования поездов, планируемое оснащение горки. Этот анализ позволит определить в дальнейшем основное направление проектирования сортировочной горки, особенности ее устройства, параметры конструкции и технического оснащения.

В заключении должны быть последовательно (в порядке разработки) отражены результаты выполнения каждого раздела курсового проекта. При этом, как правило, прямое указание на название пункта не делается, а приводится только основной итог его выполнения. Таким образом, заключение содержит результаты промежуточных этапов разрабатываемого проекта, а также главный вывод о достижении поставленной цели. Под текстом заключения автор курсового проекта ставит свою подпись, подтверждая тем самым взятую на себя ответственность за правильность принимаемых проектных решений.

При выполнении курсового проекта студент должен составить краткую пояснительную записку, оформленную в соответствии с требованиями [10]. Примерное содержание пояснительной записки приведено в задании на курсовой проект. Объем пояснительной записки вместе с приложениями не должен превышать 40–45 полных листов стандартного рукописного текста. Основные промежуточные результаты работы, компьютерные расчеты и графические приложения (схема узла, станции «в рыбах», план станции, графоаналитический расчет горки, результаты автоматизированного проектирования и моделирования её работы) должны быть проверены преподавателем, который заверяет их своей подписью.

2 ПОДГОТОВКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ

В этом разделе необходимо в соответствии с выданным заданием подготовить исходные данные для расчета и проектирования устройств сортировочной станции.

Исходными данными для разработки курсового проекта являются:

1 *Размеры движения грузовых и пассажирских поездов, а также объемы местной работы.* Они определяются индивидуально в соответствии с коэффициентами пересчета, приведенными в задании (таблицы 2–4). При пересчете исходных данных следует обратить внимание на количество подходов железнодорожных линий к станции (п. 2 задания). При определении суточных размеров грузового движения (таблица 2 задания) необходимо учесть, что в числителе приводятся размеры движения грузовых транзитных поездов без переработки, а в знаменателе – поступающих в переработку (в расформирование), а также поезда своего формирования. Причем в количество поступающих в переработку грузовых поездов и поездов своего формирования включаются сборные поезда, обращающиеся на примыкающих к узлу направлениях, например, по два сборных поезда – на направлениях А и Б; по одному сборному поезду – на направлениях В и Г.

Пересчитанные исходные данные сводятся соответственно в таблицы 2.1–2.4.

Таблица 2.1 – **Количество транзитных поездов, проследующих станцию без переработки**

Поездов в сутки

Из \ На	А	Б	В	Г	Всего
А	–	9	5	2	16
Б	9	–	3	2	14
В	5	3	–	1	9
Г	2	2	1	–	5
Всего	16	14	9	5	44

Т а б л и ц а 2.2 – Количество поездов, поступающих в переработку

Поездов в сутки

Из \ На	А	Б	В	Г	Всего
А	–	10	6	3	19
Б	10	–	6	3	19
В	6	6	–	3	15
Г	3	3	3	–	9
<i>Всего</i>	19	19	15	9	62

Т а б л и ц а 2.3 – Среднесуточные размеры пассажирского движения

Поездов в сутки

Из \ На	А	Б	В	Г	Региональные до пассажирской станции	Всего
А	–	6	3	2	5	16
Б	6	–	2	2	4	14
В	3	2	–	2	1	8
Г	2	2	2	–	1	7
Региональные до пассажирской станции	5	4	1	1	–	11
<i>Всего</i>	16	14	8	7	11	56

Т а б л и ц а 2.4 – Объем местной работы

Вагонов в сутки

Грузовая станция	Подъездные пути №			
	1	2	3	4
100	10	15	50	20

2 Количество главных путей на подходах к станции (приложение А).
 Определяется исходя из величины потребной пропускной способности линии N отдельно для каждого примыкающего к станции i -го направления [1]:

$$N^i = (N_{\text{тр б/п}}^i + (N_{\text{тр в/п}}^i - N_{\text{сб}}^i) + N_{\text{сб}}^i \varepsilon_{\text{сб}} + N_{\text{м/р}}^i \varepsilon_{\text{м/р}} + N_{\text{рег}}^i \varepsilon_{\text{рег}}) / \gamma,$$

где $N_{\text{тр б/п}}^i, N_{\text{тр в/п}}^i, N_{\text{сб}}^i, N_{\text{м/р}}^i, N_{\text{рег}}^i$ – расчетное количество пар поездов, соответственно транзитных без переработки, транзитных с переработкой, сборных, пассажирских поездов межрегиональных (международных) и региональных линий на i -м направлении;

$\varepsilon_{\text{сб}}, \varepsilon_{\text{м/р}}, \varepsilon_{\text{рег}}$ – коэффициенты съема грузовых поездов соответственно сборными, пассажирскими поездами межрегиональных (международных) и региональных линий (можно принять в соответствии с ф. 2.10 [8]);

γ – допустимый уровень использования пропускной способности для компенсации колебаний размеров движения и отказов в работе (0,8–0,85).

Расчитанные для направлений приведенные размеры движения *не округляются* до целого числа. Направление принимается двухпутным (до 144 пар поездов/сутки) или однопутным с двухпутными вставками (до 72 пар поездов/сутки), если приведенные размеры движения составляют более 36 пар поездов/сутки, в противном случае – однопутным.

3 *Минимальная полезная длина путей парков станции, количество вагонов в составе грузового поезда*. Расчет полезной длины путей парков станции и количества вагонов в составе грузового поезда сводится в приложение Б. Минимальная полезная длина приемо-отправочных путей принимается стандартной в зависимости от длины обращающихся поездов [8, с. 71]:

$$L_{\text{п-о}} = \frac{Q}{q} + l_{\text{лок}} + \Delta l,$$

где Q – расчетная масса состава поезда, т (по заданию);

q – погонная нагрузка, т/пм (по заданию);

$l_{\text{лок}}$ – длина грузового локомотива, м (по заданию);

Δl – расстояние, учитывающее неточность постановки локомотива, м.

Для расчетов принимается $\Delta l = 5 \dots 10$ м.

Полученное значение округляется в большую сторону до следующей стандартной величины. Минимальная полезная длина путей транзитных, отправочных, сортировочных парков и парков приема принимается в соответствии с пособием [8, п. 2.6]. Полезная длина путей сортировочного парка должна соответствовать длине состава формируемого поезда, увеличенной не менее чем на 10 %, но быть не менее длины приемо-отправочных путей. Сортировочные пути, специализированные для формирования отдельных групп вагонов, проектируются по длине максимальной группы, увеличенной не менее чем на 10 %.

При наличии на станции вспомогательного сортировочного парка (ВСП) или дополнительного сортировочного парка для местных вагонов (См) длина путей устанавливается в зависимости от специализации путей основного сортировочного парка для местных назначений [8, с. 68].

Среднее количество вагонов в составе грузового поезда определяется массой грузового поезда и принятой погонной нагрузкой:

$$m = \frac{Q}{q l_{\text{ваг}}},$$

где $l_{\text{ваг}}$ – длина условного вагона, м. Принимается $l_{\text{ваг}} = 14$ м.

Полученное при расчете среднее количество вагонов округляется до целого числа.

4 *Размеры перерабатываемого вагонопотока.* На основании рассчитанных размеров движения грузовых поездов, проходящих станцию с переработкой, и среднего количества вагонов в составе грузового поезда определяют размеры перерабатываемого вагонопотока, представляющие собой произведение количества перерабатываемого поездопотока на среднее количество вагонов в составе грузового поезда. Результаты расчетов сводятся в таблицу 2.5 (по данным таблицы 2.2 при $m = 61$ вагон).

Т а б л и ц а 2.5 – Размеры перерабатываемого вагонопотока

Вагонов в сутки

Из \ На	А	Б	В	Г	Всего
А	–	610	366	183	1159
Б	610	–	366	183	1159
В	366	366	–	183	915
Г	183	183	183	–	549
<i>Всего</i>	1159	1159	915	549	3782

5 *Тип сортировочного устройства.* Потребная перерабатывающая способность сортировочной горки определяется согласно пособию [8, ф. 2.90]:

$$n_r = Nm(1 + \rho),$$

где N – количество поездов, прибывающих в расформирование;

m – среднее количество вагонов в составе грузового поезда;

ρ – потребный технический резерв сортировочной горки, связанный с неравномерностью прибытия и обработки поездов. Для расчетов принимается $\rho = 0,3$.

Мощность сортировочного устройства определяется согласно таблице 2.6 и пособию [8, таблица 4.1] на основании величины потребной перерабатывающей способности сортировочной горки с учетом ее резерва и количества путей в сортировочном парке по степени их влияния на уровень технического оснащения станции.

К примеру, согласно заданному количеству сортировочных путей на станции (24 пути) необходимо запроектировать сортировочную горку средней мощности. Потребная перерабатывающая способность сортировочной горки при общем количестве перерабатываемых поездов ($N = 62$ поезда) и среднем количестве вагонов в составе грузового поезда ($m = 61$ вагон) составит $n_r = 62 \cdot 61 (1 + 0,3) = 4916,6 \approx 4917$ вагонов, что соответствует горке большой мощности. В итоге к проектированию принимается сортировочная горка *большой мощности* (в соответствии с потребной перерабатывающей способностью). Если в сортировочном парке проектируются 44 пути, то необходимо предусмотреть сортировочную горку повышенной мощности, несмотря на потребную перерабатывающую способность 4546 вагонов, что соответствует горке большой мощности. В итоге к проектированию принимается сортировочная горка *повышенной мощности* (по количеству путей в сортировочном парке).

Т а б л и ц а 2.6 – Классификация сортировочных горок и их основные характеристики

Основные характеристики	Мощность сортировочной горки			
	повышенная (ГПМ)	большая (ГБМ)	средняя (ГСМ)	малая (ГММ)
Среднесуточный объем переработки, ваг/сут (ваг/ч)	5500 и более; свыше 250 ваг/ч	3500–5499; 160–250 ваг/ч	1500–3499; 160–250 ваг/ч	250–1499; 160–250 ваг/ч
Основное техническое оснащение	ГАЛС, АРС, УУПТ, МПЦ ГАЦ, АЗСР, ТГЛ			ГАЦ или ЭЦ, АСУ ПГЗ
Дополнительные технические средства	Ускорители-замедлители, КСАУ КС, GPS		Ускорители-замедлители	
Количество путей:				
надвижных	3–5	2–3	2	1
спускных	2–3	2	1–2	1
обходных	2	2	1–2	1
сортировочных	40 и более	30–39	17–29	4–16
Тип рельсов путей и стрелочных переводов*	Р65 новые	Р65 новые	Р65 новые	Р50 новые или Р65 старогодн. (отрем.)
Количество тормозных позиций**	3	3	2–3	1–3
Расчетная скорость роспуска, м/с	2,5	1,7	1,4	0,8–1,2
Автоматизация и механизация сортировочного процесса	Полная механизация и автоматизация		Полная или частичная механизация; полная механизация с автоматизацией	Немеханизованная или частично механизированная; полная механизация с автоматизацией
<p>*Мощность ВСП путей сортировочного парка соответствует требованиям для ГММ. **С учетом парковой тормозной позиции. ГММ могут оборудоваться пневматическими или энергонезависимыми замедлителями.</p> <p style="text-align: center;"><i>Обозначения:</i></p> <p>ГАЛС – горочная автоматическая локомотивная сигнализация; АРС – система автоматического регулирования скорости скатывания отцепов; УУПТ – устройство управления прицельным торможением; МПЦ ГАЦ – микропроцессорная централизация горочной автоматической централизации; АЗСР – система автоматического задания скорости роспуска составов; ТГЛ – система с телеуправлением горочными локомотивами; ЭЦ – электрическая централизация; АСУ ПГЗ – автоматизированная система управления пружинно-гидравлическими замедлителями; КСАУ КС – комплексная система автоматизированного управления компрессорной станцией.</p>				

При разработке схемы *двусторонней сортировочной станции* выбор типа сортировочного устройства выполняется отдельно для каждой системы. При этом дополнительно учитывается перерабатываемый ею угловой вагонопоток, при определении величины которого необходимо принимать во внимание повторную сортировку вагонов в каждой системе. Например, для схемы двусторонней сортировочной станции (рисунок 2.1) в соответствии с технологией ее работы поезда с примыкающих направлений А и В принимаются в парк приема 1 (Π_1), составы расформировываются через сортировочную горку 1 (Γ_1) на пути сортировочного парка 1 (C_1). После накопления группа вагонов переставляется на пути парка приема 2 (Π_2), где производится повторная сортировка вагонов через сортировочную горку 2 (Γ_2) на пути сортировочного парка 2 (C_2). После накопления на состав и выполнения операций по окончанию формирования сформированный состав выставляется на пути парка отправления 2 (O_2) и отправляется на соответствующие направления (А или В). В этом случае угловой перерабатываемый вагонопоток (из А на В и из В на А) учитывается дважды, как при переработке в системе № 1, так и при переработке в системе № 2. Аналогичным образом определяется величина перерабатываемого углового вагонопотока из Б на Г и из Г на Б. Кроме того, необходимо учитывать двойную переработку местного вагонопотока (в каждой системе), который поступает в одну из систем двусторонней сортировочной станции, не формирующей передаточные поезда в адрес грузовой станции (или станций), расположенных в узле.

6 *Схема тягового обслуживания и ее характеристика.* Приводится краткая характеристика тягового обслуживания на основании вариантов подходов железнодорожных линий к станции и длин тяговых плеч, определенных с учетом коэффициента пересчета. Схема тягового обслуживания приводится на рисунке, где отмечаются:

- подходы железнодорожных линий к станции и длины тяговых плеч;
- типы локомотивных депо для железнодорожных подходов (основное или обратное);
- схема тягового обслуживания, а также работа поездных локомотивов «по кольцу».

Схема тягового обслуживания с условными обозначениями приведена на рисунке 2.2. Из рисунка видно, что для локомотивов, обращающихся на участках А-Н и Г-Н, локомотивное депо является основным, а на участках В-Н и Б-Н – обратным.

В этом пункте также указываются серии локомотивов, обслуживающих грузовое и пассажирское движение на примыкающих направлениях, а также выполняющих маневровую работу на станции.

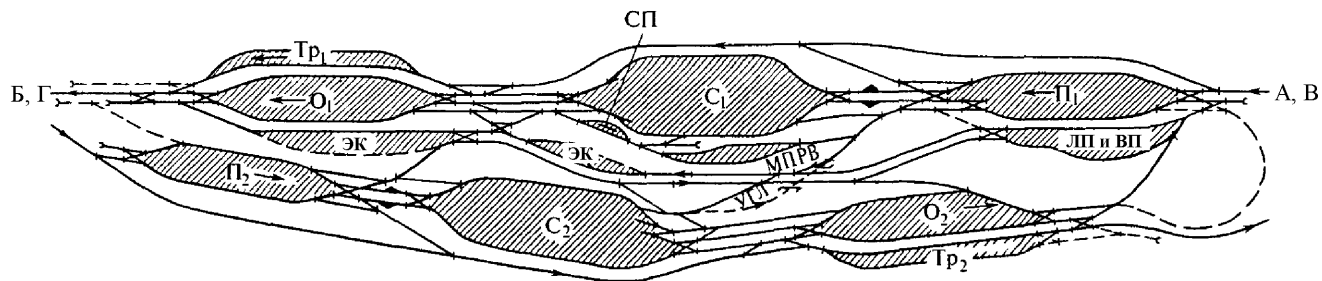


Рисунок 2.1 – Схема двусторонней сортировочной станции

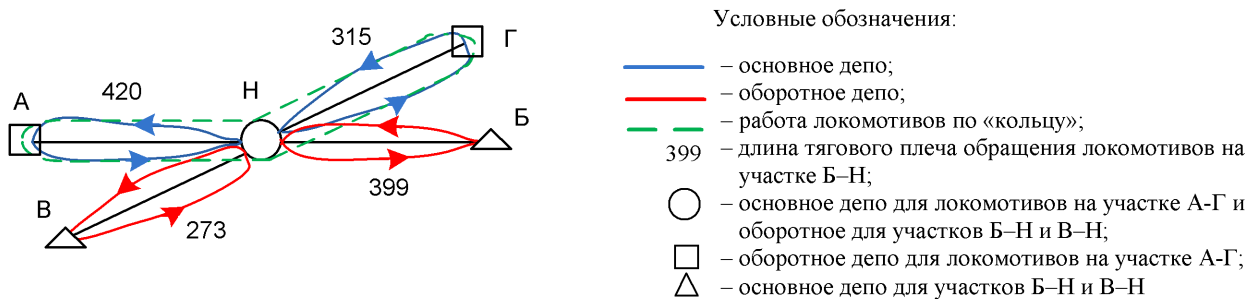


Рисунок 2.2 – Схема тягового обслуживания

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ С УЧЕТОМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА

На основании подготовленных ранее исходных данных в этом разделе необходимо:

- разработать и вычертить схему железнодорожного узла на листе формата А4 с развязкой подходов всех примыкающих направлений; при этом проектируемая сортировочная станция показывается красным цветом;
- выбрать направление сортировки вагонов для новой сортировочной станции;
- разработать и вычертить схему сортировочной станции «в рыбках» с размещением основных устройств и развязкой главных путей, соединительных и ходовых путей, предусматривая рациональную конструкцию горловин парков, и примыканием подъездных путей. Конструкция горочной горловины сортировочного парка должна соответствовать заданию;
- рассчитать количество путей в парках станции (кроме сортировочного);
- нанести на схему станции «в рыбках» технологические линии пропуска поездов всех категорий, переработки местного и углового вагонопотоков, передвижения поездных локомотивов, а также привести рекомендуемую специализацию путей сортировочного парка;
- вычертить план путевого развития сортировочной станции в масштабе 1:2000, при этом устройства локомотивного и вагонного предприятий, пассажирские и грузовые устройства показываются в «рыбках».

3.1 Технико-экономическая характеристика района расположения станции, схема железнодорожного узла и примыкающих направлений

Для обоснования потребности в проектировании и строительстве новой сортировочной станции в этом пункте необходимо:

1) привести технико-экономическую характеристику района расположения проектируемой сортировочной станции, включающую:

- географическое месторасположение проектируемой сортировочной станции и железнодорожного узла (страна, регион, близлежащие населенные пункты с кратким описанием, населенность территории, краткое описание потенциала основных отраслей экономики (добывающей, производст-

венной, сельскохозяйственной, транспортной и др.), представленных в районе тяготения станции);

- климатические условия с указанием климатической зоны, среднемесячных температур летнего и зимнего периодов, преобладающих ветров, количества осадков и т.п.;

- рельеф местности, при наличии указываются водные системы (реки, моря) и неровности поверхности земли (возвышенности, полугоры, горы);

- преобладающие почвы, их типы и т.п.;

2) дать краткое описание железнодорожного узла с указанием условий его образования, преимуществ и недостатков схемы узла, всех станций, входящих в состав узла, и их назначения (ссылка на схему железнодорожного узла);

3) охарактеризовать примыкающие железнодорожные направления с указанием количества примыкающих направлений, их путности (на основании приложения А), категории направлений, типа рельсов, мощности верхнего строения пути, средств сигнализации и связи. Категория линий примыкающих направлений выбирается на основании расчетной годовой приведенной грузонапряженности и максимальных скоростей движения пассажирских поездов (до 80 км/ч, 120 км/ч, 160 км/ч, 200 км/ч) согласно таблице Г.1. От категории линии зависят нормы проектирования раздельных пунктов в плане и профиле [7, п. 3] (например, радиусы кривых главных путей в плане и профиле, значения прямых вставок и др.), марки стрелочных переводов, характеристика верхнего строения пути и т.п., что *необходимо* учесть при разработке плана сортировочной станции в масштабе. Описание примыкающих направлений целесообразнее свести в таблицу 3.1.

Т а б л и ц а 3.1 – Характеристика направлений, примыкающих к узлу

Наименование направлений, примыкающих к узлу	Категория ж. д. линии	Максимальные скорости движения пассажирских поездов, км/ч	Количество главных путей	Верхнее строение главных путей			Тип локомотива для обслуживания движения		Масса поезда, т	
				Тип рельсов	Балласт	Количество шпал на 1 км	пассажирского	грузового	пассажирского	грузового
А–Н										
Б–Н										
В–Н										
...										

На схеме железнодорожного узла проектируемая сортировочная станция показывается красным цветом. Она связывается соединительными путями со всеми примыкающими к узлу магистральными линиями. На схеме железнодорожного узла приводится специализация путей по направлениям движения, показывается месторасположение населенного пункта и промышленного района. Варианты расположения сортировочных станций в железнодорожных узлах различных типов приведены в приложении А.

При разработке схемы узла необходимо руководствоваться заданием, в том числе вариантами подходов железнодорожных линий к станции, количеством главных путей на подходах к станции, требованиями СНБ 3.03.01–98 [1], Правилами и техническими нормами проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм [2], типовыми схемами железнодорожных узлов, а также рекомендациями, изложенными в приложении Г. Количество железнодорожных станций в узле и их взаимное расположение обуславливается самой схемой узла, объемами работы, а также размерами станционной площадки согласно таблице Г.2. В проектируемом узле должно располагаться, *как правило*, не менее трех железнодорожных станций: пассажирская (ПС), проектируемая сортировочная (СС) и грузовая (ГС). Кроме того, в узле могут располагаться промежуточные и участковые станции.

Пример расположения сортировочной станции в узле приведен на рисунке 3.1, *в* при следующих исходных данных:

- 1) схема подходов (рисунок 3.1, *а*);
- 2) путность примыкающих направлений: АН и БН – двухпутные, ВН – однопутное;
- 3) тип узла – треугольный.

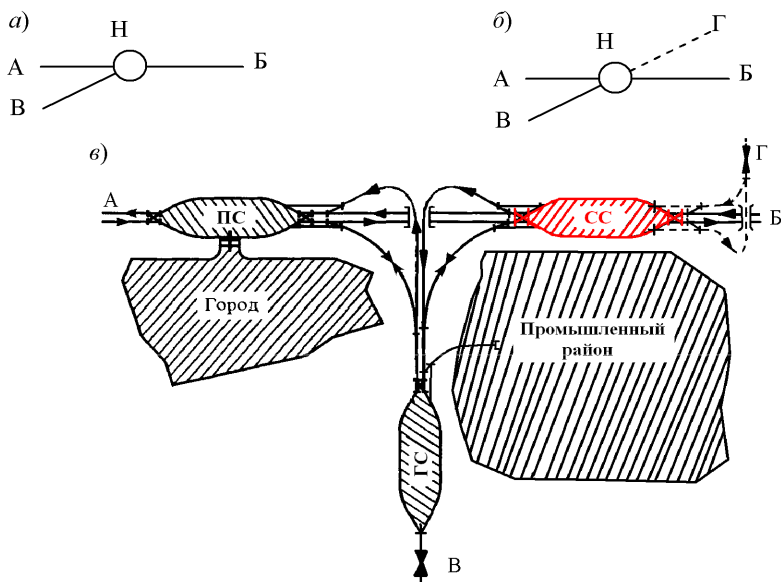


Рисунок 3.1 – Схема железнодорожного узла треугольного типа с размещением проектируемой сортировочной станции и развязкой подходов:

- а* – схема примыкания трех железнодорожных направлений; *б* – схема примыкания четырех железнодорожных направлений (примыкание направления Г показано пунктиром); *в* – схема узла треугольного типа с размещением проектируемой сортировочной станции и развязкой подходов; ПС – пассажирская станция; ГС – грузовая станция; СС – проектируемая сортировочная станция

При разработке схемы узла учитывается, что к проектируемой сортировочной станции в выбранном направлении сортировки вагонов примыкают два железнодорожных участка (линий) А–Н и В–Н, причем участок (линия) В–Н примыкает под углом 90° относительно А–Н (см. рисунок 3.1, *а*). Проектируемая сортировочная станция (СС) согласно [1, 2] располагается на «основном» ходу (направление А–Б), пассажирская станция – в районе расположения населенного пункта (город), грузовая станция – на примыкающей линии В–Н вблизи промышленного района, который она обслуживает. На схеме узла предусматривается разноуровневое пересечение внутриузловых железнодорожных подходов с использованием путепроводной развязки.

При условии примыкания к проектируемой сортировочной станции четырех железнодорожных линий с примыканием дополнительного направления Г–Н (см. рисунок 3.1, *б*) схема железнодорожного узла превращается в узел крестообразного типа. Примыкание нового железнодорожного направления Г–Н на рисунке 3.1, *б* показано пунктирной линией.

3.2 Разработка схемы сортировочной станции с размещением проектируемых устройств

При разработке проекта сортировочной станции необходимо руководствоваться основными нормами и требованиями по проектированию (приложение Г), типовыми схемами сортировочных станций (приложение Б, [4–6, 24]), ранее разработанной схемой железнодорожного узла с учетом примыкающих подходов и внутриузловых соединений.

Разработку схемы сортировочной станции следует начинать с выбора направления сортировки вагонов, которое определяет взаимное расположение основных парков (приема и сортировочного). Для определения направления сортировки принимается во внимание перерабатываемый на сортировочной станции вагонопоток (таблица 2.5) с разбивкой по направлениям движения (четное и нечетное). Преимущественным считается то направление, со стороны которого на станцию прибывает наибольший суммарный перерабатываемый вагонопоток. Его направление и определяет направление сортировки вагонов, т.е. показывает взаимное расположение парка приема и сортировочного парка относительно друг друга.

Например, при выборе направления сортировки вагонов на односторонней сортировочной станции с последовательным расположением парков в железнодорожном узле треугольного типа (см. рисунок 3.1, *в*) и схемой подходов в соответствии с рисунком 3.1, *а* определяется мощность перерабатываемого вагонопотока по отдельности в четном и нечетном направлениях при условии, что размеры движения перерабатываемых поездов в четном направлении (со стороны А) составляют 19 поездов и со стороны В – 15 поездов, а в нечетном (со стороны Б) – 19 поездов. Среднее количество вагонов в составе грузового поезда – 61. Тогда

$$m_{\text{пер}}^{\text{неч}} = 19 \cdot 61 = 1159 \text{ ваг./сут}; m_{\text{пер}}^{\text{ч}} = (19 + 15) \cdot 61 = 2074 \text{ ваг./сут}; m_{\text{пер}}^{\text{неч}} < m_{\text{пер}}^{\text{ч}}.$$

Таким образом, за направление сортировки принимается четное направление движения поездов. Следовательно, на проектируемой сортировочной станции парк приема и сортировочный парк будут располагаться последовательно слева направо. Схема выбора направления сортировки на станции приведена на рисунке 3.2.

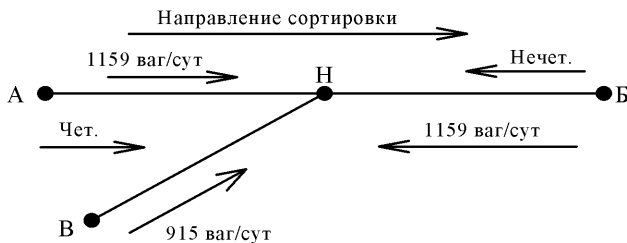


Рисунок 3.2 – Выбор направления сортировки вагонов

Разработка схемы станции в «рыбках» подразумевает адаптацию типовой схемы сортировочной станции (рисунок 3.3) к заданным условиям проектирования (см. п. 2, рисунок 3.1). При разработке схемы сортировочной станции следует руководствоваться требованиями СНБ 3.03.01–98 [1], Правилами и техническими нормами проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм [2], а также общими требованиями к проектированию станций [4].

Схемы основных подсистем сортировочной станции приведены на рисунках 3.4 и 3.5, [13]. Поскольку направление сортировки выбрано слева направо (см. рисунок 3.2), то на проектируемой сортировочной станции парк приема (П) располагается последовательно с левой стороны от сортировочного парка (С), объединенный парк отправления (O_1 и O_2) – последовательно сортировочному по правую сторону от него. Транзитные парки (Tr_1 и Tr_2), специализирующиеся по направлениям движения, размещаются параллельно по разные стороны от объединенного парка отправления. Локомотивное предприятие располагается параллельно парку приема (сверху).

Пути парка приема специализируются по направлениям движения: на верхние пути принимаются транзитные поезда с переработкой, следующие с направления Б, а на нижние пути – с направлений А и В. Между этими группами путей *обязательно* проектируется ходовой путь, а во входной горловине парка приема – тупиковый, обеспечивающие заезд маневрового локомотива на пути парка к составам поездов для их дальнейшего расформирования на сортировочной горке. В парке приема предусматривается одновременный прием транзитных поездов с переработкой со всех примыкающих направлений. С путей парка приема предусматривается отправление грузовых поездов по соединительному пути в обход сортировочного парка в сторону направления Б.

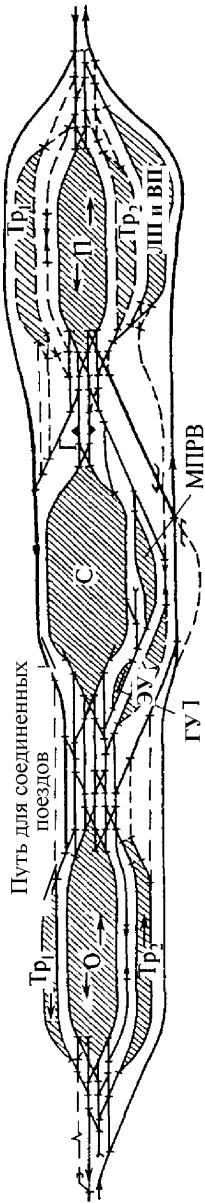


Рисунок 3.3 – Схема односторонней сортировочной станции с последовательным расположением основных парков

Для выполнения маневровой работы по расформированию составов на сортировочной станции имеется сортировочная горка средней мощности с двумя путями надвига, роспуска и двумя обходными путями для выезда маневрового локомотива с путей сортировочного парка в обход горки на пути парка приема. В «хвосте» сортировочного парка для выполнения операций по окончанию формирования и выставки составов на пути объединенного парка отправления проектируются вытяжные пути.

Если в транзитном парке 2 (Tr₂) предусматривается одновременный прием транзитных поездов без переработки из А и В согласно разработанной ранее схеме железнодорожного узла треугольного типа, представленной на рисунке 3.1, в, то часть путей транзитного парка 2 (Tr₂), которые располагаются ближе к путям объединенного парка отправления, имеют двойную специализацию и предназначены для приема транзитных поездов без переработки с угловых направлений А и В и отправления их на те же самые направления. Такие транзитные поезда считаются «угловыми». В связи с этим главный объемлющий путь имеет двустороннюю специализацию для отправления транзитных поездов без переработки с путей транзитного парка 2 (Tr₂) на направления А и В. На схеме станции пунктиром показан вариант расположения второго главного пути для обеспечения возможности одновременного пропуска по станции транзитного и пассажирского поездопотоков. С верхних путей парка отправления (О₁), а также с путей транзитного парка 1 (Tr₁) предусмотрено одновременное отправление поездов на направления А и В.

Пути локомотивного предприятия связываются с путями парка приема для обеспечения уборки поездных локомотивов от составов прибывающих в расформирование поездов. Между парком отправления (О₂) и транзитным парком 1 (Tr₁) имеется ходовой путь, предназначенный для подачи-уборки поездных локомотивов к составам грузовых поездов, отправляющихся на направление Б.

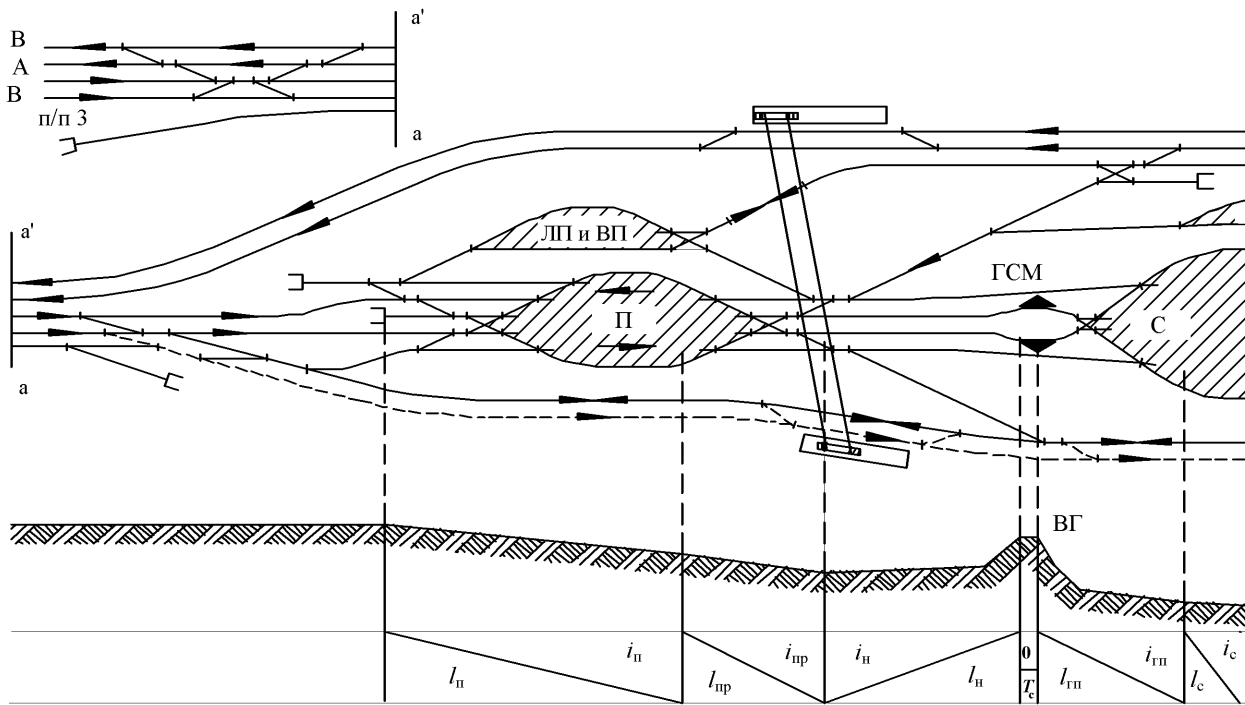


Рисунок 3.4 – Схема подсистемы расформирования составов поездов «Парк приема – сортировочная горка – сортировочный парк» односторонней сортировочной станции с последовательным расположением основных парков и конструкция ее продольного профиля

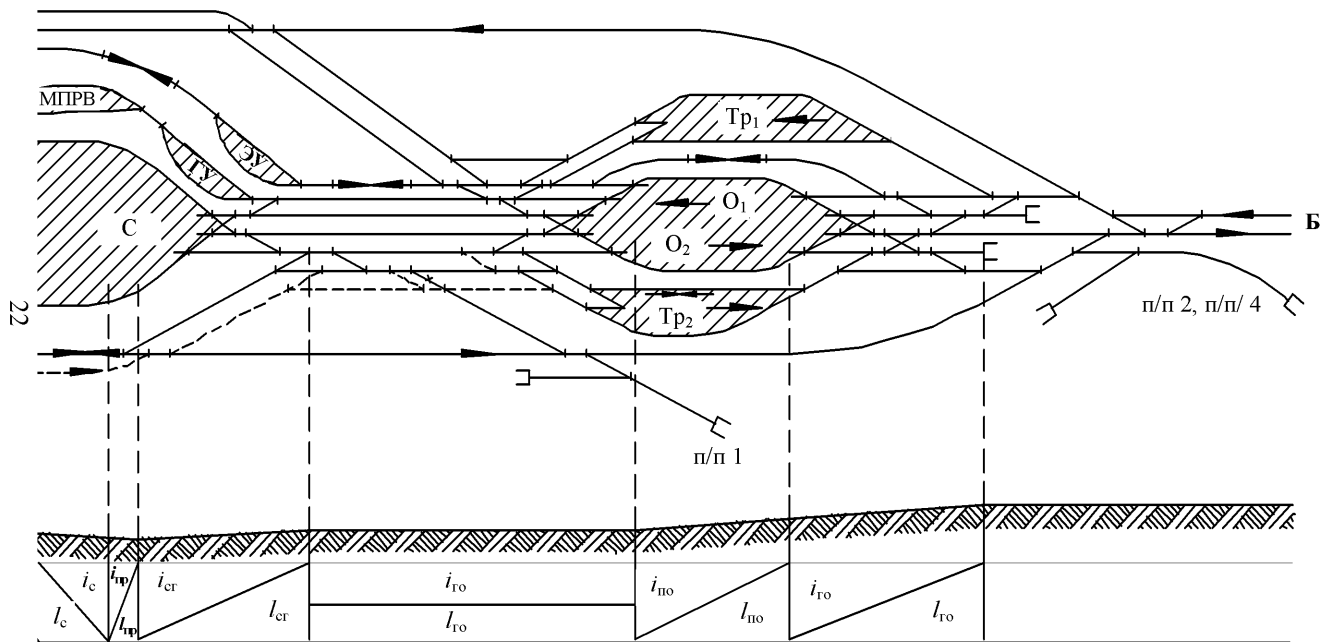


Рисунок 3.5 – Схема подсистемы формирования составов поездов «Сортировочный парк – вытяжные пути окончания формирования – парк отправления» односторонней сортировочной станции с последовательным расположением основных парков и конструкция ее продольного профиля

На схеме станции показано примыкание четырех подъездных путей согласно объемам, характеру их работы и способу обслуживания.

Для пропуска пассажирских поездов, а также поездов региональных линий на сортировочной станции используются объемлющие главные пути. Для поездов региональных линий, проследующих станцию с кратковременной остановкой, предусмотрены остановочные пункты, которые располагаются с внешней стороны главных путей. Остановочные пункты связываются между собой с помощью пешеходного моста.

В этом разделе курсового проекта требуется привести краткую характеристику проектируемой сортировочной станции:

1) тип схемы (по размещению основных устройств, количеству комплектов и т.д.);

2) наличие устройств, располагающихся на станции, – для обеспечения пассажирского движения и обслуживания пассажиров, грузового движения и выполнения грузовых операций; локомотивное и вагонное предприятия, а также устройства и сооружения подразделений технического обеспечения работы станции;

3) взаимное расположение основных устройств;

4) достоинства и недостатки схемы станции.

Схема сортировочной станции «в рыбках» вычерчивается на листе формата А4 или А3 с учетом выбранного направления сортировки вагонов. На схеме станции показываются все устройства, предусматривается расположение остановочных пунктов, а также примыкание подъездных путей (количество подъездных путей приводится в задании).

3.3 Техническое оснащение проектируемой сортировочной станции

3.3.1 Устройства для обеспечения пассажирского движения и обслуживания пассажиров

На сортировочной станции к устройствам для обеспечения пассажирского движения и обслуживания пассажиров относятся:

1) *объемлющие главные пути*, предназначенные для пропуска пассажирских поездов без остановки и поездов регионального сообщения с кратковременной остановкой на остановочных пунктах;

2) *пассажирские остановочные пункты*, предназначенные для кратковременной остановки поездов регионального сообщения. Остановочные пункты на главных путях в пределах сортировочной станции размещаются вблизи районов наибольшей концентрации работников станции (локомотивное и вагонное предприятия, пост ЭЦ и сортировочная горка), чтобы обеспечить их доставку к своим рабочим местам, а также для обслуживания пассажиров населенного пункта, где располагается проектируемая сортировочная станция. На остановочных пунктах размещаются: павильон для продажи проезд-

ных документов; навесы; пассажирские платформы и переходы между ними в одном уровне. Относительно главных путей пассажирские платформы, как правило, размещаются с внешней стороны, а связь главных путей обеспечивается с помощью дополнительных съездов (см. рисунок 3.4). При проектировании пассажирских платформ необходимо руководствоваться Техническим кодексом установившейся практики ТКП 495–2013 (02190) «Пункты остановочные железнодорожные. Правила и нормы технологического проектирования» [22] и таблицей 2.2 [17]. Для связи пассажирских платформ проектируется пешеходный мост либо тоннель [7, п. 9; 22]. В пункте необходимо указать основные параметры всех проектируемых устройств.

3.3.2 Устройства для обеспечения грузового движения

К основным устройствам для обеспечения грузового движения на сортировочной станции относятся:

- *парки*: приема, отправления, сортировочный, приемо-отправочный, транзитные, местный сортировочный (при наличии);
- *сортировочные устройства*: основные и вспомогательные;
- *станционные железнодорожные пути*: главные, соединительные, вытяжные, ходовые и т.п.

В этом пункте приводится более подробная характеристика всех устройств для обеспечения грузового движения:

- отдельных парков с указанием количества путей, их минимальной полезной длины;
- сортировочных устройств с указанием мощности сортировочной горки, количества путей надвига, роспуска, обходных путей, количества вытяжных путей, а также их полезной длины.

В данном пункте также отмечаются тип укладываемых рельсов и характеристика верхнего строения путей, марки стрелочных переводов, ширина междупутий, радиусы кривых участков путей.

Расчет количества путей в парках станции (кроме сортировочного), а также вытяжных путей производится на основании методики, изложенной в учебном пособии [8, п. 2.5] и оформляется в приложении В курсового проекта.

При определении количества путей в парках станции следует учитывать количество подходов к станции, путность примыкающих направлений, а также возможность одновременного приема-отправления поездов.

Количество путей в парке приема зависит от среднего расчетного интервала прибытия поездов в парк ($\bar{t}_p^{\text{пр}}$), продолжительности занятия путей парка операциями приема ($t_{\text{пр}}$), технологической обработки ($t_{\text{оп}}^{\text{пр}}$), ожидания расформирования ($t_{\text{доп}}^{\text{пр}}$) и вывода на сортировочное устройство ($t_{\text{выв}}$):

$$m_{\text{п}} = \frac{t_{\text{пр}} + t_{\text{оп}}^{\text{мп}} + t_{\text{доп}}^{\text{мп}} + t_{\text{выв}}}{\bar{I}_{\text{п}}^{\text{мп}}} + m_{\text{д}},$$

где $m_{\text{д}}$ – дополнительное количество путей,

$$m_{\text{д}} = K - 1 + m_{\text{х}};$$

K – количество подходов магистральных линий к парку приема с непосредственным примыканием к горловине;

$m_{\text{х}}$ – количество ходовых путей.

При ориентировочных расчетах в курсовом проекте с допустимой степенью вероятности можно принять $t_{\text{пр}} + t_{\text{выв}}$ равным 12–14 мин или рассчитать отдельно по формуле

$$t_{\text{пр}} = t_{\text{м}} + t_{\text{в}} + \frac{L_{\text{гп}} + L_{\text{п}} + l_{\text{т}}}{16,7v_{\text{вх}}},$$

где $t_{\text{м}}$ – время установки маршрута и открытия сигнала (при электрической централизации стрелочных переводов и автоблокировке принимают 0,05 мин на один стрелочный перевод и 0,1 мин на открытие входного сигнала, при маршрутной централизации – 0,15–0,2 мин);

$t_{\text{в}}$ – время восприятия машинистом показания сигнала – 0,1 мин;

$L_{\text{гп}}$ – длина горловины парка приема поезда – расстояние от входного сигнала до предельного столбика на пути приема, м (принимается ориентировочно 250–400 м);

$L_{\text{п}}$ – длина поезда, м (из приложения Б курсового проекта);

$l_{\text{т}}$ – длина тормозного пути поезда, м (принимается около 500 м);

$v_{\text{вх}}$ – средняя скорость входа поезда на станцию с учетом снижения скорости на стрелочных переводах при движении на боковые пути и замедления перед остановкой, км/ч.

Продолжительность занятия пути парка приема составом при подаче его на горку ($t_{\text{выв}}$) зависит от взаимного расположения парка приема и сортировочного парка:

– при последовательном расположении

$$t_{\text{выв}} = t_{\text{м}} + \frac{l_{\text{над}}}{16,7v_{\text{н}}} + \frac{l_{\text{сост}} - l_{\text{над}}}{16,7v_{\text{п}}},$$

где $l_{\text{над}}$ – длина надвигной части (от повторителя горочного сигнала до вершины горки), м;

$l_{\text{сост}}$ – длина расформировываемого состава, м;

$v_{\text{н}}, v_{\text{п}}$ – средние скорости надвига состава на сортировочную горку и роспуска состава ($v_{\text{н}} = 10 \dots 15$ км/ч; $v_{\text{п}} = 3 \dots 5$ км/ч);

– при расположении путей парка приема параллельно сортировочному

$$t_{\text{выв}} = t_{\text{м}} + \frac{l_{\text{сост}} + l_{\text{гор}}}{16,7v_{\text{выт}}},$$

где $l_{\text{гор}}$ – длина горловины парка приема, м;

$v_{\text{выт}}$ – средняя скорость вытягивания состава на горочный вытяжной путь ($v_{\text{выт}} = 15 \dots 20$ км/ч).

Дополнительная продолжительность занятия путей поездом в ожидании расформирования зависит от показателя уровня загрузки сортировочной горки ($\rho_{\text{гор}}$), горочного технологического интервала ($\bar{t}_{\text{г}}$) и определяется как

$$t_{\text{доп}}^{\text{III}} = 52 - 196 \rho_{\text{гор}} (1 - \rho_{\text{гор}}),$$

где $\rho_{\text{гор}}$ – уровень загрузки горки,

$$\rho_{\text{гор}} = \frac{(N_{\text{тр.с}} + N_{\text{сб}}) \bar{t}_{\text{г}}}{1440};$$

$N_{\text{тр.с}}, N_{\text{сб}}$ – расчетное количество транзитных с переработкой, сборных поездов, прибывших в парк приема в течение суток;

$\bar{t}_{\text{г}}$ – горочный технологический интервал,

$$\bar{t}_{\text{г}} = 0,85 \frac{\alpha \cdot 1440 - \sum T_{\text{пост}}}{N_{\text{тр.с}} + N_{\text{сб}}};$$

0,85 – коэффициент, учитывающий резерв перерабатывающей способности сортировочной горки;

α – коэффициент, учитывающий возможные перерывы в использовании горки из-за враждебных передвижений ($\alpha = 0,97$; при расположении транзитного парка параллельно с парком приема и отсутствии изолированного от горки соединения с депо, а также для объединенного парка приема без «петлевого подхода» для поездов непреимуществового направления $\alpha = 0,95$);

$\Delta T_{\text{пост}}$ – средняя продолжительность занятия сортировочной горки в течение суток для выполнения постоянных операций, связанных с текущим содержанием и ремонтом горочных устройств, требующих прекращения отпуска; расформированием групп вагонов с путей ремонта, из вагонного депо, местных и др.).

При этом средняя продолжительность занятия сортировочной горки в течение суток для выполнения постоянных операций ($\Delta T_{\text{пост}}$) должна соответствовать величине, принятой при расчете перерабатывающей способности горки (подразд. 4.6 данного пособия).

На сортировочных станциях, где расформирование составов грузовых поездов выполняется с использованием вытяжных путей (на безгорочных

станциях), дополнительная продолжительность занятия путей поездом в ожидании расформирования зависит от показателя уровня загрузки сортировочного устройства, т.е. вытяжного пути (ρ_{cy}):

$$t_{\text{доп}}^{\text{III}} = 52 - 196 \rho_{\text{cy}} (1 - \rho_{\text{cy}}),$$

где ρ_{cy} – уровень загрузки сортировочного устройства (вытяжного пути).

При выполнении курсового проекта уровень загрузки сортировочного устройства принимается в пределах 80–85 %.

Расчетный интервал прибытия поездов в парк и его среднее значение определяется отдельно для каждого примыкающего направления и зависит от конструкции горловин парка (рисунок 3.6):

1 При примыкании к парку приема одного железнодорожного направления и наличии одного входа в парк (рисунок 3.6, а) расчет интервала прибытия выполняется следующим образом:

– определяется расчетный интервал прибытия для примыкающего направления

$$I_p^A = \frac{\frac{1440}{\alpha_{\text{рез}}} - (N_{\text{тр}}^A + \varepsilon_{\text{пас}} N_{\text{пас}}^A + \varepsilon_{\text{рег}} N_{\text{рег}}^A) \cdot \frac{1440}{N_{\text{max}}^A}}{N_{\text{тр.с}}^A + N_{\text{сб}}^A},$$

где $N_{\text{тр}}^A$, $N_{\text{пас}}^A$, $N_{\text{рег}}^A$, $N_{\text{тр.с}}^A$, $N_{\text{сб}}^A$ – соответственно расчетное количество транзитных, пассажирских, поездов региональных линий, транзитных с переработкой и сборных поездов на подходе А–Н к парку приема;

N_{max}^A – максимальная пропускная способность подхода А (для условия двухпутной линии $N_{\text{max}}^A = 144$; однопутной – $N_{\text{max}}^A = 36 \dots 38$);

$\alpha_{\text{рез}}$ – коэффициент резерва; принимается для двухпутных линий – 1,15, однопутных – 1,20;

$\varepsilon_{\text{пас}}$, $\varepsilon_{\text{рег}}$ – коэффициенты съема, соответственно, для пассажирских поездов и поездов региональных линий; в расчетах рекомендуется принимать $\varepsilon_{\text{пас}} = 1,3 \dots 1,6$; $\varepsilon_{\text{рег}} = 1,1 \dots 1,3$.

При выполнении расчетов необходимо обратить внимание, что в знаменателе в количестве транзитных поездов с переработкой ($N_{\text{тр.с}}^A$) не учитывается количество сборных поездов ($N_{\text{сб}}^A$);

– средний расчетный интервал прибытия поездов в парк

$$\bar{I}_p = \frac{I_{\text{min}} + I_p^A}{2},$$

где I_{\min} – минимальный интервал прибытия поездов в парк,

$$I_{\min} = \frac{1440}{N_{\max}^i}.$$

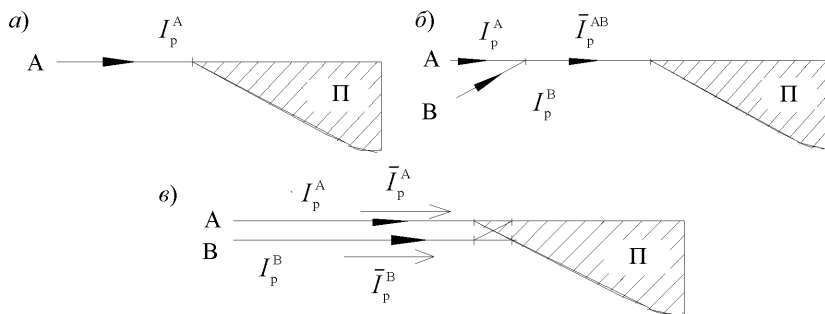


Рисунок 3.6 – Расчетные схемы для определения количества путей в парке приема сортировочной станции:

а – примыкание одного направления и один вход в парк; *б* – примыкание двух направлений и один вход в парк; *в* – примыкание двух направлений и одновременный прием поездов с этих направлений

2 При примыкании к парку двух или нескольких направлений и отсутствии одновременного приема поездов (рисунок 3.6, б) определяются:

- расчетные интервалы прибытия поездов в парк приема с каждого примыкающего направления I_p^A , I_p^B в соответствии с порядком, приведенным в п. 1 расчета;
- средневзвешенное значение интервала прибытия поездов в парк

$$\bar{I}_p^{AB} = \frac{1}{\sum_{i=1}^K \frac{1}{I_{pi}^m}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^2 \frac{1}{I_i}} = \frac{1}{\frac{1}{I_p^A} + \frac{1}{I_p^B}} = \frac{I_p^A I_p^B}{I_p^A + I_p^B},$$

где K – количество отдельно примыкающих к парку приема магистральных линий (в данном случае $K = 2$);

- средний расчетный интервал прибытия поездов в парк

$$\bar{I}_p = \frac{I_{\min} + \bar{I}_p^{AB}}{2}.$$

3 При примыкании к парку двух или нескольких направлений и наличии одновременного приема поездов (см. рисунок 3.6, в) последовательно определяются:

- расчетные интервалы прибытия поездов в парк приема с каждого примыкающего направления I_p^A , I_p^B (см. п. 1 расчета);

– средние расчетные интервалы прибытия для каждого примыкающего направления \bar{I}_p^A, \bar{I}_p^B (см. п. 1 расчета);

– средневзвешенное значение интервала прибытия поездов в парк приема \bar{I}_p^{AB} (см. п. 2 расчета).

4 При примыкании к парку приема подходов в разных горловинах и обеспечении одновременного приема поездов со всех примыкающих направлений последовательность расчетов следующая:

– определяются расчетные интервалы прибытия поездов в парк приема с каждого примыкающего направления I_p^i (см. п. 1 расчета);

– средние расчетные интервалы прибытия для каждого примыкающего направления \bar{I}_p^i (см. п. 1 расчета);

– средневзвешенное значение интервала прибытия поездов в парк приема \bar{I}_p^{mn} (см. п. 2 расчета).

Расчет количества путей в транзитных парках выполняется отдельно для каждого парка:

$$m_{\text{тр}} = \frac{t_{\text{пр}} + t_{\text{оп}}^{\text{тр}} + \Delta t + t_{\text{от}}}{I_p} + m_{\text{ход}},$$

где $t_{\text{пр}}$ – продолжительность занятия пути при приеме поезда в парк, мин;

$t_{\text{оп}}^{\text{тр}}$ – продолжительность выполнения операций в парке с транзитным поездом, мин;

Δt – дополнительный простой поезда в ожидании отправления, мин;

$t_{\text{от}}$ – продолжительность занятия пути при отправлении поезда, мин;

I_p – расчетный интервал прибытия поездов в транзитный парк, мин;

$m_{\text{ход}}$ – количество ходовых путей.

Продолжительность $t_{\text{пр}} + t_{\text{от}}$ с допустимой погрешностью можно принять равным 10–12 мин или рассчитать отдельно:

– продолжительность занятия пути при приеме поезда в парк ($t_{\text{пр}}$) – аналогично парку приема;

– продолжительность занятия пути при отправлении поезда

$$t_{\text{от}} = t_{\text{м}} + t_{\text{о}} + \frac{L_{\text{вых}}}{16,7v_{\text{вых}}},$$

где $t_{\text{о}}$ – интервал времени от момента открытия сигнала до трогания; для грузовых поездов принимается $t_{\text{о}} = 0,5$ мин;

$L_{\text{вых}}$ – расстояние, проходимое поездом до момента освобождения маршрута, равное сумме длин горловины отправления и поезда, длина горловины отправления принимается 300–400 м;

$v_{\text{вых}}$ – средняя скорость выхода поезда со станции с учетом разгона, км/ч.

Дополнительный простой поезда в ожидании отправления

$$\Delta t = \frac{\rho_{\text{вых}}^2 (\gamma_{\text{вх}}^2 + \gamma_{\text{вых}}^2) \cdot 60}{2\lambda_{\text{тр}} (1 - \rho_{\text{вых}})},$$

где $\lambda_{\text{тр}}$ – расчетная плотность потока транзитных поездов, отправляющихся из парка,

$$\lambda_{\text{тр}} = N_{\text{тр}}^{\text{вых}} / 24,$$

$\gamma_{\text{вх}}, \gamma_{\text{вых}}$ – коэффициенты вариации, соответственно, входящего и выходящего потоков транзитных поездов и интервалов отправления на графике,

$$\gamma_{\text{вх}} = \frac{1}{\sqrt{K_{\text{вх}}}}, \quad \gamma_{\text{вых}} = \frac{1}{\sqrt{K_{\text{вых}}}},$$

$K_{\text{вх}}, K_{\text{вых}}$ – параметры распределения Эрланга для входных и выходных интервалов между поездами. С допустимой погрешностью можно принять равными 2–4 (большее значение принимается для линий с большей нагрузкой);

$\rho_{\text{вых}}$ – загрузка выходного из транзитного парка участка,

$$\rho_{\text{вых}} = \frac{N_{\text{тр}}^{\text{вых}}}{\frac{N_{\text{max}}}{\alpha_{\text{рез}}} - N_{\text{сб}}^{\text{вых}} \varepsilon_{\text{сб}} - N_{\text{тр.с}}^{\text{вых}} - N_{\text{пас}}^{\text{вых}} \varepsilon_{\text{пас}} - N_{\text{рег}}^{\text{вых}} \varepsilon_{\text{рег}}},$$

$N_{\text{тр}}^{\text{вых}}, N_{\text{сб}}^{\text{вых}}, N_{\text{тр.с}}^{\text{вых}}, N_{\text{пас}}^{\text{вых}}, N_{\text{рег}}^{\text{вых}}$ – расчетное количество транзитных, сборных, транзитных с переработкой, пассажирских поездов и поездов региональных линий на выходном участке транзитного парка; в расчетах учитывают только те пассажирские поезда и поезда региональных линий, которые следуют по тем же главным путям, что и грузовые в пределах ближайших к рассчитываемой станции двух-трех перегонов;

$\varepsilon_{\text{сб}}$ – коэффициент съема сборных поездов; принимается на однопутной линии 1,2–1,5; двухпутной – 1,3–1,6.

Значения коэффициентов съема при определении количества путей должны соответствовать значениям, принятым при расчете количества главных путей на подходах к железнодорожному узлу. В знаменателе в количестве транзитных поездов с переработкой ($N_{\text{тр.с}}^{\text{вых}}$) не учитываются сборные поезда ($N_{\text{сб}}^{\text{вых}}$).

Иногда при определении загрузки выходного интервала ($\rho_{\text{вых}}$) для однопутного участка может получиться, что $\rho_{\text{вых}} > 1$ либо 0. Такая ситуация означает, что прилегающие к узлу два-три перегона однопутного направления имеют двухпутные вставки. В этом случае расчет по определению $\rho_{\text{вых}}$ необходимо выполнять для условий двухпутного участка, оборудованного полуавтоматической блокировкой. Тогда и дальнейший расчет по определению количества путей во всех парках станции для этого однопутного направления следует выполнять для условия двухпутного, оборудованного полуавтоматической блокировкой при $N_{\text{max}} = 72$ пар поездов и $I_{\text{min}} = 1440 / N_{\text{max}}$.

Если в транзитном парке (Тр_1) (см. рисунок 3.5) предусматривается полная взаимозаменяемость путей или секций (т.е. поезда могут приниматься на любой приемо-отправочный путь) с возможностью одновременного отправления транзитных поездов без переработки на несколько примыкающих направлений, то на выходном участке определяется средневзвешенное значение дополнительного простоя в ожидании отправления поездов по формуле

$$\Delta \bar{t} = \frac{1}{\sum_{j=1}^k \frac{1}{\Delta t_j}},$$

где Δt_j – дополнительный простой в ожидании отправления поездов на j -е направление, мин;

k – количество подходов по отправлению поездов.

Если в парке имеется жесткая специализация путей (секций), дополнительный простой в ожидании отправления поездов определяется отдельно для каждого примыкающего направления. Расчет количества путей производится для каждого подхода в отдельности (например, $m_{\text{тр}}^A$ и $m_{\text{тр}}^B$). Полученные результаты суммируются с округлением итога: менее 0,2 – отбрасывают, а 0,2 и выше – увеличивают до большего целого значения.

Порядок определения расчетного интервала прибытия транзитных поездов без переработки в транзитный парк зависит от конструкции входной горловины парка:

1 Если к парку примыкает одно направление А (рисунок 3.7, а), то сначала определяется средний интервал прибытия транзитных поездов

$$I_p^A = \frac{1440}{\alpha_{\text{рез}}} - \frac{(N_{\text{тр.с}}^A + \varepsilon_{\text{сб}} N_{\text{сб}}^A + \varepsilon_{\text{пас}} N_{\text{пас}}^A + \varepsilon_{\text{пер}} N_{\text{пер}}^A) \cdot 1440}{N_{\text{max}}^A},$$

где $N_{\text{тр}}^A$, $N_{\text{сб}}^A$, $N_{\text{тр.с}}^A$, $N_{\text{пас}}^A$, $N_{\text{пер}}^A$ – расчетное количество транзитных, транзитных с переработкой, сборных, пассажирских поездов и поездов региональных линий на линии подхода А к транзитному парку 1 (Тр_1),

затем средний интервал, значение которого с достаточной точностью можно определить по формуле

$$I_A = \frac{I_{\min} + I_p^A}{2},$$

где I_{\min} – минимальный интервал прибытия транзитных поездов в парк, мин.

2 Если к парку примыкает два направления А и В, а также не предусматривается одновременный прием поездов (рисунок 3.7, б), то вначале определяются расчетные интервалы прибытия транзитных поездов в парк для каждого примыкающего направления I_p^A , I_p^B , затем – средневзвешенный интервал приема поездов в парк \bar{I}_p^{AB} и средний интервал прибытия \bar{I}_p .

3 Если к парку примыкает два направления А и В, а также предусматривается одновременный прием поездов (рисунок 3.7, в), то вначале определяются расчетные интервалы прибытия транзитных поездов в парк для каждого примыкающего направления I_p^A , I_p^B , потом – средние интервалы прибытия для каждого примыкающего направления \bar{I}_p^A , \bar{I}_p^B , а затем – средневзвешенный интервал приема поездов в парк \bar{I}_p .

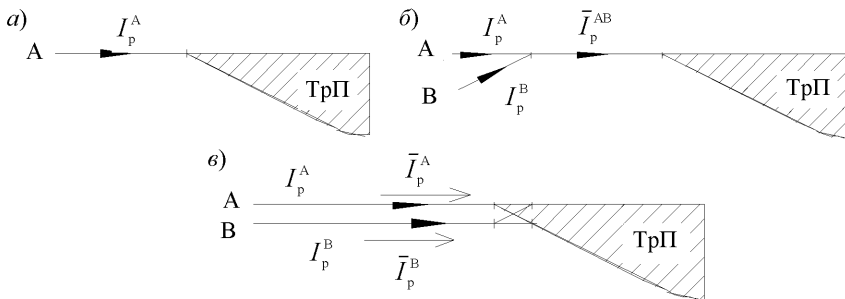


Рисунок 3.7 – Расчетные схемы для определения количества путей в транзитном парке сортировочной станции:

а – примыкание одного направления и один вход в парк; б – примыкание двух направлений и один вход в парк; в – примыкание двух направлений и одновременный прием поездов с этих направлений

При определении количества путей в транзитных парках необходимо различать, с какого направления поезда принимаются в парк (\bar{I}_p) и на какие направления поезда отправляются из парка ($\Delta \bar{I}$). Для условий рисунка 3.5 при определении количества путей в транзитном парке 1 (Тр₁) учитывается средний интервал прибытия со стороны Б (\bar{I}_p^B) и средневзвешенное значение дополнительного простоя в ожидании отправления на А и В ($\Delta \bar{I}_{AB}$).

В парках отправления количество путей для отправления сформированных поездов определяется для каждого направления в отдельности.

Для объединенных парков отправления при отсутствии жесткой специализации путей полученные результаты суммируют с округлением итога: менее 0,2 – отбрасывают, а 0,2 и выше – увеличивают до большего целого значения.

При определении расчетного интервала отправления поездов своего формирования необходимо принимать во внимание конструкцию горловин парка (по аналогии см. выше). Средний интервал отправления поездов своего формирования на примыкающие направления определяется по формуле

$$\bar{I}_{от} = \frac{\frac{1440}{\alpha_{рез}} - \left(N_{тр}^{от i} + N_{тр.с}^{от i} + \varepsilon_{пас} N_{пас}^{от i} + \varepsilon_{пер} N_{пер}^{от i} \right) \cdot \frac{1440}{N_{max}^i}}{N_{сф}^i},$$

где $N_{тр}^{от i}$, $N_{тр.с}^{от i}$, $N_{пас}^{от i}$, $N_{пер}^{от i}$, $N_{сф}^i$ – соответственно расчетное суточное количество транзитных, транзитных с переработкой, пассажирских поездов, поездов региональных линий, а также сформированных поездов в i -м направлении (куда отправляются сформированные поезда).

В этой формуле учитываются только те поезда $N_{сф}^i$, которые формируются в сортировочном парке, переставляются в соответствующий парк отправления и отправляются с путей этого парка, поэтому $N_{тр.с}^{от i} = 0$. Если согласно технологии работы сортировочной станции предусматривается отправление сформированных поездов непосредственно с путей сортировочного парка $N_{тр.с}^{от i}$ (сборные, передаточные поезда) в адрес станций примыкающих направлений и грузовой станции, то при определении интервала отправления эти поезда в расчет не принимаются, а $N_{тр.с}^{от i} > 0$.

Расчет количества путей в *приемо-отправочном парке* выполняется отдельно для путей, предназначенных для приема поездов в расформирование, и отдельно – для отправления сформированных поездов. Полученные значения количества путей не округляются до целого числа. Общее количество путей в приемо-отправочном парке находится путем суммирования путей для приема и 80 % от количества путей для отправления с последующим округлением полученного значения.

Для расчета *минимально необходимого количества вытяжных путей* m_b^{min} ([8], ф. (2.33), (2.34)) при отсутствии реальных данных в учебных целях можно руководствоваться следующими рекомендациями:

а) количество формируемых поездов: одnogруппных – 50 % от общего количества формируемых поездов, многогруппных – 8–10 поездов, двухгруппных – остальные;

б) нормы времени работы на вытяжном пути: при расформировании состава – 20 мин, при формировании одногруппных поездов – 10–12 мин, двухгруппных – 20–25 мин, многогруппных – 50–60 мин;

в) при условии расположения парка отправления или приемо-отправочного парка параллельно сортировочному продолжительность занятия вытяжного пути при выставке сформированных составов из сортировочного парка в парк отправления, а также при возвращении локомотива из парка отправления в сортировочный, увеличивается в 2 раза (т.к. все вышеперечисленные операции выполняются за два полурейса). При этом количество вытяжных путей определяется отдельно для каждого парка;

г) при проектировании новой сортировочной станции, когда о предстоящих объемах работы и технологии их выполнения можно судить со значительной погрешностью, можно предусматривать один вытяжной путь на 10–12 сортировочных.

К проектированию принимается максимальное из полученных значений.

При сооружении на сортировочной станции *вспомогательного сортировочного парка* (См) количество путей рекомендуется принимать равным: ч е т ы р е м – при количестве групп формирования, не превышающем шести; п я т и – при семи группах формирования; ш е с т и – при количестве групп формирования от 8 до 12; с е м и – при количестве групп формирования от 13 до 20. Количество вытяжных путей в этом парке для окончания формирования принимается согласно таблице 2.8 [8].

В конце приложения В приводится сводная таблица с результатами расчета путевого развития парков станции (таблица 3.2).

Т а б л и ц а 3.2 – **Итоговая таблица по определению количества путей**

Наименование парка	Тип рельсов	Количество путей

Пример расчета количества путей в парках станции по рассмотренной методике приведен в приложении А [8]. При продолжительности обработки поездов в парках около 40–45 мин правильность расчетов целесообразно проверить, определив количество путей в парках станции при помощи таблиц 2.2–2.6 [8]. Разница в результатах может составить около 1–2 путей в парке. Большое расхождение может говорить об ошибочности выполненных расчетов и требует проверки промежуточных результатов.

3.3.3 Устройства для выполнения грузовых операций

Основная работа по выполнению грузовых операций производится на специализированной грузовой станции, расположенной в железнодорожном узле, куда вагоны следуют в составе передаточных поездов.

На сортировочной станции для выполнения грузовых операций предусматриваются, как правило, *отдельные грузовые устройства*, к которым

относятся погрузо-выгрузочная высокая платформа, а также площадка для сортировки транзитных контейнеров [8].

На схеме проектируемой сортировочной станции «в рыбках» необходимо предусмотреть примыкание подъездных путей. Выбор места примыкания зависит от *размещения промышленных предприятий, размеров и характера вагонопотоков (маршруты или вагоны с переработкой), выполняемых грузовых операций (погрузка, выгрузка)*. При выборе места примыкания подъездных путей следует руководствоваться пособием [8, п. 2.4].

При примыкании подъездных путей с пересечением главных целесообразнее использовать пересечение в разных уровнях, однако это требует значительных капитальных вложений и поэтому не всегда экономически оправдано (особенно при малом вагонообороте подъездного пути). В случае пересечения путей в одном уровне следует обеспечить ограждения маршрутов следования поездов по главным путям от непредвиденного выхода подвижного состава с подъездных путей путем укладки предохранительных тупиковых путей или применения других средств обеспечения безопасности перевозок и путевого заграждения (сбрасывающая стрелка, сбрасывающий остряк).

В проекте необходимо привести описание примыкания каждого подъездного пути с указанием мощности вагонопотока, характера работы (погрузка, выгрузка) и способа его обслуживания (локомотивом вперед или вагонами вперед, откуда производится подача вагонов и куда осуществляется уборка вагонов с подъездного пути). Также указывается, какие на станции предусмотрены устройства для обслуживания грузовой станции узла.

3.3.4 Локомотивное и вагонное предприятия

На сортировочных станциях для обслуживания подвижного состава сооружаются локомотивное и вагонное предприятия.

1 *Локомотивное предприятие* (ЛП) предназначено для текущего ремонта, технического обслуживания и подготовки к эксплуатации локомотивов и моторвагонного подвижного состава (дизель- и электропоездов).

К устройствам локомотивного предприятия относятся: локомотивное депо; пункты технического обслуживания локомотивов и моторвагонного подвижного состава; экипировочные устройства, пункты отстоя и экипировки моторвагонного подвижного состава на стыковых станциях; дорожные базы резерва локомотивов и моторвагонного подвижного состава, запасы топлива и нефтепродуктов. Объекты локомотивного предприятия для поездных и маневровых локомотивов проектируются общими, а для обслуживания моторвагонного подвижного состава – отдельными. Размещение депо на станционной территории должно обеспечивать подачу локомотивов к составам и их уборку с наименьшей затратой времени и наименьшим количеством пересечений с маршрутами следования организованных поездов и маневровых передвижений.

2 *Вагонное предприятие* (ВП) предназначено для ремонта и технического обслуживания вагонов и контейнеров на станциях.

К устройствам вагонного предприятия относятся: депо для ремонта вагонов; пункты технического обслуживания вагонов; механизированный пункт текущего отцепочного ремонта вагонов; пункт технического обслуживания и экипировки рефрижераторных поездов и секций, а также пункт подготовки вагонов к перевозке. Ремонтные предприятия ВП размещают в хвостовой горловине сортировочного парка.

3 *Кооперированное (совмещенное) локомотивно-вагонное предприятие* проектируется при сравнительно небольших объемах их работы и располагается параллельно сортировочному парку. Кооперирование позволяет значительно снизить капитальные и эксплуатационные расходы за счет использования общих инженерных коммуникаций и сооружений производственно-го и вспомогательного назначения.

3.3.5 Устройства и сооружения подразделений технического обеспечения работы станции

При проектировании необходимо привести краткую характеристику устройств и сооружений подразделений технического обеспечения работы сортировочной станции, к которым относятся:

1 *Служебно-технические здания*, предназначенные для размещения персонала по управлению производственными процессами станции, главное из которых – центральный пост управления, располагающийся в районе сортировочной горки. В нем размещаются дежурный по горке, дежурный по станции, маневровый диспетчер, СТЦ и т.д.

2 *Средства сигнализации*, к которым относятся электрическая (микропроцессорная) централизация стрелочных переводов и сигналов (по заданию).

3 *Комплекс устройств связи*, включающий электропроводную связь, радиосвязь, систему промышленного телевидения и видеofиксации.

4 *Устройства для очистки от снега* стрелочных переводов и вагонных замедлителей, включая автоматическую обдувку и электрообогрев.

5 *Компрессорные установки* по производству сжатого воздуха общей производительностью не менее 20 м³/мин (1200 м³/ч) с воздухопроводной сетью для централизованного обслуживания сортировочного комплекса и 60 м³/мин (3600 м³/ч) с учетом нужд всех потребителей сжатого воздуха (вагонное и локомотивное предприятия, пневмопочта, ПТО и др.) и возможностью обдува стрелочных переводов в зимний период времени; устройства воздухораспределительной сети для опробования автотормозов. Компрессорные установки на станции проектируются модульными и стационарными. Они представляют собой автономные сооружения, для организации работы которых необходима всего лишь горизонтальная площадка и возможность подключения к электросети. Установки не требуют затрат на

капитальное строительство, фундаментов и навесов, мобильны и могут перевозиться любым видом транспорта. С целью децентрализации компрессорной системы целесообразно использовать многофункциональные *модульные установки контейнерного типа*. В них размещаются современные винтовые компрессоры последнего поколения (предназначенные для круглосуточной работы при температуре окружающего воздуха от -40 до $+40$ °С), системы автоматики и подготовки сжатого воздуха. Такой блок-контейнер представляет собой практически автономную компрессорную станцию, для которой нужны только небольшая горизонтальная площадка и возможность подключения к электросети 380 В. Блок-контейнеры устанавливаются непосредственно рядом с потребителями сжатого воздуха. Внедрение таких установок снижает инвестиции в 2–2,5 раза, а эксплуатационные расходы на генерацию сжатого воздуха – в 1,6–1,8 раза. Например, компрессорные установки фирмы *KAESER* характеризуются высокой степенью экономичности. Они выпускаются в контейнерном и блочном исполнениях. Компрессорная установка в *контейнерном исполнении* (рисунок 3.8) размещается в специализированных блок-контейнерах, выполненных на основе 20- и 40-футовых контейнеров, адаптированных под установку оборудования *KAESER*. В состав контейнерной компрессорной установки входят: компрессорная установка *KAESER* (винтовые компрессоры *KAESER*, воздуходувки *KAESER* и т.д.), осушитель *KAESER*, система фильтрации *KAESER*, ресиверы *KAESER*, система управления *KAESER*, контейнер с системами отопления, вентиляции, освещения и пожаротушения.

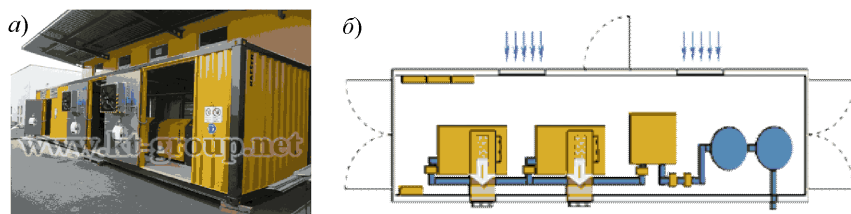


Рисунок 3.8 – Модульная компрессорная установка в контейнерном исполнении:
а – общий вид; *б* – схема установки

В состав компрессорной станции в *блочном исполнении* (рисунок 3.9) входят: компрессор *KAESER*, адсорбционный осушитель, устройство обработки конденсата, система поддержания давления, воздушный ресивер, генератор, а также компрессорный модуль с системами вентиляции, отопления, освещения, трубопроводов и запорной арматуры.

Для работы компрессорных установок используются винтовые компрессоры *KAESER*, например стационарный винтовой компрессор *DSD 202 T* (рисунок 3.10). Встроенные модульные холодосушители превращают установки в компрессорные станции по производству сжатого воздуха высшего качества.

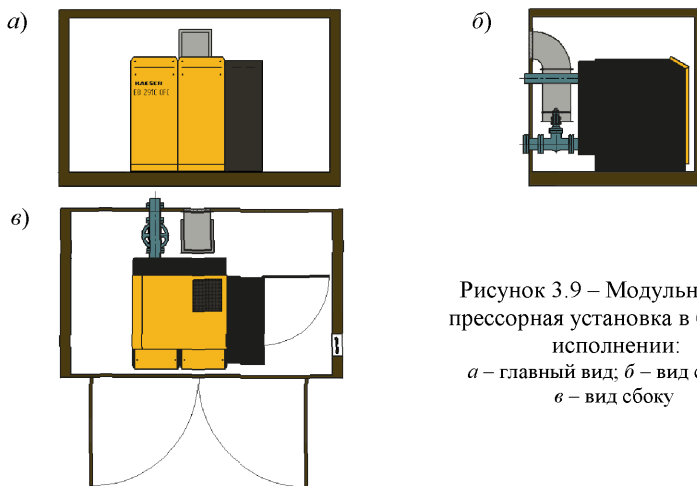


Рисунок 3.9 – Модульная компрессорная установка в блочном исполнении:

a – главный вид; *б* – вид сверху;
в – вид сбоку

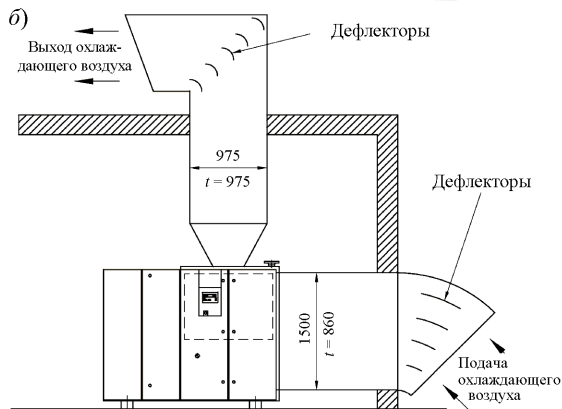


Рисунок 3.10 – Винтовой компрессор *DSD 202T 8,5 KAESER*:
a – общий вид; *б* – схема

Компрессор и холодо-сушитель смонтированы в отдельных корпусах, что повышает надежность и облегчает техническое обслуживание. В стандартной комплектации компрессорная станция *KAESER* оснащена циклонным сепаратором, электронным устройством слива конденсата и несколькими вариантами систем управления.

Технические характеристики винтового компрессора *DSD 202 T* приведены в таблице 3.3.

6 Устройства для пересылки документов: пневматическая, электрическая, канатная, электроподвесная, монорельсовая и другие системы передачи документов.

Т а б л и ц а 3.3 – Технические характеристики винтового компрессора *DSD 202 T*

Наименование характеристики	Величина		
Рабочее давление, бар	8,5	12	15
Производительность, м ³ /мин	20,46	15,52	12,68
Система привода	Прямая		
Система охлаждения	Воздушная		
Номинальная мощность двигателя, кВт	110		
Габаритные размеры, мм (длина × ширина × высота)	3305 × 1730 × 2040		
Уровень шума, дБ	70		
Электропитание, В	380 (50 Гц)		
Допустимая температура окружающего воздуха, °С	+3...45		
Масса, кг	3650		

7 Системы освещения районов с интенсивной маневровой работой и энергоснабжения всех объектов станции. Для реализации мероприятий по энергосбережению на сортировочной станции устанавливаются устройства автоматического отключения освещения пассажирских платформ остановочных пунктов, расположенных в районе станции, а также энергосберегающие светильники продольного размещения с электронным управлением.

8 Контактная сеть – при обслуживании электрической тягой.

9 Сеть водоснабжения и канализации, водоотвода от земляного полотна и т.п.

10 Вагоноосаживатели, загрязняющие устройства для автоматического закрепления вагонов на путях сортировочного парка типа УТС-380 или балочное загрязняющее устройство типа БЗУ-ДУ. К механизированным устройствам для закрепления подвижного состава на станционных путях относятся [16]:

а) *упор тормозной стационарный типа УТС-380* (рисунок 3.11), предназначенный для механизированного закрепления подвижного состава, стоящего на станционных (кроме главных) путях различных парков станции. Он может применяться как сам по себе, так и вместе с дополнительными тормозными башмаками в зависимости от массы брутто поезда и уклона пути. Упор представляет собой разборную конструкцию, монтируемую на рельсах. Он содержит колодки 1 с кронштейнами 2, которые шарнирно соединены с опорами; рычажный механизм 3, устанавливаемый на опорные угольники 4; рельсовые накладки 5. Рычажный механизм 3, установленный на поперечине, связывающей между собой опорные угольники 4, шарнирно соединяется с шибером электропривода 7. Он обеспечивает установку колодок упора в рабочее или нерабочее положение с помощью регулируемых по длине рабочих тяг 6. Для перевода колодок упора из нерабочего положения в рабочее и наоборот предусматривается местное или централизованное управление, а также перевод при помощи курбеля.

Основные технические характеристики упора УТС-380 приведены в таблице 3.4. На базе упора УТС-380 разработан ряд модификаций, технические характеристики которых приведены в таблице 3.5;

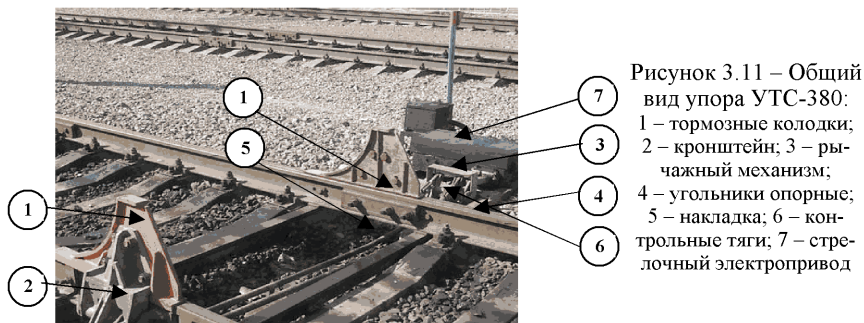


Рисунок 3.11 – Общий вид упора УТС-380:
 1 – тормозные колодки;
 2 – кронштейн; 3 – рычажный механизм;
 4 – угольники опорные;
 5 – накладка; 6 – контрольные тяги; 7 – стрелочный электропривод

Т а б л и ц а 3.4 – Эксплуатационно-технические характеристики упора УТС-380

Наименование показателей	Величина показателя
Удерживающее усилие упора, при закреплении вагона, кН: порожнего груженого	200 300
Возвышение колодок над уровнем головок рельсов, не более, мм: при рабочем положении » нерабочем »	380 45
Габаритные размеры упора с электроприводом, мм (длина × ширина)	795 × 3165
Время установки или снятия колодок не более, с	3
Масса, кг: без электропривода с электроприводом	340 510

Т а б л и ц а 3.5 – Эксплуатационно-технические характеристики модификаций упора УТС-380

Наименование показателей	Модификации упора			
	УТС(1)–380	УТСП–380	УТС-1–160	УЗС 86Р
Масса конструкции, т	0,24	0,45	0,20	2,1
Высота колодки, мм	380	380	160	380
Удерживающее усилие, кН	100	200	60	40

б) *фрикционно-рельсовое устройство нажимного действия для закрепления вагонов типа АСУЗР-65* (рисунок 3.12), получившее широкое распространение на Приднепровской железной дороге (Украина). Преимуществом АСУЗР-65 перед УТС-380 является отсутствие деталей, устанавливаемых на головку рельса, что предотвращает поломку упоров от взаимодействия с колесами вагонов, перекатывание колес через упор и сход вагонов;



Рисунок 3.12 – Балочное устройство АСУЗР-65 для закрепления подвижного состава

в) *опускающийся упор VP 600* (рисунок 3.13), получивший широкое применение на зарубежных железных дорогах. Он успешно используется, например, на сортировочной станции Нюрнберг.

Упор, разработанный фирмой *Windhoff* (Германия), по конструкции схож с упорами типа УТС-380, но за счет гидравлического демпфера позволяет предотвратить поломку упора или перекачивание колес через него при производстве маневровой работы. Упор состоит из двух расположенных по обеим сторонам пути частей, смонтированных на восьми стальных шпалах, которые в

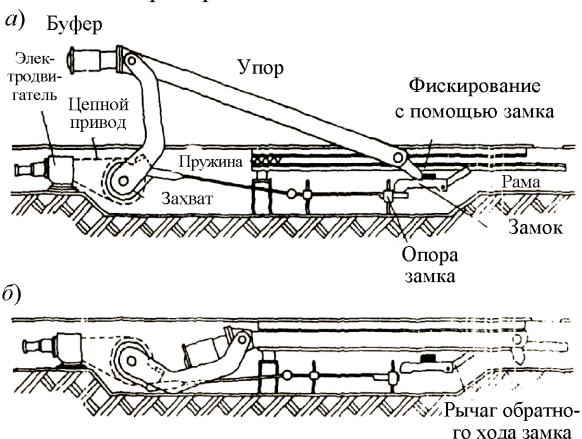


Рисунок 3.13 – *Опускающийся упор типа VP 600* фирмы *Windhoff*.

а – рабочее положение упора; б – нерабочее положение упора

месте размещения упора устанавливаются вместо шпал пути. Рабочее состояние упора соответствует поднятому положению стопорных буферов, при опущенном положении буферов упор не препятствует прохождению подвижного состава. Упор приводится в действие электродвигателем через червячный привод, рассчитан на нагрузку 600 кН на каждую сторону и допускает максимальную скорость соударения с ним отцепов 1,3 м/с при общей массе 100 т. При помощи системы рычагов силы, действующие на упор, равномерно распределяются по верхнему строению пути. Применение этого упора на железных дорогах стран СНГ невозможно. Причиной тому является отсутствие на отечественных вагонах буферов, с которыми данный упор взаимодействует в рабочем положении;



Рисунок 3.14 – Общий вид балочного заграждающего устройства БЗУ-ДУ

г) *балочное заграждающее устройство с дистанционным управлением типа БЗУ-ДУ* (рисунок 3.14), предназначенное для торможения и удержания вагонов и отцепов с целью предотвращения несанкционированного выхода подвижного состава за пределы полезной длины сортировочных, прямо-отправочных, тракционных, подъездных и других путей.

Тормозной механизм расположен на пяти основаниях вдоль одного рельса, вдоль другого рельса установлен контррельс. Устройство БЗУ-ДУ работает в интервале температур от -45 до $+55$ °С, относительной влажности не более 90 % при температуре не выше 30 °С. Устройство БЗУ-ДУ выполнено в виде однозвенной балочной конструкции, смонтированной на рельсошпальной решетке с деревянными шпалами. Основные технические характеристики БЗУ-ДУ приведены в таблице 3.6.

Т а б л и ц а 3.6 – Эксплуатационно-технические характеристики БЗУ-ДУ

Наименование характеристики	Величина
Погашаемая энергетическая высота для вагона массой 80 т, м эн. в., не менее	0,3
Допустимая скорость входа вагона, м/с, не более	4,5
Масса устройства, включая рельсошпальную решетку, контррельс, раму с электроприводом, т, не более	3,5
Ширина колеи в пределах устройства, мм	1520_{-2}^{+6}
Габаритные размеры номинальные, мм:	
длина по рельсам	6250
длина по шинам	5500
ширина с электроприводом	3550
высота	360
Время срабатывания, с, не более	3
Возвышение над УГР (в рабочем и нерабочем положениях), мм	65

11 Устройства авторасцепки вагонов на сортировочных горках, предназначенные для автоматического расцепления грузовых вагонов при надвиге железнодорожного состава на сортировочную горку в процессе расформирования, применяемые для механизации и автоматизации сортировочных процессов в соответствии с требованиями п. 7.10 [2] и [1]. Эти устройства обеспечивают повышение надежности, эффективности и производительности работы сортировочного комплекса и упрощение конструкции устройств автосцепки. К таким устройствам относятся:

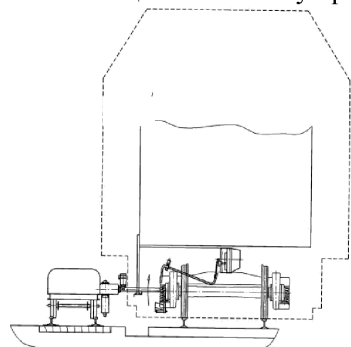


Рисунок 3.15 – Общий вид системы авторасцепки вагонов

а) *система авторасцепки вагонов на сортировочной горке (патент № 2450946)*, состоящая из нескольких кареток, выполняющих расцепку грузовых вагонов (рисунок 3.15). На каретке установлены узлы и детали, обеспечивающие ее перемещение (электропривод и двигатель), торможение (система торможения), наведение механизма расцепления на цепной привод и расцепление вагонов, манипулятор и оптоэлектронная система, сигналы которой используются для определения скорости и координат расцепного узла.

Оптико-электронная система состоит из цифровой видеокамеры, предназначенной для обнаружения элементов авторасцепки, т.е. цепочки и расцепного привода, устройства обработки изображения (для распознавания изображения рычага или цепочки) и бортового компьютера. На основании данных сортировочного листка до начала надвига формируется программа роспуска, определяющая последовательность отцепов, количество вагонов в них. Эта же программа вырабатывает стратегию расцепки для каждой каретки, учитывающую скорость надвига, максимальные скорость, ускорение и замедление каретки, а также минимальное расстояние от расцепляемой автосцепки до горба горки для надежного расцепления. При приближении распускаемого состава к месту расположения системы выполняется вычисление координаты нужной автосцепки, а также величины и направления требуемой скорости передвижения соответствующей каретки. Бортовой компьютер подает сигнал на начало движения каретки до заданной автосцепки, при приближении к которой подается сигнал на выравнивание скорости каретки и состава. Цифровая видеокамера, захватывая изображение нужной автосцепки, подает сигнал для наведения вилки манипулятора на цепочку автосцепки. Вилка манипулятора выдвигается, захватывает цепочку, поворачивается и задвигается в исходное положение. Производится расцепка. Бортовой компьютер выдает команду на торможение каретки и движение ее назад в исходное положение для следующей отцепки. Процесс работы второй и последующих кареток аналогичен. Расстояние движения кареток – не более 70 м, что позволяет осуществлять расцепку максимум пяти вагонов;

б) *система авторасцепки вагонов на сортировочной горке (патент № 1595725)* содержит платформу, на которой установлены устройства для ориентации и расцепления (рисунок 3.16), а также две платформы, связанные между собой непрерывным тяговым органом. На платформах 1 и 2 смонтированы подъемные механизмы 3. Устройство включает подвижные относительно механизмов каретки 4, на которых на шарнирах 5 с возможностью вращения располагаются двуплечие рычаги 6, одни плечи которых подпружинены упругой опорой 7. На противоположных тягах рычагов смонтировано устройство для ориентации расцепных органов относительно корпусов автосцепок, представляющие собой подвижные в горизонтальном направлении элементы 8, перемещающиеся с помощью привода 9 по направляющим 10 до контакта с вертикальной поверхностью большого зуба автосцепки 11. На подвижных элементах на ребрах 12 смонтированы подвижные от привода 13 по направляющим 14 штанги 15 для взаимодействия с горизонтальной поверхностью 16 корпуса автосцепки. На штангах расположены также расцепные органы 17, воздействующие на балансиры 18 валиков подъемников автосцепок. Платформы связаны между собой и приводом 19 непрерывным тяговым органом 20 и перемещаются по направляющим 21 и 22, расположенным в разных уровнях, по концам которых имеются подъемно-опускные площадки 23 и 24. Система обеспечивает автоматическое расцепление вагонов при условии свободного доступа к балансиру 18 валиков подъемников автосцепок.

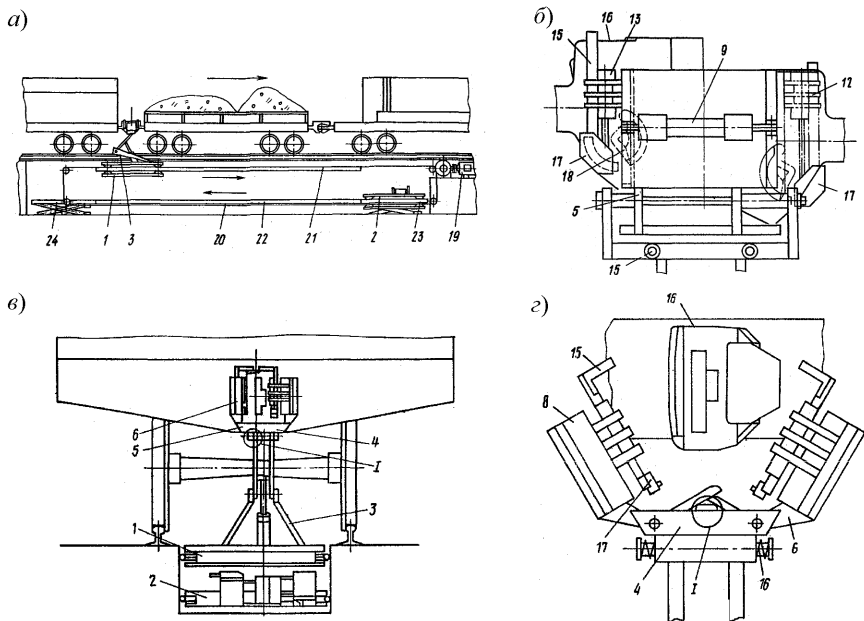


Рисунок 3.16 – Система авторасцепки вагонов (патент № 1595725):

а – общий вид; *б* – вид спереди; *в* – приспособление для ориентации и расцепной орган, вид сверху; *г* – вид сбоку

- 1, 2 – платформы; 3 – подъемные механизмы; 4 – каретка; 5 – шарниры; 6 – двуплечие рычаги; 7 – упругие опоры; 8 – подвижные элементы; 9 – привод; 10 – направляющие; 11 – большой зуб автосцепки; 12 – ребра подвижных элементов; 13 – привод; 14 – направляющие; 15 – штанга; 16 – горизонтальная поверхность корпуса автосцепки; 17 – расцепные органы; 18 – балансиры валиков подъемников автосцепок; 19 – привод; 20 – непрерывный тяговый орган; 21, 22 – направляющие; 23, 24 – подъемно-опускные площадки

При подаче сигнала о начале процесса расцепления вагонов платформа начинает движение со скоростью, несколько меньшей скорости надвигаемых вагонов. Когда она оказывается в межвагонном пространстве, происходит выдвигание подъемного механизма 3 с кареткой 4, несущей подвижные рычаги 6. Горизонтальные полки рычагов, подпружиненных опорой 7, сжимаются, и рычаги сходятся, охватывая расцепляемые автосцепки с обеих сторон, при этом происходит самоустановление каретки с учетом смещения автосцепок в поперечной оси пути направления. Затем штанга 15 опускается до упора на верхнюю горизонтальную поверхность автосцепки, а элементы 8 – до контакта с вертикальной поверхностью 11 большого зуба автосцепки. При этом устройство оказывается соединенным с автосцепкой и происходит разделение платформы с тяговым органом 20, т.е. платформа движется с вагоном с одной скоростью. Расцепной орган 17 воздействует на балансиры 18,

поворачивает их на 105° и выдерживает в этом положении 0,2 с. После этого рабочие органы возвращаются в исходное положение и двуплечие рычаги разъединяются с автосцепкой. Одновременно происходит соединение платформы с тяговым органом, и устройство возвращается в исходное положение на платформу, которая перемещается на подъемно-опускную площадку 23, где вновь отсоединяется от тягового органа и опускается на нижнюю направляющую 22. Затем происходит ее перемещение на площадку 24, где она отсоединяется от тягового органа и подается на верхние направляющие в исходное положение. Далее происходит процесс повторения рабочего цикла;

в) система авторасцепки вагонов на сортировочной горке (патент № 1615002). Предназначена для вагонов, оборудованных автосцепками, допускающими их перемещение в вертикальной плоскости типа СА-3. В исходном положении (рисунок 3.17, а) шток цилиндра 6 находится в верхнем крайнем положении и удерживается за счет наличия в цилиндре 6 не вытекающей из него жидкости (гидроклапан 8 закрыт). Шток цилиндра находится в нижнем крайнем положении. При этом пролетные строения 1 и 2 и балансир 3 находятся в положении без излома профиля

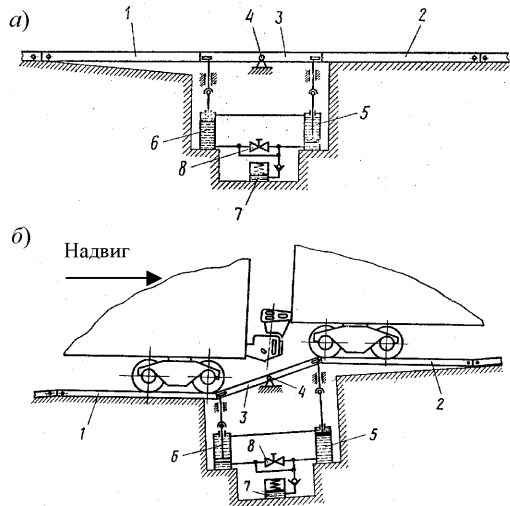


Рисунок 3.17 – Система авторасцепки вагонов (патент № 1615002):

- а – общий вид; б – рабочее состояние;
 1, 2 – пролетные строения; 3 – балансир; 4 – ось;
 5, 6 – цилиндры; 7 – гидропривод; 8 – гидроклапан

рельсового пути в вертикальной плоскости. В таком состоянии вагоны проходят через устройство без расцепления. При необходимости расцепления в момент, когда задняя тележка отцепляемого вагона надвигается на переднее пролетное строение 1, подается сигнал и открывается гидроклапан 8.

В результате цилиндры 5 и 6 оказываются гидравлически соединенными и под весом задней тележки отцепляемого вагона через переднее пролетное строение 1 шток цилиндра 6 опускается вниз, выдавливая жидкость по гидропроводу в цилиндр 5, шток цилиндра 5 поднимается вверх и поднимает заднее плечо балансира 3 и пролетное строение 2 вверх, производя излом рельсового пути в вертикальной плоскости. В этом положении гидроклапан 8 закрывается, и устройство в таком состоянии фиксируется (рисунок 3.17, б).

При дальнейшем надвиге вагонов средняя тележка отцепляемого вагона поднимается по балансиру и заходит на передний приподнятый конец пролетного строения 2, а передняя тележка следующего вагона опускается по пролетному строению 1, при этом происходит перемещение автосцепок по вертикали до их полного расцепления. Для приведения устройства в исходное положение в момент, когда передняя тележка следующего вагона, если он не должен отцепляться, находится на заднем плече балансира и на пролетном строении 2, подается сигнал и гидроклапан открывается. Под весом этой тележки вагона пролетное строение 2, заднее плечо балансира и шток цилиндра 5 опускаются вниз, выдавливая жидкость в цилиндр 6, шток цилиндра 6 поднимается вверх, поднимая переднее плечо балансира 3 и внутренний конец пролетного строения 1. При этом пролетные строения 1 и 2 и равноплечий балансир 3 занимают положение без излома профиля рельсового пути, гидроклапан 8 закрывается и устройство фиксируется в таком состоянии;

г) система авторасцепки вагонов на сортировочной горке (патент № 1789393) по принципу действия аналогична ранее рассмотренной (см.

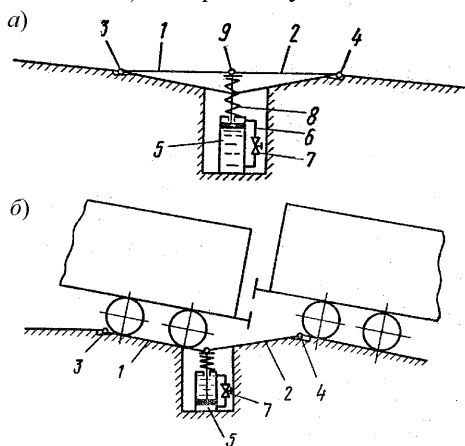


Рисунок 3.18 – Система авторасцепки вагонов (патент № 17893993):

а – общий вид в нерабочем положении; б – то же в рабочем положении;

1, 2 – пролетные строения; 3, 4 – шарниры;
5 – гидроцилиндр; 6 – гидропровод; 7 – запорный вентиль; 8 – пружина

рачиваются в горизонтальной плоскости относительно своих шарниров 3, 4 и ложатся на неподвижное основание. При дальнейшем надвиге вагонов задняя тележка отцепляемого вагона поднимается по пролетному строению 2, а средняя тележка заднего вагона опускается по пролетному строению 1, отчего обеспечивается взаимное перемещение автосцепок по вертикали до

рисунок 3.17). В исходном положении (рисунок 3.18, а) конец подпружиненного штока гидроцилиндра 5 находится в крайнем верхнем положении, а пролетные строения 1, 2 – в горизонтальном. При этом запорный вентиль 7 перекрыт, а пружина 8 разжата. В таком положении устройства вагоны проходят не расцепляясь.

При необходимости расцепления вагонов, в момент, когда задняя тележка отцепляемого вагона находится на пролетном строении 1, а передняя – за пролетным строением 2, открывается проходное отверстие у вентилья 7. Под массой задней тележки отцепляемого вагона пролетные строения 1, 2 поворачиваются

полного их расцепления. Для приведения устройства в исходное положение (см. рисунок 3.18, б), в момент, когда тележки вагонов не касаются пролетных строений 1, 2, открывается проход вентиля 7 и пружина 8 поднимает пролетные строения 1, 2 и шток гидроцилиндра 5 в крайне верхнее положение.

12 Комплексные системы автоматизации работы сортировочной горки, позволяющие реализовывать следующие основные функции:

- автоматизация технологических операций надвига и роспуска составов; управление маршрутами движения локомотивов и вагонов в свободном скатывании; управление торможением и регулирование скорости скатывания отцепов, обеспечивающего интервальное движение на спускной части горки и прицельное торможение на путях сортировочного парка;
- диагностический контроль с прогнозированием на уровне napольных устройств, постового оборудования и функциональных систем;
- обеспечение безопасности роспуска и формирования составов.

Современные системы управления сортировочным процессом предусматривают автоматические режимы реконфигурации при опасности возникновения нештатных ситуаций с возможностью их ручной коррекции. Качество управления обеспечивается автоматической адаптацией системы управления к меняющимся неконтролируемым параметрам и состоянию технических средств. Помимо удаленного мониторинга работы своих устройств, управляющие системы имеют возможность приема исходной информации (программы роспуска, сортировочного листка, предупреждений и т.п.) и передачи автоматически регистрируемых в режиме реального времени результатов выполнения технологических операций.

Системы управления отдельными технологическими операциями оснащаются встроенными устройствами контроля и диагностики, анализирующими сигналы управления всеми объектами, документирующими режимы функционирования постовых и napольных устройств, включая действия оперативного и обслуживающего персонала. Для этого созданы специализированные автоматизированные рабочие места (АРМы), которые дополняют управляющие системы или накладываются на действующие релейные устройства.

Структура комплексных систем автоматизации работы сортировочных станций для разных их категорий приведена в таблице 3.7. К таким системам относятся: КГМ–РИИЖТ, КСАУ СП (ВНИИАС), ГАЦ–АРС–ГТСС, система MSR–32 («Siemens»). Сравнительная характеристика современных систем КСАУ СП (ВНИИАС), ГАЦ–АРС–ГТСС и MSR–32 («Siemens») приведена в приложении Д, ранее эксплуатировавшейся системы КГМ–РИИЖТ – в пособии [8].

Т а б л и ц а 3.7 – Рекомендуемая структура комплексных систем автоматизации работы сортировочных станций

Категория сортировочных горок	Присм и формирование поездов	Надвиг и роспуск	Управление маршрутами скатывания отцепов	Управление скоростью скатывания отцепов	Контроль, диагностика, анализ работы ЖАТ	Оперативно-диспетчерское оборудование	Автоматизация компрессорной станции
ГММ местного уровня	–	–	ГПЗУ (КВГ), ГАЦ М	–	–	ПГУ-65, АРМ опер. перс.	–
ГММ региональные	Считывание номеров	ГАЛС Р	»	УУПТ горочных позиций, КЗП упрощенного типа	КДК СУ ГАЦ (по дискретным сигналам)	»	–
ГСМ сетевые и региональные	УТС, считывание номеров	ГАЛС Р	»	»	КДК СУ ГАЦ (по дискретным и аналоговым сигналам)	»	КСАУ КС
ГБМ сетевые	ГАЛС, УТС, считывание номеров	ГАЛС Р	»	УУПТ, КЗП	»	Процессорный пульт КТС ОДУ СГ	»
ГПМ сетевые	ГАЛМ РМ, УТС, считывание номеров	ГАЛС Р	»	АРС ПК или КЗП на всю длину	КДК СУ ГАЦ (с предотказной диагностикой)	»	»

Обозначения:

- ГАЛС Р – горочная автоматическая локомотивная сигнализация роспуска вагонов;
- ГПЗУ (КВГ) – горочное программно-задающее устройство (контроллер вершиной горки);
- ГАЦ М – микропроцессорная горочная автоматическая централизация, управляющая маршрутами движения вагонов;
- ГАЦ МН – горочная автоматическая централизация на микропроцессорах, управляющая маршрутами движения вагонов, с контроллером накопления вагонов на сортировочных путях;
- УУПТ – устройство управления прицельным торможением;
- КЗП – контроль заполнения путей;
- АРС ПК – автоматизированное регулирование скорости скатывания отцепов на базе персонального компьютера;
- КДК СУ ГАЦ – контрольно-диагностический комплекс систем управления горочной автоматической централизации;
- ПГУ – горочный пульт управления;
- АРМ – автоматизированное рабочее место;
- КТС ОДУ СГ – комплекс технических средств оперативно-диспетчерского управления сортировочной горки.

Универсальный комплекс MSR-32, разработанный немецкой компанией «Сименс (*Siemens*)», предназначен для сортировочных горок разной мощности. Комплекс устроен по модульному принципу. Он позволяет добиться автоматизации всех процессов на сортировочной горке, включая роспуск составов, управление стрелочными переводами, замедлителями и вагоноосаживателями, а также маневровым локомотивом, сократить продолжительность маневровой работы, высокого качества роспуска и снижение случаев брака. Система реализует: ввод информации от путевых датчиков, о положении стрелочных переводов, показаниях горочного и маневровых светофоров, скоростемеров, весомера, габаритных устройств, датчиков счета осей в зоне расцепа вагонов, индикации работы замедлителей, контроле заполнения путей, количестве срабатываний аппаратуры; управление централизованными стрелочными переводами, замедлителями, светофорами надвига и указателями скорости и количеством вагонов в отцепах; максимальные скорости роспуска составов, допускаемых конструкцией горки; оптимальную скорость соударения отцепов на путях подгорочного парка; автоматический контроль заполнения сортировочных путей на всю глубину подгорочного парка; предоставление пользователю оперативной информации о состоянии объектов и режимах работы системы; определение местонахождения вагонов и локомотивов в зоне горки и заданной скорости выхода отцепа с тормозной позиции и т.п. Для определения основных ходовых свойств отцепов (длина отцепа, момент отрыва, осевая нагрузка, воздействие ветра, последовательность прохождения осей, расстояние между осями, скорость движения) система оборудована световыми решетками (рисунок 3.19), устройством определения габарита, детектором колеса, весомером и радаром.



Рисунок 3.19 – Световая решетка

В зависимости от вида и требуемой мощности сортировочной горки, ее профиля, местных условий, стрелочных переводов и тормозных средств создается компьютерная модель горки. По итогам моделирования ее работы выбираются типы и места расположения датчиков скорости вагонов, измерителей длины и высоты отцепа, количество и оптимальные зоны размещения тормозных позиций, а также датчики свободы пути. Информация от всех измерительных приборов и датчиков сортировочной горки, а также парков приема и отправления поступает на центральный процессор. Оттуда после обработки всех данных осуществляется управление локомотивом, имеющимися тормозными позициями, а также вагоноосаживателями. Наиболее важная информация о работе горки, а также о результатах формирования поездов в режиме реального времени передается на диспетчерский пункт.

Данная система используется на крупнейших железнодорожных станциях Западной Европы, например Антверпен (Бельгия), Лимматаль (Швейцария), Гамбург, Зельце (Германия) и др. На территории стран бывшего СССР такой системой будут оборудованы станции Новая Еловка (Красноярская железная дорога, ОАО «РЖД»), Лужская-Сортировочная (Октябрьская железная дорога, ОАО «РЖД»), Черняховск (Калининградская железная дорога, ОАО «РЖД»); она уже эксплуатируется на сортировочных станциях Вайдотай (Литовские железные дороги) и Шкиротава (Латвийские железные дороги).

Широкое распространение на территории стран СНГ получили системы КСАУ СП разработки Ростовского филиала ОАО «НИИАС» и ГАЦ-АРС-ГТСС разработки института «Гипротрансигналсвязь».

Система КСАУ СП принята в постоянную эксплуатацию и серийно внедряется на сортировочных горках ОАО «Российские железные дороги». Этой системой оборудовано 12 сортировочных горок, среди которых станции: Санкт-Петербург-Сортировочный-нечетный (Октябрьская железная дорога); Бекасово-Сортировочное (Московская железная дорога); Инская-четная, Инская-нечетная (Западно-Сибирская железная дорога), Красноярск-Восточный (Красноярская железная дорога) и др. Система интегрируется с другими устройствами сортировочной станции – ЭЦ, ДЦ или ДК, с устройствами автоматизации верхнего уровня. КСАУ СП обеспечивает управление технологическим процессом расформирования составов на горках, имеющих дистанционное управление стрелочными переводами и замедлителями на тормозных позициях, а на путях сортировочного парка – оборудование контроля заполнения путей (КЗП). Система автоматически формирует маршруты скатывания отцепов и контролирует маневровые передвижения на спускной части горки; управляет скоростями скатывания отцепов и накоплением вагонов в сортировочном парке; контролирует параметры работы и предотказную диагностику напольного и постового оборудования и т.п. КСАУ СП включает в себя: микропроцессорную ГАЦ с ведением накопления вагонов в сортировочном парке (ГАЦ МН); подсистему автоматизированного управления скоростями скатывания отцепов (АРС, УУПТ) с функциями контроля и диагностики процесса торможения (СКДТ); контрольно-диагностический комплекс станционных устройств горочной зоны (КДК СУ ГАЦ); контроллеры вершины горки (КВГ) и заполнения путей (КЗП); системы горочной автоматической локомотивной сигнализации (ГАЛС Р) и автоматизированного управления компрессорной станцией (КСАУ КС); протокольный сервер (КДК СУ ГАЦ). Каждая подсистема состоит из постового и напольного оборудования. К напольному оборудованию относятся устройства контроля процесса роспуска (рельсовые цепи, счетчики осей, скоростемеры, весомеры, датчики свободы стрелочных участков) и управления движения отцепов (стрелочные переводы спускной части горки и замедлители тормозных позиций). К постовому оборудованию – управляющий комплекс, состоящий из промышленных компьютеров под-

систем управления маршрутами и скоростями скатывания отцепов, подсистемы диагностирования устройств горочного комплекса; автоматизированные рабочие места обслуживающего персонала (АРМ ШНСГ) и оперативно-диспетчерского персонала (АРМ ДСПГ, АРМ горочных операторов, горочное табло коллективного пользования); серверное оборудование – для связи с системами информационно-планирующего уровня сортировочной станции и передачи информации о работе горочного комплекса в корпоративную сеть передачи данных.

Система автоматизации горочных процессов ГАЦ–АРС–ГТСС построена по модульному признаку с использованием специализированного и стандартного оборудования, а также сетевого информационного воздействия. Она реализует следующие функции:

- ввод информации о состоянии рельсовых цепей и радиотехнических датчиков; положении стрелочных переводов и стрелочных рукояток; показаниях горочного светофора и примыкающих маневровых светофоров, датчиков счета осей в зоне контроля расцепа вагонов и на стрелочных переводах, скоростемеров, весомерного устройства; индикации работы замедлителей; сигналах отказов устройств СЦБ; контроле заполнения подгорочных путей;

- формирование команд на управление стрелочными переводами и замедлителями;

- предоставление пользователю оперативной информации о состоянии объекта и режимов работы системы в виде таблицы поступающих сигналов и мнемосхемы полигона;

- ведение модели местонахождения подвижных единиц в зоне ГАЦ (реализация задачи «Слежение»);

- поддержание пользовательского интерфейса с целью ввода, корректировки и контроля реализации сортировочного листка и заданных значений скоростей выхода отцепа из тормозной позиции;

- управление стрелочными переводами в соответствии с заданными маршрутами – для определения заданной скорости выхода отцепа из интервальной тормозной позиции в зависимости от параметров отцепа, удельного сопротивления их движению и ситуации на спускной части горки, а из парковой тормозной позиции – в зависимости от характеристик очередного и предыдущего отцепов и свободности парковых путей;

- формирование команд управления замедлителем для реализации заданной скорости выхода отцепа из тормозной позиции;

- ведение и предоставление для просмотра архивов сигналов состояния объекта, процесса вытормаживания отцепов, сигналов отказов устройств СЦБ, продолжительности наработки на отказ релейных приборов; протоколов отслеживаемых отцепов, полученного и реализованного сортировочного листка (протокол роспуска), логических отказов напольного оборудования;

- контроль и диагностика работы системы технологического процесса.

Компонентами системы являются сетевые рабочие станции: управляющий вычислительный комплекс; подсистема APC (УУПТ), состоящая из локальных контроллеров, реализующих процесс вытормаживания отцепов на интервальной и парковой тормозных позициях; терминал УВК для оперативно-диспетчерских функций; автоматизированные рабочие места дежурного по горке, горочного оператора, оператора резервного поста управления, электромеханика и составителя поездов. Система на основании данных о весовой категории отцепа, категории его длины, номера пути назначения, а также длины свободной части этого пути вырабатывает программу работы тормозных позиций. Программа представляет собой перечень скоростей выхода отцепа из каждого замедлителя на пути скатывания этого отцепа. Скорости выхода отцепов из первой и второй тормозных позиций (интервальное регулирование), выбираются таким образом, чтобы скорости подхода этих отцепов соответственно ко второй и третьей тормозным позициям были одинаковы для всех отцепов независимо от их ходовых свойств. Для реализации указанного принципа при возможных изменениях внешних условий в системе предусмотрены элементы самонастройки. Прицельное регулирование осуществляется при помощи третьей тормозной позиции, скорость выхода отцепов с которой определяется расчетом.

Система ГАЦ–АРС–ГТСС внедрена на таких сортировочных станциях Белорусской железной дороги, как Минск-Сортировочный, Могилев-II, Молодечно, Калининичи и частично на грузовой станции Новополоцк, а также Мууга Эстонской дороги.

В состав автоматизированных систем обязательно входят следующие устройства:

а) *устройства фиксации прохождения осей*, например, УФПО-21 производства Новосибирского предприятия «Сектор Т». С 2009 года они введены в постоянную эксплуатацию на станции Бекасово-Сортировочное. УФПО-21 являются самонастраивающимися на изменение внешних условий (температуры, влажности воздуха), имеют помехозащищенный канал передачи информации в системы автоматизации сортировочных процессов;

б) *датчики скорости движения вагонов на тормозных позициях сортировочных горок*, к которым относятся, например, радиолокационные индикаторы скорости типа РИС-ВЗМ;

в) *весомерные устройства*, предназначенные для определения весовой нагрузки от подвижного состава на рельс при воздействии на него колесной пары железнодорожного вагона при движении последнего по контролируемому участку, в том числе на наклонной части горочных путей без ограничения требований к продольному уклону. К примеру, принцип действия устройства весомерного горочного УВГ-15 (рисунок 3.20) производства ЗАО «Электромеханический завод» (г. Молодечно) основан на измерении деформации рельса и преобразовании ее в сигнал, напряжение которого пропорционально весовой нагрузке от колеса подвижного состава на рельс.

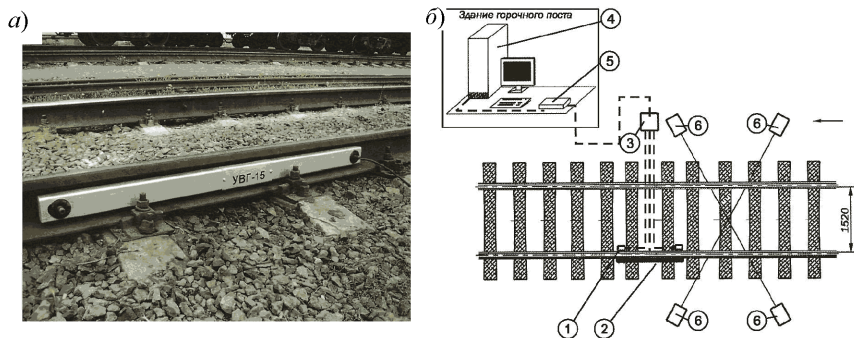


Рисунок 3.20 – Горочное весомерное устройство УВГ-15:

а – общий вид; *б* – план размещения оборудования на спускной части горочного пути;
 1 – датчик регистрации прохода колесных пар; 2 – путевой блок регистрации взаимодействия колеса и рельса; 3 – ящик трансформаторный с блоком подключения датчиков; 4 – аппаратура АРС ГАЦ; 5 – весовой контроллер; 6 – датчик РТДС

Устройство включает в себя измерительный рельс, на котором смонтирован путевой блок регистрации взаимодействия колеса и рельса 2, а также два датчика регистрации прохода колесных пар 1. Информационные выходы путевого блока регистрации взаимодействия колеса и рельса, датчиков регистрации колесных пар соединены с входами блока подключения датчиков, который размещен в трансформаторном ящике 3. От блока подключения датчиков информация передается в весовой контроллер 5, который подключен к системе горочной автоматики. УВГ-15 не требует специальных мер (обогрева, обдувки) при эксплуатации в зимних условиях. Основные технические характеристики УВГ-15 приведены в таблице 3.8.

Т а б л и ц а 3.8 – Технические характеристики горочного весомерного устройства УВГ-15

Наименование характеристики	Величина
Напряжение питания, В	115–230
Потребляемая мощность, Вт, не более	25
Габаритные размеры, мм, не более (длина × ширина × высота)	1500 × 350 × 600
Масса, кг, не более	70
Диапазон измеряемых весовых нагрузок, т/ось	3–30
Дискретность измерения, кг	100
Относительная погрешность измеряемой массы, %	±5
Скорость движения взвешиваемого вагона, км/ч	1,5–30
Диапазон рабочих температур, °С:	
для напольного оборудования	От –40 до +60
» офисного »	От 0 до +40

3.4 Основные технологические линии переработки транзитных, местных вагонопотоков, передвижения поездных локомотивов. Особенности технологии переработки углового вагонопотока на станции

Основное назначение сортировочной станции – переработка проходящих грузопотоков с максимальным ускорением продвижения вагонов. Помимо основной работы по расформированию и формированию составов поездов транзитных с переработкой на сортировочных станциях выполняются следующие **операции**: пропуск поездов транзитных без переработки, с частичной переработкой и заменой групп; маневровая работа по обеспечению местной работы в узле и прилегающих участках; осмотр и подготовка составов поездов и отдельных вагонов в техническом и коммерческом отношениях; ремонт вагонов; смена локомотивов и локомотивных бригад; ремонт, техническое обслуживание и экипировка локомотивов; пропуск пассажирских поездов, обслуживание подъездных путей [4, 13].

В этом пункте необходимо привести краткое описание основных технологических линий работы сортировочной станции *с указанием продолжительности выполнения основных технологических операций* на станционных путях, а также характеристик конструктивных решений для обеспечения параллельного выполнения операций во входных и выходных горловинах парков в разных сочетаниях, как приведено в подразд. 2.6 [8]. Технологические линии работы односторонней сортировочной станции с последовательным размещением парков показаны на рисунках 3.21–3.23. К основным технологическим линиям относятся:

1 *Пропуск транзитных поездов без переработки* (с кратким описанием). Транзитные поезда без переработки принимаются на приемо-отправочные пути в транзитные парки ($Гр_1$ или $Гр_2$ – в зависимости от специализации парков по направлениям движения). На приемо-отправочных путях транзитных парков производится при необходимости смена локомотивов или локомотивных бригад (для локомотивов, работающих по кольцу), выполняется осмотр составов бригадами ПТО, ПКО. При выявлении неисправных вагонов производится их отцепка (в случае необходимости) или безотцепочный ремонт. Угловые транзитные поезда без переработки принимаются в соответствующие транзитные парки на пути, располагающиеся дальше от главных, где производится смена направления движения (т.е. поездной локомотив прицепляется в хвост состава) и осуществляется отправление на соответствующее направление по неправильному пути. При этом в транзитных парках для таких поездов необходимо предусмотреть двойную специализацию приемо-отправочных путей.

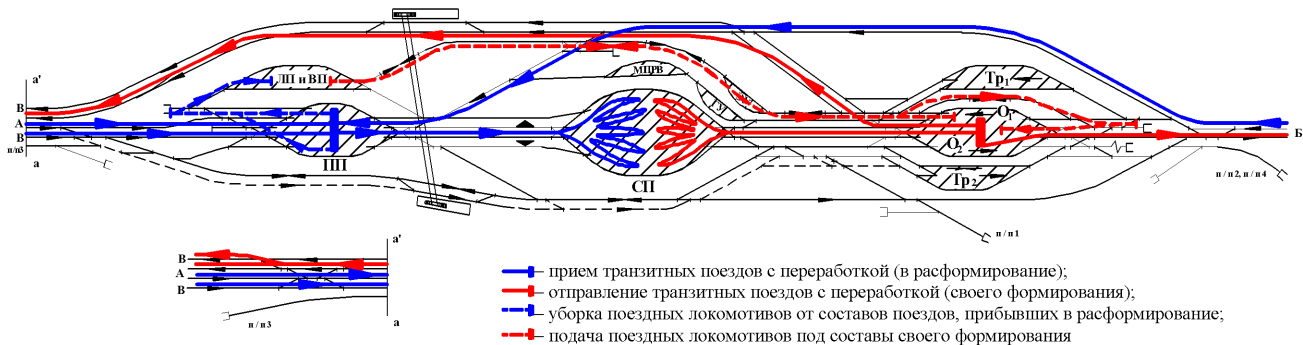


Рисунок 3.21 – Технологические линии пропуска транзитных поездов с переработкой и передвижения поездных локомотивов для этой категории поездов

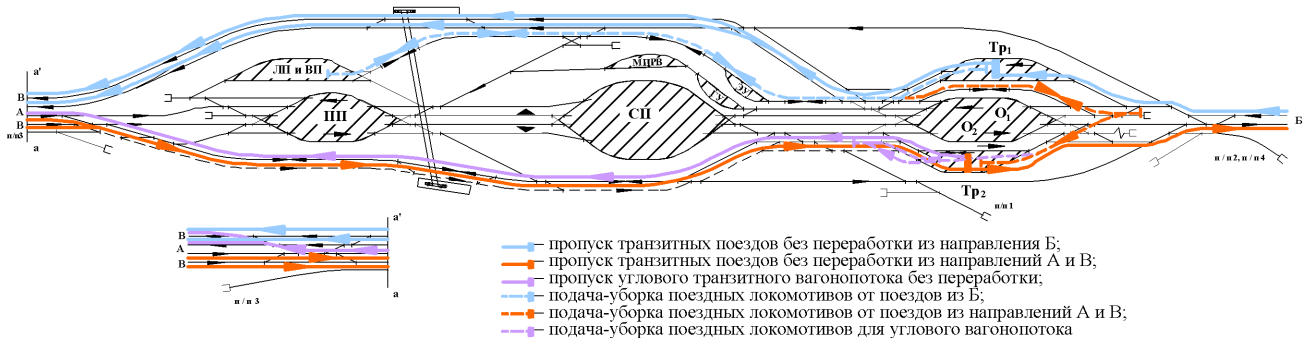


Рисунок 3.22 – Технологические линии пропуска транзитных поездов без переработки и передвижения поездных локомотивов для этой категории поездов

2 Пропуск транзитных поездов с переработкой. Поезда принимаются в парк в зависимости от заданной схемы сортировочной станции (как правило, в парк приема). Если на схеме станции предусмотрено расположение объединенного приемо-отправочного парка, то поезда в расформирование принимаются на приемо-отправочные пути, располагающиеся ближе к сортировочному парку. Поездной локомотив отцепляется от состава и следует в локомотивное предприятие. На путях выполняются технический и коммерческий осмотры, а также оформление перевозочных документов. Затем маневровый локомотив, выполняющий расформирование, заезжает под состав и производит надвиг на сортировочную горку, на которой состав расформировывается на пути сортировочного парка в соответствии с назначением плана формирования. На путях сортировочного парка, накопившись согласно установленным нормам на соответствующее назначение, производятся операции по окончанию формирования на вытяжных путях со стороны выходной горловины сортировочного парка.

Через данные вытяжные пути сформированный состав выставляется на соответствующие пути парка отправления (в зависимости от схемы сортировочной станции), где после производства технического и коммерческого осмотров и оформления перевозочных документов прицепляется поездной локомотив и поезд отправляется со станции на соответствующие направления. При проектировании на сортировочной станции горки повышенной мощности необходимо по технологии работы предусмотреть возможность параллельного выпуска составов.

3 Технология обслуживания местных пунктов. В технологической линии рассматривается подача-уборка вагонов на пункты погрузки-выгрузки (подъездные пути) и, при наличии, работа с местными вагонами в специально выделенном для этих целей местном сортировочном парке. На данной технологической линии необходимо привести технологию подачи вагонов на грузовые пункты (либо вагонами вперед, либо локомотивом вперед).

При условии расположения на станции вспомогательного местного сортировочного парка (См) с сортировочной горкой малой мощности необходимо привести технологию работы этого парка по формированию-расформированию передач на примыкающие подъездные пути и грузовую станцию в узле с указанием рекомендуемой специализации путей вспомогательного местного сортировочного парка (См) и сортировочного парка.

4 Технология передвижения поездных локомотивов, связанная с их подачей-уборкой к составам грузовых поездов.

5 Пропуск пассажирских поездов и поездов региональных линий по главным путям ходом и кратковременной стоянкой на остановочных пунктах поездов региональных линий.

3.5 Разработка плана путевого развития сортировочной станции и размещения основных устройств в масштабе 1:2000

При разработке плана сортировочной станции в масштабе следует руководствоваться Правилами и техническими нормами проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм [2], требованиями СНБ 3.03.01–98 [1], а также общими требованиями к проектированию железнодорожных станций [4].

План путевого развития сортировочной станции вычерчивается в масштабе 1:2000 на основании ранее разработанной схемы станции в осях путей с рациональной конструкцией горловин парков. Станционные парки вычерчиваются на неполную полезную длину путей с разрывом на 500 м в середине парка и вычерчиванием в масштабе двух горловин, а также всех соединительных путей.

Сортировочный парк вычерчивается следующим образом: горочная горловина – по контуру и заштриховывается в пределах стрелочной зоны в «рыбке», выходная горловина сортировочного парка – в осях путей в масштабе 1:2000. Локомотивное и вагонное предприятия на чертеже показываются в «рыбках».

Увязка станционных путей в парках станции должна быть выполнена на основании требований, предъявляемых к конструкции горловин парков станции, согласно которым **конструкция стрелочных горловин парков** разрабатывается из условия получения минимального количества пересечений враждебных маршрутов и обеспечения необходимой маневренности при обслуживании соединенных поездов. При проектировании стрелочных горловин должно быть предусмотрено параллельное выполнение следующих операций в разных возможных сочетаниях:

– *во входной стрелочной горловине предгорочного парка приема*: одновременный прием поездов с примыкающих к парку направлений, уборка поездных локомотивов от поездов, прибывших с направления, противоположного направлению сортировки, заезд горочных локомотивов на часть путей за составами, подлежащими роспуску с горки;

– *в выходной стрелочной горловине предгорочного парка приема*: прием поездов с направления, противоположного направлению сортировки, заезд горочного локомотива за очередным составом, надвиг и роспуск состава с горки (при параллельном роспуске – двух), а также уборка поездных локомотивов с части путей;

– *в выходной стрелочной горловине сортировочного парка*: одновременная работа всех маневровых локомотивов, занятых формированием поездов, подача поездных локомотивов и отправление поездов на перегон с путей сортировочного парка;

– во входной стрелочной горловине отправочного парка при последовательном его расположении за сортировочным: формирование составов всеми маневровыми локомотивами, приписанными к району формирования, а также перестановка составов из сортировочного парка в отправочный, подача поездных локомотивов (на часть путей) и отправление поездов в направлении, противоположном направлению сортировки;

– в выходной стрелочной горловине отправочного и транзитного парков: отправление поездов на примыкающие направления, подача поездных локомотивов (на часть путей), передвижение маневрового локомотива (одиночного или с группой вагонов).

Конструкция горловин парков приема в определенной степени зависит от расположения парков сортировки. Горловины парков приема должны обеспечивать прием поездов любого направления на любой путь. Для уменьшения длины горловин парка приема применяются перекрестные стрелочные переводы и перекрестные съезды.

На рисунке 3.24 приведены две схемы объединенных парков приема односторонних станций при двух подходах в преимущественном направлении из Б и Г и одного общего подхода из А и В, который может примыкать к предгорочной (см. рисунок 3.24, а) или к входной (см. рисунок 3.24, б) горловинам.

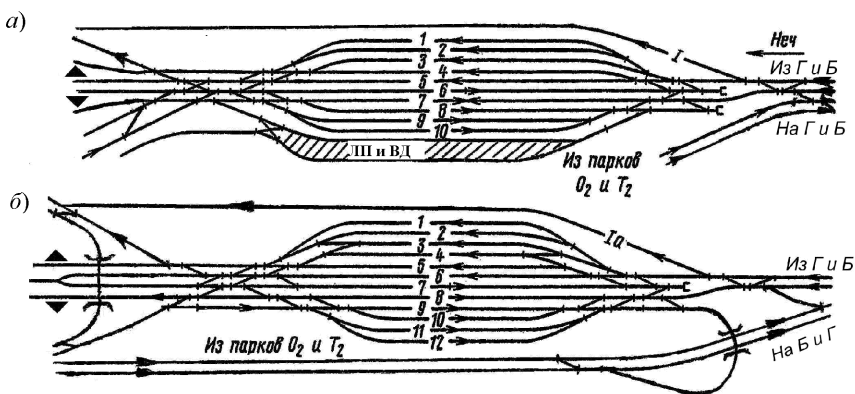


Рисунок 3.24 – Схемы объединенных парков приема односторонних сортировочных станций

Секции парка могут быть специализированы для приема поездов нечетного и четного направлений, однако для маневренности в горловинах укладывают съезды, позволяющие принимать поезда с каждого подхода преимущественного направления в любую секцию парка. Все секции входных горловин обеспечивают возможность одновременного приема поездов с разных подходов и заезда горочного локомотива на пути средних секций при приеме поездов с участков на пути крайних секций. При двух и более

подходах к парку наилучшее положение ходового пути для горочных локомотивов – в середине парка между секциями парка, специализирующихся в разных направлениях, а тупикового пути для этих локомотивов – между главными путями в горловине.

Для обеспечения приема-отправления поездов по неправильному пути на подходах к станции с обоих направлений на главных путях укладываются диспетчерские съезды. При необходимости приема в парк угловых транзитных поездов с Б на Г и с Г на Б необходимо за счет укладки съездов между главными путями обеспечить выход на главные пути отправления на Б и Г. Наличие таких съездов обеспечивает прием поездов в парк из Г и Б по неправильному пути.

На сортировочных станциях, где отсутствует предгорочный парк приема (при параллельном расположении парков), следует предусмотреть (согласно пособию [8]): перед ГСМ – укладку двух горочных вытяжных путей, а перед ГММ – одного-двух вытяжных путей, полезная длина которых на 10 % превышает длину формируемого состава поезда (с учетом количества длинносоставных поездов в перерабатываемом вагонопотоке).

На рисунке 3.25 приведена конструкция горловин приемо-отправочного парка для схем сортировочных станций с параллельным расположением парков. Эта конструкция приемлема и для схем с расположением приемо-отправочного парка для поездов преимущественного направления параллельно сортировочному.



Рисунок 3.25 – Конструкция горловин приемо-отправочного парка

В парке необходимо специализировать пути секций: первой – для обработки транзитных поездов, второй – для поездов, прибывших в расформирование с А и В, третьей – для сформированных поездов (рисунок 3.25). Конструкция входной горловины парка обеспечивает одновременное выполнение трех операций: выставку сформированных составов с вытяжных путей на пути секции 3, прием поезда, прибывшего в расформирование с А, прием транзитного поезда без переработки на пути секции 1. В выходной горловине обеспечивается: вытягивание состава для дальнейшего расформирования, уборка поездных локомотивов с путей секции 2, отправление транзитных поездов с путей секции 1. Конструкция горловины позволяет одновременно отправлять поезда с путей второй секции на направление Б и с путей первой секции – на направление Г.

Нормы проектирования горочной горловины сортировочного парка подробно изложены в подразд. 4.1 данного пособия и в подразд. 4.5 [8].

Выходную горловину сортировочного парка (рисунок 3.26) проектируют с учетом обеспечения одновременной безопасной работы всех маневровых локомотивов, работающих в этом районе, подачи поездных локомотивов и отправления сформированных поездов непосредственно с сортировочных путей. Конструкция выходной горловины зависит от количества сортировочных и вытяжных путей. Количество вытяжных путей устанавливают расчетом, но должно быть не менее потребного количества маневровых локомотивов для окончания формирования составов.

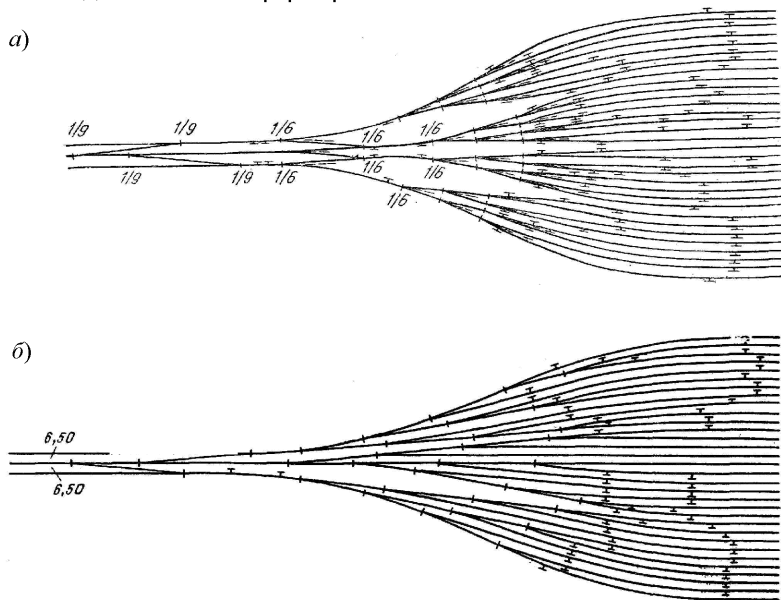


Рисунок 3.26 – Варианты конструкций выходных горловин сортировочных парков:
 а – с симметричными стрелочными переводами марки 1/6;
 б – с односторонними стрелочными переводами марки 1/9

При разработке конструкции горловины необходимо предусмотреть выход с любого вытяжного пути на все сортировочные пути. Выходные горловины сортировочных парков проектируют с применением стрелочных переводов марок 1/9 и 1/6. Использование симметричных стрелочных переводов марки 1/6 позволяет значительно сократить длину горловины.

В схемах односторонних сортировочных станций с последовательным расположением парков, как правило, проектируют *объединенные парки отправления с внешними параллельно расположенными транзитными парками* (рисунок 3.27). Горловины парков проектируют с учетом взаимозаменяемости путей отправления и путей для транзитных поездов, т.е. при необходимости следует обеспечить прием транзитных поездов на пути соответствующей секции отправочного парка и выставку поездов своего формиро-

вания на пути соответствующего (по направлению) транзитного парка. При работе парков (O_2 , Tr_2) на два магистральные направления (Б и Г) необходимо предусмотреть возможность одновременного отправления поездов – с O_2 на Б и Tr_2 на Г.

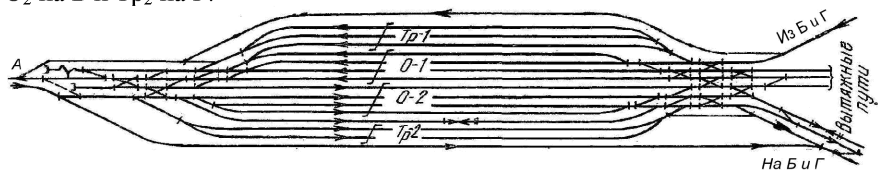


Рисунок 3.27 – Конструкция горловин объединенного парка отправления

При разработке плана станции необходимо учесть следующее:

1 На станциях с последовательным расположением сортировочного парка и парка отправления для обеспечения маневровой работы в «хвостовой» горловине сортировочного парка и возможности удлинения путей предусматривается расстояние не менее 400 м между последним стрелочным переводом сортировочного парка и первым парка отправления, т.е. ближайшими стрелочными переводами горловин этих парков.

2 При последовательном расположении парка приема и сортировочного парка расстояние между последним стрелочным переводом парка приема и первым сортировочного парка должно быть не менее 150 м. На горках повышенной и большой мощности это расстояние может быть увеличено до 350–400 м для обеспечения удлинения приемо-отправочных путей в перспективе.

3 Путепровод для подачи-уборки поездных локомотивов под сортировочной горкой проектируется под углом 90° к пути надвига радиусом не менее 180 м при расположении локомотивного предприятия параллельно сортировочному парку.

4 При проектировании главных путей необходимо использовать радиусы кривых в соответствии с установленной в таблице Г.1 категорией линии и рекомендациями в приложении Г, а соединительных путей – не менее 250 м.

5 Стрелочные переводы на станции располагаются на прямых участках пути. На главных путях минимальная длина прямой вставки между начальными точками переходных, круговых кривых принимается из таблицы Г.3. На путях, предназначенных для прохода организованных поездов, между обращенными в разные стороны кривыми радиусов 250 м и менее предусматриваются прямые вставки длиной не менее 15 м.

На плане проектируемой сортировочной станции приводятся: нумерация всех путей и стрелочных переводов; специализация главных и станционных путей по направлениям движения, за исключением путей сортировочного парка; обозначение парков станции согласно условным обозначениям; основные сигналы (входные на станцию, выходные со всех станционных путей и маневровые); ширина междупутий, радиусы круговых кривых и т.п.

План путевого развития сортировочной станции в масштабе М 1:2000 приводится в приложении к курсовому проекту.

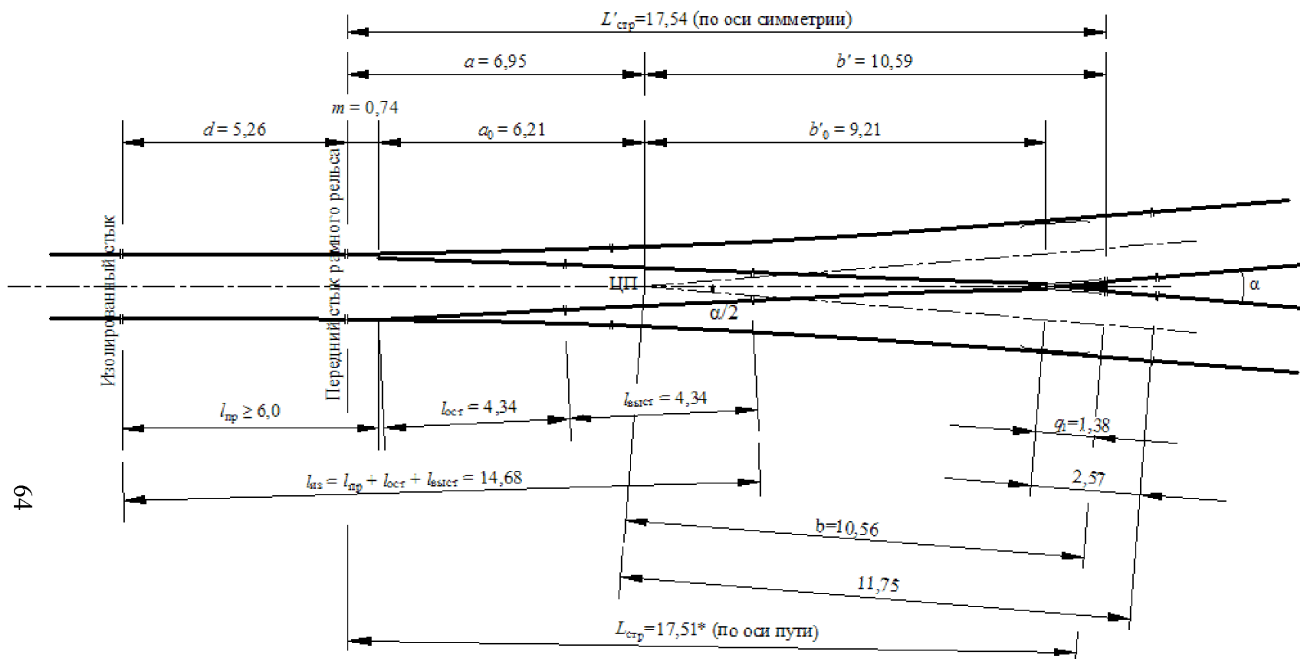
4 РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СОРТИРОВОЧНОЙ ГОРКИ

4.1 Определение параметров горочной горловины сортировочного парка. Оценка качества конструкции

Параметры горочной горловины сортировочного парка определяются в соответствии с выбранным на основании данных задания типом сортировочной горки (разд. 2 данного пособия). В зависимости от типа сортировочной горки (СГ) с помощью таблицы 2.6 дополнительно устанавливается количество тормозных позиций, а также надвижных, спускных и обходных путей.

В данном пункте курсового проекта должны быть приведены основные параметры технического оснащения сортировочной горки: тип и мощность сортировочной горки; оснащенность горки системами централизации и автоматизации процессов расформирования; количество надвижных, спускных, обходных и сортировочных путей; количество тормозных позиций и др. В рамках пункта необходимо определить: параметры плана головной части сортировочной горки; положение вершины горки (расстояние от вершины горки до первого разделительного элемента: тормозной позиции или стрелочного перевода); положение парковых тормозных позиций (расстояние от конца закрестовинных кривых сортировочных путей горочной горловины); положение расчетных точек по каждому пути сортировочного парка (принимается на расстоянии 50 м от конца парковых тормозных средств); расстояния между осями путей. Выбор количества и типа тормозных средств, количества надвижных путей, определение положений вершины горки, тормозных позиций и расчетных точек должны выполняться в соответствии с требованиями [8, разд. 4]. На схеме горочной горловины нумеруются пути, стрелочные переводы, кривые участки путей.

Для определения параметров заданной горочной горловины необходимо также изучить основные требования к её проектированию [подразд. 4.5, 8]. Специфика проектирования горочной горловины состоит в необходимости увязки условий размещения устройств механизации и автоматики и требований конструирования плана и профиля горки. Горочная горловина включает следующие конструктивные элементы: стрелочные переводы, замедлители, весомерные или измерительные участки, изолированные участки ГАЦ и АРС, УУПТ. При разработке плана горочной горловины следует обратить внимание на то, что при её проектировании применяются симметричные стрелочные переводы марки 1/6, предназначенные для сортировочных горок (рисунок 4.1), [7]. Кроме того, должно быть обеспечено расположение стрелочных переводов между собой на минимально необходимом расстоянии (рисунок 4.2), [8].



64

* На существующих станциях могут встречаться стрелочные переводы полной длиной по оси пути $L_{ср} = 17,54$ м ($a = 6,93$ м и $b = 10,61$ м)

Рисунок 4.1 – Расчетная схема стрелочного перевода марки крестовины 1/6 P50 и его параметры с учетом изолированных стыков рельсовых цепей

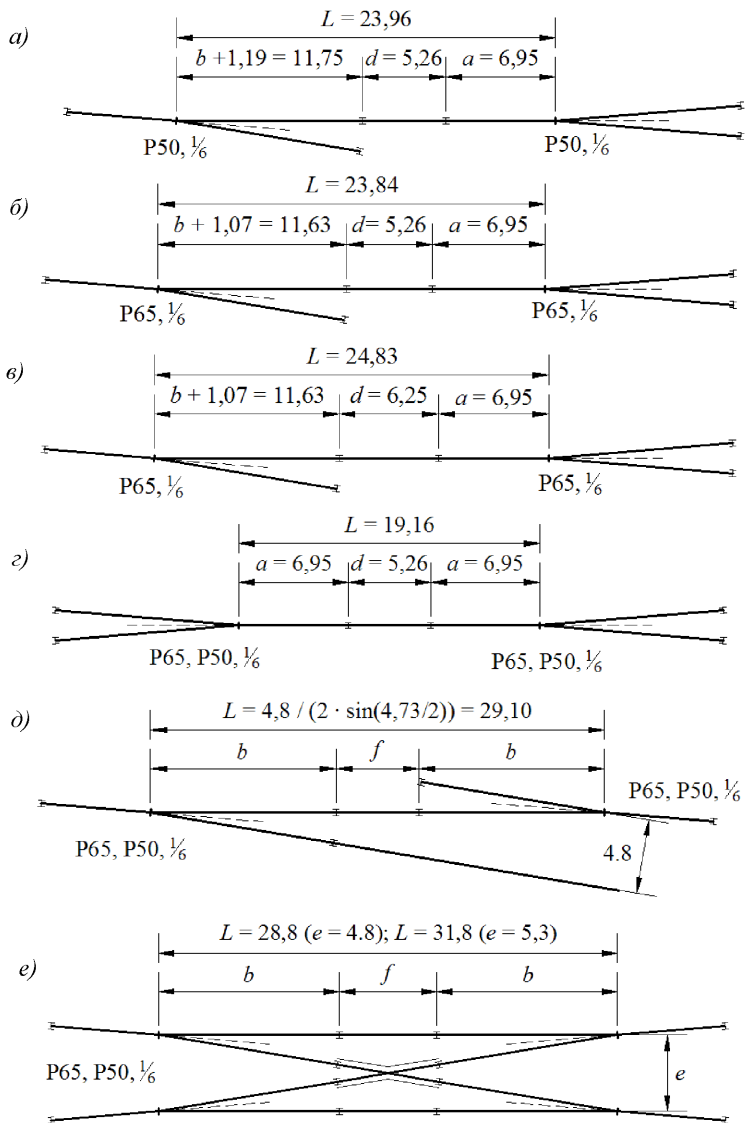


Рисунок 4.2 – Расчетные схемы взаимного размещения стрелочных переводов:
 а – попутная укладка (P50); б – попутная укладка (P65, $d = 5,26$ м); в – попутная укладка (P65, $d = 6,25$ м); г – встречная укладка; д – крестовинами навстречу; е – соединение путей с помощью перекрестного съезда, включающего 4 симметричных стрелочных перевода и глухое пересечение

Минимальное расстояние от вершины горки (ВГ) до первого разделительного элемента (стрелочный перевод или тормозная позиция) L_{\min} должно быть достаточным для перевода остяков стрелочного перевода либо шин замедлителя в рабочее положение за период времени между очень «плохим» (ОП) и очень «хорошим» (ОХ) бегунами при неблагоприятных условиях скатывания и реализации установленной скорости роспуска. В случае расположения стрелочного перевода перед первой тормозной позицией положение вершины горки в плане определяется минимально необходимым расстоянием от ВГ до начала остяков первого разделительного стрелочного перевода [9, разд. 9]. Величина $L_{\min} = F(v_0, t_3, l_{\text{из}}, l_{\text{в}}, l_{\text{зам}}, \Delta l_{\text{отр}}, \Delta t, t_{\text{пз}}, i'_{\text{ск}}, w_0, w_{\text{отр}}, w_{\text{кр}})$ зависит от реализуемой скорости роспуска (мощности сортировочной горки), типа разделительного элемента (стрелочный перевод или вагонный замедлитель), конструкции плана и профиля сортировочной горки, размещения напольных устройств АРС, весомерных и измерительных участков (КГМ–РИИЖТ – 39–44 м, ГАЦ–АРС–ГТСС – 35–40 м), положения точки отрыва отцепы от надвигаемого состава и других параметров.

Одними из параметров, оказывающими значительное влияние на величину L_{\min} , являются расстояние от ВГ до точки отрыва отцепы от надвигаемого состава, а также расстояние между точками отрыва ОХ и ОП бегунов в момент нахождения их на перевальной части горки $\Delta l_{\text{отр}}$ [9, разд. 9]. Положение отцепы в зоне перевальной части горки в момент отрыва от надвигаемого состава на вершине горки различается для отцепов с разными ходовыми качествами и определяется в зависимости от многих факторов, но прежде всего от параметров профиля $i_{\text{эк}}$ и величины суммарного сопротивления движению отцепов $\sum w$ с учетом отклонения расчетных значений сил сопротивления движению вагонов в реальных условиях $t_{\text{н}}\sigma$ [20]. Таким образом, отрыв отцепы от состава произойдет при выполнении условия

$$i_{\text{эк}} \geq \sum \bar{w} + t_{\text{н}}\sigma.$$

Эквивалентный уклон $i_{\text{эк}}$ определяется как средневзвешенное значение уклонов элементов профиля горки i_j , находящихся под тележками вагонов:

$$i_{\text{эк}} = \frac{\sum_{j=1}^n i_j l_j}{\sum_{j=1}^n l_j}.$$

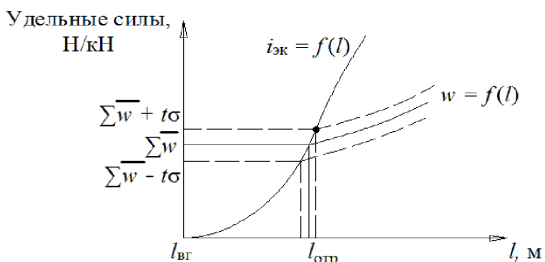
Учитывая действие дополнительного сопротивления, возникающего в автосцепках в момент их разъединения ($w_{\text{расц}}$), сумма удельных сил сопротивления определяется как

$$\sum \bar{w} + t_{\text{н}}\sigma = 1,75(w_0 + w_{\text{св}}) + w_{\text{расц}}$$

Силы, возникающие в автосцепках при их разъединении, достигают значительной величины, что ведёт к резкому увеличению $\Delta l_{\text{отр}}$ и минимального расстояния от вершины горки до первого разделительного элемента L_{\min} .

Принципы определения величины $\Delta l_{отр}$ можно представить с помощью графика, показанного на рисунке 4.3.

Рисунок 4.3 – График функций удельных движущих сил [$i_{эк} = f(l)$] и сил сопротивления движению [$w = f(l)$], действующих на отцеп



Как видно из рисунка 4.3, линия, характеризующая величину суммарного сопротивления движению с учетом нормированного отклонения $w = f(l)$, при движении отцепа вместе с составом направлена параллельно оси абсцисс, т. к. w имеет постоянное значение при $v_0 = \text{const}$. При пересечении её линией, описывающей изменение эквивалентного уклона на спускной части горки $i_{эк} = f(l)$, величина движущей силы от уклона превышает значение суммарного сопротивления движению отцепа и происходит отрыв отцепа от состава. Рост суммарного удельного сопротивления после отрыва от состава объясняется увеличением скорости движения отцепа.

Порядок расчета величин $L_{мин}^{стр}$ и $L_{мин}^{зам}$ приведен в разд. 4.4 [8] и примере 4 [9]. В учебных целях расстояние от вершины горки до начала первого разделительного стрелочного перевода $L_{мин}^{стр}$ может быть принято в соответствии с таблицей 4.1 и рисунками 4.4 и 4.5.

Таблица 4.1 – Расстояние от вершины горки до первого разделительного стрелочного перевода $L_{мин}^{стр}$

Тип горки	Расчетная скорость роспуска v_0 , м/с	Расстояние от вершины горки до первого разделительного стрелочного перевода $L_{мин}^{стр}$ *, м
ГММ	1,4	23
ГСМ	1,5	25
ГБМ	1,7	30
ГПМ	2,0–2,2	35

* Для автоматизированных сортировочных горок это расстояние зависит от системы автоматизации ГАЦ и АРС и с учетом размещения на спускной части измерительного и весомерного участка $l_{взм}$ может быть увеличено до 35–45 м.

Соединение путей надвига и роспуска с помощью перекрестного съезда (рисунок 4.4) не позволяет реализовать параллельный роспуск с применением систем автоматизации, построенных на рельсовых цепях [19, 27]. В этом случае данную схему применяют при автоматизации горки микропроцессорными системами, построенными с использованием напольных датчиков бесконтактного типа: РТД-С, ИПД и других. Конструкции плана головной

части СГ без перекрёстного съезда (рисунок 4.5, *a* и *б*) не имеют ограничений по применению автоматизированных систем.

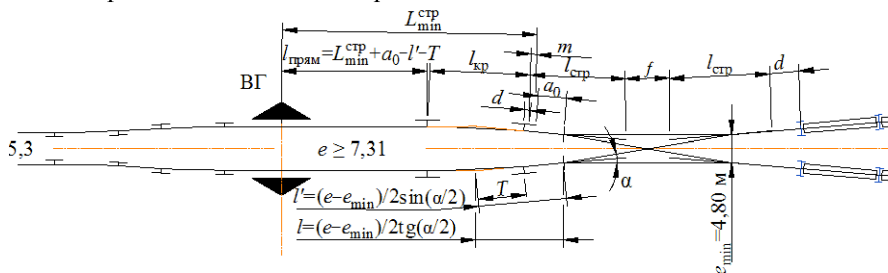


Рисунок 4.4 – Схема определения местоположения вершины горки при двух путях надвига (ГСМ, ГБМ)

На рисунке 4.4 прямая вставка f рассчитывается исходя из длины перекрестного съезда, образованного четырьмя симметричными стрелочными переводами марки крестовины 1/6 и углом α . С учетом обеспечения минимального междупутья $e_{\min} = 4,8$ м между центрами стрелочных переводов, расположенных в створе, $f = e_{\min} \operatorname{ctg} \alpha - 2b$. При заданных условиях $f = 4,8 \cdot 6 - 2 \cdot 10,56 = 7,68$ м.

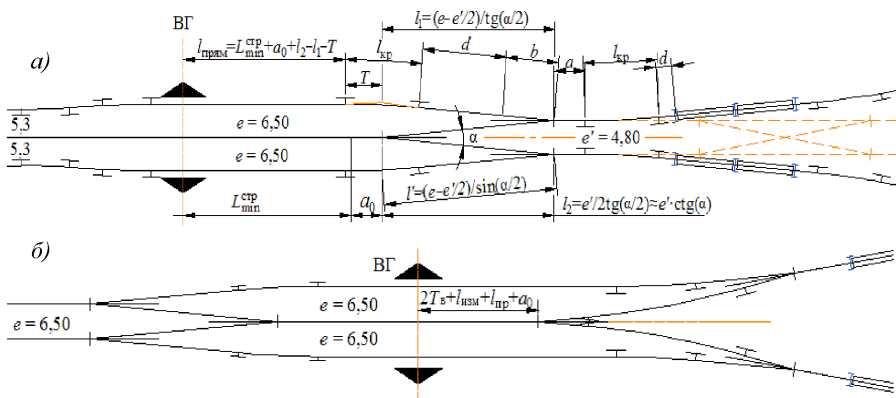


Рисунок 4.5 – Схема определения местоположения вершины горки: *a* – при трёх путях надвига (ГБМ, ГПМ); *б* – при двух путях надвига (ГСМ, ГБМ)

Положение **начала** первой (1ТП) и второй (2ТП) тормозных позиций $L_{\min}^{\text{зам}}$ может быть принято в соответствии с масштабным планом горочной горловины, прилагаемым к заданию, независимо от типа устанавливаемых замедлителей, либо определено в соответствии с п. 4.5.1 [8] с учетом схем укладки замедлителей современных типов (рисунок 4.6). Кроме того, при расположении первой тормозной позиции (1ТП) перед первым разделительным стрелочным переводом необходимо обеспечить прямой участок в

профиле между тангенсами вертикальных сопрягающих кривых не менее 20 м (рисунок 4.7), т. е. $L_{\min}^{\text{зам}} \geq 2T_B^{\text{БГ}} + 20 + 2T_B^{\text{ЛПГ}}$.

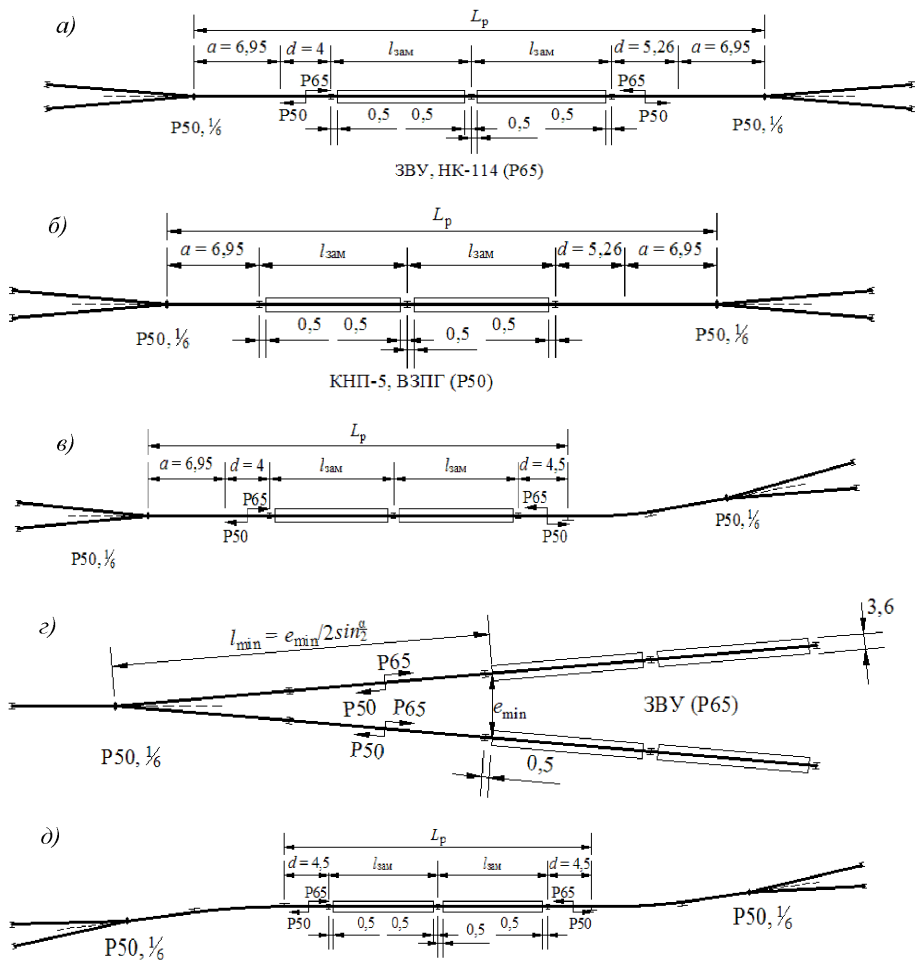


Рисунок 4.6 – Расчетные схемы взаимного размещения тормозных позиций, стрелочных переводов и кривых участков пути, при размещении:

- а – тормозной позиции между встречно уложенными стрелочными переводами (ЗВУ, НК-114);
- б – тормозной позиции между встречно уложенными стрелочными переводами (КНП-5, ВЗПГ);
- в – тормозной позиции между встречно уложенным стрелочным переводом и кривым участком пути;
- г – замедлителей между собой на пучковой тормозной позиции (ЗВУ: $e_{\min} = 4,2$ м, $l_{\min} = 25,47$ м; КНП-5: $e_{\min} = 4,4$ м, $l_{\min} = 26,68$ м; ВЗПГ-5: $e_{\min} = 3,8$ м, $l_{\min} = 23,04$ м);
- д – тормозной позиции между кривыми участками пути

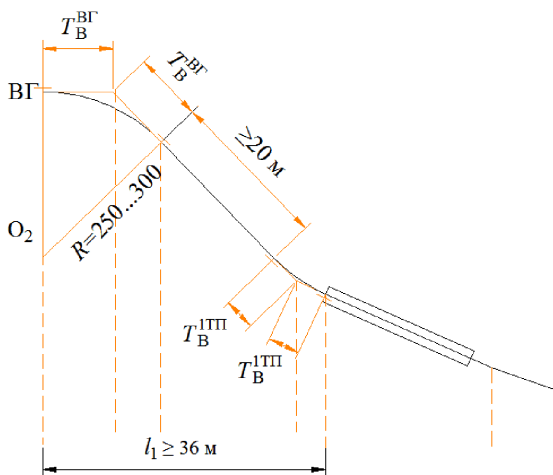


Рисунок 4.7 – Схема размещения первой тормозной позиции перед разделительным стрелочным переводом в профиле

горловины, находится на расстоянии 3–5 м от конца закрестовинной кривой (рисунок 4.8). Взаимное размещение замедлителей между собой, со стрелочными переводами и кривыми участками путей выполняется в соответствии с эпорами укладки путевых обустройств (см. рисунок 4.6), [8]. Размеры, показанные на рисунке 4.6, помогают правильно установить необходимые расстояния между элементами путей в конструкции горловин сортировочных парков.

Кроме того, на парковых тормозных позициях могут применяться однорельсовые замедлители типа ЗВУМ с индексом К (приложение В), укладка которых допускается в кривых участках пути радиусом не менее 180 м. Применение таких замедлителей позволяет значительно сократить длину маршрутов скатывания отцепов с сортировочной горки, а также увеличить полезную длину сортировочных путей.

Положение расчетной точки (РТ) определяется для каждого пути с учетом размещения парковой тормозной позиции (таблицы 4.14, 4.15 [8], приложение В) на расстоянии 50 м от её конца (см. рисунок 4.8). Если на сортировочной горке преимущественно расформируются порожние вагоны, то это расстояние принимается равным 100 м. При этом парковые тормозные позиции также должны располагаться в створе в пределах пучка, а в случае незначительной разницы по пучкам – в створе в пределах целой горловины, либо части пучков горловины.

Максимально возможное расстояние до начала первой тормозной позиции L_{\max} должно обеспечивать скорость входа ОХ бегуна на замедлитель, не более допустимой по его конструкции (приложение В). Это расстояние определяется в соответствии с подразд. 4.4 [8] и примером 5 [9].

Начало парковых тормозных позиций (ПТП), укладка замедлителей на которых выполняется в створе отдельно для каждого пучка горочной

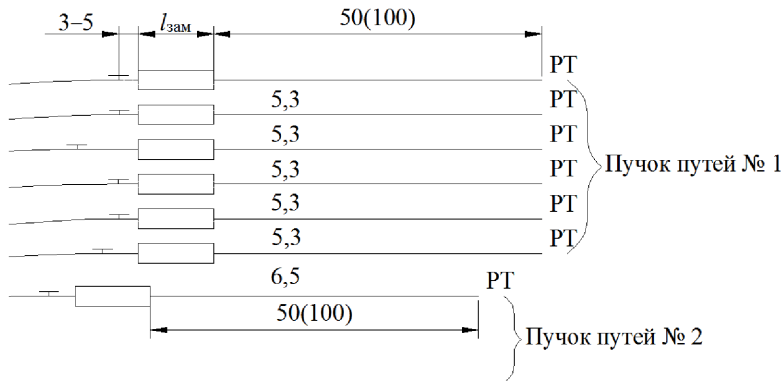


Рисунок 4.8 – Схема размещения ПТП и РТ

В задании на курсовое проектирование каждому студенту выдаётся фрагмент горочной горловины сортировочного парка (симметричная её часть относительно базиса). Кривые участки путей на плане горочной горловины и начала сортировочных путей нумеруются, после чего необходимо определить их радиус R , длину дуги K , длину тангенса T и угол поворота α .

Определение геометрических параметров кривых может выполняться двумя способами: вручную по вычерченному плану горочной горловины либо с применением средств САПР.

Схема определения параметров кривой вручную показана на рисунке 4.9. Как видно из рисунка, для нахождения угла поворота кривой необходимо измерить (при помощи транспортира) угол α , образованный пересечением сопрягаемых прямых участков пути. Измерением расстояния от кривой до точки O пересечения перпендикуляров к касательным, определяется величина радиуса R . Однако на практике, найти точку O затруднительно, поэтому удобнее, измерив величину тангенса T и длину кривой K (при помощи гибкой линейки), рассчитать радиус можно по формуле $R = 180 K / (\pi \alpha)$ (таблица 44 [7]).

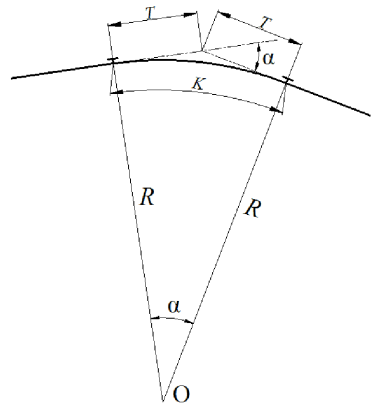


Рисунок 4.9 – Схема определения параметров кривой

Определение параметров кривых целесообразнее выполнять при помощи САПР. Для этого после загрузки электронного плана горочной горловины в программной среде *AutoCAD* необходимо навести курсор на анализируемую кривую и выделить её нажатием левой кнопки мыши. После чего, нажав пра-

вую кнопку на выделенной дуге, выбрать во всплывающем меню пункт *Properties* (Свойства) нажатием левой кнопки мыши (рисунок 4.10).

После этого на экране появится меню свойств объекта (рисунок 4.10), в котором необходимо, открыв раздел *Geometry* (Геометрия), установить длину радиуса [*Radius* (Радиус)], угла поворота [*Total Angle* (Полный угол)] и длины кривой [*Length* (Длина)]. Длина тангенса определяется расчетом (таблица 44 [7]).

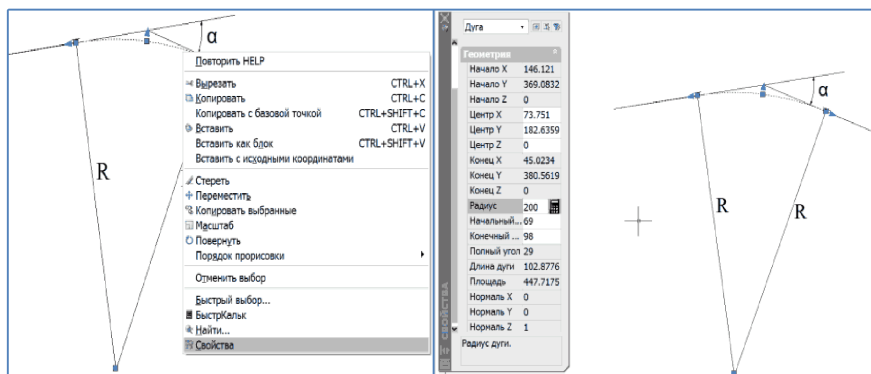


Рисунок 4.10 – Определение параметров кривой в среде AutoCAD

Полученные параметры кривых выданного с заданием фрагмента горочной горловины (рисунок 4.11, *a*) вносятся в ведомость по форме таблицы 4.2.

После составления ведомости кривых участков путей необходимо проанализировать их основные параметры, выделив наиболее длинные кривые, наименьшие применяемые радиусы. Рассчитать суммы углов поворота в кривых по участкам путей, имеющих наибольшее и наименьшее искривления и общую сумму углов поворота. Определение геометрических параметров остальных элементов плана горочной горловины может выполняться по масштабному плану аналогично определению параметров кривых, описанному ранее. Так, для определения длины прямых элементов горочной горловины (из прямых состоят также стрелочные переводы и тормозные позиции): курсор наводится на анализируемый элемент и выделяется нажатием левой кнопки мыши; далее нажатием правой кнопки мыши на выделенном элементе вызывается всплывающее меню, где нажатием левой кнопки мыши необходимо выбрать пункт *Properties* (Свойства); в открывшемся меню свойств объекта (рисунок 4.10) необходимо открыть раздел *Geometry* (Геометрия) и установить длину отрезка [*Length* (Длина)]. При определении длин стрелочных переводов и тормозных по-

зий следует дополнительно руководствоваться схемами, приведенными на рисунках 4.2 и 4.6. Параметры стрелочных переводов должны соответствовать справочным данным [7, п. 7.2.3], длина тормозных позиций может быть предварительно принята в соответствии с эпюрами, приведенными на рисунке 4.6, и приложением В.

Таблица 4.2 – Ведомость кривых горочной горловины сортировочного парка

Номер кривой	Угол поворота α , град	Длина, м		
		тангенса T	кривой K	радиуса R
А	4,73	8,26	16,51	200
Б	0,6	1,05	2,09	200
6	3,50	6,11	12,22	200
13	2,50	4,36	8,73	200
16	9,06	15,85	31,62	200
18	4,33	7,56	15,11	200
19	5,73	8,96	17,91	200
21	2,50	4,36	8,73	200
25	1,27	2,21	4,43	200
26	10,13	17,73	35,36	200
27	14,86	26,08	51,87	200
33	4,50	7,86	15,71	200
39	2,25	3,93	7,85	200
43	1,02	1,78	3,56	200
48	10,48	18,34	36,59	200
50	10,48	18,34	36,59	200
51	19,94	26,37	52,442	150
53	1,00	1,75	3,49	200
57	13,73	24,08	47,93	200
58	23,19	30,78	60,072	150

Расчетная длина каждого пути от ВГ до РТ делится на четыре участка (например, путь № 1.1 на рисунке 4.11, *a* или путь № 1 на рисунке 4.11, *b*): от вершины горки до начала первой тормозной позиции (l_1); от начала первой до начала второй тормозной позиции (l_2); от начала второй до начала третьей (парковой) тормозной позиции (l_3) и от начала третьей тормозной позиции до расчетной точки (l_4). С учетом нумерации путей сортировочного парка (разд. 13 [7]), длин расчетных участков и расчетных скоростей движения по ним (таблица 4.6 [8]), необходимо выполнить расчет средней скорости скатывания отцепов по расчетному маршруту.

Протяженности расчетных участков получаются суммированием геометрических длин элементов плана путей спускной части сортировочной горки и сводятся в таблицу 4.3.

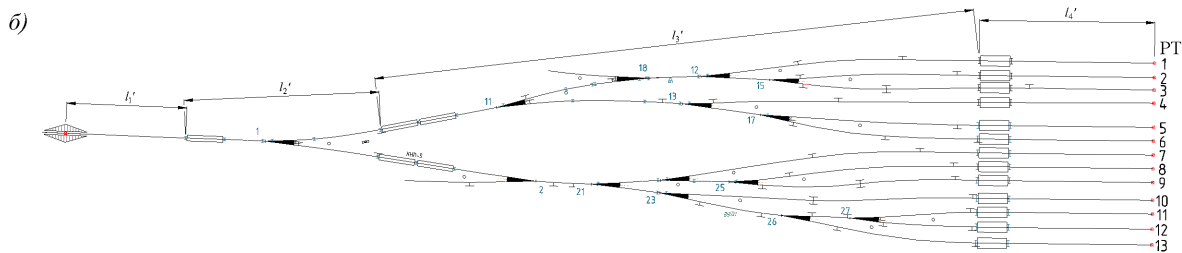
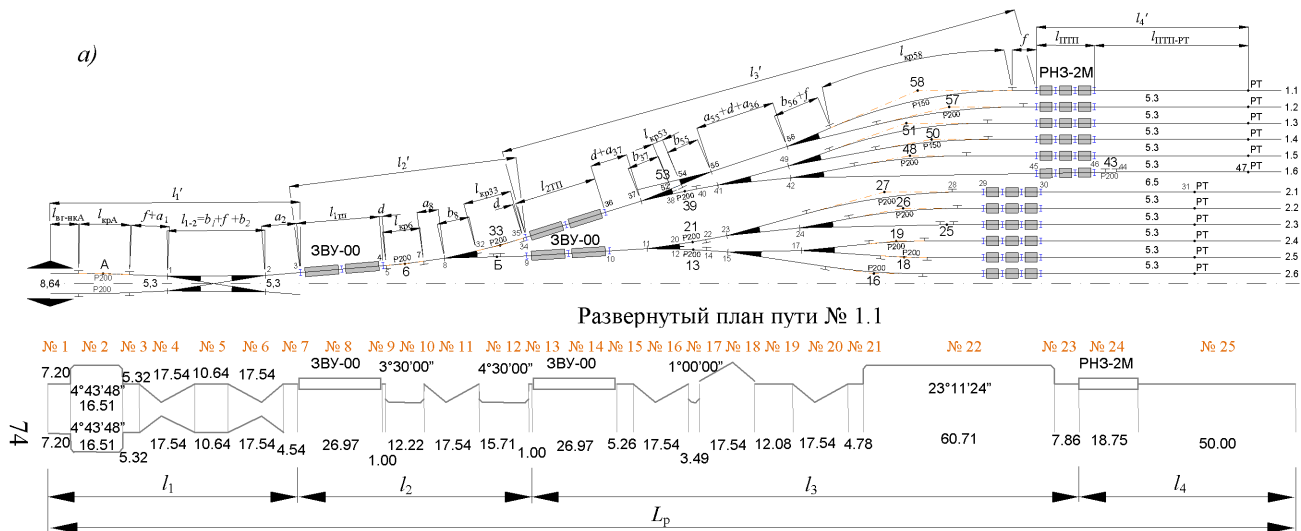


Рисунок 4.11 – Конструкция горочных горловин сортировочных парков:
 а – на 24 пути с ГБМ (1/2 часть схемы горловины); б – на 13 путей с механизированной ГММ

Таблица 4.3 – Ведомость расчетных участков путей горочной горловины

В метрах

№ пути	l_1 (ВГ-1ТП)	l_2 (1ТП-2ТП)	l_3 (2ТП-ПТП)	l_4 (ПТП-РТ)	L_p (ВГ-РТ)
1.1	79,3	74,46	173,84	68,75	396,35
1.2	79,3	74,46	172,92	68,75	395,43
1.3	79,3	74,46	171,84	68,75	394,35
1.4	79,3	74,46	170,39	68,75	392,90
1.5	79,3	74,46	168,96	68,75	391,47
1.6	79,3	74,46	168,42	68,75	390,93
2.1	79,3	73,81	150,36	68,75	372,22
2.2	79,3	73,81	149,39	68,75	371,25
2.3	79,3	73,81	148,91	68,75	370,77
2.4	79,3	73,81	148,58	68,75	370,44
2.5	79,3	73,81	148,49	68,75	370,35
2.6	79,3	73,81	148,91	68,75	370,77

Далее необходимо определить «трудный» и «лёгкий» пути сортировочного парка для выполнения горочных конструктивных и технологических расчетов. Для этого производится расчет работы по преодолению всех сил сопротивлений, действующих на отцеп при движении по расчетной части горки на каждый путь сортировочного парка. Следует обратить внимание на то, что в расчетах по определению «трудного» и «легкого» путей сортировочного парка принимаются неблагоприятные расчетные условия роспуска: расчетная зимняя температура, направление и скорость встречного ветра в зимний период, установленная скорость надвига. В качестве расчетного бегуна принимается крытый четырехосный вагон легковесной категории (очень «плохой» бегун). Если наиболее массовым является бегун другого типа, то он может быть выбран в качестве расчетного. Методика определения работы сил сопротивления движению (основного w_o , среды и ветра $w_{св}$, снега и инея $w_{сн}$, при проходе стрелочных переводов $w_{стр}$, кривых участков пути $w_{кр}$) приведена в пункте 4.3.2 [8]. Определение суммарной работы по преодолению сил сопротивления выполняется по методике, изложенной в п. 4.5.2 [8]. Пример расчёта приведен ниже.

Исходные данные для расчета работы сил сопротивления при скатывании расчетных бегунов на пути сортировочного парка **горки большой мощности** с тремя тормозными позициями (см. рисунок 4.11, а) приведены в таблицах 4.2–4.4. Угол между направлением встречного ветра и осью спускного пути сортировочной горки при неблагоприятных условиях $\beta_n = 32,5^\circ$, абсолютный минимум температуры воздуха $t_{\min} = -35,5^\circ\text{C}$, средняя температура воздуха расчетного холодного месяца $\bar{t}_n = -4,5^\circ\text{C}$, скорость ветра в холодный период года $v_n = 2,47$ м/с, масса ОП бегуна $q = 25$ т.

Таблица 4.4 – Исходные данные, необходимые для оценки конструкции горочной горловины ГБМ и выбора «грудного» и «лёгкого» путей сортировочного парка

Параметры	Значения
Угол между направлением ветра и осью спускного пути сортировочной горки при неблагоприятных условиях β_n , град	20
Абсолютный минимум температуры воздуха t_{\min} , °С	-37
Средняя температура воздуха расчетного холодного месяца \bar{t}_n , °С	-6,9
Скорость ветра в холодный период года v_n , м/с	5,6
Масса ОП бегуна, т	30

Суммарная удельная работа по преодолению сил сопротивления движению скатывающихся отцепов с горки на сортировочные пути парка составит

$$\sum A_w = 1,75(\bar{A}_{w_0} + \bar{A}_{св} + \bar{A}_{кр} + \bar{A}_{стр}) + A_{сн},$$

где 1,75 – мера отклонения расчетного значения суммы $(\bar{A}_{w_0} + \bar{A}_{св} + \bar{A}_{кр} + \bar{A}_{стр})$ от её среднего значения;

\bar{A}_{w_0} , $\bar{A}_{св}$, $\bar{A}_{кр}$, $\bar{A}_{стр}$, $A_{сн}$ – соответственно удельная работа по преодолению сил основного удельного сопротивления, среды и ветра, от прохождения кривых участков путей, стрелочных переводов, снега и инея, Дж/кН.

Удельная работа по преодолению основного сопротивления движению (от трения качения, трения в буксовых подшипниках, рассеяния энергии в пути (дефекты профиля пути, отклонения параметров колеи, стыки и пр.) и диссипации энергии в окружающую среду в рессорном подвешивании тележек вагона), Дж/кН,

$$\bar{A}_{w_0} = L_p \bar{w}_0,$$

где L_p – расстояние от вершины горки до расчетной точки пути;

\bar{w}_0 – основное удельное сопротивление движению вагона, равное для отцепа массой 30 т, $\bar{w}_0 = 1,54$ Н/кН (таблица 4.4 [8]).

Удельная работа по преодолению сопротивления движению отцепа среды и ветра, Дж/кН,

$$\bar{A}_{св} = L_p \bar{w}_{св},$$

где $\bar{w}_{св}$ – удельное сопротивление движению вагона воздушной среды и ветра, Н/кН.

Удельное сопротивление движению вагона воздушной среды и ветра

$$\bar{w}_{св} = \left\{ 7,8 C_x S / \left[(273 + t_p^n) q \right] \right\} v_p^2,$$

где C_x – коэффициент воздушного сопротивления одиночного вагона. Принимается в зависимости от рода вагона и величины угла α (угол

между результирующим вектором относительной скорости v_p и направлением скатывания отцепа β_n) (таблица 4.5 [8]);

v_p – скорость движения отцепа относительно среды (с учетом направления ветра), м/с;

S – площадь поперечного сечения одиночного или первого вагона в отцепе, м². Для крытого вагона $S = 9,7$ м² (таблица 4.5 [8]);

t_p^H – расчетная температура наружного воздуха для неблагоприятных (зимних) климатических условий работы сортировочной горки определяется по формуле

$$t_p^H = \bar{t}_H + \frac{1}{n_{\sigma_T}} \tau (t_{\min} - \bar{t}_H) \text{ или приблизительно } t_p^H = \bar{t}_H + 0,3\tau (t_{\min} - \bar{t}_H);$$

\bar{t}_H – средняя температура воздуха в зимний период, °С;

n_{σ_T} – количество среднеквадратических отклонений σ между \bar{t}_H и t_{\min} , устанавливается по данным метеорологических наблюдений в конкретной климатической зоне за период не менее 25 лет;

τ – нормированное отклонение t , для ГБМ $\tau = 2,5$;

t_{\min} – абсолютный минимум температуры воздуха расчетного наиболее холодного месяца, °С.

q – масса отцепа, т.

Скорость v_p и угол α (рисунок Ж.1, а) определяются следующим образом:

$$v_p^2 = v_{cp}^2 + v_B^2 + 2v_{cp} v_B \cos\beta_n \text{ или } v_p = v_{cp} + v_B;$$

$$\alpha = \arcsin \frac{v_B \sin\beta_n}{v_p} \text{ или } \alpha = \arctg \frac{v_B \sin\beta_n}{\sqrt{v_p^2 - (v_B \sin\beta_n)^2}},$$

v_B – скорость встречного ветра;

β_n – угол между направлением ветра и осью участка пути, по которому движется отцеп;

v_{cp} – средняя скорость движения отцепа на участке от вершины горки до расчетной точки пути по маршруту скатывания,

$$v_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{\sum_{i=1}^n l_i / v_i} \text{ или приблизительно } v_{cp} = \frac{\bar{v}_1 l_1 + \bar{v}_2 l_2 + \bar{v}_3 l_3 + \bar{v}_4 l_4}{l_1 + l_2 + l_3 + l_4},$$

$\bar{v}_1, \bar{v}_2, \bar{v}_3, \bar{v}_4$ – средние скорости движения вагонов на расчетных участках горки, равные для ГБМ 4,2; 5,5; 5,0 и 2,0 м/с (таблица 4.6 [8]);

l_1, l_2, l_3, l_4 – длины расчетных участков горки, м (см. таблицу 4.3);

n – количество расчетных участков сортировочной горки.

Удельная работа по преодолению сопротивления движению при проходе отцепом кривых участков путей, кДж/кН,

$$\bar{A}_{кр} = 0,23v_{ср}^2 \sum \alpha_{кр},$$

где $\sum \alpha_{кр}$ – сумма углов поворота в пределах кривых, град.

Удельная работа по преодолению сопротивления движению при проходе отцепом стрелочных переводов, кДж/кН,

$$\bar{A}_{стр} = (0,56n + 0,23 \sum \alpha_{пер}) v_{ср}^2,$$

где n – количество стрелочных переводов на маршруте движения отцепа от вершины горки до расчётной точки сортировочного пути;

$\sum \alpha_{пер}$ – сумма углов поворота в пределах переводных кривых, град.

Удельная работа по преодолению сопротивления движению снега и инея, кДж/кН,

$$A_{сн} = l_{сн} w_{сн},$$

где $l_{сн}$ – расстояние, на котором отцеп преодолевает сопротивление снега и инея, м. Учитывается в пределах стрелочной зоны и на сортировочных путях;

$w_{сн}$ – удельное сопротивление движению снега и инея, определяемое интерполяцией по данным таблицы 4.7 [8] в зависимости от весовой категории вагона и расчетной температуры наружного воздуха.

Пример расчета для пути № 1.1 (см. рисунок 4.11, а, таблицы 4.2 и 4.3):

$$\bar{A}_{w_0} = 396,35 \cdot 1,54 \cdot 10^{-3} = 0,610 \text{ кДж/кН};$$

$$v_{ср} = \frac{4,2 \cdot 79,3 + 5,5 \cdot 74,46 + 5 \cdot 173,84 + 2 \cdot 68,75}{79,3 + 74,46 + 173,84 + 68,75} = 4,41 \text{ м/с};$$

$$t_p^H = -6,9 + 0,3 \cdot 2,5(-37 - (-6,9)) = -29,48 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$v_p^2 = 4,41^2 + 5,6^2 + 2 \cdot 4,41 \cdot 5,6 \cdot \cos 20 = 97,22 = 9,86^2 \text{ (м/с)}^2;$$

$$\alpha = \arcsin \frac{5,6 \sin 20}{9,86} = 11,2^\circ.$$

Значение C_x получаем интерполированием. В соответствии с таблицей 4.5 [8] значение C_x определяется интерполяцией для величины $\alpha = 11,2^\circ$ и четырехосного крытого вагона между значениями $C_x = 1,46 \text{ Н/кН}$ ($\alpha = 10^\circ$) и $C_x = 1,64 \text{ Н/кН}$ ($\alpha = 20^\circ$).

$$C_x = 1,46 + \frac{(11,2 - 10) \cdot (1,64 - 1,46)}{(20 - 10)} = 1,48;$$

$$\bar{w}_{св} = \{17,8 \cdot 1,48 \cdot 9,7 / [(273 - 29,48) \cdot 30]\} \cdot 9,86^2 = 3,4 \text{ Н/кН};$$

$$\bar{A}_{св} = 39635 \cdot 3,4 \cdot 10^3 = 1,348 \text{ кДж/кН};$$

$$\bar{A}_{кр} = 0,23 \cdot 36,92 \cdot 4,41^2 \cdot 10^{-3} = 0,165 \text{ кДж/кН};$$

$$\bar{A}_{сгр} = (0,56 \cdot 6 + 0,23 \cdot 6 \cdot 4,73) \cdot 4,41^2 \cdot 10^{-3} = 0,193 \text{ кДж/кН}.$$

В соответствии с таблицей 4.7 [8] значение $w_{сн}$ определяется интерполяцией для величины $t_p^H = -29,48 \text{ }^\circ\text{C}$ и лёгкосредней категории вагона между значениями $w_{сн} = 0,2 \text{ Н/кН}$ ($t = -20 \text{ }^\circ\text{C}$) и $w_{сн} = 0,4 \text{ Н/кН}$ ($t = -30 \text{ }^\circ\text{C}$).

$$w_{сн} = 0,2 + \frac{(0,4 - 0,2) \cdot (-20 - (-29,48))}{(-20 - (-30))} = 0,39 \text{ Н/кН};$$

$$A_{сн} = 21565 \cdot 0,39 \cdot 10^3 = 0,084 \text{ кДж/кН};$$

$$\sum A_w = 1,75 (0,610 + 1,348 + 0,165 + 0,193) + 0,084 = 4,137 \text{ кДж/кН}.$$

Результаты расчетов по определению работы, совершаемой ОП бегуном при скатывании на пути сортировочного парка, сведены в таблицы 4.5 и 4.6. На основании величины суммарной работы сил сопротивления выбирается «трудный» путь (ТП) – путь сортировочного парка с максимальным значением работы, совершаемой скатывающимся вагоном по преодолению всех сил сопротивления (путь № 1.1, $A_{\max} = 4,137 \text{ кДж/кН}$). Параметры этого пути будут использоваться далее в горочных конструктивных расчетах при определении высоты сортировочной горки. Выбор «легкого» пути (ЛП) выполняется по минимальному значению суммарной работы $\sum A_w$ (путь № 2.3, $A_{\min} = 3,695 \text{ кДж/кН}$). Параметры этого пути будут использоваться при определении общей мощности тормозных позиций. Для моделирования процесса роспуска составов с горки необходимо также определить путь, соседний с «трудным» (СТП) – путь, имеющий с «трудным» общий стрелочный перевод, наиболее удаленный в парк (путь № 1.2, $A_{1,2} = 4,055 \text{ кДж/кН}$).

В заключение пункта необходимо привести характеристику параметров планов «трудного», соседнего с «трудным и «легкого» путей в соответствии с таблицей 4.14 (см. п. 4.4.2).

Качество конструкции плана сортировочной горловины оценивается соотношением минимального значения работы по преодолению сил сопротивления (ЛП) к максимальному (ТП), из рассчитанных по всем путям горочной горловины

$$\gamma = A_{\min} / A_{\max} \cdot 100,$$

тогда $\gamma = 3,690 / 4,137 \cdot 100 = 89,2 \text{ } \%$.

Значение коэффициента γ должно приближаться к 90–100 %. Этим обеспечивается примерное равенство сил сопротивления движению отцепа, скатывающегося на любой из путей парка, о чем и говорит полученный результат.

Таблица 4.5 – Расчет средней скорости движения расчетного бегуна по маршрутам скатывания

№ пути	$l_1, м$	$v_1, м/с$	$v_1 l_1, м^2/с$	$l_2, м$	$v_2, м/с$	$v_2 l_2, м^2/с$	$l_3, м$	$v_3, м/с$	$v_3 l_3, м^2/с$	$l_4, м$	$v_4, м/с$	$v_4 l_4, м^2/с$	$\sum l_i, м$	$v_{ср}, м/с$
1.1	79,3	4,2	333,06	74,46	5,5	409,53	173,84	5,0	869,2	68,75	2,0	137,5	396,35	4,413
1.2	79,3	4,2	333,06	74,46	5,5	409,53	172,92	5,0	864,6	68,75	2,0	137,5	395,43	4,412
1.3	79,3	4,2	333,06	74,46	5,5	409,53	171,84	5,0	859,2	68,75	2,0	137,5	394,35	4,411
1.4	79,3	4,2	333,06	74,46	5,5	409,53	170,39	5,0	851,95	68,75	2,0	137,5	392,90	4,408
1.5	79,3	4,2	333,06	74,46	5,5	409,53	168,96	5,0	844,8	68,75	2,0	137,5	391,47	4,406
1.6	79,3	4,2	333,06	74,46	5,5	409,53	168,42	5,0	842,1	68,75	2,0	137,5	390,93	4,405
2.1	79,3	4,2	333,06	73,81	5,5	405,96	150,36	5,0	751,8	68,75	2,0	137,5	372,22	4,375
2.2	79,3	4,2	333,06	73,81	5,5	405,96	149,39	5,0	746,95	68,75	2,0	137,5	371,25	4,373
2.3	79,3	4,2	333,06	73,81	5,5	405,96	148,913	5,0	744,57	68,75	2,0	137,5	370,77	4,372
2.4	79,3	4,2	333,06	73,81	5,5	405,96	148,58	5,0	742,9	68,75	2,0	137,5	370,44	4,372
2.5	79,3	4,2	333,06	73,81	5,5	405,96	148,49	5,0	742,45	68,75	2,0	137,5	370,35	4,371
2.6	79,3	4,2	333,06	73,81	5,5	405,96	148,91	5,0	744,55	68,75	2,0	137,5	370,77	4,372

Таблица 4.6 – Расчет величины работы при скатывании ОП бегуна на пути сортировочного парка

№ пути	$L_p, м$	$w_o, Н/кН$	$A_w \cdot 10^{-3}, кДж/кН$	$w_{св}, Н/кН$	$A_{св} \cdot 10^{-3}, кДж/кН$	$\Sigma \alpha_{кр}, град.$	$A_{кр} \cdot 10^{-3}, кДж/кН$	n	$\Sigma \alpha_{пер}, град.$	$A_{сгр} \cdot 10^{-3}, кДж/кН$	$1,75(A_{w_o} + A_{св} + A_{кр} + A_{сгр})$	$l_{св}, м$	$w_{свн}, Н/кН$	$A_{свн} \cdot 10^{-3}, кДж/кН$	$\Sigma A_w \cdot 10^{-3}, кДж/кН$
1.1	396,35	1,54	0,610	3,400	1,348	36,92	0,165	6	28,38	0,193	4,053	215,65	0,39	0,084	4,137
1.2	395,43	1,54	0,609	3,400	1,345	27,46	0,123	6	28,38	0,192	3,971	214,7	0,39	0,084	4,055
1.3	394,35	1,54	0,607	3,400	1,341	34,92	0,156	6	28,38	0,192	4,018	213,62	0,39	0,083	4,101
1.4	392,9	1,54	0,605	3,400	1,336	25,46	0,114	6	28,38	0,192	3,932	212,17	0,39	0,083	4,015
1.5	391,47	1,54	0,603	3,400	1,331	25,46	0,114	6	28,38	0,192	3,920	210,74	0,39	0,082	4,002
1.6	390,93	1,54	0,602	3,400	1,329	16	0,071	6	28,38	0,192	3,840	210,2	0,39	0,082	3,922
2.1	372,22	1,54	0,573	3,380	1,258	26,19	0,115	5	23,65	0,158	3,682	192,14	0,39	0,075	3,757
2.2	371,25	1,54	0,572	3,373	1,252	21,46	0,094	6	28,38	0,189	3,687	191,17	0,39	0,075	3,762
2.3	370,77	1,54	0,571	3,373	1,251	12,6	0,055	6	28,38	0,189	3,615	190,69	0,39	0,074	3,690
2.4	370,44	1,54	0,570	3,373	1,249	17,06	0,075	6	28,38	0,189	3,645	190,36	0,39	0,074	3,719
2.5	370,35	1,54	0,570	3,373	1,249	15,66	0,069	6	28,38	0,189	3,635	190,27	0,39	0,074	3,709
2.6	370,77	1,54	0,571	3,373	1,251	20,39	0,090	5	23,65	0,158	3,620	190,69	0,39	0,074	3,695

Определение «трудного» и «лёгкого» путей сортировочного парка на 13 путей на основе величины суммарной работы ΣA_w при проектировании горки малой мощности (ГММ) с тремя тормозными позициями (см. рисунок 4.11, б) выполняется аналогично. Длины расчетных участков l_i для рассматриваемого плана приведены в таблице 4.7. Угол между направлением встречного ветра и осью спускного пути сортировочной горки при неблагоприятных условиях $\beta_n = 32,5^\circ$, абсолютный минимум температуры воздуха $t_{\min} = -35,5^\circ\text{C}$, средняя температура воздуха расчетного холодного месяца $\bar{t}_n = -4,5^\circ\text{C}$, скорость ветра в холодный период года $v_n = 2,47\text{ м/с}$, масса ОП бегуна $q = 25\text{ т}$.

Таблица 4.7 – Исходные данные, необходимые для оценки качества конструкции горочной горловины ГММ и выбора «трудного» и «лёгкого» путей сортировочного парка

№ пути	l_1 (ВГ- 1ТП), м	l_2 (1ТП- 2ТП), м	l_3 (2ТП- ПТП), м	l_4 (ПТП- РТ), м	Сумма углов поворота в кривых $\Sigma\alpha_{кр}$, град	Количество стрелочных переводов, n	Сумма углов поворота в стрелочных переводах $\Sigma\alpha_{пер}$, град	Длина участка действия сопротивления снега и инея $l_{сн}$, м
1	41,82	68,16	216,08	65	29,91	4	18,92	282,35
2	41,82	68,16	216,06	65	27,37	5	23,65	281,21
3	41,82	68,16	216,4	65	29,27	5	23,65	281,55
4	41,82	68,16	217,83	65	24,29	3	14,19	282,84
5	41,82	68,16	215,73	65	23,06	4	18,92	280,74
6	41,82	68,16	216,05	65	34,23	4	18,92	281,06
7	41,82	67,22	216,37	65	14,57	4	18,92	281,37
8	41,82	67,22	215,28	65	14,24	5	23,65	280,28
9	41,82	67,22	215,56	65	23,29	5	23,65	280,56
10	41,82	67,22	216,18	65	12,83	4	18,92	281,18
11	41,82	67,22	216,33	65	22,65	6	28,38	281,33
12	41,82	67,22	218,31	65	19,04	6	28,38	283,28
13	41,82	67,22	215,67	65	23,39	5	23,65	280,67

Суммарная удельная работа по преодолению сил сопротивления движению скатывающихся отцепов с горки малой мощности на сортировочные пути парка определяется с мерой отклонения суммарного значения работы от её среднего значения, равной 1,5:

$$\Sigma A_w = 1,5(\bar{A}_{w_0} + \bar{A}_{св} + \bar{A}_{кр} + \bar{A}_{стр}) + A_{сн}.$$

Удельная работа по преодолению сил сопротивления движению ОП бегуна, скатывающегося по пути № 1 (см. рисунок 4.11, б и таблицу 4.7), составит:

$$\bar{A}_{w_0} = 391,06 \cdot 1,75 \cdot 10^{-3} = 0,68 \text{ кДж/кН};$$

$$v_{ср} = \frac{3,5 \cdot 41,82 + 4 \cdot 68,16 + 3 \cdot 216,08 + 1,4 \cdot 65}{41,82 + 68,16 + 216,06 + 65} = 2,96 \text{ м/с};$$

$$t_p^H = -4,5 + 0,3 \cdot 2(-35,5 - (-4,5)) = -23,1 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$v_p^2 = 2,96^2 + 2,47^2 + 2 \cdot 2,96 \cdot 2,47 \cos 32,5 = 27,25 = 5,22^2 \text{ (м/с)}^2;$$

$$\alpha = \arcsin \frac{2,47 \sin 32,5}{5,22} = 14,73^\circ.$$

Интерполированием получаем значение $C_x = 1,55$ (см. таблицу 4.5 [8]).

$$\bar{w}_{\text{св}} = \{17,8 \cdot 1,55 \cdot 9,7 / [(273 - 23,1) \cdot 25]\} 5,22^2 = 1,17 \text{ Н/кН};$$

$$\bar{A}_{\text{св}} = 391,06 \cdot 1,17 \cdot 10^{-3} = 0,46 \text{ кДж/кН};$$

$$\bar{A}_{\text{кр}} = 0,23 \cdot 2,96^2 \cdot 29,91 \cdot 10^{-3} = 0,06 \text{ кДж/кН};$$

$$\bar{A}_{\text{ср}} = (0,56 \cdot 4 + 0,23 \cdot 4 \cdot 4,73) 2,96^2 \cdot 10^{-3} = 0,06 \text{ кДж/кН}.$$

Интерполированием получаем $w_{\text{сн}} = 0,36 \text{ Н/кН}$ (см. таблицу 4.7 [8]).

$$A_{\text{сн}} = 28235 \cdot 0,36 \cdot 10^{-3} = 0,10 \text{ кДж/кН};$$

$$\Sigma A_w = 1,5 (0,68 + 0,46 + 0,06 + 0,06) + 0,10 = 1,99 \text{ кДж/кН}.$$

«Трудным» является путь № 3 сортировочного парка (таблицы 4.8, 4.9) с максимальным значением работы, совершаемой скатывающимся вагоном по преодолению всех сил сопротивления $A_{\text{max}} = 2,011 \text{ кДж/кН}$. «Легким» является путь № 10 ($A_{\text{min}} = 1,933 \text{ кДж/кН}$). Путь № 2 является соседним с «трудным» ($A_2 = 2,002 \text{ кДж/кН}$). Коэффициент качества конструкции плана сортировочной горловины $\gamma = 1,933 / 2,011 \cdot 100 = 96,1 \%$. Полученное значение говорит о достаточно высоком качестве конструкции горочной горловины.

4.2 Определение минимально необходимой высоты сортировочной горки

Определение минимально необходимой высоты сортировочной горки выполняется в соответствии с подразд. 4.7 [8]. Методика расчета базируется на утверждении о том, что расчетный «плохой» бегун при неблагоприятных условиях скатывания (встречный ветер, зимняя расчетная температура, установленная скорость роспуска) должен докатываться до расчетной точки «трудного» пути сортировочного парка. В качестве расчетного бегуна в учебных целях можно принять крытый четырехосный легковесный вагон. Указанные условия соответствуют предыдущему расчету по определению работы на преодоление сил сопротивления движению, а расчетная схема определения высоты горки представлена на рисунке 4.12. Проецируя основные расчетные величины (H_p , h_0 , h_w) на вертикальную ось, получим следующее уравнение:

$$\bar{H}_p + h_0 = \bar{h}_w.$$

Таблица 4.8 – Расчет средней скорости движения расчетного бегуна по маршрутам скатывания

№ пути	$l_1, \text{ м}$	$v_1, \text{ м/с}$	$v_1 l_1, \text{ м}^2/\text{с}$	$l_2, \text{ м}$	$v_2, \text{ м/с}$	$v_2 l_2, \text{ м}^2/\text{с}$	$l_3, \text{ м}$	$v_3, \text{ м/с}$	$v_3 l_3, \text{ м}^2/\text{с}$	$l_4, \text{ м}$	$v_4, \text{ м/с}$	$v_4 l_4, \text{ м}^2/\text{с}$	$\sum l, \text{ м}$	$v_{\text{ср}}, \text{ м/с}$
1	41,82	3,5	146,37	68,16	4,0	272,64	216,08	3,0	648,24	65	1,4	91	391,06	2,962
2	41,82	3,5	146,37	68,16	4,0	272,64	216,06	3,0	648,18	65	1,4	91	391,04	2,962
3	41,82	3,5	146,37	68,16	4,0	272,64	216,4	3,0	649,2	65	1,4	91	391,38	2,962
4	41,82	3,5	146,37	68,16	4,0	272,64	217,83	3,0	653,49	65	1,4	91	392,81	2,962
5	41,82	3,5	146,37	68,16	4,0	272,64	215,73	3,0	647,19	65	1,4	91	390,71	2,962
6	41,82	3,5	146,37	68,16	4,0	272,64	216,05	3,0	648,15	65	1,4	91	391,03	2,962
7	41,82	3,5	146,37	67,22	4,0	268,88	216,37	3,0	649,11	65	1,4	91	390,41	2,959
8	41,82	3,5	146,37	67,22	4,0	268,88	215,28	3,0	645,84	65	1,4	91	389,32	2,959
9	41,82	3,5	146,37	67,22	4,0	268,88	215,56	3,0	646,68	65	1,4	91	389,60	2,959
10	41,82	3,5	146,37	67,22	4,0	268,88	216,18	3,0	648,54	65	1,4	91	390,22	2,959
11	41,82	3,5	146,37	67,22	4,0	268,88	216,33	3,0	648,99	65	1,4	91	390,37	2,959
12	41,82	3,5	146,37	67,22	4,0	268,88	218,31	3,0	654,93	65	1,4	91	392,35	2,960
13	41,82	3,5	146,37	67,22	4,0	268,88	215,67	3,0	647,01	65	1,4	91	389,71	2,959

Таблица 4.9 – Расчет величины работы при скатывании ОП бегуна на пути сортировочного парка

№ пути	$L_p, \text{ м}$	$w_0, \text{ Н/кН}$	$A_0 \cdot 10^{-3}, \text{ кДж/кН}$	$w_{\text{св}}, \text{ Н/кН}$	$A_{\text{св}} \cdot 10^{-3}, \text{ кДж/кН}$	$\Sigma \alpha_{\text{ср}}, \text{ град.}$	$A_{\text{кр}} \cdot 10^{-3}, \text{ кДж/кН}$	n	$\Sigma \alpha_{\text{лер}}, \text{ град.}$	$A_{\text{ср}} \cdot 10^{-3}, \text{ кДж/кН}$	$1,75(A_{w_0} + A_{\text{св}} + A_{\text{кр}} + A_{\text{ср}})$	$l_{\text{св}}, \text{ м}$	$w_{\text{св}}, \text{ Н/кН}$	$A_{\text{св}} \cdot 10^{-3}, \text{ кДж/кН}$	$\Sigma A_w \cdot 10^{-3}, \text{ кДж/кН}$
1	391,06	1,75	0,684	1,167	0,456	29,91	0,060	4	18,92	0,058	1,887	282,35	0,36	0,102	1,989
2	391,04	1,75	0,684	1,167	0,456	27,37	0,055	5	23,65	0,072	1,901	281,21	0,36	0,101	2,002
3	391,38	1,75	0,685	1,167	0,457	29,27	0,059	5	23,65	0,072	1,910	281,55	0,36	0,101	2,011
4	392,81	1,75	0,687	1,167	0,459	24,29	0,049	3	14,19	0,043	1,857	282,84	0,36	0,102	1,959
5	390,71	1,75	0,684	1,167	0,456	23,06	0,047	4	18,92	0,058	1,868	280,74	0,36	0,101	1,969
6	391,03	1,75	0,684	1,167	0,456	34,23	0,069	4	18,92	0,058	1,901	281,06	0,36	0,101	2,002
7	390,41	1,75	0,683	1,163	0,454	14,57	0,029	4	18,92	0,058	1,836	281,37	0,36	0,101	1,937
8	389,32	1,75	0,681	1,163	0,453	14,24	0,029	5	23,65	0,072	1,853	280,28	0,36	0,101	1,954
9	389,6	1,75	0,682	1,163	0,453	23,29	0,047	5	23,65	0,072	1,881	280,56	0,36	0,101	1,982
10	390,22	1,75	0,683	1,163	0,454	12,83	0,026	4	18,92	0,058	1,832	281,18	0,36	0,101	1,933
11	390,37	1,75	0,683	1,163	0,454	22,65	0,046	6	28,38	0,087	1,905	281,33	0,36	0,101	2,006
12	392,35	1,75	0,687	1,163	0,456	19,04	0,038	6	28,38	0,087	1,902	283,28	0,36	0,102	2,004
13	389,71	1,75	0,682	1,163	0,453	23,39	0,047	5	23,65	0,072	1,881	280,67	0,36	0,101	1,982

Следовательно,

$$\bar{H}_p = \bar{h}_w - h_0,$$

где \bar{H}_p – минимальная расчетная высота горки, м эн. в.;
 \bar{h}_w – суммарная энергия, потерянная на преодоление всех сил сопротивления движению ОП бегуна при движении по «трудному» пути,

$$h_w = 1,75(\bar{h}_{\text{осн}} + \bar{h}_{\text{ск}} + \bar{h}_{\text{св}}) + h_{\text{сн}};$$

1,75 – мера отклонения расчетного значения высоты горки от её среднего значения с учётом параметра доверительной вероятности $t_\beta = 3$ (для сортировочных горок малой мощности принимается равным 1,5 при $t_\beta = 2$);

h_0 – удельная энергия, соответствующая установленной скорости запуска, м эн. в.

Расчетная высота сортировочной горки

$$H_p = 1,75(\bar{h}_{\text{осн}} + \bar{h}_{\text{ск}} + \bar{h}_{\text{св}}) + h_{\text{сн}} - h_0,$$

где $\bar{h}_{\text{осн}}$, $\bar{h}_{\text{ск}}$, $\bar{h}_{\text{св}}$ – средние значения потерь удельной энергии при преодолении сопротивления движению, соответственно, основного, от стрелочных переводов и кривых, воздушной среды и ветра, м эн. в.;

$h_{\text{сн}}$ – потери удельной энергии при преодолении сопротивления движению снега и инея, м эн. в.

Средние потери удельной энергии при преодолении основного удельного сопротивления

$$\bar{h}_{\text{осн}} = \sum_{i=1}^4 l_i \bar{w}_o \cdot 10^{-3} = L_p \bar{w}_o \cdot 10^{-3}.$$

Расчет средней потери удельной энергии при преодолении сопротивления от стрелочных переводов и кривых выполняется по формуле

$$\bar{h}_{\text{ск}} = \sum_{i=1}^4 (0,56n_i + 0,23 \sum \alpha_i) \bar{v}_i^2 \cdot 10^{-3},$$

где n_i , $\sum \alpha_i$ – соответственно количество стрелочных переводов и сумма углов поворотов кривых, град, включая стрелочные углы, по i -м участкам маршрута скатывания на «трудный» путь.

Средние потери удельной энергии при преодолении сопротивления среды и ветра составят

$$\bar{h}_{\text{св}} = \sum_{i=1}^4 l_i \bar{w}_{\text{св}i} \cdot 10^{-3}.$$

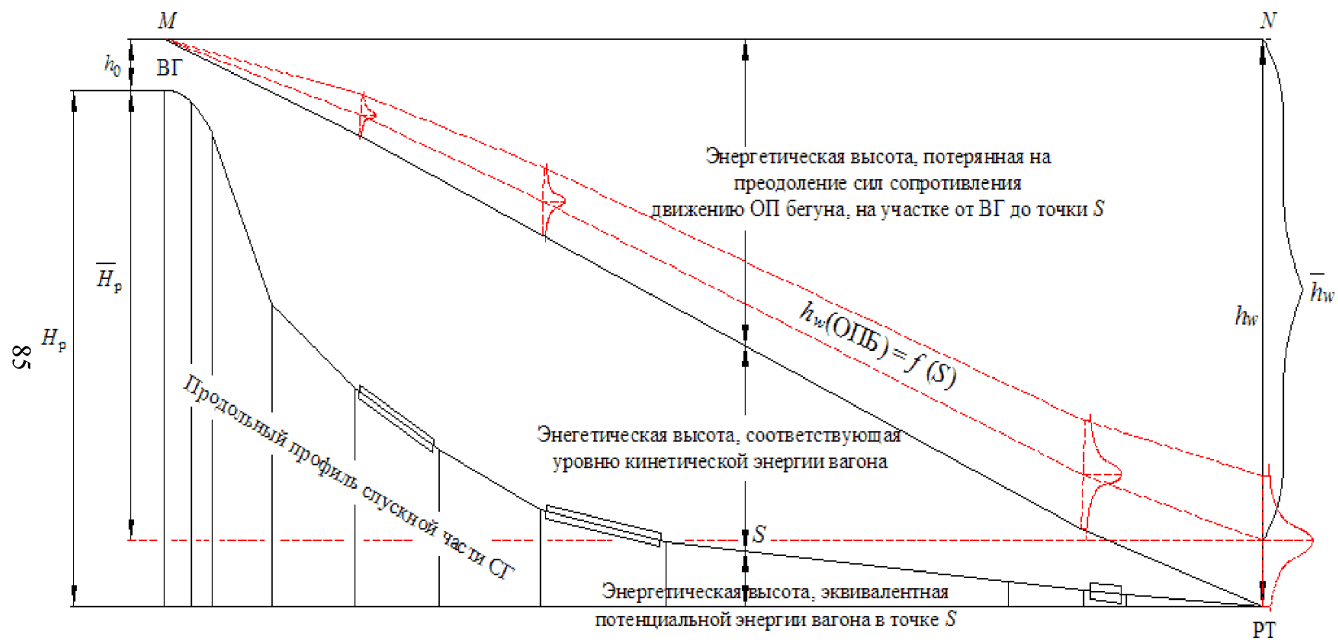


Рисунок 4.12 – Расчетная схема определения высоты сортировочной горки

Удельная энергия, необходимая для преодоления дополнительного сопротивления снега и инея, определяется по формуле

$$h_{\text{сн}} = l_{\text{сн}} w_{\text{сн}} \cdot 10^{-3},$$

где $l_{\text{сн}}$ – длина участка «трудного» пути, на котором учитывается сопротивление снега и инея, м;

$w_{\text{сн}}$ – удельное сопротивление движению снега и инея (см. таблицу 4.7 [8]).

Удельная энергия, соответствующая установленной скорости роспуска,

$$h_0 = \frac{v_0^2}{2g'},$$

где v_0 – установленное значение скорости роспуска (таблица 4.12 [8]), м/с;

g' – коэффициент, характеризующий изменение кинетической энергии вагона с учетом инерции вращающихся частей, м/с²,

$$g' = \frac{g}{1 + (0,42n/q)};$$

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с²;

n – количество осей вагона;

q – масса вагона, т.

Следует обратить внимание на то, что в отличие от расчета работы на преодоление сил сопротивления движению определение сопротивлений среды и ветра, стрелочных переводов и кривых производится для каждого расчетного участка (l_i) горки отдельно.

Выполним расчет высоты сортировочной горки большой мощности с тремя тормозными позициями (см. рисунок 4.11, *a*) при исходных данных таблиц 4.4, 4.5 для «трудного» пути № 1.1 (см. таблицу 4.6). Установленная скорость роспуска принимается $v_0 = 1,7$ м/с (таблица 4.12 [8]).

Удельная энергия h_0 при $g' = \frac{9,81}{1 + (0,42 \cdot 4)/30} = 9,29$ м/с² составит

$$h_0 = \frac{1,7^2}{2 \cdot 9,29} = 0,16 \text{ м эн. в.}$$

Пример расчета (участок l_1):

$$h_{\text{осн}} = 79,3 \cdot 1,54 \cdot 10^{-3} = 0,12 \text{ м эн. в.};$$

$$h_{\text{ск}} = (0,56 \cdot 2 + 0,23 \cdot 14,19) \cdot 4,2^2 \cdot 10^{-3} = 0,08 \text{ м эн. в.};$$

$$v_{\text{пл}}^2 = 4,2^2 + 5,6^2 + 2 \cdot 4,2 \cdot 5,6 \cos 20 = 93,2 = 9,65^2 \text{ (м/с)}^2;$$

$$\alpha_1 = \arcsin \frac{5,6 \sin 20}{9,65} = 11,45^\circ.$$

Интерполированием получаем значение $C_x = 1,49$ (см. таблицу 4.5 [8]).

$$\overline{w}_{\text{св}} = \{17,8 \cdot 1,49 \cdot 9,7 / [(273 - 29,48) \cdot 30]\} \cdot 9,65^2 = 3,28 \text{ Н/кН};$$

$$h_{\text{св}} = 79,3 \cdot 3,28 \cdot 10^{-3} = 0,26 \text{ м эн. в.};$$

$$\sum h = 0,12 + 0,08 + 0,26 = 0,46 \text{ м эн. в.}$$

Аналогично выполняется расчет $\sum h$ по другим участкам. Результаты расчета средних значений удельной энергии, теряемой вагоном при преодолении основного сопротивления движению от стрелочных переводов и кривых, воздушной среды и ветра по маршруту на «трудный» путь приведены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Расчет среднего значения удельной энергии, теряемой при преодолении сопротивлений движению ОП бегуна

№ участка	Параметры плана горки и расчетного бегуна					Средние потери удельной энергии				
	l_i , м	$\sum \alpha$, град	n , шт.	v , м/с	$w_{\text{св}}$	w_o	$h_{\text{осн}}$	$h_{\text{ск}}$	$h_{\text{св}}$	$\sum h$
					Н/кН					
1	79,30	14,19	2	4,2	3,28	1,54	0,12	0,08	0,26	0,46
2	74,46	12,73	1	5,5	4,12		0,11	0,11	0,31	0,53
3	173,84	38,38	3	5,0	3,79		0,27	0,26	0,66	1,19
4	68,75	0,00	0	2,0	2,07		0,11	0,00	0,14	0,25
<i>Итого</i>	396,35	65,30	6	–	–	–	0,61	0,45	1,37	2,43

Участок, на котором учитывается сопротивление от снега и инея, принимается от конца 2ТП (см. рисунок 4.11, а) до расчетной точки, 215,65 м.

$$h_{\text{сн}} = 21565 \cdot 0,39 \cdot 10^{-3} = 0,08 \text{ м эн. в.}$$

Минимально необходимая расчетная высота ГБМ составит

$$H_p = 1,75(0,61 + 0,45 + 1,37) + 0,08 - 0,16 = 4,18 \text{ м эн. в.}$$

Обязательно необходимо произвести проверку правильности расчета минимальной высоты сортировочной горки по формуле 4.51 [8]:

$$H_p = \{1,75[L_p w_o + \sum_{i=1}^4 l_i w_{\text{св}i} + \sum_{i=1}^4 0,23 v_i^2 \alpha_{\text{кр}i} + \sum_{i=1}^3 \overline{v_i^2} (0,56 + 0,23 \alpha_{\text{пер}}) n_i] + l_{\text{сн}} w_{\text{сн}}\} \cdot 10^{-3} - h_o.$$

Выполним подстановку:

$$H_p = \{1,75[396,42 \cdot 1,54 + (79,3 \cdot 3,28 + 74,46 \cdot 4,12 + 173,84 \cdot 3,79 + 68,75 \cdot 2,07) + 0,23(4,2^2 \cdot 4,73 + 5,5^2 \cdot 8,0 + 5,0^2 \cdot 24,19 + 1,4^2 \cdot 0) + (4,2^2(0,56 + 0,23 \cdot 4,73) \cdot 2 + 5,5^2(0,56 + 0,23 \cdot 4,73) \cdot 1 + 5,0^2(0,56 + 0,23 \cdot 4,73) \cdot 3) + 215,65 \cdot 0,39\} \cdot 10^{-3} - 0,16 = 4,17 \text{ м эн. в.}$$

Следовательно, расчет выполнен правильно. Незначительная разница результатов расчетов в первом и во втором случаях $\Delta = 0,01$ м эн. в. объясняется различным способом округления промежуточных результатов.

Рассчитаем минимально необходимую высоту горки малой мощности для исходных данных таблицы 4.7 (см. рисунок 4.11, б).

В отличие от расчета горки большой мощности коэффициент нормированного отклонения высоты горки принимается 1,5.

При $v_0 = 1,2$ м/с (таблица 4.12 [8])

$$g' = \frac{9,81}{1 + (0,42 \cdot 4)/25} = 9,19 \text{ м/с}^2; \quad h_0 = \frac{1,2^2}{2 \cdot 9,19} = 0,08 \text{ м эн. в.}$$

Для первого расчетного участка l_1 :

$$\bar{h}_{\text{очн}} = 41,82 \cdot 1,75 \cdot 10^{-3} = 0,07 \text{ м эн. в.};$$

$$\bar{h}_{\text{ск}} = 0 \text{ м эн. в.};$$

$$v_{\text{д1}}^2 = 3,5^2 + 2,47^2 + 2 \cdot 3,5 \cdot 2,47 \cdot \cos 32,5 = 32,95 = 5,74^2 \text{ (м/с)}^2;$$

$$\alpha_1 = \arcsin \frac{5,74 \sin 32,5}{2,47} = 13,37^\circ.$$

Интерполированием получаем значение $C_x = 1,52$ (см. таблицу 4.5 [8]).

$$\bar{w}_{\text{св}} = \{17,8 \cdot 1,52 \cdot 9,7 / [(273 - 23,1) \cdot 25]\} \cdot 5,74^2 = 1,38 \text{ Н/кН};$$

$$\bar{h}_{\text{св}} = 41,82 \cdot 1,38 \cdot 10^{-3} = 0,06 \text{ м эн. в.};$$

$$\sum h = 0,07 + 0 + 0,06 = 0,13 \text{ м эн. в.}$$

Участок, на котором учитывается сопротивление от снега и инея, принимается от остряков стрелочного перевода № 7 (рисунок 4.11, б) до расчетной точки, 281,55 м;

$$h_{\text{сн}} = 281,55 \cdot 0,36 \cdot 10^{-3} = 0,10 \text{ м эн. в.}$$

Аналогично выполняется расчет $\sum h$ по другим участкам. Результаты расчета среднего значения удельной энергии, теряемой вагоном при преодолении сопротивлений движению основного, от стрелочных переводов и

кривых, воздушной среды и ветра по маршруту на «трудный» путь приведены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Расчет среднего значения удельной энергии, теряемой при преодолении сопротивлений движению ОП бегуна по «трудному» пути

№ участка	Параметры плана горки и расчетного бегуна					Средние потери удельной энергии				
	l_i , м	$\Sigma\alpha$, град	n , шт.	v , м/с	$w_{св}$	w_0	$h_{осн}$	$h_{ск}$	$h_{св}$	Σh
					Н/кН					
1	41,82	0,00	0	3,5	1,38	1,75	0,07	0,00	0,06	0,13
2	68,16	13,96	1	4,0	1,61		0,12	0,06	0,11	0,29
3	216,40	38,46	4	3,0	1,17		0,38	0,10	0,25	0,73
4	65,00	0,50	0	1,4	0,63		0,11	0,00	0,04	0,15
<i>Итого</i>	391,38	52,92	5	–	–	–	0,68	0,16	0,46	1,30

Минимально необходимая расчетная высота ГММ составит

$$H_p = 1,5(0,68 + 0,16 + 0,46) + 0,10 - 0,08 = 1,97 \text{ м эн. в.}$$

Проверка правильности расчета минимальной высоты сортировочной горки:

$$\begin{aligned}
 H_p = & \{1,5[391,38 \cdot 1,75 + (41,82 \cdot 1,38 + 68,16 \cdot 1,61 + 216,4 \cdot 1,17 + 65 \cdot 0,63) + \\
 & + 0,23(3,5^2 \cdot 0 + 4,0^2 \cdot 9,23 + 3,0^2 \cdot 19,54 + 1,4^2 \cdot 0,5) + (3,5^2(0,56 + 0,23 \cdot 0) \cdot 0 + \\
 & + 4,0^2(0,56 + 0,23 \cdot 4,73) \cdot 1 + 3,0^2(0,56 + 0,23 \cdot 4,73) \cdot 4] + \\
 & + 281,55 \cdot 0,36\} \cdot 10^{-3} - 0,08 = 1,98 \text{ м эн. в.}
 \end{aligned}$$

Полученное значение высоты горки соответствует полученному значению H_p , а незначительное отличие связано с разницей в округлении промежуточных результатов.

4.3 Расчет мощности тормозных средств на участке от вершины горки до конца второй тормозной позиции и её распределение по тормозным позициям

Определение общей мощности тормозных средств выполняется в соответствии с подразд. 4.8 [8]. Принцип расчета основывается на том, что общая мощность тормозных средств на участке от вершины горки до конца второй тормозной позиции (за исключением резервных замедлителей) должна обеспечивать остановку груженого четырехосного полувагона массой 100 т (для ГММ 85–100 т) с основным удельным сопротивлением 0,5 Н/кН, скатывающегося при благоприятных условиях (попутный ветер, летняя расчетная температура, максимальная скорость надвига $v_{0(\max)}$): ГПМ, ГБМ – 2,5 м/с, ГСМ –

2,2 м/с, ГММ – 1,4 м/с) на второй тормозной позиции по маршруту на «легкий» путь (рисунок 4.13).

Суммарная потребная мощность тормозных позиций спускной части горки

$$H_T^{\text{потр}} = k_y (H_p + h_{0(\text{max})} - h_w^{\text{OX}} - h_{\text{нз}}),$$

где k_y – коэффициент увеличения потребной расчетной мощности тормозных позиций спускной части горки, вызываемый требованиями совместного интервального и прицельного торможения, безопасности сортировки вагонов при занятии участка между пучковой и парковой тормозными позициями, компенсации погрешности регулирования скорости скатывания вагонов и обеспечения живучести технологической системы этого регулирования. Принимаем $k_y = 1,20 \dots 1,25$ при одной тормозной позиции, $k_y = 1,25$ – при двух тормозных позициях на спускной части горки;

H_p – расчетная высота сортировочной горки, м эн. в.;

$h_{0(\text{max})}$ – энергетическая высота, соответствующая максимальной скорости роспуска вагонов с горки, м эн. в.;

h_w^{OX} – удельная энергия, теряемая ОХ бегуном при преодолении (в благоприятных условиях) сил сопротивления движению на участке от вершины горки до конца пучковой (парковой) тормозной позиции, м эн. в.;

$h_{\text{нз}}$ – профильная высота низа пучковой тормозной позиции (см. рисунок 4.13), ориентировочно определяется по формуле 4.64 [8].

Энергетическая высота, соответствующая максимальной скорости роспуска вагонов $v_{0(\text{max})}$,

$$h_{0(\text{max})} = \frac{v_{0(\text{max})}^2}{2g'_{\text{OX}}}.$$

Энергетическая высота, потерянная ОХ бегуном на преодоление всех сил сопротивлений на расчетном участке,

$$h_w^{\text{OX}} = 10^{-3} [(w_o^{\text{OX}} \pm w_{\text{св}}^{\text{OX}})l + v_{\text{ср}}^2 (0,56n + 0,23 \sum \alpha)],$$

где $w_{\text{св}}^{\text{OX}}$ – дополнительное удельное сопротивление среды и ветра для четырехосного вагона массой 85–100 т при попутном расчетном ветре

$$\pm w_{\text{св}}^{\text{OX}} = \frac{17,8 C_x S}{(273 + t_p^6) q_{\text{OX}}} v_p^2,$$

C_x – коэффициент воздушного сопротивления одиночного вагона. Принимается согласно данным таблицы 4.5 [8] в зависимости от рода

вагона и величины угла α (угол между результирующим вектором относительной скорости v_p и направлением скатывания отцепа β);
 S – площадь поперечного сечения одиночного или первого вагона в отцепе, м². Площадь полувагона $S = 8,5$ м² (таблица 4.5 [8]);

t_p^δ – расчетная температура для благоприятных условий,

$$t_p^\delta = \bar{t}_6 + \frac{1}{n_{\sigma_t}} \tau (t_{\max} - \bar{t}_6) \text{ или приблизительно } t_p^\delta = \bar{t}_6 + 0,3\tau (t_{\max} - \bar{t}_6),$$

\bar{t}_6 – средняя месячная температура воздуха в летний период, °С;

n_{σ_t} – количество среднеквадратических отклонений σ между \bar{t}_6 и t_{\max} ,

устанавливается по данным метеорологических наблюдений в конкретной климатической зоне за период не менее 25 лет;

τ – нормированное отклонение t , для ГММ принимается равным 2,0;

t_{\max} – абсолютный максимум температуры воздуха расчетного месяца, °С;

$q_{\text{ох}}$ – масса вагона (ОХ бегуна), 85–100 т;

v_p – скорость отцепа относительно направления попутного ветра, м/с;

l – расстояние от вершины горки до конца пучковой (парковой) тормозной позиции, м;

v_{cp} – среднее значение скорости движения ОХ бегуна на участке от вершины горки до конца пучковой тормозной позиции с учетом максимально допустимой скорости входа на замедлитель $v_{\text{max}}^{\text{зам}}$ (таблица 4.14, 4.15 [8], приложение В),

$$v_{\text{cp}} = (v_{0(\text{max})} + v_{\text{max}}^{\text{зам}}) / 2;$$

$n, \Sigma\alpha$ – соответственно количество стрелочных переводов и сумма углов поворота (включая углы поворота в пределах переводных кривых стрелочных переводов) на маршруте следования вагона на «легкий» путь от вершины горки до конца пучковой тормозной позиции.

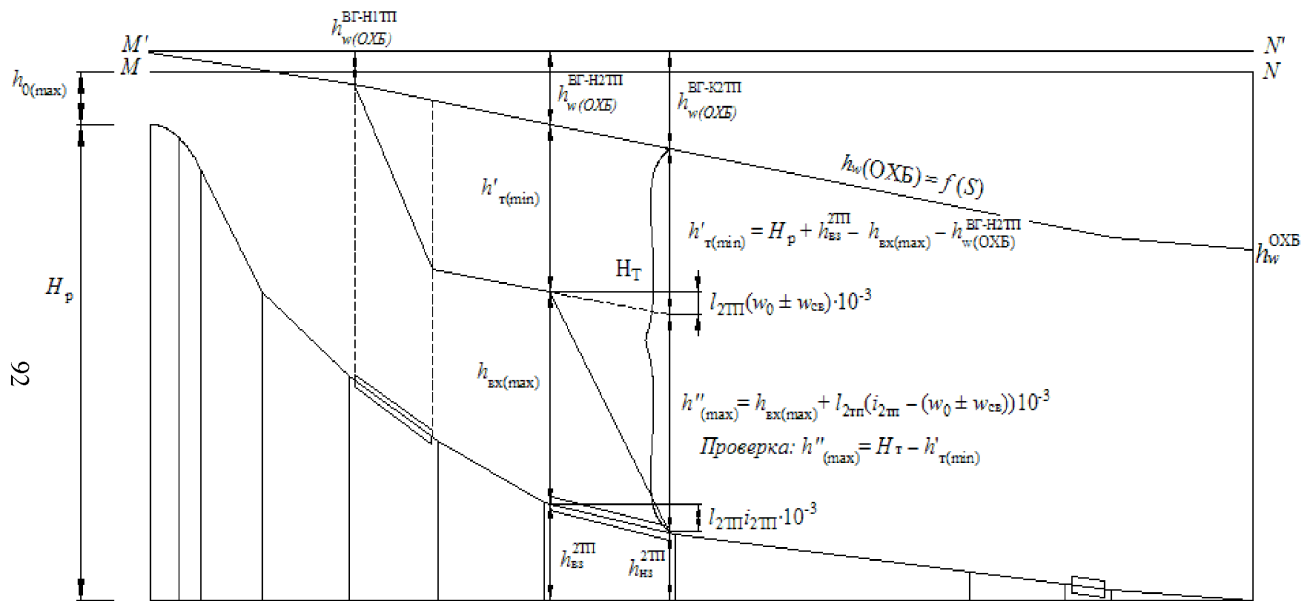
Скорость v_p и угол α (рисунок Ж.1, б) рассчитываются по следующим формулам:

$$v_p = \sqrt{v_{\text{cp}}^2 + v_{\text{n}}^2 - 2v_{\text{cp}}v_{\text{n}}\cos\beta_{\text{n}}},$$

$$\alpha = \arcsin \frac{v_{\text{n}}\sin\beta_{\text{n}}}{v_p} \text{ или } \alpha = \arctg \frac{v_{\text{n}}\sin\beta_{\text{n}}}{\sqrt{v_{\text{cp}}^2 - (v_{\text{n}}\sin\beta_{\text{n}})^2}},$$

где v_{n} – скорость попутного ветра, м/с;

β_{n} – угол между направлением попутного ветра и осью участка пути, по которому движется отцеп, град.



92

Рисунок 4.13 – Принципиальная схема определения общей мощности тормозных позиций H_T

На основании исходных данных таблиц 4.4 и 4.12 выполним расчет общей мощности тормозных средств горки большой мощности с тремя тормозными позициями (см. рисунок 4.11, а) по условию остановки на второй тормозной позиции ОХ бегуна массой 100 т, скатывающегося по маршруту на «легкий» путь № 2.3 (см. таблицу 4.6). Высота сортировочной горки $H_p = 4,18$ м эн. в. Допустимая скорость входа на замедлитель принимается равной 7 м/с (зависит от конструкции замедлителя и принимается в соответствии с таблицами 4.14 и 4.15 [8] и приложением В).

Таблица 4.12 – **Исходные данные, необходимые для расчета общей мощности тормозных средств**

Параметры	Значения	
	ГБМ	ГММ
Угол между направлением ветра и осью пути при благоприятных условиях β_6 , град	0	12,5
Скорость ветра в тёплый период года, м/с	5	2,3
Абсолютный максимум температуры воздуха t_{max} , град.	+37	+33,2
Средняя температура воздуха расчетного теплого месяца \bar{t}_6 , °С	18,6	+16,7
Масса ОХ бегуна, т	100	85–100

Потребная суммарная мощность тормозных средств составит:

$$\text{для ГБМ } v_{0(max)} = 2,5 \text{ м/с, тогда } h_{0(max)} = \frac{2,5^2}{2 \cdot 9,65} = 0,32 \text{ м эн. в.};$$

$$t_6 = 18,6 + 0,3 \cdot 2,5(37 - 18,6) = 32,4^\circ\text{C};$$

$$v_{cp} = (2,5 + 8)/2 = 5,25 \text{ м/с};$$

$$v_p = \sqrt{5,0^2 + 5,25^2 - 2 \cdot 5,0 \cdot 5,25 \cos 0} = 0,25 \text{ м/с};$$

$$\alpha = \arcsin \left(\frac{5,0 \sin 0}{0,25} \right) = 0^\circ.$$

В соответствии с таблицей 4.5 [8] при $\alpha = 0^\circ$ для четырехосного полувагона $C_x = 1,36$ Н/кН. Так как $v_{п} < v_{cp}$, принимаем w_{cb}^{ox} со знаком «+»:

$$w_{cb}^{ox} = \frac{17,8 \cdot 1,36 \cdot 8,5}{(273 + 32,4) \cdot 100} \cdot 0,25^2 = 0,00002 \approx 0 \text{ Н/кН};$$

$$h_w^{ox} = \left[(0,5 + 0) \cdot 180,14 + 0,23 \cdot 8,83 \cdot 5,25^2 + (0,56 + 0,23 \cdot 4,73) \cdot 3 \cdot 5,25^2 \right] \cdot 10^{-3} = 0,28 \text{ м эн. в.};$$

$$h_{нз} = (94,30 \cdot 1,5 + 96,33 \cdot 1,0) \cdot 10^{-3} = 0,24 \text{ м эн. в.}$$

При двух тормозных позициях на спускной части горки $K_y = 1,2$:

$$H_T^{\text{потр}} = 1,2(4,18 + 0,32 - 0,28 - 0,24) = 4,78 \text{ м эн. в.}$$

При оценке общей мощности тормозных средств следует помнить, что технические средства торможения вагонов, с одной стороны, обеспечивают повышение темпа и качества выполнения технологических операций, устраняют ручной труд и интенсифицируют процесс переработки вагонов, с другой – являются потенциальными источниками сбоев в работе горок из-за возможности появления собственных отказов. В зависимости от условий работы и типа замедлителей вероятность безотказной работы P_n их механизмов изменяется в пределах от 0,92 до 0,98. Источником отказов системы торможения является также комплекс устройств воздушоснабжения (компрессор, трубопровод и воздухохоборник), неудовлетворительное состояние боковых поверхностей колес вагонов (загрязнения, осадки), ошибки оператора при дистанционном управлении замедлителями и другие.

Особое значение имеет оценка влияния надежности работы системы торможения вагонов на выбор тормозной мощности [21]. Тормозная мощность одного замедлителя является случайной величиной, распределённой по нормальному закону с математическим ожиданием \bar{h}_T и среднеквадратическим отклонением σ_T . Суммарная мощность n замедлителей

$$\sum h_T = \bar{h}_T - t_n \sigma_T,$$

где t_n – нормированное отклонение суммарной мощности от средней величины.

Тип и количество замедлителей принимается на основании минимально необходимой величины суммарной мощности тормозных средств на спускной части сортировочной горки $H_T^{\text{потр}}$. Так, на первой и второй тормозных позициях к проектированию принимаются, как правило, более мощные двухрельсовые замедлители одного типа. Минимально необходимую мощность первой $h'_{T(\min)}$ и максимальную мощность второй $h''_{T(\max)}$ тормозных позиций можно определить в соответствии с подразд. 4.8 [8] и примером 9 [9]. На первой тормозной позиции укладывается два замедлителя (мощностью не менее $h'_{T(\min)}$ каждый), один из которых является резервным и в расчетах не учитывается, а на второй – два либо три замедлителя. При этом мощность ТП (без учета резервных замедлителей) должна обеспечивать вход ОХ бегуна на замедлитель второй тормозной позиции со скоростью, не выше допустимой по конструкции замедлителя (см. таблицы 4.14, 4.15 [8], [23], приложение В). На парковой тормозной позиции ГСМ и ГММ следует по возможности устанавливать один однорельсовый замедлитель меньшей мощности с целью удешевления общей стоимости проекта, т. к. количество парковых замедлителей – наибольшее (укладываются на каждом пути сор-

тировочного парка). При наличии трех тормозных позиций мощность парковых замедлителей в расчетах общей мощности тормозных средств не учитывается.

Наличная суммарная мощность тормозных средств спускной части горки без учета отказов элементов системы торможения вагонов

$$H_T^{\text{нал}} = h_{1\text{ТП}} + h_{2\text{ТП}}.$$

Общая мощность принятых к проектированию замедлителей тормозных позиций $H_T^{\text{нал}}$, расположенных на спускной части горки, должно удовлетворять следующему условию:

$$H_T^{\text{нал}} \geq H_T^{\text{потр}}.$$

При этом следует стремиться к равенству левой и правой частей условия, что обеспечит наибольшую эффективность использования применяемых технических средств торможения вагонов.

Для рассматриваемого примера целесообразно применить современные вагонные замедлители типа ЗВУ (см. приложение В). Так, при укладке на тормозных позициях замедлителей ЗВУ-01 мощностью 1,5 м эн. в. мощность первой ТП составит 1,5 м эн. в. (без учета резервного замедлителя), что больше $h'_{T(\text{min})} = 1,15$ м эн. в. (пример 9 [9]). Мощность второй $h_{2\text{ТП}} = 2 \cdot 1,5 = 3,0$ м эн. в., что больше $h''_{(\text{max})} = 2,5$ м эн. в. (пример 9 [9]). Суммарная мощность тормозных средств спускной части горки составит $H_T^{\text{нал}} = 1,5 + 3,0 = 4,5$ м эн. в., что не обеспечивает расчетный режим торможения ОХ бегуна, т.к. $H_T^{\text{нал}} < H_T^{\text{потр}}$.

Следовательно, необходимо принять более мощные замедлители, например ЗВУ-00 (1,7 м эн. в.). Мощность первой ТП при этом составит 1,7 м эн. в. (без резервного замедлителя), а второй – $h_{2\text{ТП}} = 2 \cdot 1,7 = 3,4$ м эн. в. Тогда суммарная мощность тормозных средств $H_T^{\text{нал}} = 1,7 + 3,4 = 5,1$ м эн. в.

Сравнивая наличное значение мощности первой и второй тормозных позиций с требуемым их уровнем, а также суммарной мощности тормозных средств спускной части горки с рассчитанным значением потребной общей мощности, можно утверждать, что наличной мощности тормозных позиций достаточно, т.к. $H_T^{\text{нал}} > H_T^{\text{потр}}$, или $5,1 > 4,78$.

Выполним расчет потребной суммарной мощности тормозных средств для горки малой мощности по исходным данным таблицы 4.12.

Для ГММ $v_{0(\text{max})} = 1,4$ м/с. Тогда

$$h_{0(\text{max})} = \frac{1,4^2}{2 \cdot 9,65} = 0,1 \text{ м эн. в.}$$

$$t_6 = 16,7 + 0,3 \cdot 2(33,2 - 16,7) = 26,6 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$v_{cp} = (1,4 + 7) / 2 = 4,2 \text{ м/с};$$

$$v_p = \sqrt{2,3^2 + 4,2^2 - 2 \cdot 2,3 \cdot 4,2 \cos 12,5} = 2,02 \text{ м/с};$$

$$\alpha = \arcsin \left(\frac{2,3 \sin 12,5}{2,02} \right) = 14,27^\circ .$$

Значение C_x получаем интерполированием. В соответствии с таблицей 4.5 [8] значение C_x определяется интерполяцией для величины $\alpha = 14,27^\circ$ и четырехугольного полувагона между значениями $C_x = 1,68 \text{ Н/кН}$ ($\alpha = 10^\circ$) и $C_x = 1,83 \text{ Н/кН}$ ($\alpha = 20^\circ$). Следовательно,

$$C_x = 1,68 + \frac{(14,27 - 10) \cdot (1,83 - 1,68)}{(20 - 10)} = 1,74;$$

Так как $v_{II} < v_{cp}$ принимаем w_{cb}^{ox} со знаком «+»:

$$w_{cb}^{ox} = \frac{17,8 \cdot 1,74 \cdot 8,5}{(273 + 26,6) \cdot 100} \cdot 2,02^2 = 0,036 \text{ Н/кН};$$

$$h_w^{ox} = 10^{-3} \left[(0,5 + 0,036) \cdot 136,07 + 4,2^2 \cdot 0,23 \cdot 2,19 + \right. \\ \left. + 1 \cdot 4,2^2 (0,56 + 0,23 \cdot 4,73) \right] = 0,11 \text{ м эн. в.};$$

$$h_{чз} = (47 \cdot 0,6 + 21 \cdot 1,0 + 186,15 \cdot 1,5) \cdot 10^{-3} = 0,33 \text{ м эн. в.}$$

При двух тормозных позициях на спускной части сортировочной горки $K_y = 1,25$:

$$H_T^{потр} = 1,25(1,97 + 0,10 - 0,11 - 0,33) = 2,04 \text{ м эн. в.}$$

Учитывая, что рассматриваемая горка значительно ниже, чем в предыдущем примере, выбор типа замедлителей целесообразно начинать с менее мощных, например ЗВУ-02 (1,3 м эн. в.)

$$H_T^{нал} = 1,3 + 2 \cdot 1,3 = 3,9 \text{ м эн. в.}$$

Можно сделать вывод о том, что наличной мощности тормозных позиций достаточно, т. к. $H_T^{потр} < H_T^{нал}$ или $2,04 < 3,9$, а принятый тип замедлителей обеспечит расчетные условия торможения ОХ бегуна.

4.4 Проектирование продольного профиля спускной части сортировочной горки и проверка его параметров построением кривых энергетических высот, кривых скорости и времени скатывания отцепов с горки

4.4.1 Продольный профиль спускной части сортировочной горки и сортировочных путей

Конструкция продольного профиля спускной части сортировочной горки (рисунок 4.14) существенно влияет на качество сортировочного процесса, так как во многом определяет скорость движения отцепов и обеспечивает необходимые интервалы между ними на разделительных элементах при установленной скорости, что оказывает влияние на безопасность и эффективность процесса роспуска составов. Так как уклон и длина большинства элементов продольного профиля может изменяться в определённом диапазоне, то процесс проектирования продольного профиля является многовариантным, а поиск лучшего решения начинается с построения первоначального варианта. Значительно облегчить этот процесс можно с помощью программного продукта САПР СГ (pp_sg.exe), порядок работы с которым подробно будет изложен далее в данном разделе пособия (п. 4.4.2).

Оптимизация величин уклонов спускной части горки представляет собой сложную задачу, при решении которой необходимо учитывать особенности динамики скатывания отцепов с различными ходовыми качествами, а также обеспечить все конструкционные и технологические требования. Для решения этой задачи могут использоваться различные критерии оптимальности:

- обеспечение минимальной величины горочного технологического интервала t_r . Однако такой подход целесообразен только в периоды сгущенного подвода поездов либо при наличии завершающих групп вагонов в составах поездов. Если горка загружена равномерно и величина резерва более 30 %, рационально использовать другие критерии оптимальности;

- достижение максимальной скорости роспуска составов поездов. С этой целью проектируется продольный профиль ступенчатой конструкции, однако такой профиль вызывает дополнительную нагрузку на сцепные приборы из-за вертикального смещения их осей. При высокой доле длиннобазного подвижного состава такой подход является нерациональным. Увеличения скорости роспуска можно добиться применением в основе конструкции профиля циклоиды – кривой скорейшего спуска. Применение такого профиля позволяет снизить высоту горки и скорость движения вагона на спускной части горки. Точность торможения при этом обеспечивается домкратовидными замедлителями;

- наиболее полное использование потребной мощности замедлителей спускной части горки. При высокой доле порожних вагонов такой подход нецелесообразен, так как учитывает только параметры одного вагона – ОХ бегуна, а не всего потока отцепов с различными режимами торможения;

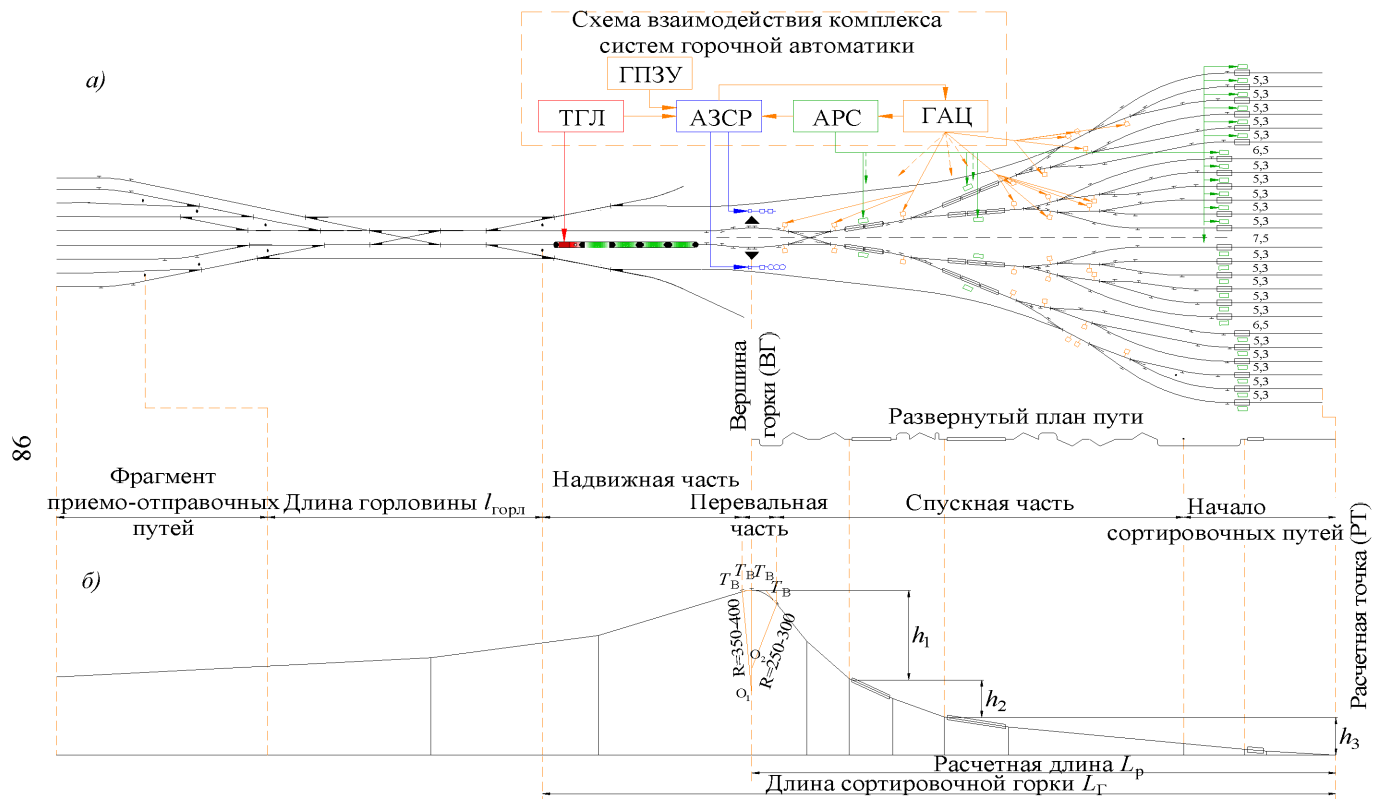


Рисунок 4.14 – Общая схема конструкции автоматизированной сортировочной горки: а – план выходной горловины парка приема, путей надвига, роспуска и сортировочных; б – продольный профиль надвигной, перевальной и спускной частей

– степень вогнутости продольного профиля. В качестве критерия оптимальной вогнутости используется допустимая скорость соударения вагонов на путях сортировочного парка. Однако такой подход также не учитывает всего многообразия параметров отцепов и режимов их торможения.

Один из основных подходов к проектированию продольного профиля основывается на критерии реализации максимально возможной скорости роспуска при обеспечении требуемого уровня безопасности. Геометрически это достигается проектированием вогнутого профиля (уклон каждого последующего элемента, начиная со скоростного участка, должен быть меньше либо равен предыдущему) с гладким сопряжением всех элементов с помощью сплайн-функций. Под гладко сопряженной понимается конструкция продольного профиля, в которой разность уклонов смежных элементов минимальна, а их крутизна плавно изменяется от одного элемента к другому. Такая конструкция профиля должна представлять собой единое целое, а участки тормозных позиций гладко вписаны в общее очертание профиля. Точки перелома профиля не должны попадать на отдельные элементы стрелочного перевода (остряки и крестовинную часть). При этом сопряжение элементов профиля достигается проектированием кривых в вертикальной плоскости, на которых не могут размещаться вагонные замедлители (границы прямых участков ТП располагаются на расстоянии 2–3 м от стыков замедлителей до точек перелома профиля).

Проектирование продольного профиля спускной части сортировочной горки выполняется в соответствии с методикой, изложенной в п. 4.9.2 [8] и по примеру 10 [9]. В конструкции продольного профиля спускной части сортировочной горки с тремя тормозными позициями выделяют, как правило, 11 элементов, характеристика и основные требования к которым приведены в таблице 4.13.

Одной из важнейших величин, влияющей на конструкцию профиля головного участка горки h_1 (рисунок 4.14), является высота скоростного участка $h_{\text{ск}}$ [8, ф. (4.80)], которая определяется из условия наиболее полного использования допустимой скорости входа вагона на замедлитель $v_{\text{вх(max)}}^{\text{зам}}$ при максимальной скорости роспуска $v_{0(\text{max})}$. На основании рисунка 4.15 уравнение энергетических высот выглядит следующим образом:

$$h_{\text{ск}} + h_{0(\text{max})} = h_{\text{max(охб)}}^{\text{вх}} + h_{\text{в(охб)}}^{\text{вт-тп1}},$$

где $h_{\text{max(охб)}}^{\text{вх}}$ – энергетическая высота, соответствующая максимальной допустимой скорости входа ОХ бегуна на замедлитель $v_{\text{вх(max)}}^{\text{зам}}$; м эн. в.,

$$h_{\text{max(охб)}}^{\text{вх}} = (v_{\text{вх(max)}}^{\text{зам}})^2 / 2g'_{\text{охб}};$$

$h_{\text{в(охб)}}^{\text{вт-тп1}}$ – энергетическая высота, потерянная ОХ бегуном на преодоление всех сил сопротивлений на участке от вершины горки до начала замедлителя первой тормозной позиции, м эн. в.,

$$h_{\text{в(охб)}}^{\text{вт-тп1}} = \left[l_1 (w_0 \pm w_{\text{сп}}) + n_{\text{сп}} (0,56 + 0,23 \alpha_{\text{сп}}) \bar{v}_1^2 + 0,23 \sum \alpha_{\text{кр}} \bar{v}_1^2 \right] \cdot 10^{-3}.$$

Таблица 4.13 – Характеристика элементов продольного профиля спускной части горки

Наименование элемента	Требования к проектированию, расчетные формулы, примечания	Образуют скоростной участок горки (участок на котором отцеп набирает скорость) $h_{ск}$
1 Первый тангенс вертикальной сопрягающей кривой (от ВГ до ВУП вертикальной кривой)	$T'_в = \frac{R_в \cdot \Delta i}{2000}$ (ф. 4.23, [8]); $i_{T'_в} = 0,167i'_{ск}$ (ф. (4.27), [8])	
2 Второй тангенс вертикальной сопрягающей кривой (от ВУП вертикальной кривой до начала первого скоростного элемента)	$T''_в = \frac{R_в \cdot \Delta i}{2000}$ (ф. 4.23, [8]); $i_{T''_в} = 0,833i'_{ск}$ (ф. (4.28), [8]). Начало и конец кривой, сопрягающей перевальную и спускную части сортировочной горки, получают с помощью двух тангенсов равной длины ($T'_в = T''_в$) уклонами $i_{T'_в}$ и $i_{T''_в}$	
3 Первый скоростной элемент (от конца вертикальной сопрягающей кривой до середины предстрелочного участка ($l_{пр}/2$) или центра первого стрелочного перевода плюс 2–3 м)	$i'_{ск}$ принимается по возможности наибольшим, но не более 50 ‰ (при полной автоматизации 65 ‰ $\geq i'_{ск} \geq 40$ ‰) и не менее 40–45 ‰ для ГПМ и ГБМ, 35–40 ‰ – ГСМ, 25–30 ‰ – ГММ	
4 Второй скоростной элемент (от середины предстрелочного участка или центра первого стрелочного перевода плюс 2–3 м до точки, расположенной ближе ИТП на 2–3 м)	$i''_{ск}$ рассчитывается из условия наибольшей высоты скоростного участка $h_{ск}$ (ф. 4.80, [8]) и принимается по разнице уклонов скоростных элементов $i'_{ск}$ и $i''_{ск}$, которая не должна превышать 25 ‰	
5 Участок размещения ИТП (с учетом 2–3 м с каждой стороны тормозной позиции)	$i''_{ск}$ принимается не менее 12 ‰ (не менее 7 ‰ для ГММ), но не более	
6 Промежуточный участок (между первой и второй тормозными позициями с учетом уменьшения длины на 2 м с каждой стороны)	$i_{пр}$ рассчитывается геометрически после определения параметров двух частей спускной части: от ВГ до конца ИТП и от РТ – до начала ШТП. Должен удовлетворять условию вогнутости $i_{T1} \geq i_{пр} \geq i_{T2}$	
7 Участок размещения ШТП (с учетом 2–3 м с каждой стороны тормозной позиции)	i_{T2} не менее 7 ‰ (не менее 10 ‰ для холодных климатических зон)	
8 Участок стрелочной зоны (от конца ШТП плюс 2–3 м до наиболее удаленного в сортировочный парк предельного столбика)	$i_{стр}$ принимается от 1 до 1,5 ‰ (до 2,5 ‰ для холодных климатических зон либо количестве путей в сортировочном парке более 30)	
9 Участок сортировочных путей (от предельного столбика наиболее удаленного стрелочного перевода до точки, расположенной на 2 м перед ШТП)	$i_{сп1}$ принимается 1,5 ‰, допускается принимать параметры как и на стрелочной зоне	
10 Участок размещения парковой ШТП (с учетом 2–3 м с каждой стороны замедлителей тормозной позиции)	i_{T3} принимается 1,5 ‰ (до 2 ‰ в кривых участках, при оборудовании ШТП двухрельсовыми замедлителями – до 8 ‰ при соответствующем обосновании)	
11 Участок сортировочных путей (от конца ШТП плюс 2 м до РТ)	$i_{сп2}$ принимается 0,6 ‰ (в пределах расчетной части горки)	
<i>Примечание</i> – Указанные расстояния 2–3 м от точек перелома до элементов плана необходимы для размещения вертикальных сопрягающих кривых и могут быть рассчитаны достаточно точно по формуле $T_в = (R_в \cdot \Delta i) / 2000$ (ф. (4.23) [8]).		

В случае размещения первой тормозной позиции перед разделительным стрелочным переводом $n_{стр} = 0$ и выражение для расчета $h_{w(oxб)}^{вр-тп1}$ упрощается. После подстановки $h_{max(oxб)}^{вх}$ и $h_{0(max)}$ в исходное уравнение

$$h_{ск} = [(v_{вх(max)}^{зам})^2 - v_{0(max)}^2] / 2g'_{oxб} + h_{w(oxб)}^{вр-тп1}.$$

Первоначально профильная высота головного участка горки h_1 определяется из условия $h_1 = h_{ск}$, однако не всегда возможно запроектировать горку с максимальной величиной $h_1 = h_{ск}$ ($h_{ск} > H_p - h_2 - h_3$), как показано на рисунке 4.14, б. В этом случае значение h_1 можно уменьшить за счет снижения принятых скоростей движения вагона. В среде САПР СГ величину h_1 можно определить, заменив $v_{вх(max)}^{зам}$ в формуле (4.80) [8] на фактическую скорость входа ОХ бегуна на замедлитель $v_{вх}^{зам}$, полученную при моделировании работы горки, а среднюю скорость \bar{v}_1 на участке l_1 [8, ф. (4.81)] принять в соответствии с таблицей 4.6 [8]. Учитывая, что $h_{ск}'' = h_1 - (h'_{тв} + h'_{тв} + h'_{ск} + h_{тп1}^B)$ то уклон второго скоростного участка $i''_{ск} = h_{ск}'' / l''_{ск} \cdot 10^3$ (рисунок 4.15).

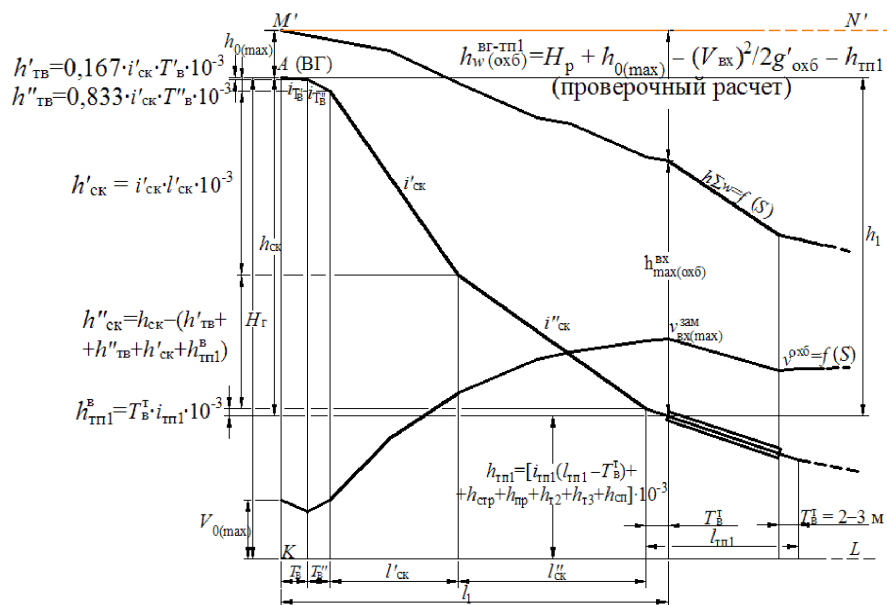


Рисунок 4.15 – Схема определения параметров продольного профиля головного участка спускной части сортировочной горки

Таким образом, в соответствии с приведенными рекомендациями в данном пункте должен быть выполнен выбор параметров элементов первоначального варианта профиля ($i'_{ск}$, $i_{сп2}$, $i_{т3}$, $i_{сп1}$, $i_{стр}$, $i_{т2}$, $i_{т1}$) и обоснованы параметры его конструкции, полученные при автоматизированном проектировании (T'_B , T''_B ,

$l''_{ск}, l''_{ск}, h_{ск}, i''_{ск}, i_{пр}$). Величина $i_{пр}$ является вариантной и должна удовлетворять условию $i_{т2} \leq i_{пр} \leq i_{т1}$ [8, ф. (4.82)]. Для проверки правильности выполненных расчетов в заключение пункта необходимо рассчитать высоту каждого элемента профиля h_i , которая является произведением его длины l_i на уклон i и равна $h_i = l_i \cdot 10^{-3}$. Сумма геометрических высот всех элементов профиля $\sum h_i$ должна быть равна принятой высоте сортировочной горки H_p .

4.4.2 Автоматизированное проектирование продольного профиля сортировочной горки

Проверить правильность расчета минимально необходимой высоты сортировочной горки и конструирования продольного профиля ее спускной части целесообразно с использованием компьютерных средств автоматизированного проектирования.

Для автоматизированного расчета и проектирования сортировочной горки необходимо воспользоваться компьютерной программой «PP_SG». Подробная характеристика данного программного средства приведена в пособии [8, приложение Б]. Окно ввода технических параметров и климатических условий выполнения горочных расчетов (*Page 1*) показано на рисунке 4.16.

САПР продольного профиля сортировочной горки

Файл Справка

Исходные данные для расчета сопротивлений движению отцепов

Параметры расчетных бегунов, трудного (ТП), соседнего с трудным (СТП) и легкого (ЛП) путей

Плохой бегун ПБ/ОПБ

Тип вагона Крытый 4-осн. База вагона, м 11,63

Основное сопротивление движению Н/кН Масса вагона, т 30 Длина вагона, м 14,73

Скорость движения при моделир. ПР

Средневзвешенная Нг по румбам

Хороший бегун ХБ/ОХБ

Тип вагона Полувагон 4-осн. База вагона, м 10,45

Основное сопротивление движению Н/кН Масса вагона, т 70 Длина вагона, м 13,92

Расчет ТП и ЛП путей

Число путей в пучке (max=8) 8

Очень хороший бегун ОХБ

Тип вагона Полувагон 4-осн.

Масса вагона, т 100

Параметры сортировочной горки

Скорость входа на ТП, м/с 7 Тип горки ГБМ

Количество ТП на спускной части горки и СП 3

Климатические условия

Благоприятные условия

Средняя температура наиболее теплого месяца, °С 18,6

Максимальная температура наиболее теплого месяца, °С 37

Неблагоприятные условия

Средняя температура наиболее холодного месяца, °С -6,9

Минимальная температура наиболее холодного месяца, °С -37

Данные о ветре

Угол между направлением ветра и направлением движения отцепов, °

при попутном ветре 20 при встречном ветре 20

Скорость попутного ветра, м/с 5 Скорость встречного ветра, м/с 5,6

Завершить << Назад Дальше >> (C) Copyright 2002, 2007, ByelSUT С.А. Пожидаев, В.А. Пахомов

Рисунок 4.16 – Технические и климатические параметры расчета

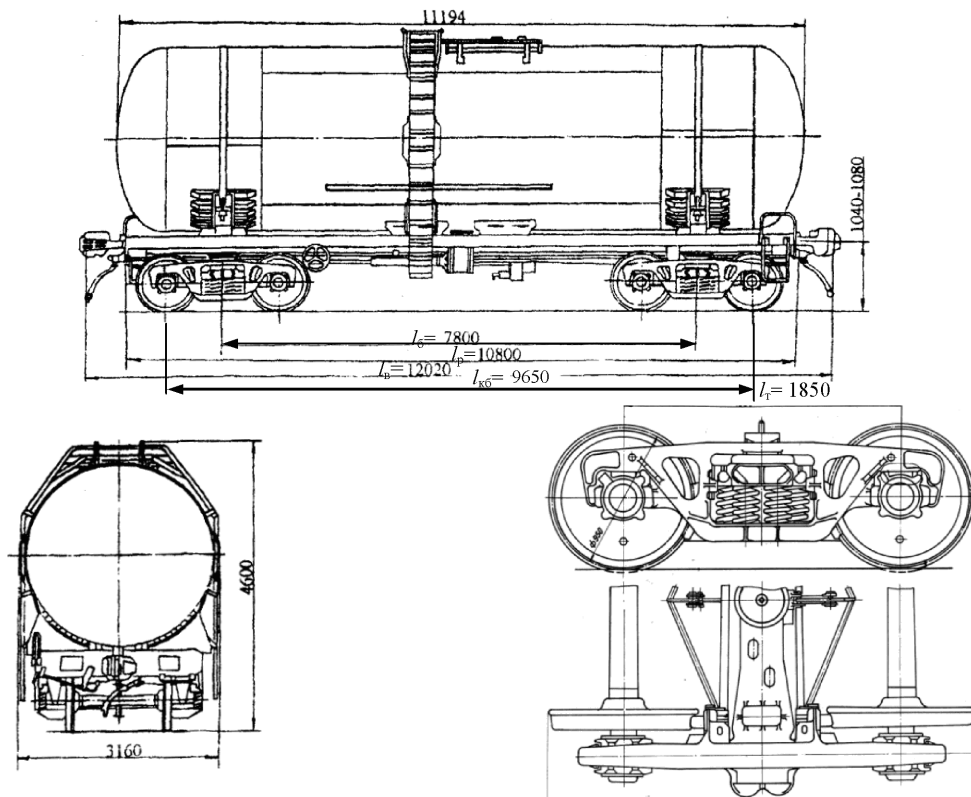


Рисунок 4.17 – Основные параметры цистерны для нефтеналивных грузов

Для выполнения проверочного расчета вводятся значения изменяющихся параметров только в заполненные поля: род вагона очень «плохого» бегуна (ОПБ), длина ОП бегуна по осям автосцепки, колесная база вагона по крайним точкам касания рельс поверхностью катания колесных пар (рисунок 4.17) и его масса, род, аналогичные геометрические параметры и масса «хорошего» бегуна (ХБ), мощность сортировочной горки (ГПМ, ГБМ, ГСМ или ГММ), количество тормозных позиций с учетом парковой, допустимая скорость входа отцепа на вагонный замедлитель или тормозной башмак. К климатическим благоприятным (летним) или неблагоприятным (зимним) условиям работы сортировочной горки относятся: средняя температура наиболее теплого и холодного месяца, максимально достигнутая температура окружающей среды в эти месяцы по данным метеорологических наблюдений за 25-летний период, направление и скорость встречного и попутного ветра в соответствующие периоды. Определение колесной базы цистерны $l_{кб}$ для перевозки нефтепродуктов показано на примере рисунка 4.17. Так, искомая величина включает базу вагона $l_б$ (по пяткам вагона) и базу тележки $l_т$. Таким образом, $l_{кб} = 7,80 + 1,85 = 9,65$ м. Аналогичный параметр для четырехосного крытого вагона составляет 11,63 м, полувагона – 10,45 м.

Для продолжения ввода исходных данных требуется нажать кнопку «Дальше». В новом окне вводятся параметры элементов плана развернутых длин расчетных путей: «трудного», соседнего с «трудным» и «легкого» (рисунок 4.18).



Рисунок 4.18 – Ввод параметров развернутых длин расчетных путей

Планы расчетных путей включают следующие элементы: прямые участки путей, криволинейные участки, стрелочные переводы и тормозные позиции.

При вводе параметров необходимо выбрать тип элемента (стрелочный перевод, кривая, прямая, тормозная позиция), нажав кнопку «Тип элемента», и задать его параметры. Например, для актуализации параметров стрелочного перевода (рисунок 4.19, *a*) необходимо ввести параметры «*a*», «*b*» и угол поворота отцепа в пределах переводной кривой стрелочного перевода, который равен половине угла крестовины α для разносторонних симметричных стрелочных переводов. Так, для симметричного стрелочного перевода марки крестовины 1/6 угол поворота составляет $\gamma = 4,73^\circ$.

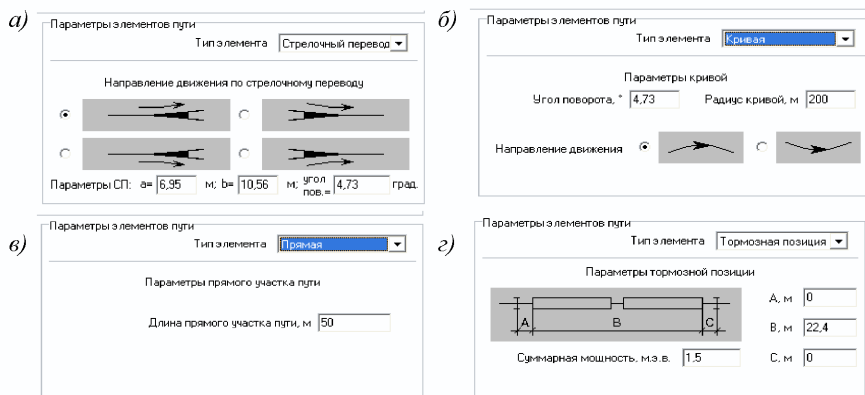


Рисунок 4.19 – Параметры элементов расчетных путей:

a – стрелочного перевода; *б* – криволинейного участка;
в – прямолинейного участка; *з* – тормозной позиции

При применении в горочных горловинах односторонних обыкновенных стрелочных переводов следует ввести в данное поле угол крестовины α такого перевода, если движение осуществляется на боковой пути, и «0», если отцеп движется по прямому пути в пределах актуализируемого стрелочного перевода. Также следует указать направление движения отцепа по переводу (лево- или правостороннее) и его расположение («пошерстный» или «противошерстный»). При вводе параметров криволинейного участка пути задаются угол поворота в кривой, радиус кривой и направление движения отцепа в кривой: право- или левостороннее (рисунок 4.19, *б*). Только один параметр характеризует прямолинейный участок пути: его длина, задаваемая в метрах (рисунок 4.19, *в*). Для отображения на плане расчетных путей тормозной позиции необходимо указать (рисунок 4.19, *з*) суммарную погашаемую энергетическую высоту вагонными замедлителями, укладываемых на позиции (тормозная мощность позиции), без учета мощности резервного замедлителя; общую длину тормозной позиции по тормозным балкам крайних замедлителей (параметр *B*); расстояние от концов тормозных балок крайних замедлителей до их изостыков (параметры *A* и *C*). Для упрощения ввода данные параметры *A* и *C* могут приниматься

равными нулю, тогда параметр B должен соответствовать суммарной длине тормозной позиции по рельсам (изостыкам) с учетом длины всех укладываемых на этой позиции вагонных замедлителей. Например, если на первой тормозной позиции механизированной сортировочной горки укладываются два четырехзвенных вагонных замедлителя типа ЗВУ-01, ее длина составит $l_{\text{тп}} = 22,4$ м, т.к. длина одного замедлителя по рельсам (изостыкам) равняется 11,2 м. В этом случае требуется ввести параметр $B = 22,4$ м, а параметры $A = C = 0$. Суммарная погашаемая энергетическая высота вагонными замедлителями данной тормозной позиции составит $2 \times 1,5$ м эн. в., однако в соответствующее поле необходимо ввести значение, равное 1,5 м эн. в., т.к. один из двух замедлителей считается резервным. При укладке на второй тормозной позиции рассчитываемой сортировочной горки трех замедлителей ЗВУ-01 указываются параметры $A = C = 0$, а параметр $B = 33,6$ м. Суммарная погашаемая энергетическая высота вагонными замедлителями составит 4,5 м эн. в. Если на третьей (парковой) тормозной позиции применяется однорельсовый вагонный замедлитель типа ЗВУМ, например, ЗВУМ-600-4-1 (замедлитель вагонный универсальный высотой 600 мм, четырехзвенный, однобалочный), то для расчета вводятся следующие параметры этого элемента: $A = C = 0$, $B = 11,2$ м, погашаемая энергетическая высота однорельсового замедлителя 0,85 м эн. в.

Следует отметить, что ввод параметров элементов расчетных путей является наиболее трудоемким процессом, требующим тщательной предварительной подготовки (см. подразд. 4.1). Во избежание ошибок ввода необходимо руководствоваться определенными правилами. *Во-первых*, все поля с параметрами элементов путей должны быть заполнены, в те поля, параметры которых имеют нулевое значение, вводится «0». *Во-вторых*, не требуется выполнять ввод всех без исключения элементов соседнего с «трудным» и «легкого» путей. В список элементов этих путей включаются только те из них, которые следуют за стрелочным переводом примыкания «легкого» пути к «трудному» и соседнего с «трудным» к «трудному» (включая стрелочный перевод примыкания). Для правильной реализации такого ввода данных необходимо указать номер элемента разветвления путей (общего стрелочного перевода примыкания) в соответствующем окне программы (см. рисунок 4.18). Данный элемент и будет начальным при отображении планов расчетных путей на чертежах («начальный элемент СТП», «начальный элемент ЛП»). *В-третьих*, для предотвращения потери данных необходимо периодически записывать в файл данные элементов путей на диск компьютера. Для записи данных применяется команда «Сохранение планов путей» (рисунок 4.20).

Программа «PP_SG» поддерживает файловую систему обмена данными, являющейся наиболее эффективной и надежной по сравнению с другими, например, системой управления базами данных или организованным

общим хранилищем данных. Подробно о форматах файлов, используемых в работе программы «PP_SG», изложено в пособии [8, приложение Б]. Имя файла данных путей должно соответствовать имени файла с данными технических параметров и климатических условий расчета сортировочной горки (расширение *.tch), создаваемого в процессе ввода и записи параметров на странице 1 программы (*Page 1*). Файл с параметрами элементов расчетных путей имеет расширение *.vhr и должен всегда находиться в каталоге (папке файлов) «с:\Program Files\PP_SG\DATA\» на системном диске «с:\» компьютера, как и другие файлы данных. *В-четвертых*, для корректной работы программы при записи файлов на диск с:\ и чтении данных доступ к этому диску должен быть открыт (наличие прав администратора или основного пользователя), что обеспечивается системным администратором или пользователем самостоятельно. *В-пятых*, записывать данные в файл можно только после того, как будут введены параметры начальных элементов каждого из трех расчетных путей. После включения новых элементов или редактирования ранее введенных параметров необходимо периодически перезаписывать данные в файл. *В-шестых*, разделителем целой и дробной частей числа в поле ввода параметров элементов путей является запятая «,», а не точка «.». Попытка ввести «.» будет игнорироваться программой, которая выдает при этом предупреждающий звуковой сигнал. Кроме того, будет игнорироваться попытка ввести повторно разделитель «,» или любой буквенный символ, а также специальные символы.

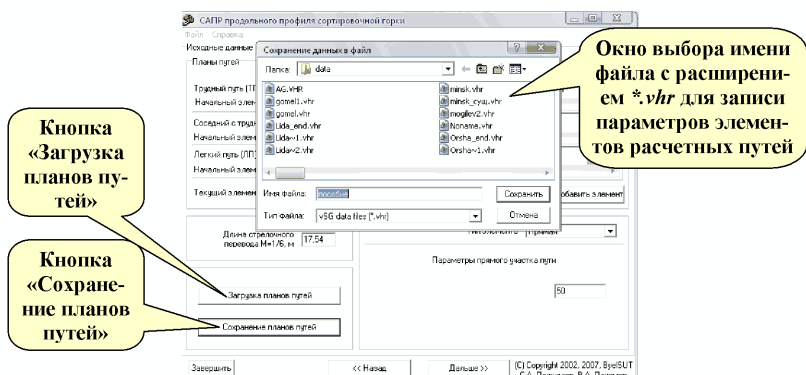


Рисунок 4.20 – Активация записи параметров элементов расчетных путей в файл

Сохраненные ранее данные параметров элементов расчетных путей могут быть импортированы в любой момент в программу командой «Загрузка планов путей» для выполнения требуемых манипуляций (см. рисунок 4.20).

Процесс ввода исходных данных облегчает возможность визуального контроля и редактирования списка элементов путей. Процесс редактирования подобен редактированию текстовой строки в программе «Microsoft Office Word»,

только вместо буквенных символов такая строка содержит графические изображения элементов путей. Ввод первого элемента одного из выбранных путей выполняется командой «Добавить элемент». Эта же команда используется для включения в список новых элементов, которые заносятся в конец списка. Активным является тот элемент, который «подсвечен» цветным выделением на экране. Если элемент введен неверно, его можно удалить командой «Удалить элемент». Удаляется тот элемент, который выделен цветом в окне программы. При возникшей потребности вставить дополнительный элемент во внутреннюю позицию списка необходимо воспользоваться командой «Вставить элемент». Новый элемент вставляется в поле плана соответствующего пути перед позицией того элемента, который был выделен до выполнения данной операции редактирования. Этот же элемент остается активным в окне отображения плана соответствующего пути. При необходимости выполнения корректировки параметров элемента можно воспользоваться несколькими способами: 1) в окне отображения символов элементов путей выбрать редактируемый элемент расчетного пути, установив на него курсор «мыши» с помощью щелчка («клика») левой или правой кнопки графического манипулятора. При этом указатель расчетного пути переключится в выбранное положение, выделяемый элемент станет активным, т.е. будет «подсвечен», и отобразится его индекс в окне номера элемента пути. Кроме того, произойдет также автоматическая прокрутка строки элементов выбранного пути таким образом, чтобы изображение выделенного элемента переместилось в центральную часть поля программы. Также на панель параметров элементов путей программой будут выведены все ранее введенные значения параметров выбранного элемента. Только после этого появляется возможность внесения изменений в соответствующие поля параметров. Для того чтобы эти изменения вступили в силу, необходимо активировать команду «Обновить элемент». В графическом поле отображения символов элементов путей появятся новые значения параметров. Этот способ позволяет полностью изменить все параметры элемента, включая его тип; 2) после выделения редактируемого элемента необходимо повторно выполнить «клик», направляя курсор «мыши» на цифровое поле справа от символического изображения элемента пути. При этом появится прямоугольная рамка, в которую помещены значения параметров выделенного элемента пути, разделенные пробелом (рисунок 4.21). Первая цифра обозначает код элемента: «0» – стрелочный перевод; «1» – криволинейный участок пути; «2» – прямолинейный участок пути; «3» – тормозная позиция. Код элемента не подлежит корректировке, поэтому данный способ не позволяет изменить тип самого элемента. Изменение параметров элементов выполняется с помощью команд редактирования, применение которых аналогично правилам редактирования в любом текстовом процессоре. Выполненные проектировщиком изменения автоматически заносятся и на панель параметров элементов путей; 3) файл с расширением *.vhr, содержащий параметры

элементов плана расчетных путей, создается программой в текстовом формате, поэтому он может быть отредактирован вне программы «PP_SG» средствами распространенных текстовых процессоров, например, блокнотом «Akel-Pad». Внешний вид блокнота с импортированным в программу файлом данных плана путей показан на рисунке 4.22.

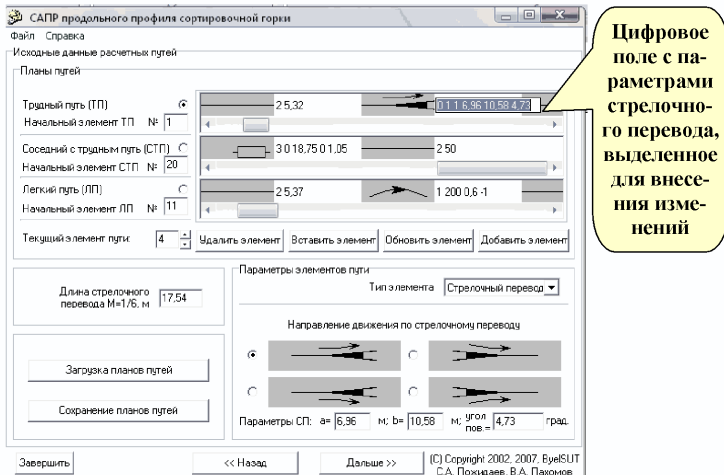


Рисунок 4.21 – Изменение параметров стрелочного перевода в окне отображения элементов «трудного» пути

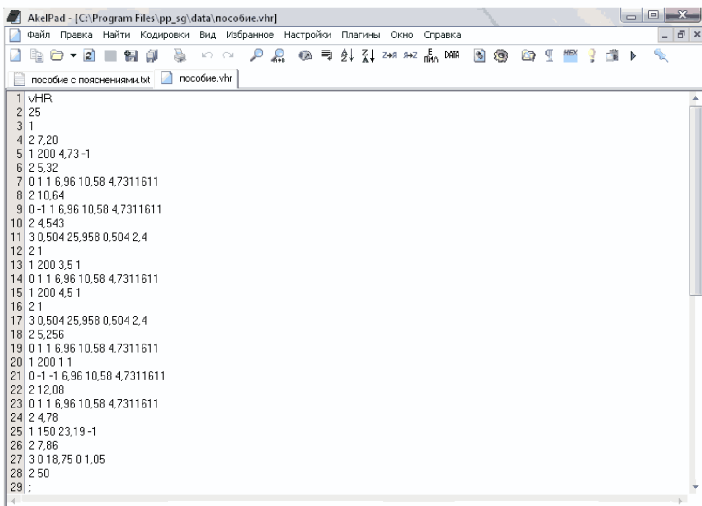


Рисунок 4.22 – Структура файла параметров расчетных путей

В этом случае вся «ответственность» за правильность внесения корректировки лежит на пользователе, поэтому ручную правку могут выполнить только подготовленные проектировщики. Для этого необходимо хорошо знать структуру файла параметров элементов плана расчетных путей. Характеристика структуры этого файла приведена в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Характеристика структуры файла параметров плана путей

Номер строки	Номер элемента	Значения параметров	Характеристика параметров
1	–	vHR	Идентификационный код расширения файла
2	–	25	Общее количество элементов плана «трудного» пути
3	–	1	Номер начального элемента плана «трудного» пути (всегда присваивается № 1)
4	1	2 7,20	Прямой участок пути длиной 7,20 м
5	2	1 200 4,73 -1	Кривой участок пути: $R = 200$ м; $Y = 4,73^\circ$; правая кривая
6	3	2 5,32	Прямой участок пути длиной 5,32 м
7	4	0 1 1 6,95 10,56 4,73	Симметричный стрелочный перевод марки 1/6: противошерстный; движение левостороннее; $a = 6,95$ м; $b = 10,56$ м; $Y = 4,73^\circ$
8	5	2 10,64	Прямой участок пути длиной 10,64 м
9	6	0 -1 1 6,95 10,56 4,73	Симметричный стрелочный перевод марки 1/6: пошерстный; движение левостороннее; $a = 6,95$ м; $b = 10,56$ м; $Y = 4,73^\circ$
10	7	2 4,543	Прямой участок пути длиной 4,543 м
11	8	3 0,504 25,958 0,504 2,1	Тормозная позиция: $A = 0,504$ м; $B = 25,958$ м; $C = 0,504$ м; суммарная тормозная мощность $p = 2,1$ м эн. в.
12	9	2 1	Прямой участок пути длиной 1,0 м
13	10	1 200 3,5 1	Кривой участок пути: $R = 200$ м; $Y = 3,5^\circ$; левая кривая
14	11	0 1 1 6,95 10,56 4,73	Симметричный стрелочный перевод марки 1/6: противошерстный; движение левостороннее; $a = 6,95$ м; $b = 10,56$ м; $Y = 4,73^\circ$
15	12	1 200 4,5 1	Кривой участок пути: $R = 200$ м; $Y = 4,5^\circ$; левая кривая
16	13	2 1	Прямой участок пути длиной 1,0 м
17	14	3 0,504 25,958 0,504 4,2	Тормозная позиция: $A = 0,504$ м; $B = 25,958$ м; $C = 0,504$ м; суммарная тормозная мощность $p = 4,2$ м эн. в.
18	15	2 5,256	Прямой участок пути длиной 5,256 м
19	16	0 1 1 6,95 10,56 4,73	Симметричный стрелочный перевод марки 1/6: противошерстный; движение левостороннее; $a = 6,95$ м; $b = 10,56$ м; $Y = 4,73^\circ$

Продолжение таблицы 4.14

Номер строки	Номер элемента	Значения параметров	Характеристика параметров
20	17	1 200 1 1	Кривой участок пути: $P = 200$ м; $Y = 1,0^\circ$; левая кривая
21	18	0-1-1 6,95 10,56 4,73	Симметричный стрелочный перевод марки 1/6: пошерстный; движение правостороннее; $a = 6,95$ м; $b = 10,56$ м; $Y = 4,73^\circ$
22	19	2 12,08	Прямой участок пути длиной 12,08 м
23	20	0 1 1 6,95 10,56 4,73	Симметричный стрелочный перевод марки 1/6: противощерстный; движение левостороннее; $a = 6,95$ м; $b = 10,56$ м; $Y = 4,73^\circ$
24	21	2 4,78	Прямой участок пути длиной 4,78 м
25	22	1 150 23,19 -1	Кривой участок пути: $P = 150$ м; $Y = 23,19^\circ$; правая кривая
26	23	2 15,12	Прямой участок пути длиной 15,12 м
27	24	3 0 11,49 0 1,3	Парковая тормозная позиция: $A = 0$ м; $B = 11,49$ м; $C = 0$ м; тормозная мощность $p = 1,3$ м эн. в. (ЗВУ-02)
28	25	2 50	Прямой участок пути длиной 50,0 м
29	–	;	Разделитель параметров плана «трудного» и соседнего с «трудным» путей
30	–	6	Общее количество элементов плана соседнего с «трудным» пути
31	–	20	Индекс (номер) начального элемента плана соседнего с «трудным» пути
32	20/1*	0 1 -1 6,95 10,56 4,73	Симметричный стрелочный перевод марки 1/6: противощерстный; движение правостороннее; $a = 6,95$ м; $b = 10,56$ м; $Y = 4,73^\circ$
33	21/2	2 19,56	Прямой участок пути длиной 19,56 м
34	22/3	1 200 13,73 -1	Кривой участок пути: $P = 200$ м; $Y = 13,73^\circ$; правая кривая
35	23/4	2 12,2	Прямой участок пути длиной 12,2 м
36	24/5	3 0 11,49 0 1,3	Парковая тормозная позиция: $A = 0$ м; $B = 11,49$ м; $C = 0$ м; тормозная мощность $p = 1,3$ м эн. в. (ЗВУ-02)
37	25/6	2 50	Прямой участок пути длиной 50,0 м
38	–	;	Разделитель параметров плана соседнего с «трудным» и «легкого» путей
39	–	16	Общее количество элементов плана «легкого» пути
40	–	11	Индекс (номер) начального элемента плана «легкого» пути
41	11/1*	0 1 -1 6,95 10,56 4,73	Симметричный стрелочный перевод марки 1/6: противощерстный; движение правостороннее; $a = 6,95$ м; $b = 10,56$ м; $Y = 4,73^\circ$

Окончание таблицы 4.14

Номер строки	Номер элемента	Значения параметров	Характеристика параметров
42	12/2	2 5,37	Прямой участок пути длиной 5,37 м
43	13/3	1 200 0,6 -1	Кривой участок пути: $P = 200$ м; $Y = 0,6^\circ$; правая кривая
44	14/4	2 8,63	Прямой участок пути длиной 8,63 м
45	15/5	3 0,504 25,958 0,504 4,2	Тормозная позиция: $A = 0,504$ м; $B = 25,958$ м; $C = 0,504$ м; суммарная тормозная мощность $p = 4,2$ м эн. в.
46	16/6	2 5,256	Прямой участок пути длиной 5,256 м
47	17/7	0 1 1 6,95 10,56 4,73	Симметричный стрелочный перевод марки 1/6: противошерстный; движение левостороннее; $a = 6,95$ м; $b = 10,56$ м; $Y = 4,73^\circ$
48	18/8	1 200 2,5 1	Кривой участок пути: $P = 200$ м; $Y = 2,5^\circ$; левая кривая
49	19/9	0 1 -1 6,95 10,56 4,73	Симметричный стрелочный перевод марки 1/6: противошерстный; движение правостороннее; $a = 6,95$ м; $b = 10,56$ м; $Y = 4,73^\circ$
50	20/10	2 6,273	Прямой участок пути длиной 6,273 м
51	21/11	0 1 -1 6,95 10,56 4,73	Симметричный стрелочный перевод марки 1/6: противошерстный; движение правостороннее; $a = 6,95$ м; $b = 10,56$ м; $Y = 4,73^\circ$
52	22/12	2 35,083	Прямой участок пути длиной 35,083 м
53	23/13	1 200 1,27 -1	Кривой участок пути: $P = 200$ м; $Y = 1,27^\circ$; правая кривая
54	24/14	2 16,8	Прямой участок пути длиной 16,8 м
55	25/15	3 0 11,49 0 1,3	Парковая тормозная позиция: $A = 0$ м; $B = 11,49$ м; $C = 0$ м; тормозная мощность $p = 1,3$ м эн. в. (ЗБУ-02)
56	26/16	2 50	Прямой участок пути длиной 50,0 м
* Дробный номер: числитель – номер элемента плана «легкого» пути, начиная отсчет от вершины горки; знаменатель – то же, начиная отсчет от разделительного стрелочного перевода.			

В строках файла последовательно записана информация о параметрах элементов «трудного», соседнего с «трудным» и «легкого» путей. Значения параметров элементов разделены пробелом, последовательность их размещения соответствует описанию, приведенному в данном разделе. Для внесения изменений используются обычные команды редактирования текста.

Необходимость ручной корректировки параметров, содержащихся в файлах *.vhr, может возникнуть лишь в том случае, когда происходит сбой в работе программы из-за попытки ее нетипового использования, неверного ввода исходных данных, несоответствия планов расчетных путей сведениям, заданным в технических условиях расчета на странице 1 программы (Page 1) или в результате компилирования других ошибочных, т.н. исключительных, ситуаций. Кроме того, необходимо знать, что в процессе рабо-

ты программы в реальном времени создается файл «*Noname.vhr*», содержащий дублируемые параметры плана расчетных путей, введенных и записанных пользователем, но с ошибками. Файл «*Noname.vhr*» помещается в папку «с:\Program Files\PP_SG\DATA\». Наличие такого файла позволит значительно быстрее исправить ошибки, допущенные при вводе данных и внести исправления в ручном режиме, скопировав содержимое временного файла «*Noname.vhr*» в файл пользователя.

Закончив ввод исходных данных, с помощью кнопки «Дальше» переходят к странице ввода параметров графоаналитического расчета горки (Page 3), включающих уклоны и длины элементов профиля, параметры аппроксимации, настройки чертежа с результатами графоаналитического расчета и др. В любой период работы можно вернуться к страницам 1 (Page 1) и 2 (Page 2) для внесения оперативных изменений, используя кнопку «Назад».

На этапе расчета основных параметров сортировочной горки и проектирования продольного профиля ее спускной части на странице 3 программы (Page 3) требуется выполнить лишь минимальные действия. В частности, необходимо указать длину первого скоростного участка и режим отображения профиля горки: слева направо или справа налево (рисунок 4.23).

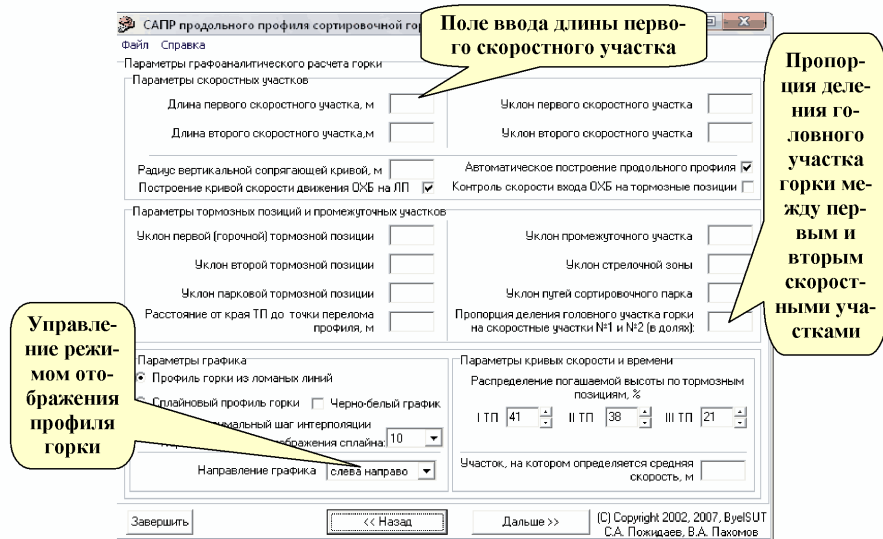


Рисунок 4.23 –Параметры графоаналитического расчета горки

Длину первого скоростного участка определяет положение точки перелома профиля между первым и вторым скоростными участками [8, п. 4.9.2], которая привязывается к центру первого стрелочного перевода по маршруту

скатывания отцепов плюс 2–3 м, с учетом тангенсов вертикальной сопрягающей кривой на перевальной части горки со стороны ее спускной части (таблица 4.13). Такая конструкция позволяет уменьшить длину скоростного элемента путем его разбиения на два более коротких участка, обеспечить требование расположения остряжков и крестовины первого стрелочного перевода вне вертикальной кривой сопряжения смежных элементов профиля. По конструктивным соображениям первый стрелочный перевод (остряжки) располагают от вершины горки не ближе 23 м (см. таблицу 4.1). В то же время необходимо следить, чтобы длина прямого участка в профиле на первом скоростном элементе между тангенсами вертикальных сопрягающих кривых была не меньше 20 м (см. рисунок 4.7). С учетом этого требования при расположении тормозной позиции перед первым разделительным стрелочным переводом длина головного участка горки должна составлять около 36 м. В случае невыполнения этого условия программа выдаст соответствующее предупреждение, и продольный профиль спускной части горки построен не будет.

Иногда для проектирования 20-метрового прямого участка в профиле недостаточно длины головного участка горки. В этом случае следует отказаться от разбиения скоростного элемента на два участка и проектировать его как неделимый скоростной элемент профиля между вертикальной сопрягающей кривой перевальной части сортировочной горки и первой тормозной позицией. Для этого необходимо в соответствующем поле программы указать величину пропорции (в долях) деления головного участка горки между его скоростными участками, равную «1» (см. рисунок 4.23), вместо «0,5» (по умолчанию).

Завершив выполнение всех указанных действий, можно переходить к автоматическому проектированию самого продольного профиля спускной части горки в соответствии со сделанными проектировщиком установками, а также построению кривых энергетических высот, кривых скорости и времени скатывания расчетных бегунов от вершины горки до расчетной точки. Для этого активируется кнопка «Дальше» и программой формируется окно с результатами расчетов и графического построения профиля горки, расчетных кривых (*Page 4*). Навигация в данном окне осуществляется с помощью полос прокрутки либо путем удержания нажатой левой кнопки «мыши» и ее перемещения по полю для панорамирования чертежа. В случае «клика» правой кнопкой «мыши» на экране возникает «всплывающее» меню, содержащее ряд команд управления записью результатов расчета и отображением продольного профиля сортировочной горки (рисунок 4.24).

После получения результатов расчета следует убедиться, что минимально необходимая высота сортировочной горки на чертеже профиля горки соответствует ручному расчету (допустимо расхождение 3–5 см), конструкция продольного профиля имеет вогнутое геометрическое очертание с уменьшением величины уклона каждого последующего элемента профиля относительно предыдущего, начиная от вершины горки.

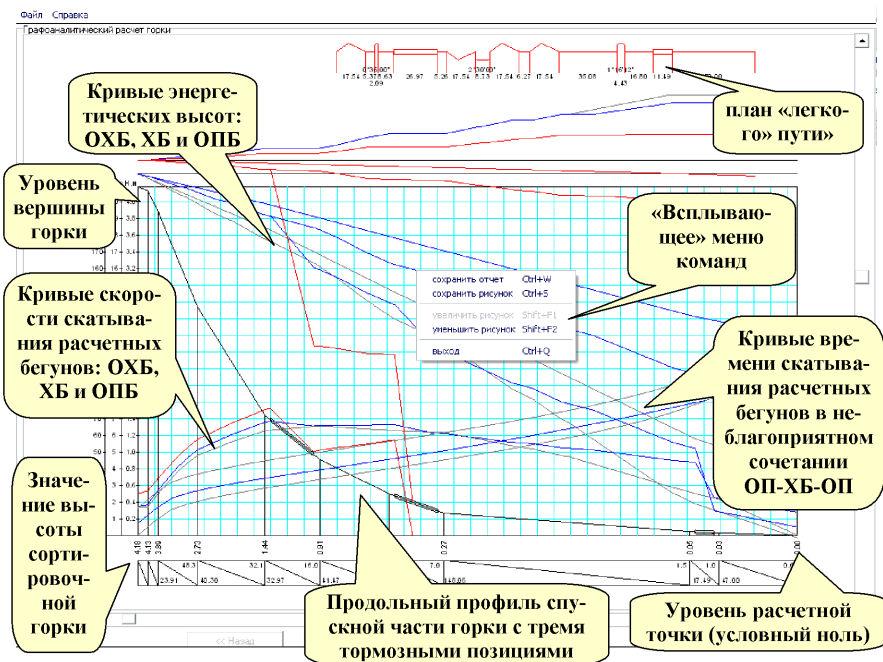


Рисунок 4.24 – Результаты графоаналитического расчета сортировочной горки

Суммарная кривая энергетических высот, потерянных на преодоление всех сил сопротивления движению ОП бегом, приходит в расчетную точку, что говорит о правильности расчета минимально необходимой высоты сортировочной горки, а X бегуна – соответствует допустимой скорости соударения вагонов в расчетной точке. Уклон первого скоростного участка должен быть наиболее крутым (до 50 %), но не менее чем 40–45 % для горок повышенной и большой мощности, 35–40 % – горок средней мощности и 25–30 % – малой мощности. Уклоны скоростных участков при проектировании автоматизированных сортировочных горок должны удовлетворять техническим требованиям систем автоматизации (см. п. 3.3.5 и приложение Д пособия) и обеспечивать надежную работу технических средств автоматики в заданном режиме. Разность сопрягаемых уклонов смежных элементов профиля не должна превышать 25 %, а уклоны каждого элемента должны соответствовать требованиям пособия [8, п. 4.9.2]. Общая мощность тормозных средств сортировочной горки на участке от вершины горки до конца второй тормозной позиции должна обеспечивать остановку ОХ бегуна на этой позиции, как это наглядно показано на рисунке 4.24. Скорость входа расчетных бегунов на конструктивные элементы технического оснащения сортировочной горки (вагонные замедлители, стрелочные переводы, тормозные башмаки, датчики), особенно

ОХ и Х бегунов, должна соответствовать допустимым значениям. Интервалы между отцепами, скатывающимися в неблагоприятном сочетании ОП (П)-ОХ (Х)-ОП (П), должны быть достаточными (при первоначальной оценке) для разделения этих отцепов по маршрутам движения на «трудный» и соседний с «трудным» пути при неблагоприятных условиях роспуска в контрольных точках (первый и последний разделительные стрелочные переводы по маршруту скатывания отцепов, тормозные позиции, расположенные на общем участке движения бегунов, предельные столбики). В случае невыполнения приведенных требований и проверок процедуру проектирования многократно повторяют, постепенно улучшая параметры продольного профиля сортировочной горки. Возврат к параметрам расчета производится кнопкой «Назад». Возможности автоматизированного проектирования позволяют с минимальными затратами времени рассмотреть большое количество вариантов конструкции продольного профиля проектируемой сортировочной горки и получить наиболее рациональное решение.

Помимо визуального оценивания результатов расчетов используются аналитические отчеты, формируемые программой. Для их анализа применяется команда главного меню «Файл...просмотреть...отчет» (комбинация клавиш Ctrl + Alt + V). Если все проверки выполняются, полученные результаты необходимо сохранить для оформления пояснительной записки проекта, а запроектированный продольный профиль спускной части сортировочной горки использовать для построения аналогичного чертежа на листе формата А1. Файловая система работы с данными, реализованная в программе «PP_SG», позволяет эффективно организовать хранение, импорт и экспорт данных. В процессе записи данных на диск программой автоматически генерируются следующие файлы: параметры элементов запроектированного продольного профиля («profil.pph»); результаты расчета скоростей движения отцепов в начале и в конце каждого элемента «трудного», соседнего с «трудным» и «легкого» путей («skorosti.txt»); продолжительность скатывания отцепов ОП и Х бегунов с горки при неблагоприятных условиях роспуска с заданной степенью детализации («real_time.txt»); параметры кубического сплайна и сплайновой аппроксимации продольного профиля горки («spline.txt» и «spline_res.txt»). Для экспорта данных в различные среды (офисные программы, графические редакторы и др.) по командам проектировщика формируются следующие дополнительные файлы: отчет о результатах расчета и проектирования продольного профиля сортировочной горки (файл с расширением *.txt); масштабный чертеж продольного профиля спускной части сортировочной горки и кривых энергетических высот, скорости и времени скатывания отцепов с горки (графический файл векторного формата с расширением *.emf). Команды создания этих файлов, активируемые проектировщиком, включены в главное меню программы (меню «Файл») и продублированы во «всплывающем» меню (рисунок 4.24). Все файлы с результатами расчета помещаются в папку, имеющую путь

доступа «с:\Program Files\PP_SG\OUTPUT\», кроме файла «*profil.pph*», который находится в папке с исходными данными «DATA».

Таким образом, в разделе «Проектирование продольного профиля сортировочной горки» пояснительной записки проекта дополнительно к традиционным расчетам следует представить схему продольного профиля спускной части сортировочной горки и кривые энергетических высот, скорости и времени скатывания отцепов с горки в формате А4, импортированные из графического файла *.emf, отчет о результатах расчета и проектирования сортировочной горки. На схеме продольного профиля все кривые должны быть обозначены. Конструкция продольного профиля спускной части сортировочной горки на чертеже формата А1 (приложение Д проекта) должна соответствовать параметрам продольного профиля, запроектированного с помощью средств САПР программного обеспечения «PP_SG». Значения этих параметров необходимо получить в проекте аналитическим путем в соответствии с методикой, изложенной в учебном пособии [8, п. 4.9.2] и п. 4.4.1 данного пособия.

4.4.3 Проверка основных параметров запроектированного профиля построением кривых энергетических высот, скорости и времени скатывания отцепов с горки

Проверка эксплуатационных качеств проектного продольного профиля спускной части горки выполняется построением кривых энергетических высот, потерянных расчетным бегуном на преодоление сил сопротивления движению, кривых скорости и времени скатывания отцепов с горки. Данный процесс представляет собой, по сути, имитационное моделирование процесса скатывания отцепов в расчетных сочетаниях с сортировочной горки и позволяет оценить вероятность обеспечения:

- допустимой скорости входа вагона на замедлители (см. приложение В) и стрелочные переводы (7 м/с для стрелочного перевода марки 1/6) по их конструкции;

- полной остановки ОХ бегуна на второй тормозной позиции при благоприятных условиях скатывания на «лёгкий» путь и максимальной скорости роспуска;

- необходимых интервалов для разделения отцепов на разделительных элементах спускной части горки (первый стрелочный перевод, первая и вторая тормозные позиции, предельный столбик наиболее удаленного стрелочного перевода);

- трогания с места вагона в случае его полной остановки на замедлителях спускной части горки;

- допустимой скорости входа вагона на пути сортировочного парка (1,4 м/с по условию соударения автосцепок вагонов);

- установленной скорости роспуска и возможности её повышения;

– контроля прохождения вагонов в глубину сортировочного парка с прицельной дальностью.

Построение кривых энергетических высот, потерянных расчетным бегуном на преодоление сил сопротивления движению, выполняется в соответствии с методикой, изложенной в п. 4.10.1 [8] и начинается с построения на чертеже развернутых планов путей («трудного», соседнего с ним и «лёгкого»). Развернутый план пути представляет собой отображение пути, образованное условными обозначениями конструктивных элементов горловины соответствующей длины (прямая, круговая кривая, стрелочный перевод, тормозная позиция), расположенными горизонтально (см. рисунки 4.11, а и 4.25).

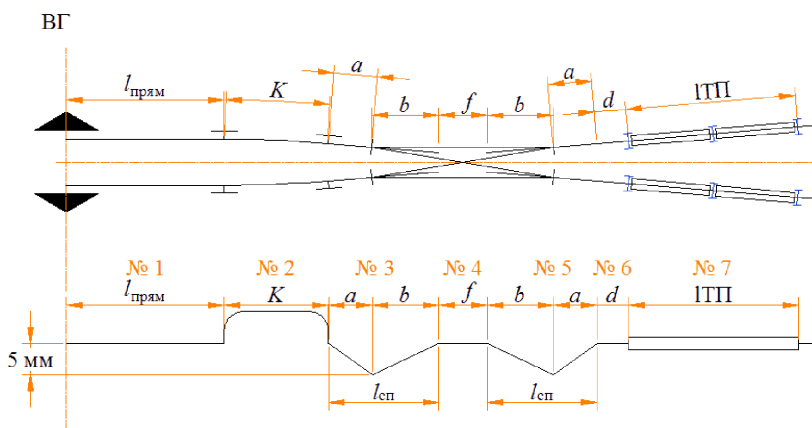


Рисунок 4.25 – Условные обозначения элементов плана горочной горловины

На рисунке 4.25 показан фрагмент развернутого плана пути с элементами горочной горловины от ВГ до конца первой тормозной позиции, обозначенными номерами № 1–7. Например, № 1 – прямой участок пути длиной $l_{\text{прям}}$; № 2 – круговая кривая длиной K ; № 3 – симметричный стрелочный перевод марки крестовины 1/6 с параметрами a и b , противощерстный с левосторонним движением; № 4 – прямой участок пути, являющийся расчетной прямой вставкой f , и т. д. При разработке развернутых планов путей горочной горловины с тремя путями надвига (см. рисунок 4.5), необходимо вычертить развернутые планы центрального и одного из крайних путей надвига до общего стрелочного перевода включительно.

Условия расчета и построения кривых энергетических высот, скоростей и времени хода отцепов приведены в таблице 4.15. Общий принцип построения кривых энергетических высот для ОП бегуна, потерянных на преодоление сопротивлений от стрелочных переводов и кривых участков путей, основного удельного, среды и ветра, показан на рисунке 4.26. Построения выполняются в масштабе $1 \text{ см} = 0,2 \text{ м эн. в.}$

Таблица 4.15 – Характеристика кривых энергетических высот, скоростей и времени хода отцепов

Расчетные условия	Название линии	Расчетные формулы	Примечания
Неблагоприятные условия скатывания, ОП бегун, «трудный» путь (ТП)	1 Кривая энергетических высот, потерянных на преодоление сопротивлений движению по стрелочным переводам и кривым участкам путей, $h_{w_{стр}+w_{кр}}^{ТП} = f(s)$	$h_{w_{стр}}^{ТП} =$ $= 1,75v_i^2(0,56 + 0,23\alpha_{стр}) \cdot 10^{-3};$ $h_{w_{кр}}^{ТП} = 1,75 \cdot 0,23\alpha_{кр}v_i^2 \cdot 10^{-3}$	Вычерчивается черным цветом вверх от линии $M'N'$, показывает потери энергии на преодоление сопротивлений от стрелочных переводов и кривых в любой точке спускной части горки по маршруту скатывания на трудный путь
	2 Кривая энергетических высот, потерянных на преодоление основного удельного сопротивления, от среды и ветра, снега и инея, $h_{w_o+w_{св}+w_{сн}}^{ОПБ} = f(s)$	$h_{w_o+w_{св}+w_{сн}}^{ОПБ} =$ $= (1,75(w_o + w_{св})l_i + w_{сн}l_{сн}) \cdot 10$	Вычерчивается черным цветом вниз от линии MN , показывает потери энергии на преодоление сопротивлений – основного удельного, среды и ветра, снега и инея, действующих на ОП бегун в любой точке спускной части горки
	3 Кривая энергетических высот, потерянных на преодоление всех сил сопротивления, $h_w^{ОПБ} = f(s)$	$h_w^{ОПБ} =$ $= h_{w_{стр}}^{ТП} + h_{w_{кр}}^{ТП} + h_{w_o+w_{св}+w_{сн}}^{ОПБ}$	Вычерчивается черным цветом вниз от линии MN , показывает потери энергии ОП бегуна на преодоление всех сопротивлений, в любой точке спускной части горки. Должна попасть в РТ
	4 Кривая скорости движения, $v^{ОПБ} = f(s)$	$h_v = H_p + h_0 - h_w^{ОПБ} - h_{проф};$ $v = \sqrt{2gh_v}$	Вычерчивается черным цветом вверх от линии KL (начало координат), показывает скорость отцепа в любой точке спускной части горки. На ВГ должна соответствовать установленной скорости роспуска v_0 . В РТ должна быть равна 0
	5 Кривая времени хода, $t^{ОПБ} = f(s)$	$t_0^{ок-оп} = (t_B^{оп} + t_B^{ок}) + 2\Delta t_{отп} / 2v_0;$ $t = s / v$	Вычерчивается черным цветом: одна линия от начала координат, вторая – от точки, отложенной на расстоянии $2t_0^{ок-оп}$ от начала координат. Показывает продолжительность скатывания отцепов от ВГ до любой точки спускной части горки. Обе линии должны быть параллельны

Продолжение таблицы 4.15

Расчетные условия	Название линии	Расчетные формулы	Примечания
Неблагоприятные условия скатывания, X бегун, соседний с «трудным» путь (СТП)	6 Кривая энергетических высот, потерянных на преодоление сопротивлений при движении по стрелочным переводам и кривым участкам путей, $h_{w_{стр}+w_{кр}}^{стп} = f(s)$	$h_{w_{стр}}^{стп} =$ $= 1,75v^2(0,56+0,23\alpha_{стр}) \cdot 10^{-3};$ $h_{w_{кр}}^{стп} = 1,75 \cdot 0,23\alpha_{кр} v_i^2 \cdot 10^{-3}$	Вычерчивается синим цветом от линии $M'N'$, показывает потери энергии на преодоление сопротивлений движению по стрелочным переводам и кривым, действующих на X бегун в любой точке спускной части горки по маршруту скатывания на СТП
	7 Кривая энергетических высот, потерянных на преодоление основного удельного сопротивления, от среды и ветра, снега и инея, $h_{w_0+w_{св}+w_{сн}}^{XB} = f(s)$	$h_{w_0+w_{св}+w_{сн}}^{XB} =$ $=(1,75(w_0 + w_{св})l_i + w_{сн}l_{сн}) \cdot 10^{-3}$	Вычерчивается синим цветом от линии MN , показывает потери энергии на преодоление сопротивлений: основного удельного, от среды и ветра, снега и инея, действующих на хороший бегун в любой точке спускной части горки при скатывании на СТП
	8 Кривая энергетических высот, потерянных на преодоление всех сил сопротивления, $h_w^{XB} = f(s)$	$h_w^{XB} =$ $= h_{w_{стр}}^{тп} + h_{w_{кр}}^{тп} + h_{w_0+w_{св}+w_{сн}}^{XB}$	Вычерчивается синим цветом от линии MN , показывает потери энергии на преодоление всех сопротивлений, действующих на хороший бегун в любой точке спускной части горки по маршруту скатывания на СТП
	9 Кривая энергетических высот, потерянных на преодоление всех сопротивлений с учетом частичного торможения X бегуна для обеспечения равенства интервалов движения между расчетными отцепами, $h_{чГТ}^{XB} = f(s)$	$h_{чГТ}^{XB} = h_{w_{стр}}^{тп} + h_{w_{кр}}^{тп} + h_{w_0+w_{св}+w_{сн}}^{XB} +$ $+ \Delta h_{ГТII} + \Delta h_{IIГТII} + \Delta h_{IIIIГТII}$	Вычерчивается синим цветом от линии MN , показывает потери энергии на преодоление всех сил сопротивления, действующих на хороший бегун в любой точке спускной части горки по маршруту скатывания на СТП и частичном использовании мощности тормозных позиций. В РТ хороший бегун должен обладать остаточной энергией, эквивалентной допустимой скорости входа вагонов в парк

Продолжение таблицы 4.15

	<p>10 Кривая скорости движения, $v_{XB} = f(s)$</p>	$h_v = H_p + h_0 - h_w^{XB} - h_{проф};$ $v = \sqrt{2g'h_v}$	<p>Вычерчивается синим цветом вверх от линии KL, показывает скорость X бегуна в любой точке спускной части горки. На ВГ должна соответствовать установленной скорости роспуска v_0</p>
	<p>11 Кривая скорости движения, $v_{ЧГ}^{XB} = f(s)$</p>	$h_v = H_p + h_0 - h_{ЧГ}^{XB} - h_{проф};$ $v = \sqrt{2g'h_v}$	<p>Вычерчивается синим цветом вверх от линии KL, показывает скорость X бегуна в любой точке спускной части горки. На ВГ должна соответствовать установленной скорости роспуска v_0. В РТ должна быть равна допустимой скорости входа в парк (5 км/ч)</p>
<p>12</p>	<p>Кривая времени хода, $t_{XB}^{XB} = f(s)$</p>	$t_0^{OX-OP} = [(t_B^{OP} + t_B^{OX}) + 2\Delta l_{отр}] / (2v_0);$ $t = s / v$	<p>Вычерчивается синим цветом: одна линия от начала координат, вторая от точки, расположенной на расстоянии равной t_0^{OP-OX} от t^{OP}. Показывает продолжительность скатывания от ВГ до любой точки спускной части горки</p>
<p>13</p>	<p>Кривая времени хода, $t_{ЧГ}^{XB} = f(s)$</p>	$t_0^{OP-OX} = [(t_B^{OP} + t_B^{OX}) - 2\Delta l_{отр}] / (2v_0);$ $t = s / v$	<p>Вычерчивается синим цветом от точки, равной t_0^{OP-OX}. Показывает продолжительность скатывания X бегуна от ВГ до любой точки спускной части горки. Расстояние между кривыми $t_{ЧГ}^{XB} = f(s)$ и $t^{OPB} = f(s)$ показывают фактические интервалы времени между скатывающимися в расчетных сочетаниях отцепами в любой точке спускной части горки и используются в дальнейшем для оценки режимов работы горки и обеспечения установленной скорости роспуска</p>

Окончание таблицы 4.15

Расчетные условия	Название линии	Расчетные формулы	Примечания
Благоприятные условия скатывания, ОХ бегун, «лёгкий» путь	14 Кривая энергетических высот, потерянных на преодоление сопротивлений движению по стрелочным переводам и кривым участкам путей, $h_{w_{стр} + w_{кр}}^{лп} = f(s)$	$h_{w_{стр}}^{лп} = v^2(0,56 + 0,23\alpha_{стр}) \cdot 10^{-3};$ $h_{w_{кр}}^{лп} = 0,23\alpha_{кр}v_i^2 \cdot 10^{-3}$	Вычерчивается красным цветом от линии $M'N'$, показывает потери энергии на преодоление сопротивлений движению по стрелочным переводам и кривым в любой точке спускной части горки по маршруту скатывания на ЛПП
	15 Кривая энергетических высот, потерянных на преодоление основного удельного сопротивления, от среды и ветра, $h_{w_0 + w_{св}}^{ОХБ} = f(s)$	$h_{w_0 + w_{св}}^{ОХБ} = (w_0 + w_{св})l_i \cdot 10^{-3}$	Вычерчивается красным цветом от линии $M'N'$, показывает потери энергии на преодоление сопротивлений основного удельного, среды и ветра, действующих на ОХ бегун в любой точке спускной части горки
	16 Кривая энергетических высот, потерянных на преодоление всех сил сопротивлений, $h_w^{ОХБ} = f(s)$	$h_w^{ОХБ} = h_{w_{стр}}^{лп} + h_{w_{кр}}^{лп} + h_{w_0 + w_{св}}^{ОХБ}$	Вычерчивается красным цветом вниз от линии $M'N'$, показывает потери энергии на преодоление всех сопротивлений, действующих на ОХ бегун в любой точке спускной части горки
	17 Кривая энергетических высот, потерянных на преодоление всех сил сопротивлений с учетом полного торможения ОХ бегуна, $h_{ПП}^{ОХБ} = f(s)$	$h_{ПП}^{ОХБ} = h_{w_{стр}}^{лп} + h_{w_{кр}}^{лп} + h_{w_0 + w_{св}}^{ОХБ} + h_{ПП} + h_{ППП}$	Вычерчивается красным цветом вниз от линии $M'N'$, показывает потери энергии на преодоление всех сопротивлений, действующих на ОХ бегун в любой точке спускной части горки по маршруту скатывания на ЛПП и полном использовании мощности первых двух тормозных позиций (без учета резервного замедлителя). Линия $h_{ПП}^{ОХБ} = f(s)$ должна пересечь линию профиля до конца второй тормозной позиции, что означает остановку ОХ бегуна в этой точке и достаточность принятой мощности тормозных позиций
<i>Примечание</i> – В расчетных формулах для ГММ нормированное отклонение принимается равным 1,5.			

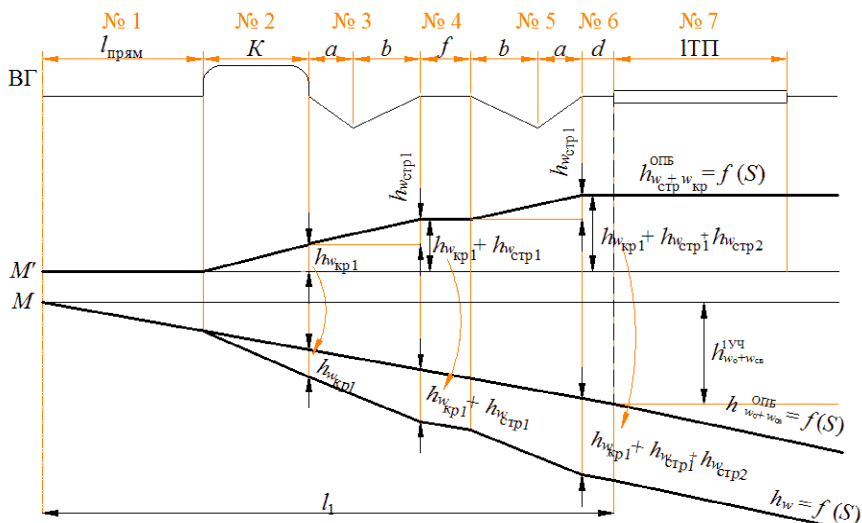


Рисунок 4.26 – Схема построения кривых энергетических высот, потерянных на преодолении сил сопротивления движению ОП бегуна на участке l_1

Для упрощения процесса построения кривых энергетических высот, потерянных ОП бегуном на преодолении сопротивлений движению по стрелочным переводам и кривым участкам путей (приложение Л), целесообразно результаты расчетов представить в форме таблицы 4.16. В качестве примера рассмотрена горочная горловина на 24 пути (рисунок 4.11, а), исходные данные для расчета и построения кривых энергетических высот приведены в таблицах 4.2–4.4, проектируется ГБМ.

Таблица 4.16 – Расчет энергетических высот, потерянных ОП бегуном на преодолении сопротивлений движению по стрелочным переводам и кривым участкам путей

№ элемента пути по маршруту движения бегуна	№ ВУП, ЦП	Угол поворота, град	Расчетная скорость на участке горки l_i , м/с	Значение	
				$h_{w_{\text{стр}}}^{\text{п}}$, $h_{w_{\text{кр}}}^{\text{п}}$, м ЭН. в.	Суммарные потери $h_{w_{\text{стр}}}^{\text{п}}$ и $h_{w_{\text{кр}}}^{\text{п}}$, м ЭН. в.
2	КРА	4,73	4,2	0,034	0,034
4	ЦП1	4,73		0,051	$0,034 + 0,051 = 0,085$
6	ЦП2	4,73		0,051	$0,085 + 0,051 = 0,136$
10	КР6	3,50	5,5	0,043	$0,136 + 0,043 = 0,179$
11	ЦП8	4,73		0,087	$0,179 + 0,087 = 0,266$
12	КР33	4,50		0,055	$0,266 + 0,055 = 0,321$
16	ЦП37	4,73	5,0	0,072	$0,321 + 0,072 = 0,393$
17	КР53	1,00		0,010	$0,393 + 0,010 = 0,403$
18	ЦП55	4,73		0,072	$0,403 + 0,072 = 0,475$
20	ЦП56	4,73	0,072	$0,475 + 0,072 = 0,547$	
22	КР58	23,19		0,233	$0,547 + 0,233 = 0,780$

В соответствии с данными таблицы 4.16 потери энергетической высоты, например, при движении отцепа по кривой № 58, составляют $h_{w_{кр}}^{тп} = 1,75 \cdot 0,23 \cdot 23,19 \cdot 5^2 \cdot 10^{-3} = 0,233$ м эн. в. Потери энергетической высоты, например, при движении отцепа по стрелочному переводу № 8 составят $h_{w_{стр}}^{тп} = 1,75 \cdot 5,5^2(0,56 + 0,23 \cdot 4,73) \cdot 10^{-3} = 0,087$ м эн. в.

Полученные расчетные значения являются ординатами точек начала и конца стрелочных переводов, кривых участков путей, откладывая которые в масштабе на соответствующей вертикальной линии, проходящей через начало и конец стрелочных переводов, кривых участков путей, выполняют построение кривых энергетических высот, потерянных ОП бегуном на преодоление сопротивлений движению по стрелочным переводам и кривым участкам путей (см. приложение Л).

Для облегчения построения линий энергетических высот, потерянных ОП бегуном на преодоление сопротивлений основного удельного, среды и ветра, снега и инея, целесообразно воспользоваться данными l_i , $w_{срi}$, w_0 из таблицы 4.10 и представить результаты расчетов в форме таблицы 4.17. При необходимости аналогичные таблицы составляются для X и ОX бегунов.

Таблица 4.17 – Расчет энергетических высот, потерянных ОП бегуном на преодоление сопротивлений основного удельного, среды и ветра, снега и инея

№ расчетного участка горки	$w_{св}$	w_0	l_i , М	$h_{w_0+w_{св}}^{ОПБ}$, М эн. в. (с коэф. 1,75)	$w_{срi}$ Н/кН	$l_{срi}$ М	$h_{w_{сн}}^{ОПБ}$, М эн. в.	Суммарная энергетическая высота $h_{w_0+w_{св}+w_{сн}}^{ОПБ}$ М эн. в.
	Н/к Н							
1	3,28	1,54	79,30	0,67	–	–	–	0,67
2	4,12		74,46	0,74	–	–	–	0,67 + 0,74 = 1,41
3	3,79		173,84	1,62	0,39	146,9	0,06	1,41 + 1,62 + 0,06 = 3,09
4	2,07		68,75	0,43		68,75	0,03	3,09 + 0,43 + 0,03 = 3,55
Итого			396,36	3,46	–	215,65	0,09	3,55

Кривая энергетических высот, потерянных на преодоление всех сил сопротивлений $h_w^{ОПБ} = f(s)$, строится сложением уже построенных линий и представляет собой их графическую сумму. Для контроля правильности выполненных расчетов суммарные значения энергетических высот, потерянных на преодоление всех сил сопротивления в конце расчетных участков горки, можно свести в таблицу 4.18.

Таблица 4.18 – Расчет значений энергетических высот, потерянных ОП бегуном на преодоление всех сопротивлений в конце расчетных участков

В метрах энергетической высоты

№ расчетного участка горки	Суммарное значение $h_{w_{стр}}^{тп}, h_{w_{ср}}^{тп}$	Значение $h_{w_0+w_{св}}^{ОПБ}$	$h_{w_{сн}}^{ОПБ}$	Суммарная энергетическая высота $h_w^{ОПБ}$
1	0,136	0,67	–	0,806
2	0,185	0,74	–	0,806 + 0,925 = 1,731
3	0,459	1,62	0,06	1,731 + 2,139 = 3,870
4	–	0,43	0,03	3,870 + 0,46 = 4,336
Итого	0,780	3,46	0,09	4,33

Проекция полученной кривой суммарных энергетических высот на ось OY (энергетических высот) за вычетом h_0 должна быть равна рассчитанной ранее высоте горки H_p . Таким образом, построение этой кривой должно закончиться в точке L (см. рисунок 4.17 [8]), значение энергетической высоты в которой равно нулю (см. приложение Л). Если от итогового значения энергетических высот (см. таблицу 4.18), потерянных ОП бегуном на преодоление всех сил сопротивления, отнять величину энергетической высоты h_0 , эквивалентной установленной скорости роспуска v_0 , получим $4,33 - 0,16 = 4,17$ м эн. в., что соответствует расчетной высоте сортировочной горки H_p (см. подразд. 4.2 пособия).

Сходимость полученных результатов подтверждает корректность выполненных расчетов.

При построении кривых энергетических высот, потерянных расчетным бегуном на преодоление сил сопротивления движению от ВГ до РТ, следует помнить, что они более детально отражают выполненный ранее расчет высоты сортировочной горки (кривая энергетических высот, потерянных очень «плохим» бегуном при скатывании на «трудный» путь при неблагоприятных условиях скатывания) и расчет общей мощности тормозных средств (кривая энергетических высот, потерянных очень «хорошим» бегуном при скатывании на «легкий» путь при благоприятных условиях с полным торможением).

Построение кривой энергетических высот, потерянных очень «хорошим» бегуном при скатывании на «легкий» путь при благоприятных условиях скатывания с полным торможением, должно закончиться (кривая пересекает линию профиля) в пределах второй тормозной позиции (при наличии трех тормозных позиций на спускной части горки).

Кривые скорости движения расчетных отцепов строятся в соответствии с методикой, изложенной в п. 4.10.2 [8] и показывают скорость вагона в любой точке спускной части горки. Принцип построения кривой скорости показан на рисунке 4.27. Так, измеряя вертикальное расстояние между линией энергетических высот, потерянных на преодоление всех сил сопротивления, и линией профиля, мы получаем значение скоростной энергетической высоты отцепа h_{VT} в любой точке профиля (см. приложение Л).

Для удобства дальнейших построений и повышения их точности эти значения можно свести в таблицу 4.19. Далее по формуле

$$v = \sqrt{2g'h},$$

находим значение скорости вагона в характерной точке спускной части горки (таблица 4.19) и откладываем полученное значение от линии KL вертикально вверх в соответствующем масштабе (1 см – 1 м/с). Значения точек на кривой скорости рассчитываются в точках перелома линии энергетических высот, потерянных на преодоление всех сил сопротивления, и узловым точкам линии профиля (см. приложение Л).

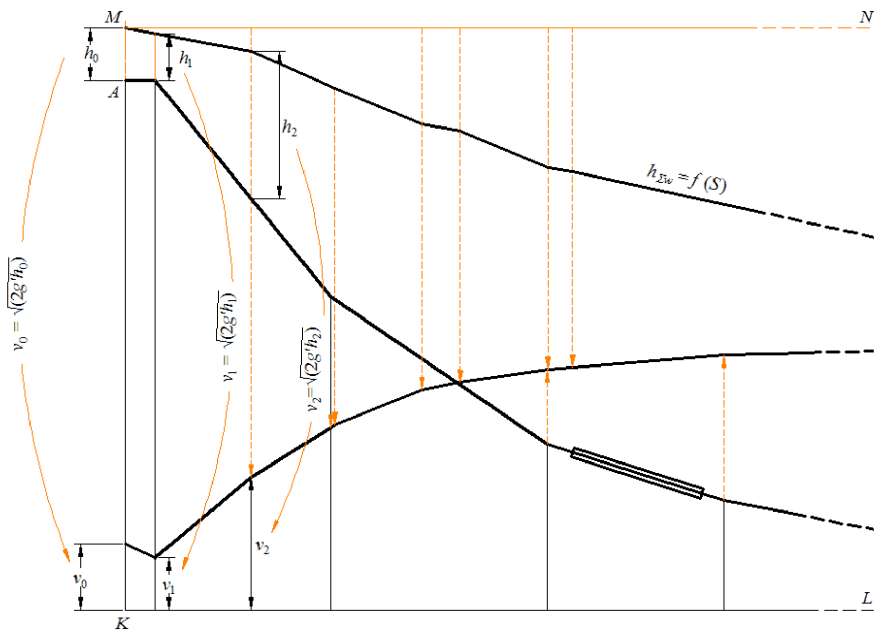


Рисунок 4.27 – Схема построения кривой скорости движения оцепя

Так, измерив расстояние между кривой энергетических высот, потерянных на преодолении всех сил сопротивления, например, в начале участка первой тормозной позиции (точка № 10) с учетом масштаба (1 см – 0,2 м эн. в.) получим $h_v = 2,34$ м эн. в. (см. приложение Л). Значение скорости вагона в этой точке составит

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,29 \cdot 2,34} = 6,6 \text{ м/с.}$$

Полученные таким образом значения скоростей вагона в характерных точках откладываются вертикально вверх от линии KL по соответствующей проекции с учетом масштаба (1 см = 1 м/с). Далее эти точки соединяются прямыми отрезками, а полученная линия $v^{\text{ОПБ}} = f(s)$ будет показывать скорость ОП бегуна в любой точке профиля спускной части горки.

Поведение кривой скорости $v = f(s)$ должно коррелироваться с соответствующими линиями энергетических высот $t = f(s)$, что объясняется прямой связью между кинетической энергией вагона и скоростью его движения (см. приложение Л). Кривые скорости позволяют оценить соблюдение важнейших требований к конструкции горки: обеспечение допустимого уровня скоростей входа на стрелочные переводы и замедлители (зависит от их конструкции и содержится в основных технических характеристиках), соблюдение ограничения допустимой скорости входа в сортировочный парк (не более 5 км/ч).

Таблица 4.19 – Расчет значений скорости хода ОП бегуна по элементам горки

№ характерной точки	Значение h_{vi} , м эн. в.	Значение скорости v_i , м/с	Расстояние между точками s_i , м	Средняя скорость на отрезке между точками $v_{срi}$, м/с	Продолжительность проследования элемента t_i , с	Общая продолжительность движения от ВГ до точки, с	Примечание
1	0,16 (h_0)	1,7 (v_0)	–	–	–	–	ВГ
2	0,16	1,7	6,25	$(1,7 + 1,7)/2 = 1,7$	$6,25/1,7 = 3,7$	3,7	$T'_o - T''_o$, НККА
3	0,34	2,5	6,25	$(1,7 + 2,5)/2 = 2,1$	$6,25/2,1 = 3,0$	$3,7 + 3,0 = 6,7$	$T''_o - i'_{СК}$
4	0,82	3,9	11,21	$(2,5 + 3,9)/2 = 3,2$	$11,21/3,2 = 3,5$	$6,7 + 3,5 = 10,2$	КККА
5	1,02	4,4	5,32	$(3,9 + 4,4)/2 = 4,2$	$5,32/4,2 = 1,3$	$10,2 + 1,3 = 11,5$	ПРС СП1
6	1,58	5,4	15,57	$(4,4 + 5,4)/2 = 4,9$	$15,57/4,9 = 3,2$	$11,5 + 3,2 = 14,7$	$i'_{СК} - i''_{СК}$
7	1,64	5,5	1,97	$(5,4 + 5,5)/2 = 5,5$	$1,97/5,5 = 0,4$	$14,7 + 0,4 = 15,1$	ЗС СП1
8	1,92	6,0	10,64	$(5,5 + 6,0)/2 = 5,8$	$10,64/5,8 = 1,9$	$15,1 + 1,9 = 17,0$	ЗС СП2
9	2,32	6,6	17,54	$(6,0 + 6,6)/2 = 6,3$	$17,54/6,3 = 2,8$	$17,0 + 2,8 = 19,8$	ПРС СП2
10	2,34	6,6	1,54	$(6,6 + 6,6)/2 = 6,6$	$1,54/6,6 = 0,2$	$19,8 + 0,2 = 20,0$	$i''_{СК} - i_1$
11	2,39	6,7	3,0	$(6,6 + 6,7)/2 = 6,7$	$3,0/6,7 = 0,5$	$20,0 + 0,5 = 20,5$	НТП1
12	2,54	6,9	27,97	$(6,7 + 6,9)/2 = 6,8$	$27,97/6,8 = 4,1$	$20,5 + 4,6 = 24,6$	НKK6
13	2,54	6,9	2,00	$(6,9 + 6,9)/2 = 6,9$	$2,0/6,9 = 0,3$	$24,6 + 0,3 = 24,9$	$i_1 - i_{np}$
14	2,50	6,8	10,22	$(6,9 + 6,8)/2 = 6,9$	$10,22/6,9 = 1,5$	$24,9 + 1,5 = 26,4$	ПРС СП8
15	2,34	6,6	17,54	$(6,8 + 6,6)/2 = 6,7$	$17,54/6,7 = 2,6$	$26,4 + 2,6 = 29,0$	ЗС СП8
16	2,24	6,5	13,71	$(6,6 + 6,5)/2 = 6,6$	$13,71/6,6 = 2,1$	$29,0 + 2,1 = 31,1$	$i_{np} - i_2$
17	2,24	6,5	2,00	$(6,5 + 6,5)/2 = 6,5$	$2,0/6,5 = 0,3$	$31,1 + 0,3 = 31,4$	ККК33
18	2,22	6,4	1,0	$(6,5 + 6,4)/2 = 6,5$	$1,0/6,5 = 0,2$	$31,4 + 0,2 = 31,6$	НТП2
19	2,16	6,3	29,97	$(6,4 + 6,3)/2 = 6,4$	$29,97/6,4 = 4,7$	$31,6 + 4,7 = 36,3$	$i_2 - i_{np}$
20	2,12	6,3	2,26	$(6,3 + 6,3)/2 = 6,3$	$2,26/6,3 = 0,4$	$36,3 + 0,4 = 36,7$	ПРС СП37
21	1,90	5,9	17,54	$(6,3 + 5,9)/2 = 6,1$	$17,54/6,1 = 2,9$	$36,7 + 2,9 = 39,6$	НKK53
22	1,86	5,9	3,49	$(5,9 + 5,9)/2 = 5,9$	$3,49/5,9 = 0,6$	$39,6 + 0,6 = 40,2$	ПРС СП55
23	1,64	5,5	17,54	$(5,9 + 5,5)/2 = 5,7$	$17,54/5,7 = 3,1$	$40,2 + 3,1 = 43,3$	ЗС СП55
24	1,52	5,3	12,08	$(5,5 + 5,3)/2 = 5,4$	$12,08/5,4 = 2,2$	$43,3 + 2,2 = 45,5$	ПРС СП56
25	1,30	4,9	17,54	$(5,3 + 4,9)/2 = 5,1$	$17,54/5,1 = 3,4$	$45,5 + 3,4 = 48,9$	ЗС СП56
26	1,26	4,8	4,78	$(4,9 + 4,8)/2 = 4,9$	$4,78/4,9 = 1,0$	$48,9 + 1,0 = 49,9$	НKK58
27	0,48	3,0	60,71	$(4,8 + 3)/2 = 3,9$	$60,71/3,9 = 15,6$	$49,9 + 15,6 = 65,5$	ККК58
28	0,42	2,8	4,86	$(3,0 + 2,8)/2 = 2,9$	$4,86/2,9 = 1,7$	$65,5 + 1,7 = 67,2$	$i_{en1} - i_3$
29	0,38	2,7	3,0	$(2,8 + 2,7)/2 = 2,8$	$3,0/2,8 = 1,1$	$67,2 + 1,1 = 68,3$	НТП3
30	0,3	2,4	21,75	$(2,7 + 2,4)/2 = 2,6$	$21,75/2,6 = 8,5$	$68,3 + 8,5 = 76,8$	$i_3 - i_{en2}$
31	0	0	47	$(2,4 + 0)/2 = 1,2$	$47/1,2 = 39,2$	$76,8 + 39,2 = 116,0$	РТ

Примечание – ВГ – вершина горки, НКК – начало круговой кривой, ККК – конец круговой кривой, ПРС СП – передний стык стрелочного перевода, ЗС СП – задний стык стрелочного перевода, НТП – начало тормозной позиции.

Построение кривых времени хода выполняется в соответствии с методикой, изложенной в п. 4.10.3 [8]. Так, зная протяженность всех элементов

плана l_i и профиля горочной горловины (определяющих характерные точки кривых скорости и времени хода), можно определить расстояние между характерными точками s_i , а также среднюю скорость на этих участках

$$v_{срi} = (v_i + v_{i+1}) / 2,$$

нарастающим итогом определяется продолжительность проследования элементов горочной горловины t_i (см. таблицу 4.19)

$$t_i = s_i / v_{срi}.$$

Аналогично построению кривой скорости, полученные значения t_i используются как ординаты для построения кривой времени хода $t^{ОПБ} = f(s)$ по характерным точкам в масштабе $1 \text{ см} = 1 \text{ с}$ (см. приложение Л). По кривым времени хода, построенным для ОП и Х бегунов, определяются интервалы между скатывающимися отцепами в расчетных сочетаниях, анализ которых позволяет оценить качество запроектированного профиля при рациональном режиме торможения отцепов (п. 4.10.4 [8], разд. 14 [9]).

4.5 Моделирование работы сортировочной горки с использованием средств САПР и оценка качества запроектированного продольного профиля спускной части горки

Моделирование работы сортировочной горки выполняется для проверки обеспечения безопасности технологических процессов расформирования и формирования составов грузовых поездов, возможности реализации установленной скорости роспуска и оценки качества запроектированного продольного профиля спускной части горки. С точки зрения теории горочных расчетов такое исследование соответствует современной парадигме функционального проектирования и позволяет определить, насколько параметры запроектированного объекта не только формально соответствуют нормативным требованиям, но и в процессе эксплуатации будут обеспечивать требуемую функциональность объекта, заданные характеристики, надежность и безопасность работы, необходимый уровень пропускной и перерабатывающей способностей.

Моделирование работы сортировочных горок связано с трудоемкими расчетами и графическими построениями (см. п. 4.4.3 пособия), поэтому целесообразно воспользоваться средствами программного обеспечения «PP_SG» (САПР СГ), возможности которого были изучены в п. 4.4.2 при проектировании продольного профиля сортировочных горок. С этой целью проектировщик должен воспользоваться ранее сформированным файлом данных технических параметров и климатических условий расчета сортировочной горки с расширением *.tch и файлом с параметрами эле-

ментов плана расчетных путей (расширение *.vhr). Данные, содержащиеся в этих файлах, импортируются в программу *PP_SG* командами «Файл... открыть... параметры» (Ctrl + P), «Файл... открыть... элементы путей» (Ctrl + W) и выводятся, соответственно, на страницу 1 (*Page 1*) и страницу 2 (*Page 2*). Далее выполняются дополнительные настройки.

Так, для горочных технологических расчетов в качестве ОП (П) бегуна принимается четырехосный полувагон. В отдельных случаях может быть принят тот род подвижного состава легкой весовой категории, который преимущественно будет перерабатываться на проектируемой сортировочной горке. Основное удельное сопротивление движению расчетных бегунов рассчитывается с помощью регрессионного выражения вида

$$\hat{w}_0 = (5,39231 - 1,05635 \ln q)^2,$$

где \hat{w}_0 – оценка величины основного удельного сопротивления движению отцепа при моделировании технологических процессов работы сортировочной горки, Н/кН;

q – масса расчетного бегуна, т.

Как известно, основным фактором, влияющим на величину основного удельного сопротивления движению вагонов на роликовых подшипниках, скатывающихся с горки, является их масса. Графическая интерпретация характера поведения функции $w_0 = f(q)$, наилучшим образом аппроксимируемой квадратно-логарифмической зависимостью (коэффициент детерминации $R^2 = 99,98\%$), представлена на рисунке 4.28.

Полученные значения \hat{w}_0 вводятся в соответствующее поле программы на странице 1 (*Page 1*). Здесь же вводится значение высоты сортировочной горки, рассчитанное ранее (рисунок 4.29). Кроме того, как отмечалось выше, необходимо изменить род ОП бегуна на «полувагон» и за-

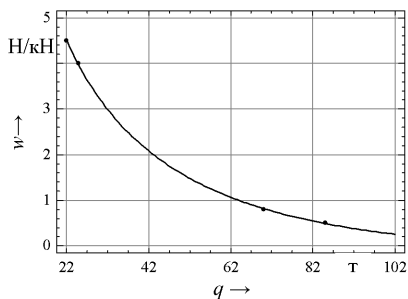


Рисунок 4.28 – Квадратно-логарифмическая модель зависимости основного удельного сопротивления движению вагона от массы

дать соответствующую ему колесную базу и длину вагона по осям автосцепки (колесная база полувагона составляет 10,45 м, а длина – 13,92 м). Остальные технические параметры и климатические условия расчета остаются без изменений.

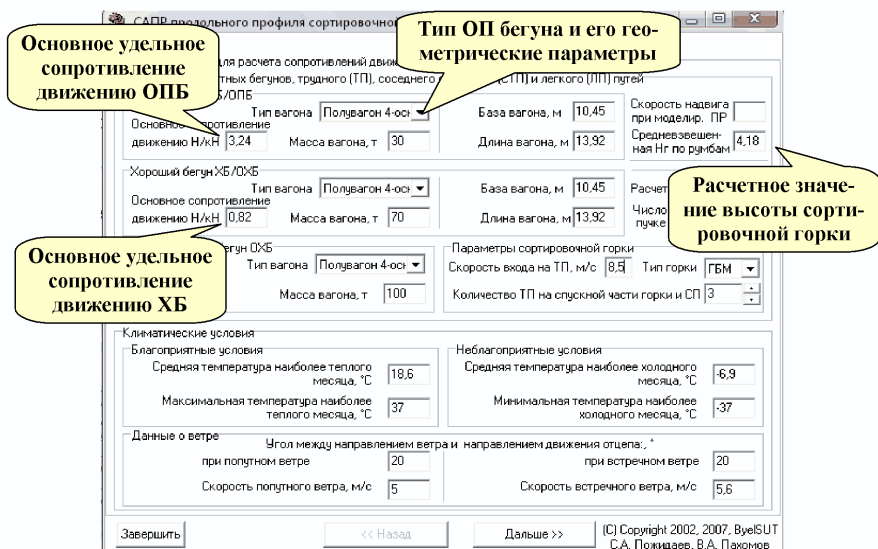


Рисунок 4.29 – Ввод дополнительных параметров расчета для выполнения моделирования работы сортировочных горок

Осуществив переход на страницу 2 программы (Page 2), импортируют данные параметров элементов планов расчетных путей. При необходимости производят отдельную корректировку этих параметров. На странице 3 (Page 3) первоначально лишь дублируют те установки, которые были сделаны проектировщиком на этапе расчета и проектирования продольного профиля спускной части сортировочной горки (повторно задается длина первого скоростного участка (23,91 м), уклоны отдельных участков профиля (в данном случае – четырех), направление вывода чертежа профиля и др.). После этого переходят к моделированию работы сортировочной горки (Page 4). Графическое представление результатов моделирования показано на рисунке 4.30, на котором видно, что продольный профиль спускной части горки идентичен представленному на рисунке 4.24. «Плохой» бегун имеет остаточную энергетическую высоту в расчетной точке, эквивалентную скорости его движения в этой точке 4,6 м/с. При необходимости эта энергия может быть погашена вагонными замедлителями, а в случае свободы пути назначения отцеп будет следовать в глубину сортировочного парка, уменьшая образование окон между вагонами. Интервалы времени между отцепами ОП и Х бегунов, скатывающимися в сочетании ОП-Х-ОП при неблагоприятных условиях роспуска, на последнем разделительном стрелочном переводе по маршруту движения на «трудный» и соседний с «трудным» пути сортировочного парка, достаточны для разделения отцепов. При этом на первой тормозной позиции необходимо погасить 30 % энергии Х бегуна, а на второй – 26 % (рисунок 4.31).

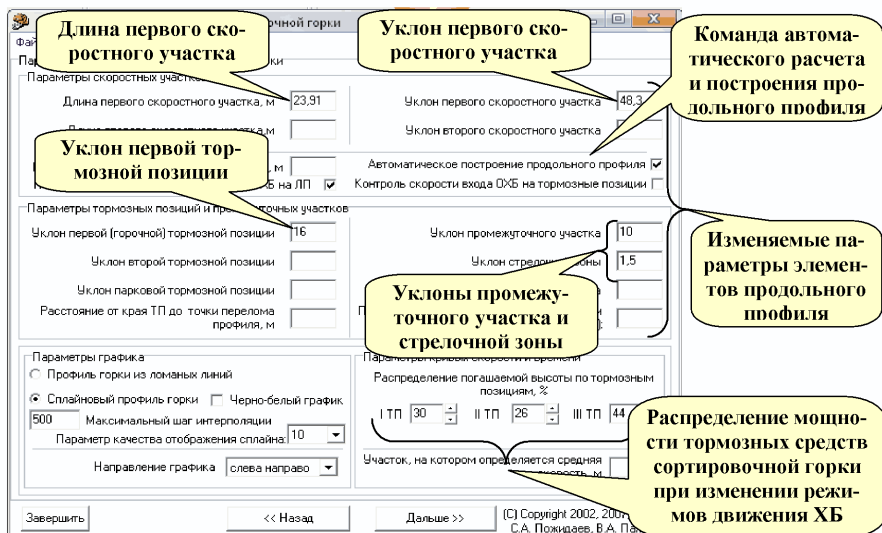


Рисунок 4.31 – Параметры элементов продольного профиля сортировочной горки и моделирования ее работы

Существует еще одна возможность импортировать в программу запроектированный продольный профиль спускной части сортировочной горки. Для этого необходимо очистить поле «Средневзвешенная H_T по румбам» на странице 1 (см. рисунок 4.29). Далее в папке «с:\Program Files\PP_SG\DATA» найти файл «Profil.pph», содержащий параметры запроектированного профиля. Данный файл автоматически создается программой каждый раз при выполнении расчета горки. Средствами операционной системы необходимо присвоить файлу «Profil.pph» одноименное имя файла с расширением *.vhr. На странице 3 программы снять флажок автоматического построения продольного профиля спускной части горки (рисунок 4.31) и перейти к моделированию ее работы. В этом случае программа не будет автоматически рассчитывать и строить продольный профиль горки в соответствии с настройками, сделанными проектировщиком, а использует параметры конструкции профиля, приведенные в файле с расширением *.pph. Данная возможность очень полезна при анализе режимов работы эксплуатируемых сортировочных устройств. Кроме того, с ее помощью может быть запроектирован продольный профиль произвольной конструкции.

По результатам моделирования работы сортировочной горки копируют текстовые файлы «Skorosti.txt», «Real_time.txt», «Отчет.txt» и графический файл «Профиль.emf», которые необходимы для оценки качества запроектированного продольного профиля, определения безопасных режимов ее работы и прогнозируемой наличной перерабатывающей способности. Файлы

«Отчет.txt» и «Профиль.emf» создаются проектировщиком самостоятельно, произвольно задавая их названия.

Анализ продольного профиля спускной части сортировочной горки и оценка его качества выполняется в соответствии с методикой и примером, приведенными в разд. 14 [9].

Как отмечалось ранее, при использовании автоматизированных методов в расчетах сортировочных горок появляется возможность многократно моделировать процесс скатывания отцепов с горки в их самых неблагоприятных сочетаниях, параметры которых используются в горочных конструктивных и технологических расчетах (кроме расчета высоты горки и ее продольного профиля).

Возможность реализации расчетной и определение потенциально реализуемой максимальной скорости роспуска составов для проектируемых горок проверяется наличием достаточных интервалов для разделения ОП (П) и ОХ (Х) бегунов на всех разделительных элементах спускной части горки, сочетание которых устанавливается в зависимости от мощности сортировочных устройств, их технического оснащения, структуры перерабатываемого вагонопотока [8, таблица 4.12]. Кроме того, необходимо предусматривать резерв времени на каждом разделительном элементе не менее 1 с из расчета продолжительности перевода остряжков, приведения в рабочее положение балок современных замедлителей, равной 0,6 и 0,2–0,8 с соответственно. Например, оценку качества продольного профиля горок большой мощности выполняют при моделировании скатывания в неблагоприятных условиях расчетных бегунов в наиболее трудном сочетании ОП–ОХ–ОП и $v_0 = 1,7$ м/с.

Для проверки возможности перевода стрелочных переводов, тормозных балок замедлителей в интервале времени между отцепами и расчета потенциально реализуемой максимальной скорости роспуска составов с горки необходимо определить и сопоставить фактические и минимально необходимые интервалы на первом и последнем разделительных стрелочных переводах и тормозных позициях (первой и пучковой) на общем пути следования отцепов в их неблагоприятных сочетаниях.

Минимально необходимый интервал между отцепами на стрелочных переводах

$$t_{\min}^{\text{стр}} = \frac{l_{\text{расч}}^{\text{стр}}}{v_{\text{расч}}^{\text{стр}}},$$

где $l_{\text{расч}}^{\text{стр}}$ – минимальное расчетное расстояние между отцепами на стрелочном переводе, которое определяется в соответствии с рисунком 4.32 по формуле

$$l_{\text{расч}}^{\text{стр}} = l_6^{\text{ох}} / 2 + l_{\text{изол}} + l_6^{\text{оп}} / 2,$$

$l_6^{ox} / 2, l_6^{op} / 2$ – колесная база очень «хорошего» и «плохого» бегунов;

$l_{изол}$ – изолированная секция стрелочного перевода, включающая предстрелочный участок $l_{пр}$ длиной не менее 6 м (1/6 с) или 8 м (1/9 с), длину остяжков стрелочного перевода $l_{ост}$ и длину выступа $l_{выст}$ от корня остяжков до изолирующих стыков перед крестовиной;

$v_{расч}^{стр}$ – средняя скорость прохождения впереди идущим бегуном расчетного участка $l_{расч}^{стр}$, определяемая в его середине.

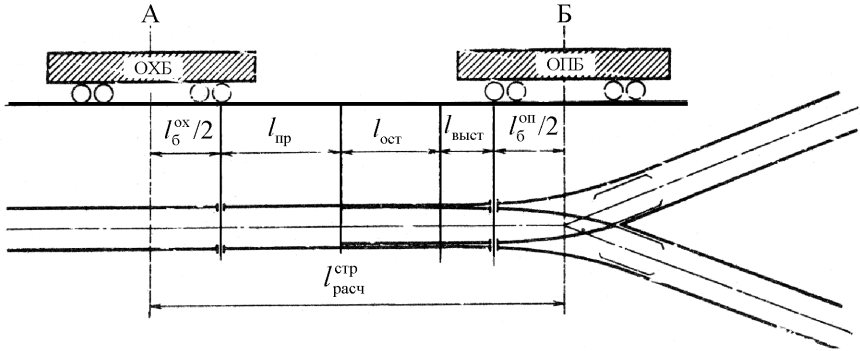


Рисунок 4.32 – Схема определения минимального расчетного расстояния между отцепами на стрелочном переводе

Длина стрелочного изолированного участка должна быть не менее 11,38 м [12]. В современных условиях, например, для симметричного стрелочного перевода типа Р65 марки крестовины $1/6 l_{изол} = 6,0 + 5,35 + 3,33 = 14,68$ м; для симметричного стрелочного перевода типа Р50 марки крестовины $1/6 l_{изол} = 6,0 + 4,34 + 4,34 = 14,68$ м.

С учетом полученных значений $l_{изол}$ и колесной базы, например полувагона, $l_6^{ox} = l_6^{op} = 10,45$ м

$$l_{расч}^{стр} = 10,45 / 2 + 14,68 + 10,45 / 2 = 25,13 \text{ м.}$$

На замедлителях минимальный интервал $t_{зам}$ между отцепами должен быть не менее продолжительности перевода тормозных балок и прохода отцепом изолированной секции замедлителей $t_{прох}$ (рисунок 4.33):

$$t_{зам} = t_{прох} + t_{п.з.}; \quad t_{прох} = \frac{l_{зам} + (l_6^{ox} + l_6^{op}) / 2}{v_{зам}},$$

где $t_{п.з.}$ – продолжительность перевода замедлителя в тормозное положение (для ЗВУ $t_{п.з.} = 0,5 \dots 0,8$ с);

$l_{зам}$ – длина изолированной секции замедлителя, м;

$v_{зам}$ – средняя скорость прохода замедлителя впереди идущим бегуном, м/с.

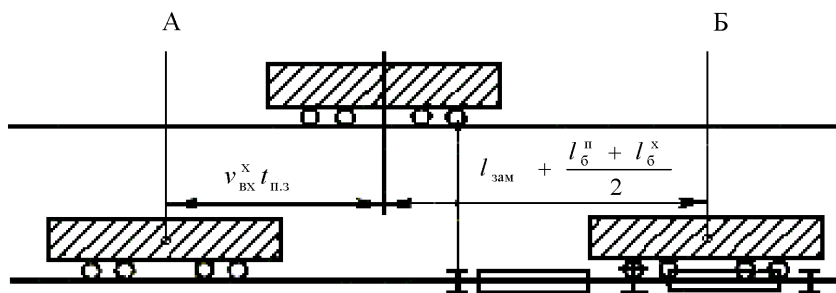


Рисунок 4.33 – Схема определения минимального расчетного расстояния между отцепами на замедлителях

Приведем пример расчета минимально необходимых интервалов времени на разделительных элементах плана горочной горловины горки большой мощности. В качестве ОП бегуна принимаем четырехосный полувагон массой 30 т (основное удельное сопротивление $w_0 = 3,24$ Н/кН), а в качестве Х/ОХ бегуна – четырехосный полувагон массой 70 т (основное удельное сопротивление $w_0 = 0,82$ Н/кН), как показано на рисунке 4.29. Кривые энергетических высот, потерянных на преодоление сил сопротивления движению принятых расчетных бегунов, кривые скорости и времени хода, построенные с помощью программы «PP_SG», показаны на рисунке 4.30.

Вариантным путем установлено, что на первой тормозной позиции погашается 30 % энергии ХБ/ОХБ, на второй – 26 % и на третьей – 44 % (см. рисунок 4.31). В этом случае устанавливаются примерно равные интервалы следования отцепов в неблагоприятном сочетании ОП-Х/ОХ-ОП. Среднюю скорость прохождения бегуном расчетного участка определяют на основе данных аналитического расчета скорости движения отцепов в начале и в конце разделительных элементов плана расчетных путей, получаемых при моделировании процесса роспуска в автоматизированном режиме (файл «Skorosti.txt»). Результаты такого моделирования представлены в таблице 4.20.

Т а б л и ц а 4.20 – Результаты моделирования скатывания отцепов с горки при w_0 (ОПБ) = 3,24 Н/кН и w_0 (ХБ/ОХБ) = 0,82 Н/кН

Наименование расчетных бегунов	Скорость в контрольных точках, м/с									
	Вершина горки	Первый СП*		I ТП*		II ТП		Последний СП		Расчетная точка
		Вход	Выход	Вход	Выход	Вход	Выход	Вход	Выход	
ОП (30 т)	1,70	4,40	5,40	6,60	6,90	7,00	6,90	6,40	6,20	4,60
Х/ОХ (70 т)	1,70	4,80	5,90	7,20	6,50	6,80	5,90	5,70	5,60	1,40
ОХ (100 т)	2,5	5,20	6,30	7,60	5,00	5,70	–	–	–	–

* СП – стрелочный перевод; ТП – тормозная позиция.

Скорость входа ОП бегуна на расчетную точку составляет 4,6 м/с, что соответствует 1,14 м эн. в. Предполагается, что в случае занятости путей сортировочного парка избыточная кинетическая энергия ОП бегуна (1,03 м эн. в.) может быть погашена на парковой тормозной позиции (мощность 1,3 м эн. в.). Тогда остаточная энергетическая высота, достигаемая ОП бегуном в расчетной точке, будет соответствовать допустимой скорости соударения вагонов (1,4 м/с или 5 км/ч). Произведем расчет минимально необходимых интервалов времени следования отцепов на разделительных элементах.

Минимально необходимые интервалы между отцепами на первом и последнем разделительных стрелочных переводах составят:

- при чередовании ОП–Х/ОХ:

- первый разделительный стрелочный перевод –

$$t_{\min}^{\text{стр}} = \frac{25,13}{(5,4 + 4,4)/2} = 5,1 \text{ с};$$

- последний разделительный стрелочный перевод –

$$t_{\min}^{\text{стр}} = \frac{25,13}{(6,2 + 6,4)/2} = 4,0 \text{ с};$$

- при чередовании Х/ОХ–ОП:

- первый разделительный стрелочный перевод –

$$t_{\min}^{\text{стр}} = \frac{25,13}{(5,9 + 4,8)/2} = 4,7 \text{ с};$$

- последний разделительный стрелочный перевод –

$$t_{\min}^{\text{стр}} = \frac{25,13}{(5,6 + 5,7)/2} = 4,4 \text{ с}.$$

Минимально необходимые интервалы между отцепами на первой и второй тормозных позициях составят:

- при чередовании ОП–Х/ОХ:

- на первой тормозной позиции –

$$t_{\text{зам}} = \frac{13,483 + (10,45 + 10,45)/2}{(6,9 + 6,6)/2} + 0,5 = 4,0 \text{ с};$$

- на второй тормозной позиции –

$$t_{\text{зам}} = \frac{13,483 + (10,45 + 10,45) / 2}{(6,9 + 7,0) / 2} + 0,5 = 3,9 \text{ с};$$

- при чередовании X/OX–ОП:
- на первой тормозной позиции –

$$t_{\text{зам}} = \frac{13,483 + (10,45 + 10,45) / 2}{(6,5 + 7,2) / 2} + 0,5 = 4,0 \text{ с};$$

- на второй тормозной позиции –

$$t_{\text{зам}} = \frac{13,483 + (10,45 + 10,45) / 2}{(5,9 + 6,8) / 2} + 0,5 = 4,3 \text{ с}.$$

Используя рассчитанные выше минимально необходимые интервалы времени между отцепами, а также фактические интервалы, полученные моделированием процесса роспуска (файл «Отчет.txt»), выполним расчет резерва времени на разделительных элементах сортировочной горки. Результаты расчета сведены в таблицу 4.21.

Т а б л и ц а 4.21 – **Определение резерва времени на разделительных элементах плана горочной горловины**

Разделительный элемент	Интервалы времени при чередовании бегунов, с					
	ОП – X/OX			X/OX – ОП		
	$t_{\text{ф}}$	t_{min}	Δt	$t_{\text{ф}}$	t_{min}	Δt
Вершина горки	7,1			9,3		
Первый стрелочный перевод	6,5	5,1	1,4	9,9	4,7	5,2
Первая тормозная позиция	5,9	4,0	1,9	10,5	4,0	6,5
Вторая тормозная позиция	6,2	3,9	2,3	10,2	4,3	5,9
Последний стрелочный перевод	7,9	4,0	3,9	8,5	4,4	4,1

Данные таблицы 4.21 показывают, что на первом разделительном стрелочном переводе, первой и второй тормозных позициях при чередовании отцепов ОП–X/OX резерв времени минимален, но положителен и превышает минимально необходимое значение, равное 1 с ($\Delta t = 1,4; 1,9; 2,3$ с, соответственно). Это означает, что проверка конструкции проектируемого продольного профиля на возможность реализации установленной скорости роспуска v_0 выполняется и расчетные отцепы при скатывании в неблагоприятном, наиболее трудном сочетании ОП–X/OX–ОП могут быть своевременно разделены. Ограничивающим элементом при следовании отцепов в сочетании ОП–X/OX является первый разделительный стрелочный перевод (наименьший резерв времени $\Delta t = 1,4$ с). При величине начального интервала на вершине горки между очень «плохим» и «хорошим» бегунами, определяемой по формуле (121) [9]

$$t_0^{\text{ОП-X/OX}} = \left[\left(\frac{l_{\text{в}}^{\text{ОП}}}{2} + \frac{l_{\text{в}}^{\text{X/OX}}}{2} \right) - \Delta l_{\text{отр}} \right] / v_0, \text{ т.е.}$$

$$t_0^{\text{ОП-X/OX}} = \left[\left(\frac{13,92}{2} + \frac{13,92}{2} \right) - 1,8 \right] / 1,7 = 7,1 \text{ с,}$$

при заданных условиях можно повысить скорость роспуска до величины

$$v_0^{\text{max}} = \frac{l_{\text{в}}^{\text{ОП}} + l_{\text{в}}^{\text{X/OX}} - 2\Delta l_{\text{отр}}}{2(t_0^{\text{ОП-X/OX}} - \Delta t_{\text{рез}})}, \text{ или } v_0^{\text{max}} = \frac{13,92 + 13,92 - 2 \cdot 1,8}{2(7,1 - 1,4)} = 2,1 \text{ м/с.}$$

Таким образом, результаты моделирования процесса роспуска в выбранном режиме показали, что условия проверки выполняются, запроектированный продольный профиль спускной части сортировочной горки отвечает всем требованиям, имеет высокую степень гладкости сопряжения одновременно всех элементов профиля, и его динамические качества являются удовлетворительными. Скорость роспуска может быть повышена с 1,7 до 2,1 м/с.

Иногда при скатывании расчетных отцепов в сочетании X/OX–ОП из-за недостаточной мощности парковой тормозной позиции или неверно выбранных параметров торможения отцепов X/OX (см. рисунок 4.31), когда этот отцеп перетормаживается на тормозных позициях спускной части сортировочной горки, имеется лишь минимальный резерв времени на разделительных элементах между последовательно скатывающимися X/OX и ОП бегунами, особенно на последнем разделительном стрелочном переводе. Тогда начальный интервал между отцепами на вершине сортировочной горки рассчитывается по формуле

$$t_0^{\text{X/OX-ОП}} = \left[\left(\frac{l_{\text{в}}^{\text{ОП}}}{2} + \frac{l_{\text{в}}^{\text{X/OX}}}{2} \right) + \Delta l_{\text{отр}} \right] / v_0,$$

или

$$t_0^{\text{X/OX-ОП}} = \left[\left(\frac{13,92}{2} + \frac{13,92}{2} \right) + 1,8 \right] / 1,7 = 9,3 \text{ с,}$$

а потенциально реализуемая максимальная скорость роспуска определяется как

$$v_0^{\text{max}} = \frac{l_{\text{в}}^{\text{ОП}} + l_{\text{в}}^{\text{OX}} + 2\Delta l_{\text{отр}}}{2(t_0^{\text{X/OX-ОП}} - \Delta t_{\text{рез}})}.$$

4.6 Расчет прогнозируемой наличной перерабатывающей способности сортировочной горки и оценка её резерва

Наличной перерабатывающей способностью сортировочной горки называется наиболее вероятное количество составов или вагонов, которые могут быть переработаны горкой в течение суток при использовании передовой технологии и рациональном использовании технического оснащения.

Наличная перерабатывающая способность сортировочной горки зависит от многих факторов технического и технологического характера, является случайной величиной. В курсовом проекте при расчете наличной перерабатывающей способности проектируемой сортировочной горки целесообразно использовать методику, изложенную в учебнике [5, подразд. 14.4]. Нормативный уровень наличной перерабатывающей способности в вагонах можно определить по формуле

$$N_{\Gamma} = \frac{1440\alpha_{\Gamma} - \sum T_{\text{пост}}^{\Gamma}}{t_{\Gamma}\mu_{\text{пост}}(1 + \rho_{\Gamma})} m_{\text{с}} + N_{\text{пост}}^{\Gamma},$$

где α_{Γ} – коэффициент, учитывающий возможные перерывы в использовании сортировочной горки из-за враждебных передвижений. Принимается $\alpha_{\Gamma} = 0,97$. В случае расположения транзитного парка параллельно парку приема и отсутствия изолированного от горки соединения этих парков с локомотивным депо, а также при сооружении объединенного парка приема на станции без петлевого подхода для поездов непреимущественного направления (направления, противоположного сортировке) $\alpha_{\Gamma} = 0,95$;

$\sum T_{\text{пост}}^{\Gamma}$ – суммарная продолжительность технологических перерывов в работе сортировочной горки для технического обслуживания и ремонта горочного оборудования, смены локомотивных бригад, экипировки горочных маневровых локомотивов ($\sum t_{\text{техн}}$), сортировки местных вагонов, вагонов углового потока, с вагонного депо, с путей ремонта и др. ($\sum t_{\text{мест}}$), т.е.

$$\sum T_{\text{пост}}^{\Gamma} = \sum t_{\text{техн}} + \sum t_{\text{мест}}.$$

В курсовом проекте можно принять $\sum t_{\text{техн}} = 60 \dots 90$ минут или рассчитать эту величину в соответствии с конкретными станционными условиями. Величину $\sum t_{\text{мест}}$ определяют как

$$\sum t_{\text{мест}} = 1,35 N_{\text{пост}}^{\Gamma} \frac{t_{\Gamma}}{m_{\text{с}}},$$

$N_{\text{пост}}^{\Gamma}$ – количество местных вагонов, вагонов углового потока, с вагонного депо, путей ремонта и др., распускаемых с горки за период $\sum t_{\text{мест}}$;

t_r – средняя продолжительность горочного технологического интервала (занятие горки расформированием одного состава), мин;

m_c – среднее количество вагонов в расформировываемых составах;

$\mu_{повт}$ – коэффициент, учитывающий повторную сортировку вагонов в процессе окончания формирования составов, зависящий от соотношения $\gamma_{вм}$ (таблица 4.22). Соотношение $\gamma_{вм}$ вместимости сортировочного (сортировочно-отправочного) парка $\sum m_{сп}^{нф}$ к произведению количества назначений плана формирования K_n на средний состав отправляемых поездов m_c вычисляется как

$$\gamma_{вм} = \frac{\sum m_{сп}^{нф}}{K_n m_c};$$

ρ_r – коэффициент, учитывающий отказы технических устройств, нерасцепы вагонов и другие непредвиденные ситуации. Зависит от величины t_r , технического оснащения и типов используемого на горке оборудования. При укладке на сортировочной горке замедлителей ЗВУ значения коэффициента ρ_r принимаются по таблице 4.23, НК-114 – таблице 4.1 [11], а других, более ранних модификаций замедлителей, – таблице 2.13 [8].

Таблица 4.22 – Значения коэффициента повторной сортировки вагонов $\mu_{повт}$

Вместимость сортировочного парка $\sum m_{сп}^{нф}$, вагонов*	Коэффициент $\mu_{повт}$ ** при соотношении $\gamma_{вм}$					
	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25
Менее 500	1,18	1,14	1,09	1,06	1,04	1,01
1000	1,16	1,12	1,08	1,06	1,04	1,01
1500 и более	1,14	1,09	1,06	1,04	1,03	1,01

* Учитываются пути, выделенные для накопления вагонов по назначениям плана формирования.
 ** С учетом увеличения доли частного подвижного состава для отдельных существующих станций коэффициент повторной сортировки может достигать величины $\mu_{повт}=1,4$, что вызывает потребность в увеличении количества путей в сортировочном парке

Таблица 4.23 – Значения коэффициента ρ_r при использовании замедлителей ЗВУ (ориентировочно)

Горочный технологический интервал t_r , мин	Значение ρ_r в зависимости от t_r , типа оборудования и технического оснащения сортировочного устройства*			
	ЗВУ-00 (03, 0,8, 11)	ЗВУ-01 (04, 0,9, 12)	ЗВУ-02 (05, 0,6, 10, 13, 14)	ЗВУ-07 (15)
До 11,0	0,14/0,11	0,11/0,09	0,08/0,07	0,05/0,04
11,1–14,0	0,12/0,10	0,10/0,08	0,07/0,06	0,05/0,04
14,1–19,0	0,09/0,07	0,07/0,06	0,05/0,04	0,04/0,03
19,1–24,0	0,07/0,06	0,06/0,04	0,04/0,03	0,03/0,02
24,1 и более	0,05/0,04	0,04/0,03	0,03/0,02	0,02/0,02

* Значения ρ_r в числителе относятся к автоматизированным горкам, в знаменателе – к механизированным. Для немеханизированных горок и вытяжных путей $\rho_r = 0,01$.

В случае использования на тормозных позициях сортировочной горки замедлителей с различным количеством звеньев или разных модификаций необходимо применять в расчетах большее значение коэффициента ρ_r , указанное в таблицах 4.23, 2.13 [8] и 4.1 [11].

В общем случае коэффициент ρ_r можно рассчитать по формуле

$$\rho_r = \frac{(1 - K_r^n)t_{\text{отк}}}{t_r},$$

где K_r^n – коэффициент готовности горочного оборудования к работе. Для автоматизированных сортировочных горок $K_r^n = 0,995$, механизированных – $K_r^n = 0,996$;

n – количество звеньев замедлителя;

$t_{\text{отк}}$ – средняя продолжительность устранения одного отказа. В соответствии с техническими характеристиками устранение одного отказа замедлителей ЗВУ занимает не более 1 часа.

Средняя продолжительность горочного технологического интервала t_r при работе одного горочного локомотива на сортировочной горке по расформированию составов грузовых поездов и последовательном расположении парков приема и сортировки

$$t_r = t_3 + t_n + t_{\text{росп}} + t_{\text{ос(ЗСГ)}},$$

а при параллельном расположении этих парков

$$t_r = t_3 + t_{\text{выт}} + t_n + t_{\text{росп}} + t_{\text{ос(ЗСГ)}},$$

где t_3 – продолжительность заезда горочного локомотива под состав;

$t_{\text{выт}}$ – продолжительность вытягивания состава из парка приема на горочной вытяжной путь для последующего надвига и расформирования;

t_n – продолжительность надвига состава на горку;

$t_{\text{росп}}$ – продолжительность роспуска состава на горке при максимальной потенциально реализуемой скорости v_0^{max} (м/с);

$t_{\text{ос(ЗСГ)}}$ – продолжительность осаживания вагонов с учетом наличия отцепов, запрещенных к роспуску ЗСГ (вагоны, требующие особой осторожности при маневрах, с опасными грузами, вагоны с людьми, рефрижераторные секции различных собственников подвижного состава и др.). Если продолжительность осаживания вагонов в сортировочном парке $t_{\text{ос}}$ без отцепов ЗСГ можно принимать равной 2–3 мин на один состав, то с учетом отцепов ЗСГ $t_{\text{ос}}$ повышается на величину Δt , равную 2–10 мин в зависимости от интенсивности появления отцепов ЗСГ в составе поезда и технологии его расформирования (рисунок 14.3 [5]). Таким образом, $t_{\text{ос(ЗСГ)}} = t_{\text{ос}} + \Delta t$, мин.

Значения t_3 , $t_{\text{выг}}$, $t_{\text{п}}$ рассчитывают в соответствии со схемами, приведенными на рисунке 14.2 [5].

При последовательном расположении парков в подсистеме расформирования составов грузовых поездов (рисунок 14.2, б [5]) продолжительность заезда горочного локомотива под состав

$$t_3 = 2t_{\text{м}} + \frac{L_{\text{над}} + L_{\text{п}} + 2L_{\text{г}}}{16,7\bar{v}_3}.$$

При параллельном расположении парков приема и сортировки (рисунок 14.2, а [5]) продолжительность заезда горочного локомотива под состав и его вытягивания на горочный вытяжной путь

$$t_3 = 2t_{\text{м}} + \frac{(L_{\text{над}} + L_{\text{с}})}{16,7\bar{v}_3}; \quad t_{\text{выг}} = t_{\text{м}} + \frac{(L_{\text{п}} + L_{\text{с}})}{16,7\bar{v}_{\text{выг}}},$$

где $t_{\text{м}}$ – продолжительность приготовления маршрута. Принимается $t_{\text{м}} = 0,2$ мин;

$L_{\text{над}}$, $L_{\text{г}}$, $L_{\text{с}}$, $L_{\text{п}}$ – длина, соответственно, пути надвига, входной горловины парка приема и локомотивного тупика (при последовательной схеме), горловины приемоотправочного парка с учетом соединительного пути между вытяжкой и этим парком (при параллельной схеме расположения парков), полезная длина приемоотправочного пути, м. Обозначения длин соответствуют рисунку 14.2 [5]. Данные параметры определяют по плану станции;

\bar{v}_3 , $v_{\text{выг}}$ – средняя скорость заезда локомотива под состав (15–20 км/ч) и его вытягивания из парка на горочный вытяжной путь (25–40 км/ч).

Продолжительность надвига состава на сортировочную горку

$$t_{\text{н}} = t_{\text{м}} + \frac{l_{\text{над}}}{16,7v_{\text{н}}},$$

где $v_{\text{н}}$ – средняя скорость надвига состава на горку (10–15 км/ч).

Продолжительность роспуска состава на сортировочной горке

$$t_{\text{росп}} = \frac{l_{\text{ваг}} m_{\text{с}}}{60v_0^{\text{max}}} \left(1 - \frac{1}{2\bar{g}} \right),$$

где $l_{\text{ваг}}$ – условная длина вагона, м;

\bar{g} – среднее количество отцепов в расформировываемом составе.

Для определения $t_{\text{г}}$ при работе на горке нескольких локомотивов составляется технологический график на полный цикл работы горки $T_{\text{ц}}$. Тогда

$$t_{\text{г}} = T_{\text{ц}} / n_{\text{ц}},$$

где $n_{\text{ц}}$ – количество составов, распускаемых с горки за один цикл $T_{\text{ц}}$.

Приведем пример расчета наличной перерабатывающей способности сортировочной горки, запроектированной на станции «Н». Станция оборудуется механизированной сортировочной горкой, которая размещается между последовательно расположенными парками приема и сортировочно-отправочным. Специфика работы станции «Н» заключается в обслуживании крупного нефтеперерабатывающего комплекса и предприятий сопутствующего производства. Исходные данные для расчета приведены в таблице 4.24.

Таблица 4.24 – Исходные данные для расчета прогнозируемой наличной перерабатывающей способности сортировочной горки станции «Н»

Параметр и его характеристика	Обоснование расчетного значения
1 Среднее количество вагонов в расформировываемых составах m_c	60 вагонов (установлено по результатам статистического анализа)
2 Средняя продолжительность горочного технологического интервала t_r	Для расчета t_r используются следующие величины: длина маршрута надвига состава $l_{над} = 412,25$ м (по плану станции); длина маршрута заезда маневрового локомотива под состав для надвига и роспуска $l_3 = 397,62$ м (по плану станции: от предельного столбика локомотивного тупика до предельного столбика приемоотправочного пути); средняя полезная длина приемоотправочного пути $l_{п} = 1089$ м (по плану станции при общей длине 15 приемоотправочных путей, равной 16329 м без учета главного пути); продолжительность осаживания с учетом отцепов ЗСГ $t_{ос} = 12$ мин (по данным станции)
3 Количество вагонов углового потока, местных вагонов, с путей ремонта, вагонного депо и др. $N_{пост}^r$ распускаемых с горки за период $\Sigma I_{мест}$. На сортировочной горке будет распускаться 90 % вагонов, следующих с местных грузовых пунктов, промывочно-пропарочной станции (ППС), путей отцепочного ремонта и др. пунктов	В сутки формируется 30 передач на подъездные пути, ППС и др. пунктов, в т.ч.: на подъездные пути – 21 передача, на ППС – 8; на пункт ремонта вагонов – 1 подача в сутки. Средняя длина состава передаточного поезда на подъездные пути составляет 42 вагона, на ППС – 54 вагона, на пути ремонта – 24 вагона. Тогда $N_{пост}^r = 0,9(21 \cdot 42 + 8 \cdot 54 + 24) = 1204$ ваг/сут. Расчетная продолжительность роспуска состава передаточного поезда $t_{росп}$ с подъездных путей составляет 5 мин, ППС – 6 мин и с пункта текущего отцепочного ремонта – 3 мин (при $v_0^{max} = 2,1$ м/с)
4 Коэффициент, учитывающий повторную сортировку вагонов $\mu_{повт}$	Общая вместимость 20 путей сортировочно-отправочного парка станции составляет 1201 вагон (16814 м/14 м), средняя вместимость одного пути – 60,1 вагон. Количество назначений – 19. С учетом соотношения $\gamma_{вм} = 1201/(19 \cdot 60) = 1,05$ принимается $\mu_{повт} = 1,10$ согласно данным таблицы 4.22

Окончание таблицы 4.24

Параметр и его характеристика	Обоснование расчетного значения
5 Коэффициент, учитывающий отказы технических устройств ρ_r . Зависит от величины t_r , технического оснащения и типов используемого на горке оборудования	В соответствии с устанавливаемыми на горке типами оборудования (замедлители НК-114, ЗВУ-02) и величиной горочного технологического интервала $t_r > 24,1$ мин ($t_r = 28,34$ мин) принимается $\rho_r = 0,06$ (таблица 4.1 [11], таблица 4.23)
6 Коэффициент, учитывающий возможные перерывы в использовании сортировочной горки из-за враждебных передвижений α_r при выпуске поездных локомотивов и др.	Для объединенного парка приема станции «Н», расположенного последовательно сортировочно-отправочному парку и не имеющего петлевого ввода для поездов преимущественного направления, принимается $\alpha_r = 0,95$
7 Продолжительность технологических перерывов в использовании сортировочной горки $\Sigma t_{\text{пост}}^r$ для технического обслуживания и ремонта горочного оборудования, смены бригад маневровых локомотивов, экипировки горочных локомотивов $\Sigma t_{\text{техн}}$, а также для сортировки вагонов углового потока, местных вагонов, с путей ремонта и вагонного депо и др. $\Sigma t_{\text{мест}}$	При расчете $\Sigma t_{\text{пост}}^r$ учитываются продолжительность технического обслуживания и ремонта горочного оборудования, равная 0,5 часа, в течение двух дней в неделю; продолжительность смены локомотивных бригад горочных локомотивов, составляющая 0,5 часа/смену. В течение суток производится две смены локомотивных бригад. В этом случае $\Sigma t_{\text{техн}} = 2 \cdot 0,5 \cdot 60 / 7 + 2 \cdot 0,5 \cdot 60 = 68,6$ мин; $\Sigma t_{\text{мест}} = 21 \cdot 5$ мин + 8·6 мин + 1·3 мин = 156 мин; $\Sigma t_{\text{пост}}^r = 68,6 + 156 = 224,6$ мин

Продолжительность заезда горочного локомотива под состав

$$t_3 = 2 \cdot 0,2 + \frac{412,25 + 1089 + 2 \cdot 397,62}{16,7 \cdot 20} = 7,28 \text{ мин.}$$

Продолжительность надвига состава на сортировочную горку

$$t_H = 0,2 + \frac{412,25}{16,7 \cdot 10} = 2,67 \text{ мин.}$$

Продолжительность отпуска на горке состава из 60 вагонов при среднем количестве отцепов в составе $\bar{g} = 12$ (не более 24 осей в отцепе)

$$t_{\text{рост}} = \frac{14 \cdot 60}{60 \cdot 2,1} \left(1 - \frac{1}{2 \cdot 12} \right) = 6,39 \text{ мин.}$$

С учетом полученных значений средняя продолжительность горочного технологического интервала t_r при работе одного горочного локомотива на сортировочной горке

$$t_r = 7,28 + 2,67 + 6,39 + 12 = 28,34 \text{ минут.}$$

Прогнозируемая наличная перерабатывающая способность сортировочной горки

$$N_r = \frac{(1440 \cdot 0,95 - 224,6)}{28,34 \cdot 1,10(1 + 0,06)} \cdot 60 + 1204 = 2076,1 + 1204 = 3280,1 \approx 3280 \text{ ваг./сут.}$$

Потребная перерабатывающая способность сортировочной горки в вагонах (см. разд. 2, п. 5)

$$N_r^{\text{потр}} = N_p m_c (1 + \rho_c),$$

где N_p – количество поездов, прибывающих в расформирование; ρ_c – необходимый технический резерв перерабатывающей способности сортировочной горки для погашения неравномерности перевозок по отдельным периодам, обработки составов поездов на станциях и других параметров перерабатываемого вагонопотока. Согласно [3] устанавливается $\rho_c = 30\%$. Горочный технологический интервал должен составлять не более 0,85 среднего интервала прибытия поездов в расформирование, т.е. иметь 15%-й резерв [5].

Согласно прогнозным расчетам среднесуточные объемы переработки вагонов на сортировочной горке станции «Н» могут составить 2100 вагонов в среднем в сутки. *Потребная перерабатывающая способность сортировочной горки (в вагонах)*

$$N_r^{\text{потр}} = 2100(1 + 0,3) = 2730 \text{ ваг./сут.}$$

Резерв перерабатывающей способности механизированной сортировочной горки

$$R_{\text{прогн}} = \frac{N_r - N_r^{\text{потр}}}{N_r} \cdot 100\%. \text{ Так, } R_{\text{прогн}} = \frac{3280 - 2730}{3280} = 0,17, \text{ или } 17\%.$$

Следовательно, наличная перерабатывающая способность превышает потребную на 17%, и резерв перерабатывающей способности горки соответствует требуемому уровню.

Величина резерва наличной перерабатывающей способности сортировочной горки может быть установлена с помощью оптимизационных расчетов или по заданному уровню надежности работы подсистемы расформирования составов грузовых поездов. Если резерв недостаточен ($R_{\text{прогн}} < 0$), следует применить меры по его увеличению. Мероприятия по увеличению

наличной перерабатывающей способности сортировочной горки подразделяются на технологические, предполагающие совершенствование технологии работы, и конструктивные, связанные с изменением конструкции сортировочной горки. К технологическим относятся: сокращение горочного технологического интервала за счет дополнительных локомотивов и организации параллельного роспуска; сокращение продолжительности постоянных операций и др. Конструктивные меры предполагают усиление технического оснащения сортировочной горки, увеличение высоты сортировочной горки и совершенствование параметров ее продольного профиля, изменение конструкции плана горочной горловины сортировочного парка и др.

4.7 Оптимизация параметров конструкции сортировочных горок и уровня их технического оснащения

В настоящее время условия работы сортировочных горок значительно изменились. Проекты большинства из них разработаны более 30 лет назад, а на часть горок проектная документация отсутствует. Существенные изменения произошли как в структуре и величине перерабатываемого вагонопотока, его физических характеристиках, так и в предъявляемых требованиях к качественным показателям и безопасности сортировочных процессов. В ряде исследований по трибологии показывается, что недопустимые термомеханические повреждения колес перерабатываемого на сортировочных горках подвижного состава при башмачном торможении можно ожидать при скоростях движения юзом даже до 1 м/с. Эта проблема особенно актуальна для Белорусской железной дороги, учитывая, что 20 сортировочных горок из 25 эксплуатируемых являются немеханизированными либо частично механизированными и требуют модернизации.

Современные, более сложные подходы к выбору уровня технического оснащения сортировочных устройств должны позволить определить, когда модернизация сортировочных горок экономически целесообразна, в том числе при объеме переработки менее 1000 вагонов в сутки. Важно, чтобы конструкция и уровень технического оснащения сортировочного устройства были обоснованы технико-экономическими расчетами, результаты которых существенно зависят от конкретных условий работы проектируемой сортировочной горки. При этом необходимо учитывать особенности её конструкции, станционные взаимосвязи, режимы работы устройства, характер перерабатываемого вагонопотока, степень дифференциации его параметров. Кроме того, в результате реализации более технологичных вариантов, предусматривающих механизацию и автоматизацию процесса роспуска, необходимо учитывать дополнительный эффект, обусловленный приростом перерабатывающей способности горки ΔR . Дополнительный резерв перерабатывающей способности ΔR позволяет равномерно распределить сортировочную работу,

уменьшить нагрузку на наиболее загруженные объекты железнодорожной сети и не вкладывать средства в «создание дополнительной мощности» (500–800 у. е./ваг.) при увеличении объёмов сортировочной работы, тем самым достичь наиболее полного использования перерабатывающей способности сортировочного устройства, усилив экономический эффект от внедрения проектных мероприятий. В случае сохранения либо снижения объёмов сортировки прирост резерва ΔR позволяет рассматривать вопрос о **концентрации сортировочной работы** на меньшем количестве станций для повышения эффективности функционирования железнодорожной сети.

Детальные исследования вопросов оптимизации конструкции и уровня технического оснащения сортировочных горок для соответствия *современным требованиям безопасности и эффективности работы* становятся особенно актуальными и рассматриваются в данном разделе.

Существующие методики оптимизации по критерию экономической эффективности инвестиций ориентированы, в первую очередь, на пошаговый поиск оптимальной конструкции сортировочной горки. В соответствии с рассматриваемой методикой предварительно по каждому разрабатываемому варианту выполняются горочные конструктивные расчеты по требованиям [15] и проверяется работоспособность полученной конструкции горки исследуемого технического оснащения с помощью имитационного моделирования. Определяющим фактором является степень механизации и автоматизации сортировочной горки. В рассматриваемом варианте конструкция горки разрабатывается в соответствии с уровнем технического оснащения, но может потребоваться его корректировка из-за наличия технологических ограничений применения технических средств. Такая нацеленность на конкурентоспособный вариант и детальный анализ режимов работы горки позволяет в большинстве случаев в несколько раз сократить количество рассматриваемых вариантов (до 3–4): немеханизованная горка; с частичной механизацией; полной механизацией; механизацией и автоматизацией.

Основой оптимизации технического оснащения сортировочных комплексов по приведенным затратам и оценки эффективности инвестиций являются результаты детализированного расчета капитальных вложений, эксплуатационных расходов и экономии по вариантам конструкции сортировочной горки при различном уровне её технического оснащения с учетом технологических особенностей. Причем при усилении технического оснащения горки значительны капитальные вложения в технические средства, но сокращаются эксплуатационные расходы на переработку вагонопотока и появляется их экономия по сравнению с базовым вариантом. Базовым вариантом может являться проектная нормативная конструкция и техническое оснащение сортировочной горки либо существующая конструкция горки и её техническое оснащение.

Капитальные вложения включают следующие статьи расходов: приведение параметров нижнего и верхнего строения сортировочной горки и сортировочно-отправочных путей к проектному положению; механизация тормозных позиций; автоматизация технологических процессов работы горки; приобретение дополнительного тягового подвижного состава для обеспечения осаживания вагонов в сортировочно-отправочном парке и др.

Расходы на реконструкцию земляного полотна

$$A_3 = c_{зр} V_3,$$

где $c_{зр}$ – стоимость выполнения земляных работ, руб./м³;

V_3 – объем перемещаемых земляных масс, м³.

Основным методом определения объемов земляных масс является метод поперечных профилей в необходимых сечениях, что объясняется высокой точностью расчетов. В то же время это наиболее трудоемкие расчеты, поэтому для их автоматизации целесообразно использовать прикладное программное обеспечение, позволяющее получить высокую точность вычислений, например «Профиль_v1».

Расходы на техническое оснащение при механизации тормозных позиций сортировочной горки могут включать расходы на приобретение и укладку вагонных замедлителей в необходимом количестве $A_т$, сооружение (модернизацию) компрессорной установки $A_к$ и воздухопроводной сети, внедрение систем ГАЦ (МПЦ) и АРС $A_{авт.}$, устройств системы принудительной очистки стрелочных переводов и др. Ориентировочная стоимость переоборудования ЭЦ станции системами МПЦ в пересчете на один стрелочный перевод составляет 60–70 тыс. у. е. Стоимость замедлителей колеблется от 70 до 190 тыс. у. е. за один комплект в зависимости от типа.

Данные расходы оказывают наибольшее влияние на капиталоемкость вариантов с полной или частичной механизацией сортировочной горки из-за высокой стоимости горочного оборудования. Это делает весьма актуальным вопрос рационального применения средств механизации исходя из их стоимости и мощности.

Расходы на локомотивы для осаживания в сортировочном парке

$$A_л = c_л \frac{\sum T_{ос}}{T_л},$$

где $c_л$ – стоимость локомотива, руб.;

$\sum T_{ос}$ – годовые затраты локомотиво-часов на осаживание вагонов;

$T_л$ – продолжительность работы локомотива в течение одного года, ч.

В реальных условиях удельный вес этих затрат существенно снижен из-за низкой остаточной стоимости эксплуатируемых маневровых локомотивов вследствие высокой степени их амортизации.

Годовые затраты локомотиво-часов на осаживание вагонов связаны с выполнением осаживания в сортировочном парке со стороны горки для ликвидации окон между вагонами. Объёмы этой работы зависят, главным образом, от среднего количества вагонов в осаживаемой группе, дальности пробега отцепов и порядка их скатывания с горки. Появление отцепа с тем или иным сопротивлением движению и, следовательно, с той или иной дальностью пробега, является случайным явлением, поэтому и длина осаживаемой группы $L_{от}$ является средней случайных величин:

$$L_{от} = l_{п} + l_{от} \left[\frac{1 - \alpha_{п}}{\alpha_{п}} - (1 - \alpha_{п})^{n_{м}} \left(\frac{1}{\alpha_{п}} - \frac{1}{\alpha_{х}} \right) \right],$$

где $l_{п}$ – дальность пробега в сортировочный парк «плохих» бегунов, м;

$l_{от}$ – средняя длина отцепов, м;

$\alpha_{п}$, $\alpha_{х}$ – соответственно, вероятности появления «плохих» и «хороших» бегунов;

$n_{м}$ – количество отцепов, которые могут разместиться на пути между отцепами с сопротивлением, соответственно, $w_{х}$ и $w_{п}$.

Параметр $L_{от}$ может определяться на основе теории вероятностей по данным анализа натурно-сортировочных листков за период максимальных объёмов работы сортировочного комплекса либо принимается на основе требований заказчика проекта и результатов имитационного моделирования работы горки.

Количество отцепов

$$n_{м} = (l_{х} - l_{п}) / l_{от},$$

где $l_{х}$ – дальность пробега «хороших» бегунов.

Дальность пробега в сортировочный парк расчетных бегунов $l_{х}$ и $l_{п}$ может быть оценена по данным имитационного моделирования в зависимости от высоты горки и остаточной энергетической высоты Δh при климатических условиях различных периодов года:

$$l_{дл} = l_{тп-пт} + \frac{\Delta h \cdot 10^3}{(w_o + w_{св} + w_{ск} + w_{сн} \pm i_c)},$$

где $l_{тп-пт}$ – длина участка пути от конца парковой ТП до расчетной точки, м;

Δh – остаточная энергетическая высота, эквивалентная скорости движения бегунов в расчетной точке, полученная имитационным моделированием с помощью средств САПР (pp_sg.exe);

w_o – основное удельное сопротивление движению расчетного бегуна, Н/кН;

$w_{\text{св}}$ – дополнительное сопротивление от воздушной среды и ветра при движении отцепа на сортировочном пути, Н/кН;

$w_{\text{ск}}$ – дополнительное удельное сопротивление движению вагонов в кривых участках сортировочного пути, Н/кН;

$w_{\text{сн}}$ – удельное сопротивление от снега и инея, Н/кН;

$i_{\text{с}}$ – средний уклон сортировочных путей, ‰.

При работе на горке одного локомотива средняя продолжительность осаживания вагонов

$$t_{\text{ос}} = \frac{1}{k_{\text{л}}} \left[\frac{L_{\text{п}}}{L_{\text{ор}}} - 1 \right] (a_{\text{г}} + b_{\text{г}} \cdot \Delta l);$$

при $L_{\text{ор}} \leq 0,5L_{\text{с}} \cdot \Delta l = L_{\text{ор}}$, иначе $\Delta l = (L_{\text{с}} - L_{\text{ор}})$,

где $k_{\text{л}}$ – количество локомотивов, одновременно работающих на осаживании вагонов в сортировочном парке;

$L_{\text{п}}$ – средняя длина расформировываемых составов, м;

$L_{\text{с}}$ – средняя длина сортировочных путей, м;

$a_{\text{г}}$ – продолжительность заезда локомотива для осаживания вагонов, мин;

$b_{\text{г}}$ – продолжительность осаживания вагонов и возвращения локомотива, отнесенная на 1 м пути, мин.

Годовые затраты локомотиво-часов на осаживание вагонов при работе сортировочной горки

$$\sum T_{\text{ос}} = \frac{n l_{\text{усл}}}{L_{\text{п}} 60} \sum t_{\text{ос}} \cdot \lambda_{\text{г}},$$

где n – количество условных вагонов, перерабатываемых горкой в сутки;

$l_{\text{усл}}$ – длина условного вагона, м;

$\lambda_{\text{г}}$ – количество дней в году при установленной температуре наружного воздуха.

Выполненные в БелГУТе исследования показали, что наиболее характерными являются т. н. «расчетные» месяцы года, являющиеся самыми неблагоприятными и благоприятными для работы сортировочной горки. Эти два месяца задают максимальную амплитуду колебаний количества локомотиво-часов на осаживание вагонов. Приблизительное годовое количество локомотиво-часов на осаживание вагонов рассчитывается на основе этих двух месяцев. Такой подход позволяет в несколько раз сократить трудоёмкие расчеты параметров осаживания вагонов с горки, обеспечивая погрешность не более 2–3 %.

Эксплуатационные расходы на переработку вагонопотока по вариантам конструкции сортировочной горки включают следующие основные статьи расходов: на осаживание вагонов в сортировочном парке; содержание

тормозных позиций; расход топлива на надвиг и роспуск составов с горки; заработная плата причастным работникам; дополнительные расходы, связанные с амортизацией и содержанием технических средств. При увеличении высоты горки возрастают эксплуатационные расходы на надвиг и роспуск составов поездов, затраты на производство сжатого воздуха для работы замедлителей, но значительно снижаются расходы на осаживание вагонов в сортировочном парке.

Расходы на осаживание вагонов в сортировочном парке

$$\Theta_{oc} = c_{oc} \sum T_{oc},$$

где c_{oc} – стоимость 1 лок.ч маневровой работы, руб.

Наибольшее влияние на затраты, связанные с регулированием скоростей движения вагонов, оказывает степень их торможения, определяемая, в первую очередь, высотой (дальностью пробега) и профилем сортировочной горки.

Для механизированных сортировочных горок *затраты на производство сжатого воздуха* при торможении отцепов на механизированных тормозных позициях сортировочной горки можно определить по формуле

$$\Theta_v = 365 c_v N_{расф} V_v,$$

где c_v – стоимость производства 1 м³ сжатого воздуха компрессорной установкой с учетом затрат на её техническое обслуживание, руб.;

$N_{расф}$ – среднее количество расформировываемых составов в сутки на сортировочной горке;

V_v – объем сжатого воздуха, расходуемого на включение замедлителей в течение роспуска одного состава, м³.

Общий расход сжатого воздуха на работу замедлителей всех тормозных позиций горки при роспуске одного состава

$$V_v = \Pi_k t_p,$$

где Π_k – потребная интенсивность подачи воздуха компрессорной станцией при роспуске состава, м³/мин,

$$\Pi_k = \varphi P_3;$$

φ – коэффициент, учитывающий изменение расхода воздуха на горке, который зависит от величины погашаемой энергетической высоты замедлителями при изменении скорости роспуска. Устанавливается с учетом высоты сортировочной горки и скорости роспуска, т.е.

$\varphi = f(H_r, v_p)$. При общем расходе воздуха менее 60 м³/мин $\varphi = 1,15$;

P_3 – интенсивность расхода воздуха при работе замедлителей, м³/мин;

t_p – продолжительность роспуска состава, мин,

$$t_p = 0,06(1 - 1/2g_o)l_c / v_p,$$

g_o – среднее количество отцепов в составе;

v_p – расчётная скорость роспуска, км/ч;

l_c – средняя длина распускаемого состава.

Интенсивность расхода воздуха замедлителями определяется частотой их включения за одну минуту. Расход воздуха при последовательном роспуске, м³/мин:

$$P_3 = P_1b_1 + P_2b_2 + P_3b_3,$$

где P_1, P_2, P_3 – расход воздуха на одно включение замедлителей, установленных на первой, второй и третьей тормозных позициях, соответственно. Величины P_1, P_2, P_3 определяются в зависимости от типа используемых замедлителей и величины погашаемой ими энергетической высоты. Для замедлителей типа ЗВУ (НК114) можно принять на горочных тормозных позициях $P_{1(2)} = 0,85$, а на парковой – $P_3 = 0,43$ м³/включение (в случае использования однорельсового замедлителя);

b_1, b_2, b_3 – количество включений замедлителей в течение одной минуты на соответствующих тормозных позициях (1-й, 2-й горочных и парковой).

Усреднённая частота включений замедлителей, в 1 мин

$$b_i = \text{ч}_{от} k_{вкл.}$$

где $\text{ч}_{от}$ – средняя интенсивность скатывания отцепов с горки в течение одной минуты, отцеп / мин;

$k_{вкл.}$ – среднее количество включений каждого замедлителя на соответствующей тормозной позиции, приходящихся на один отцеп.

Средняя интенсивность скатывания отцепов с горки $\text{ч}_{от}$ зависит от средней длины расформируемого состава, среднего количества вагонов в отцепе n_v и скорости роспуска v_p . При среднем количестве отцепов в составе g_o ориентировочно

$$\text{ч}_{от} = g_o / t_p.$$

Среднее количество включений замедлителя, приходящихся на один отцеп, зависит от количества вагонов в отцепе n_v . Если на одиночный вагон потребуется не более одного, то для длинных отцепов количество включений замедлителя может потребоваться 2 и более. Количество включений $k_{вкл.}$ на разных тормозных позициях при $n_v = 2$ приведено в таблице 4.25 (таблица П.6.1 [14]).

Если фактическое среднее количество вагонов в отцепе $n_{вф}$ на конкретной горке отличается от $n_v = 2$, то $k_{вкл.}$ необходимо умножить на коэффициент пропорциональности $k_{пр} = 0,7 + 0,15n_{вф}$.

Таблица 4.25 – Зависимость количества включений на разных тормозных позициях при двух вагонах в отцепе

Тип горки	Средняя скорость распуска на горке, км/ч	Среднее количество включений замедлителей, $k_{вкл}$		
		1ТП	2ТП	3ТП
Механизированная с двумя тормозными позициями	Менее 4	1,6	1,92	–
	4–6	1,8	2,08	–
	Более 6	1,92	1,6	–
Механизированная с тремя тормозными позициями	Менее 4	1,8	2,08	1,92
	4–6	1,92	2,16	2,0
	Более 6	2,08	2,32	2,08

Для немеханизированных сортировочных горок *расходы на содержание немеханизированных (башмачных) тормозных позиций* \mathcal{E}_T определяются интенсивностью износа тормозных башмаков по вариантам конструкции сортировочной горки, которая принимается конгруэнтно существующему положению:

$$\mathcal{E}_T = c_{T6} N_{T6},$$

где c_{T6} – стоимость одного горочного тормозного башмака, руб.;

N_{T6} – количество тормозных башмаков, изнашиваемых за год на сортировочной горке в процессе эксплуатации.

Кроме того, необходимо учесть расходы на ремонт подвижного состава, замену рельсов и башмакосбрасывателей, изнашиваемых в процессе движения вагонов юзом при башмачном торможении. Расходы на замену башмакосбрасывателей

$$\mathcal{E}_{Tc} = c_{c6} N_{c6},$$

где c_{c6} – стоимость одного башмакосбрасывателя и одновременно заменяемых рельсов, руб.;

N_{c6} – среднее количество башмакосбрасывателей, изнашиваемых на сортировочной горке в процессе эксплуатации за год.

Изменение расходов, связанных с *подачей составов на горб горки*, определяется расходом условного топлива по следующему выражению:

$$\mathcal{E}_{пл} = 365 c_T \frac{2,35 Q_{п} H_k}{7000 \cdot 10^3 \eta} \cdot \frac{n_{вар} l_{yc}}{L_{п}},$$

где c_T – стоимость одной тонны топлива, руб./т;

2,35 – количество килокалорий, соответствующее работе в 1000 кгм;

$Q_{п}$ – масса поезда, т;

H_k – высота горки по варианту конструкции и технического оснащения;

7000 – теплотворная способность условного топлива в ккал/кг;

η – результирующий коэффициент полезного действия механизмов локомотива;

$n_{\text{ваг}}$ – среднесуточная переработка вагонов на горке;

$L_{\text{п}}$ – средняя длина состава, надвигаемого на горку, м.

Расходы на заработную плату причастным работникам сортировочного комплекса определяются их численностью и квалификацией

$$\mathcal{E}_{\text{зн}} = c_{\text{зн}} N_{\text{р}},$$

где $c_{\text{зн}}$ – средняя зарплата одного работника в месяц с учетом коэффициента замещения и норм отчисления на социальное страхование, руб.;

$N_{\text{р}}$ – количество штатных работников, чел.

При сохранении башмачных средств регулирования скоростей скатывания отцепов с горки учитываются расходы на заработную плату регулировщикам скоростей скатывания отцепов с горки. Внедрение механизации предусматривает дополнительное привлечение специалистов для обслуживания тормозного оборудования и штат операторов торможения вагонов. Однако это позволяет частично либо полностью сократить значительный штат регулировщиков скорости движения отцепов, занятых на тормозных позициях, и существенно повысить безопасность труда. Оборудование сортировочной горки микропроцессорной системой автоматизации расформирования составов также потребует дополнительно привлечение специалистов.

Дополнительные эксплуатационные расходы, связанные с амортизацией и содержанием технических средств $\Sigma C_{\text{доп(экспл)}}$ включают амортизационные отчисления на технические средства и затраты на материалы, запчасти и электроэнергию, связанные с обеспечением функционирования системы. Амортизационные отчисления $C_{\text{д}}$ по проектируемым техническим устройствам определяются на основании величин капитальных вложений $A_{\text{м}}$ и норм амортизации, которые могут приниматься с учетом срока службы оборудования.

Экономия эксплуатационных расходов при совершенствовании конструкции и уровня технического оснащения сортировочной горки образуется, главным образом, за счет сокращения продолжительности расформирования составов с горки, ускорения процесса накопления составов и сокращения расхода топлива на маневровые передвижения.

Дополнительная экономия эксплуатационных расходов, связанная с уменьшением продолжительности расформирования составов, складывается из экономии вагоно-часов простоя подвижного состава на станции (C_1) и локомотиво-часов работы маневровых локомотивов (C_2).

Экономия эксплуатационных расходов, получаемая в результате уменьшения вагоно-часов простоя подвижного состава на станции, определяется по следующему выражению:

$$C_1 = 365 \Delta t_{\Gamma} e_{\text{ваг-ч}} n_{\text{ваг}},$$

где Δt_{Γ} – сокращение величины горочного технологического интервала при усилении технического оснащения сортировочной горки, ч;

$e_{\text{ваг-ч}}$ – стоимость вагоно-часа простоя подвижного часа на станции;

$n_{\text{ваг}}$ – количество вагонов, перерабатываемых в среднем за сутки.

Уменьшение затрат на маневровую работу за счет сокращения продолжительности расформирования составов на горке

$$C_2 = 365 \frac{\Delta t_{\Gamma}}{60} N e_{\text{лок-ч}}^{\text{ман}},$$

где N – количество расформировываемых составов, в среднем в сутки;

$e_{\text{лок-ч}}^{\text{ман}}$ – стоимость локомотиво-часа маневровой работы, руб.

Уровень технического оснащения сортировочной горки влияет на сокращение продолжительности поступления на путь накопления замыкающей группы вагонов в составе поезда и, как следствие, уменьшение простоя вагонов под накоплением на состав и экономию эксплуатационных расходов C_3

$$C_3 = 365 \frac{\Delta t_{\Gamma}}{60} \frac{n_{\text{ваг}}}{n_{\text{отц}}} e_{\text{ваг-ч}},$$

где $n_{\text{отц}}$ – среднее количество отцепов в расформировываемых составах в сутки.

Стоимость сэкономленного топлива за год в результате сокращения горочного технологического интервала

$$C_T = 365 (r_{\text{н}} - r_{\text{хх}}) N \frac{\Delta t_{\Gamma}}{60} e_T,$$

где $r_{\text{н}}$ – расход условного топлива при номинальной нагрузке и средней скорости маневровой работы 15 км/ч, кг/ч;

$r_{\text{хх}}$ – расход условного топлива в режиме холостого хода, кг/ч;

e_T – стоимость 1 кг топлива, руб.

Основным фактором, определяющим отличие данных показателей по вариантам, является горочный технологический интервал, который зависит, главным образом, от уровня оснащенности сортировочной горки.

Определение оптимального варианта конструкции горки выполняется на основе сравнения приведенных годовых затрат по вариантам и сроков их окупаемости. **Приведенные годовые затраты**

$$E_{\text{пр}} = \mathcal{E} + E_{\text{н}}K,$$

где \mathcal{E} – эксплуатационные расходы, руб./год;

$E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент приведения капитальных вложений к эксплуатационным расходам, $E_{\text{н}} = 0,10 \dots 0,12$;

K – капитальные вложения по варианту, руб.

Следует отметить, что в расчетах целесообразно учитывать только капитальные вложения, изменяющиеся по вариантам конструкции горки, не учитывая вложения, одинаковые для всех вариантов.

Срок окупаемости мероприятий при использовании собственных средств железнодорожных компаний для оптимального проектного варианта сортировочной горки

$$T_{\text{о}} = \frac{K}{\mathcal{E}_{\text{ф}}},$$

где $\mathcal{E}_{\text{ф}}$ – экономический эффект от внедрения оптимального варианта, руб./год.

Экономический эффект $\mathcal{E}_{\text{ф}}$ при реализации оптимального варианта определяется как разность эксплуатационных расходов для горки нормативной конструкции $\mathcal{E}_{\text{н}}$ или при существующем положении $\mathcal{E}_{\text{сущ}}$ и после модернизации $\mathcal{E}_{\text{опт}}$ с учетом экономии эксплуатационных расходов $C_{\text{опт}}$:

$$\mathcal{E}_{\text{ф}} = \mathcal{E}_{\text{н(сущ)}} - \mathcal{E}_{\text{опт}} + C_{\text{опт}}.$$

Экономический эффект может включать только экономию эксплуатационных расходов от внедрения современных технических средств за вычетом дополнительных годовых расходов на их содержание.

Период возврата инвестиций составит

$$T_{\text{в}} = \frac{K}{\mathcal{E}_{\text{ф}} + A},$$

где A – амортизационные отчисления, зависящие от срока эксплуатации технических средств (20–25 лет) по оптимальному варианту.

Коэффициент эффективности инвестиций

$$E_{\text{инв}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{ф}}}{K}.$$

Значение данного коэффициента не должно быть ниже нормативного $E_{\text{н}}$, принимаемого равным $E_{\text{н}} = 0,10 \dots 0,12$ при сроке окупаемости реконструктивных мероприятий 8–10 лет. Учитывая, что срок службы устанавливаемого оборудования может превышать 20 лет, нормативный срок окупаемости может быть увеличен. Если $E_{\text{инв}} \geq E_{\text{н}}$, то вложение инвестиций в усиление

технического оснащения сортировочной горки является экономически целесообразным и эффективным.

Следует отметить, что срок окупаемости проектных мероприятий и период возврата инвестиций могут удовлетворять нормативным для нескольких вариантов конструкции горки. Тогда в качестве принимаемого может быть рекомендован наиболее высокотехнологичный вариант конструкции, особенно при росте величины перерабатываемого вагонопотока на сортировочной горке в перспективе. Выбор окончательного варианта из экономически целесообразных следует осуществлять по усмотрению заказчика для реализации решений Генеральной схемы развития сети и железнодорожных узлов, планов развития основных производственных мощностей региона тяготения, а также этапности выполнения работ.

При привлечении заёмных средств для реализации вариантов развития сортировочного комплекса станции целесообразно эффект от реализации инвестиционного проекта рассчитывать по периодам времени, что связано с необходимостью учета величины ставки рефинансирования и банковских рисков, уплаты процентов. Распределение эффекта по времени в расчетный период определяется нормативом экономической эффективности (нормой дисконта), зависящим от ставки рефинансирования или депозитного процента по вкладам (в стабильных ценах). Определённым ориентиром при установлении норматива экономической эффективности может служить депозитный процент по вкладам в относительно стабильной иностранной валюте с учетом инфляции и соответствующих банковских рисков. Учитывая, что ОАО «РЖД» является крупным перевозчиком грузов, а также значительную экономическую интеграцию стран в рамках Союзного государства, Таможенного союза и ЕЭП в качестве норматива экономической эффективности (дисконта) можно принять величину депозитного процента по вкладам в российских рублях, например, $E = 9\%$, что, как правило, соответствует прогнозируемому уровню инфляции и темпу амортизационных отчислений по проекту.

Для **оценки эффективности инвестиций** с использованием заёмных средств рассчитываются: индекс рентабельности инвестиций, величина чистого дисконтированного дохода и финансовое положение инвестора, период возврата инвестиций, а также внутренняя норма рентабельности [18].

Индекс рентабельности инвестиций определяется отношением экономического эффекта Θ_ϕ к сумме инвестиционных затрат K при норме дисконта E , который должен быть больше единицы.

Величина *чистого дисконтированного дохода* для постоянной нормы дисконта (интегральный эффект) только при неизменных ценах в течение расчетного периода T_p определяется из выражения

$$\Theta_{\text{инт}} = \sum_{T=0}^{T_p} (\Theta_\phi - K) \frac{1}{(1 + E)^T}.$$

Норма рентабельности определяется методом последовательного приближения из тождества

$$\sum_{T=0}^{T_p} (K - \mathcal{E}_\phi) \frac{1}{(1 + E_{\text{вн}})^T} = 0.$$

Внутренняя норма рентабельности инвестиций $E_{\text{вн}}$ представляет собой коэффициент дисконтирования, при котором величина экономического эффекта \mathcal{E}_ϕ , приведенная к одному и тому же временному интервалу, соответствует приведенным капитальным вложениям K .

Соотношение \mathcal{E}_ϕ и K с учетом нормы рентабельности (дисконта) характеризует граничное положение, разделяющее инвестиции на «приемлемые» и «неприемлемые» при заданном расчетном периоде.

При изменении нормы дисконта, а также других показателей экономической эффективности рассматриваемых вариантов конструкции горки в течение рассчитанного срока полученный период возврата инвестиций может существенно измениться.

На рисунке 4.34 показано образование зоны рациональных решений для выбора оптимального варианта конструкции и технического оснащения сортировочной горки. Поведение трендов на графике определяет изменение приведенных расходов по вариантам конструкции горки (1 – нормативная конструкция без механизации, 2 – частичная механизация, 3 – полная механизация, 4 – механизация и автоматизация). Дополнительная вариантность образуется изменением высоты горки в зоне рациональных решений.

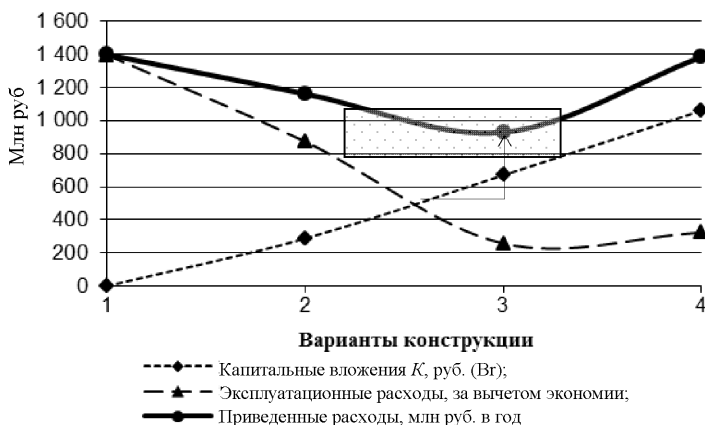


Рисунок 4.34 – Поиск оптимального варианта конструкции и технического оснащения горки

В результате выполненных исследований целесообразности модернизации двадцати существующих немеханизованных и частично механизиро-

ванных сортировочных горок Белорусской железной дороги, выполненных на основе предложенных подходов и теоретических положений, установлено, что даже при объёмах работы сортировочных горок малой мощности около 1000 ваг./сут, экономически целесообразным может оказаться вариант полной механизации горки (см. рисунок 4.34), а оборудование её системами автоматизации работы ГАЦ – АРС – ГТСС (и др.) – приемлемым при обоснованных оценках эффективности (станции Жлобин, Лида, Кричев-1, Осиповичи-1, Степянка, Слуцк). Это обусловлено во многом сокращением штата регулировщиков скорости движения отцепов с горки, снижением количества браков в работе, повышением эффективности и безопасности технологических процессов.

Таким образом, рассмотренные подходы отличаются высокой степенью адаптивности к реальным условиям функционирования сортировочных устройств, учетом большого количества факторов, взаимосвязанностью конструктивных расчетов и экономических изысканий, позволяют обосновать экономически выгодную и технологически рациональную этапность модернизации сортировочных комплексов, которые должны удовлетворять современным требованиям, повысить уровень концентрации и безопасности выполнения сортировочной работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Железные дороги колеи 1520 мм (СНБ 3.03.01–98) БНБ 3.03.01–98 / М-во строит. и архитектуры Респ. Беларусь. – Минск, 1998.
- 2 Правила и технические нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм. – М., 2001. – 255 с.
- 3 Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР. – М. : Транспорт, 1992. – 104 с.
- 4 Железнодорожные станции и узлы : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / В.Г. Шубко [и др.] ; под общ. ред. В.Г. Шубко, Н.В. Правдина. – М. : УМК МПС России, 2002. – 368 с.
- 5 Железнодорожные станции и узлы : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / В.М. Акулиничев [и др.] ; под общ. ред. В.М. Акулиничева. – М. : Транспорт, 1992. – 480 с.
- 6 **Правдин, Н.В.** Проектирование железнодорожных станций и узлов. Ч. 1 и 2 / Н.В. Правдин, Т.С. Банек, В.Я. Негрей. – Минск : Выш. шк., 1984. – 195 с.
- 7 **Луговцов, М.Н.** Проектирование железнодорожных станций и узлов : учеб. пособие / М.Н. Луговцов, В.Я. Негрей, В.А. Подкопаев. – Гомель : БелГУТ, 2004. – 159 с.
- 8 Сортировочные станции : учеб. пособие / М.Н. Луговцов [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2009. – 248 с.
- 9 Проектирование сортировочных горок: учеб.-метод. пособие / М. Н. Луговцов [и др.] ; под общ. ред. В. Я. Негрея. – Гомель : БелГУТ, 2005. – 170 с.
- 10 **Луговцов, М.Н.** Требования к оформлению курсовых и дипломных проектов и работ: пособие / М.Н. Луговцов, В.Я. Негрей, В.А. Подкопаев. – Гомель : БелГУТ, 2001. – 40 с.
- 11 Пропускная и перерабатывающая способность сооружений и устройств железнодорожного транспорта : учеб.-метод. пособие / В. Я. Негрей [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 183 с.
- 12 Стандарт организации СТП 09150.19.065–2007. Требования к техническому обслуживанию и ремонту устройств, сигнализации, централизации и блокировки механизированных и автоматизированных сортировочных горок Белорусской железной дороги. – Минск, 2008. – 141 с.
- 13 Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте: учеб. для вузов / П.С. Грунтов [и др.]. – М. : Транспорт, 1994. – 543 с.
- 14 Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1520 мм. – М. : Техноинформ, 2003. – 169 с.
- 15 Пособие по применению правил и норм проектирования сортировочных устройств / Ю. А. Муха [и др.]. – М. : Транспорт, 1994. – 220 с.
- 16 **Кобзев, В.А.** Развитие технических средств обеспечения безопасности станционных процессов: учеб. пособие / В.А. Кобзев. – М. : МИИТ, 2008. – 57 с.
- 17 Промежуточные станции : учеб.-метод. пособие / В. Я. Негрей [и др.] ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2014. – 254 с.
- 18 **Еловой, И.А.** Оценка эффективности инвестиций и конкурентноспособности транспортно-логистической системы : учеб.-метод. пособие / И.А. Еловой, И.А. Лебедева. – Гомель : БелГУТ, 2009. – 99 с.

19 Проектирование сортировочных устройств : учеб. пособие / Е.Э. Червотенко [и др.]; под ред. Е.Э. Червотенко. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2014. – 75 с. : ил.

20 Исследование особенностей взаимодействия подвижного состава на перевальной части сортировочных горок в реальных условиях для улучшения их параметров и повышения безопасности перевозочного процесса / С.А. Пожидаев, Е.А. Филатов, Н.В. Кирик // Проблемы безопасности на транспорте : материалы VI МНПК. – Гомель : БелГУТ, 2012. – С. 44–45.

21 Оценка надежности системы торможения вагонов на сортировочных горках / В.Я. Негрей, С.А. Пожидаев, Е.А. Филатов // Проблемы безопасности на транспорте : материалы V МНПК – Гомель : БелГУТ, 2010. – С. 65–67.

22 Технический кодекс установившейся практики ТКП 495–2013 (02190). Пункты остановочные железнодорожные. Правила и нормы технологического проектирования : [утв. приказом М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь от 02.05.2013 № 170-ц]. Минск : Науч.-произв. респ. унитар. предп. БелГИСС, 2013. – 16 с.

23 **Модин, Н.К.** Горочные вагонные замедлители нового поколения и микропроцессорная управляющая аппаратура : учеб.-метод. пособие по дипломному проектированию / Н.К. Модин, В.В. Качалюк. – Гомель : БелГУТ, 2014. – 72 с.

24 Сортировочные станции повышенной производительности : учеб. пособие / Н.В. Правдин [и др.]. – Гомель : БелИИЖТ, 1991. – 53 с.

25 Железнодорожные станции и узлы (задачи, примеры, расчеты) / Н.В. Правдин [и др.]; под общ. ред. Н.В. Правдина. – М. : Транспорт, 1984. – 296 с.

26 ГОСТ 22235-76 : с изменениями. Вагоны грузовые магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Общие требования по обеспечению сохранности при производстве погрузочно-разгрузочных и маневровых работ / Межгосударственный стандарт. – МПС, М., 1978.

27 Проект новой сортировочной станции с автоматизированной горкой : методическое пособие для выполнения курсового проекта по дисциплине «Железнодорожные станции и узлы» / Е.Э. Червотенко [и др.]. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2015. – 74 с. : ил.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)

СХЕМЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ
В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЗЛАХ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

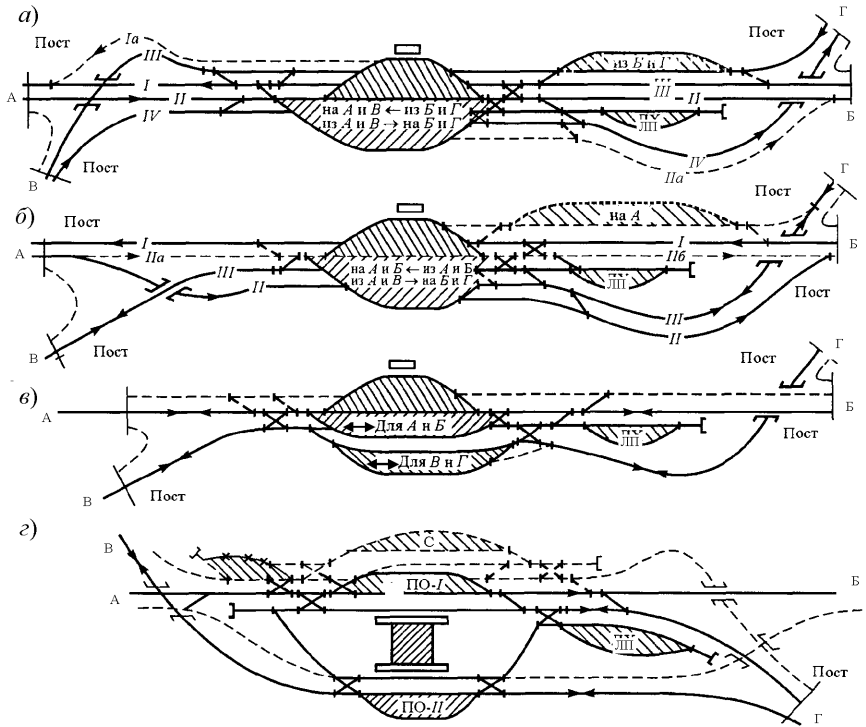


Рисунок А.1 – Схемы железнодорожных узлов с одной станцией и развязкой подходов по:

- а-б – направлениям движения при пересечении двухпутных линий А-Б и В-Г (а) и двухпутных линий А-Б и В-Г и двухпутной линии А-Б с однопутной линией В-Г (б);
- в-з – линиям с боковым (в) и островным (з) расположением пассажирского комплекса

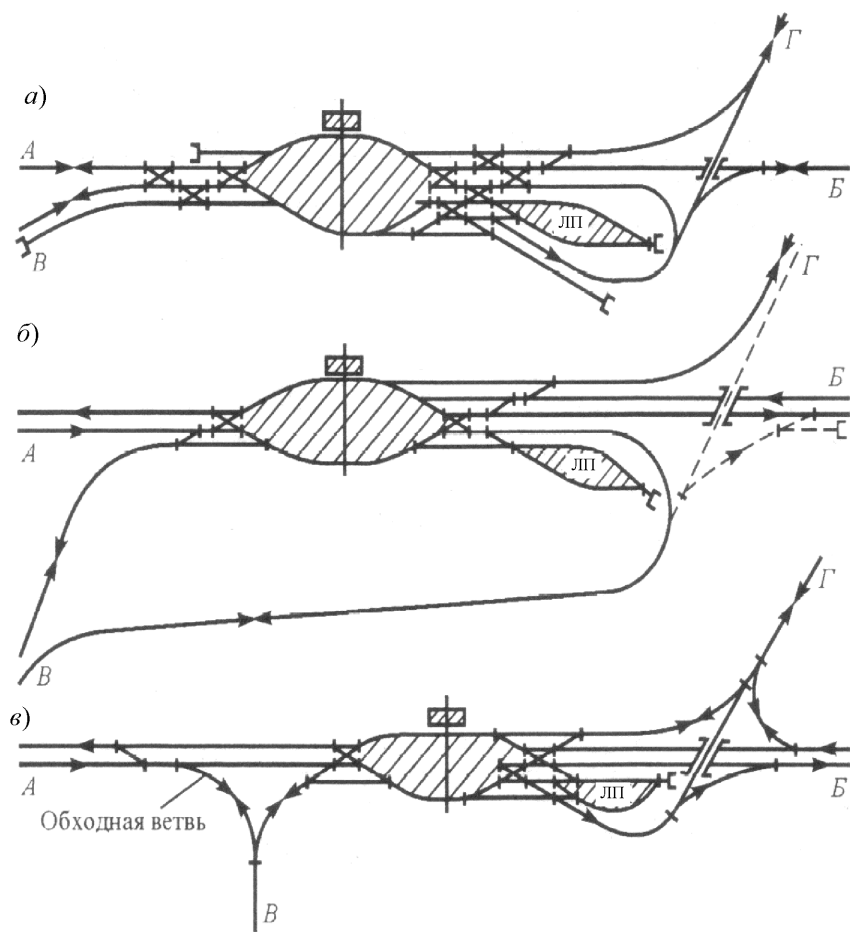


Рисунок А.2 – Схемы железнодорожных узлов с одной станцией при больших угловых и встречных поездопотоках:
a – с поворотной петлей; *б* – с двойным примыканием;
в – с соединительными ветвями

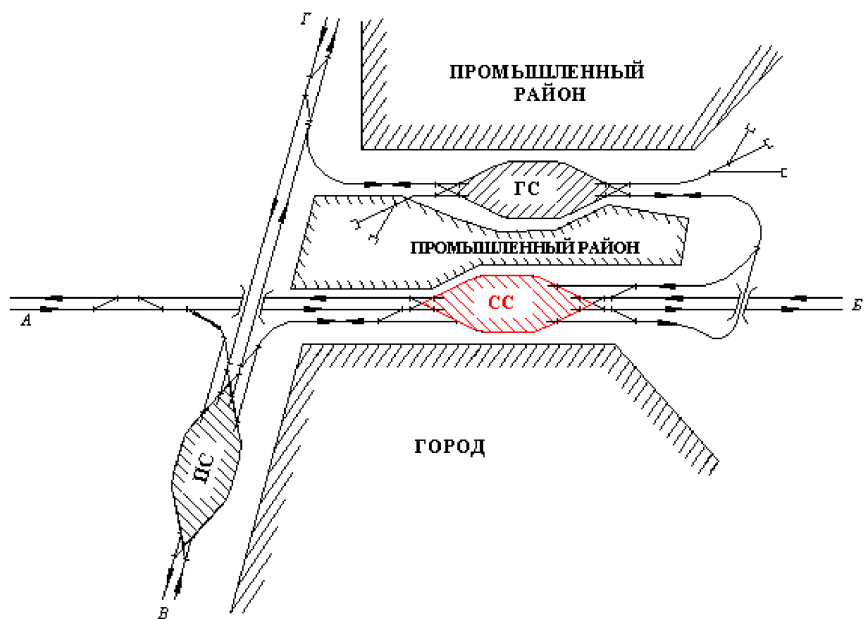


Рисунок А.3 – Узел крестообразного типа при небольших объемах сортировочной работы

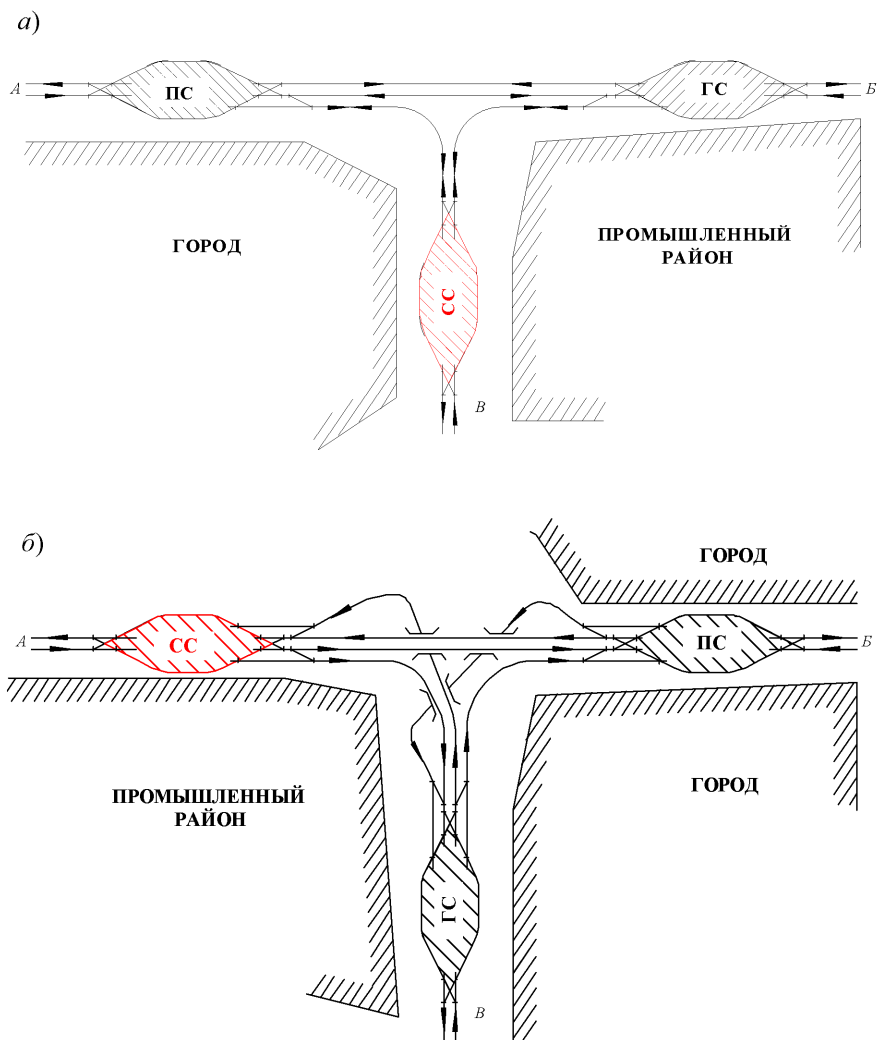


Рисунок А.4 – Узлы треугольного типа с пересечением линий:
a – в одном уровне; *б* – в разных уровнях

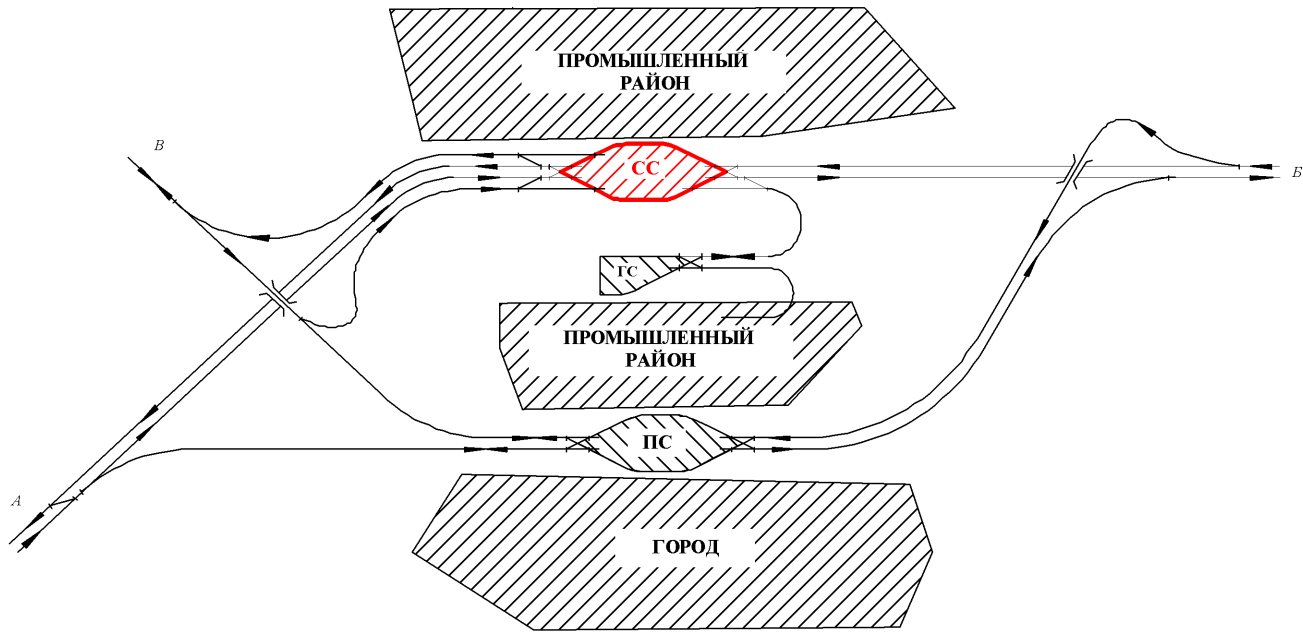


Рисунок А.5 – Узел с параллельным расположением станций

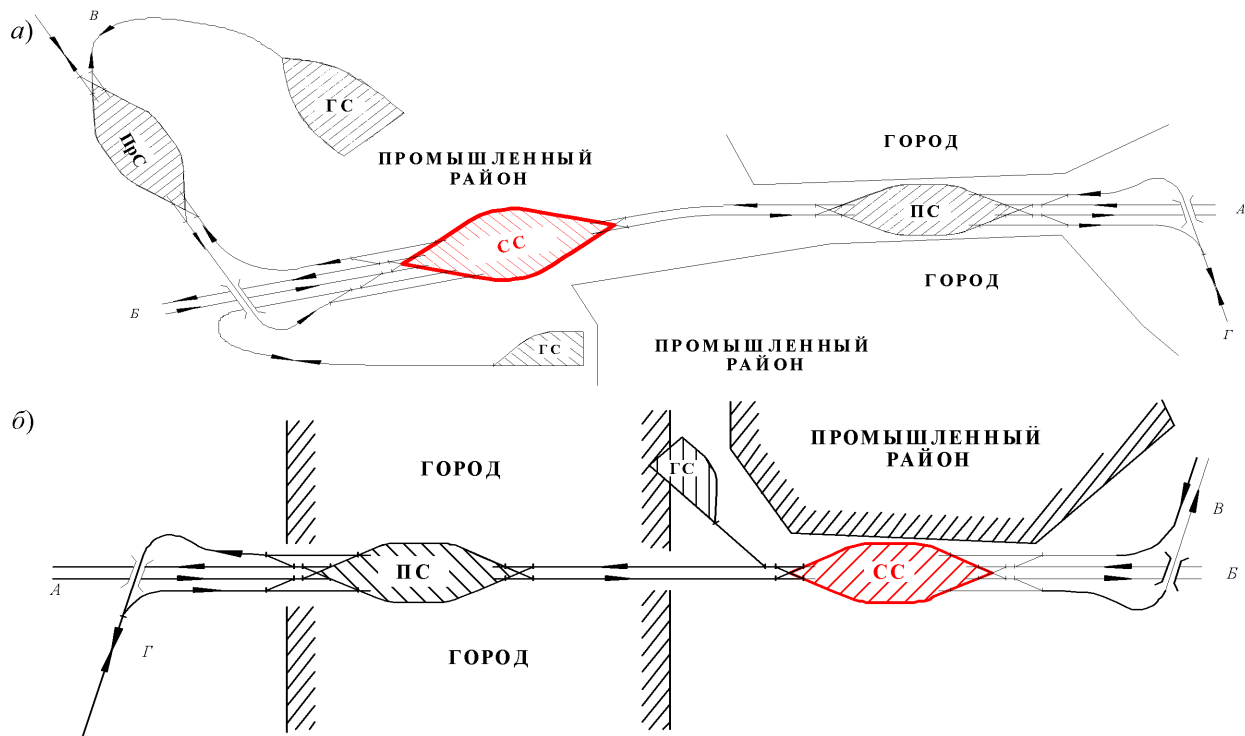


Рисунок А.6 – Узлы с последовательным расположением станций:

а – при примыкании линий на предузловой станции;

б – с общими главными путями для пассажирского и грузового движения;

ПС – пассажирская станция; ГС – грузовая станция; СС – сортировочная станция; ПрС – предузловая станция

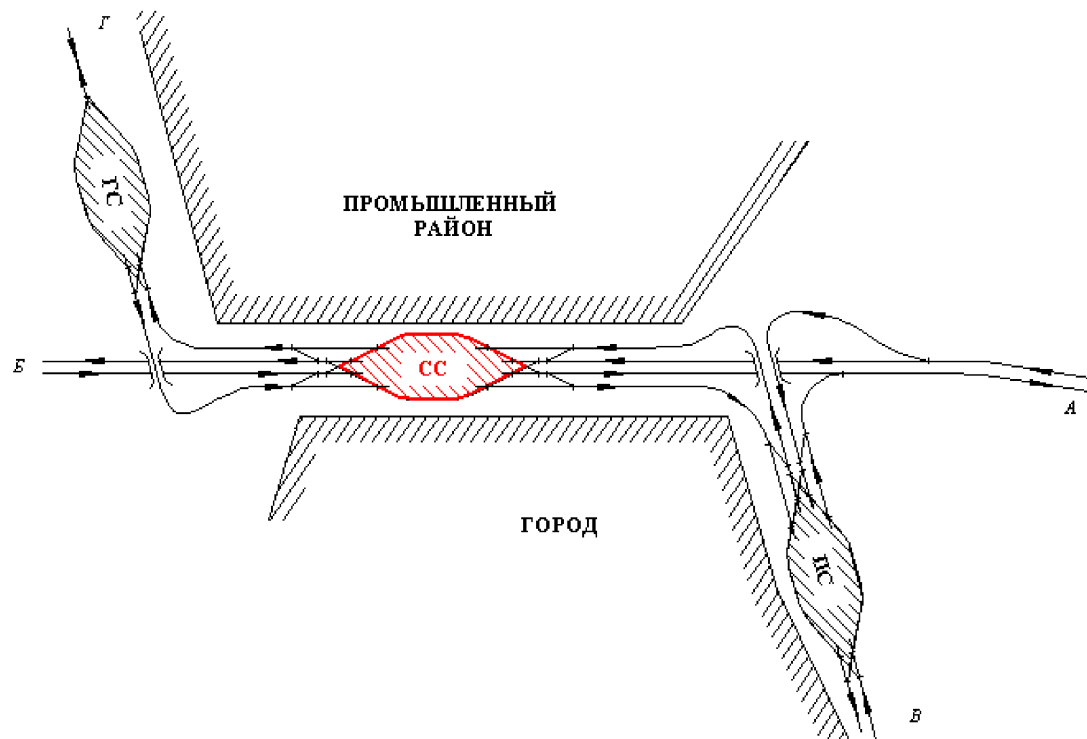


Рисунок А.7 – Узел радиального типа

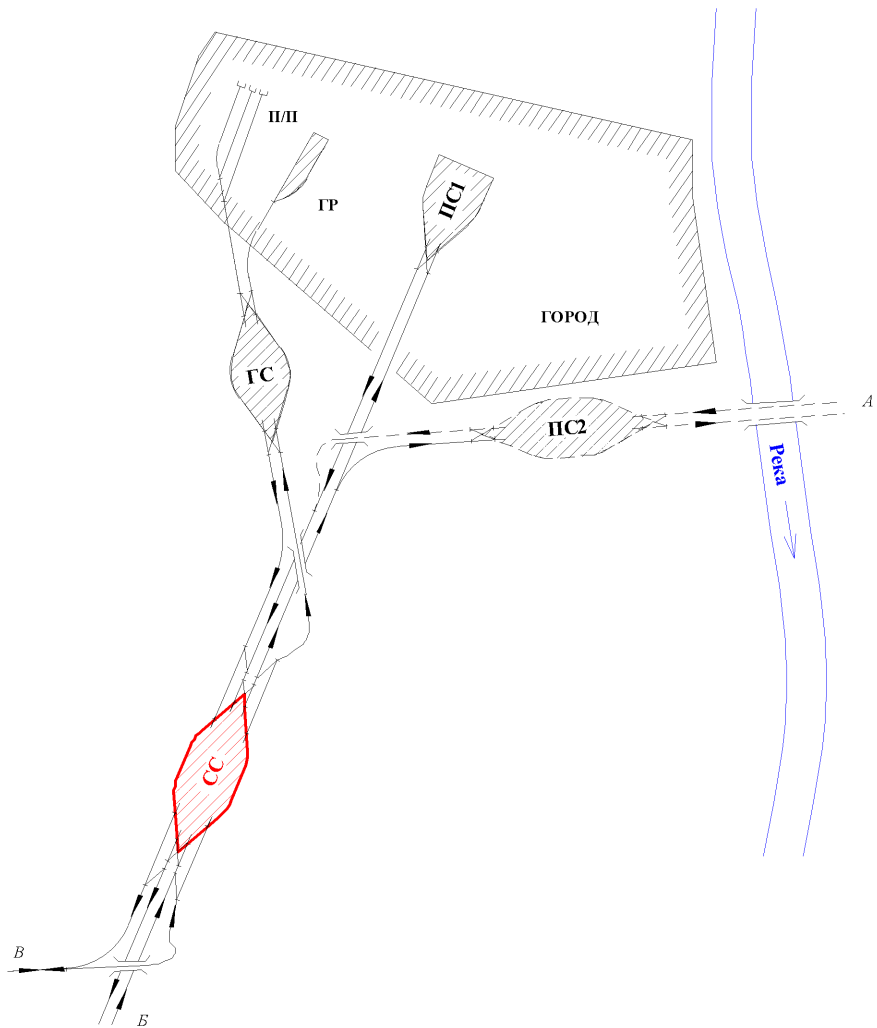


Рисунок А.8 – Узел тупикового типа:
 ПС1, ПС2 – пассажирские станции; ГР – грузовой район; п/п – подъездные пути

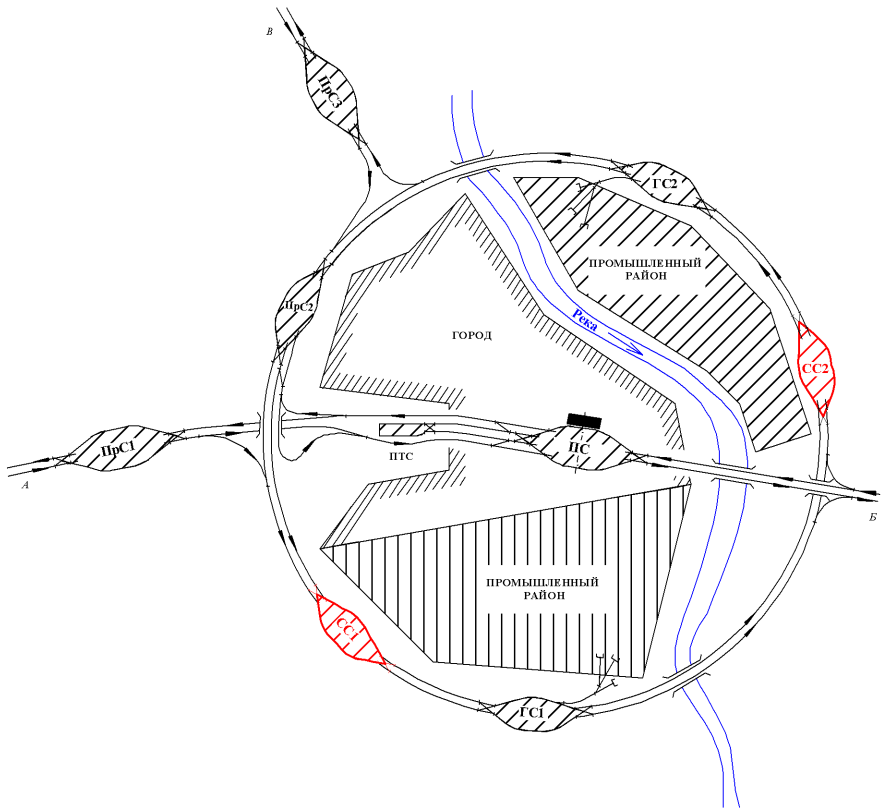


Рисунок А.9 – Кольцевой узел с диаметральным ходом для пассажирского движения:

ПС – пассажирская станция; ПТС – пассажирская техническая станция;
 СС1, СС2 – двусторонняя сортировочная станция; ГС1, ГС2 – грузовые станции;
 ПрС1, ПрС2, ПрС3 – промежуточные станции

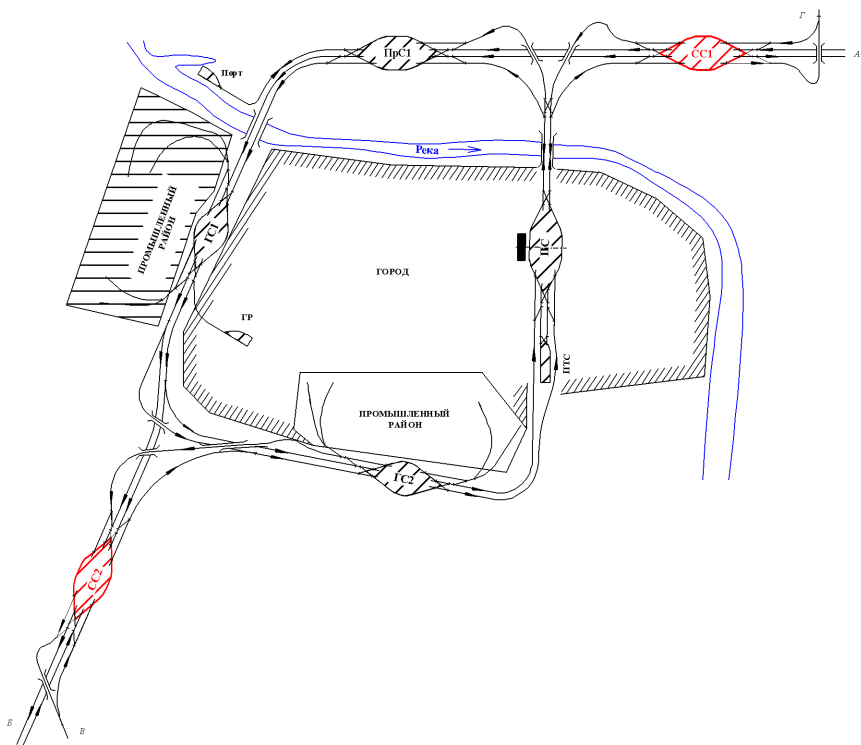


Рисунок А.10 – Схема узла кольцевого типа без диаметра

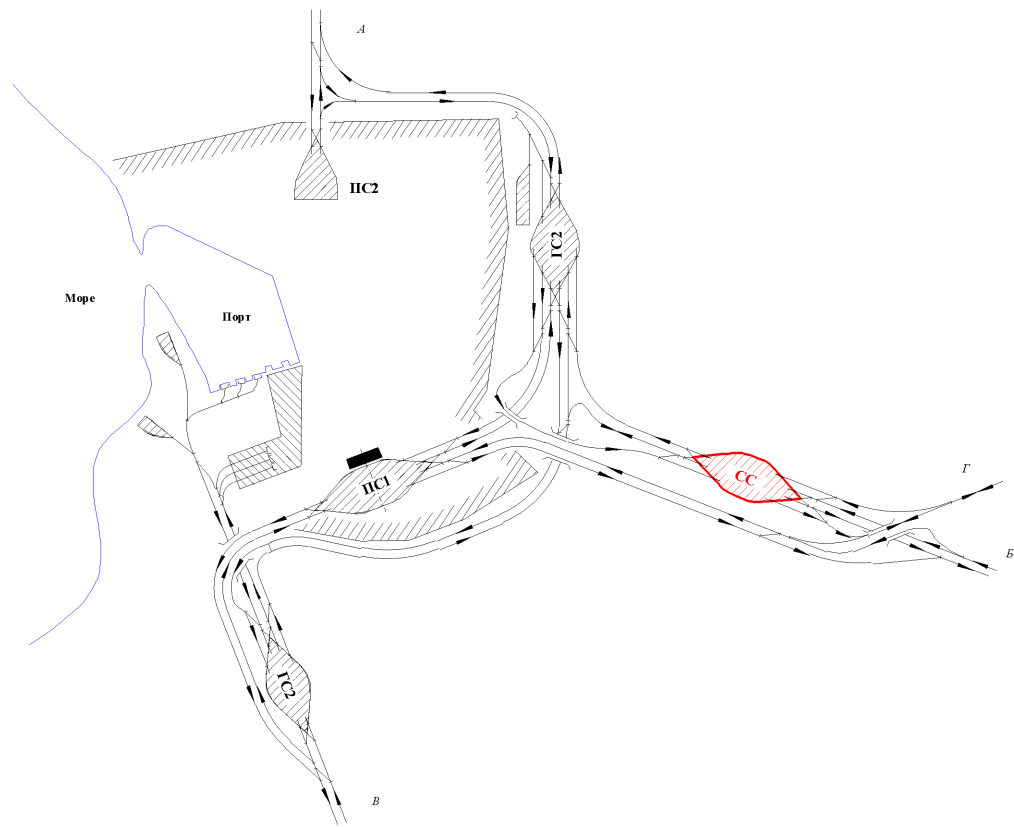


Рисунок А.11 – Схема узла радиально-полукольцевого типа

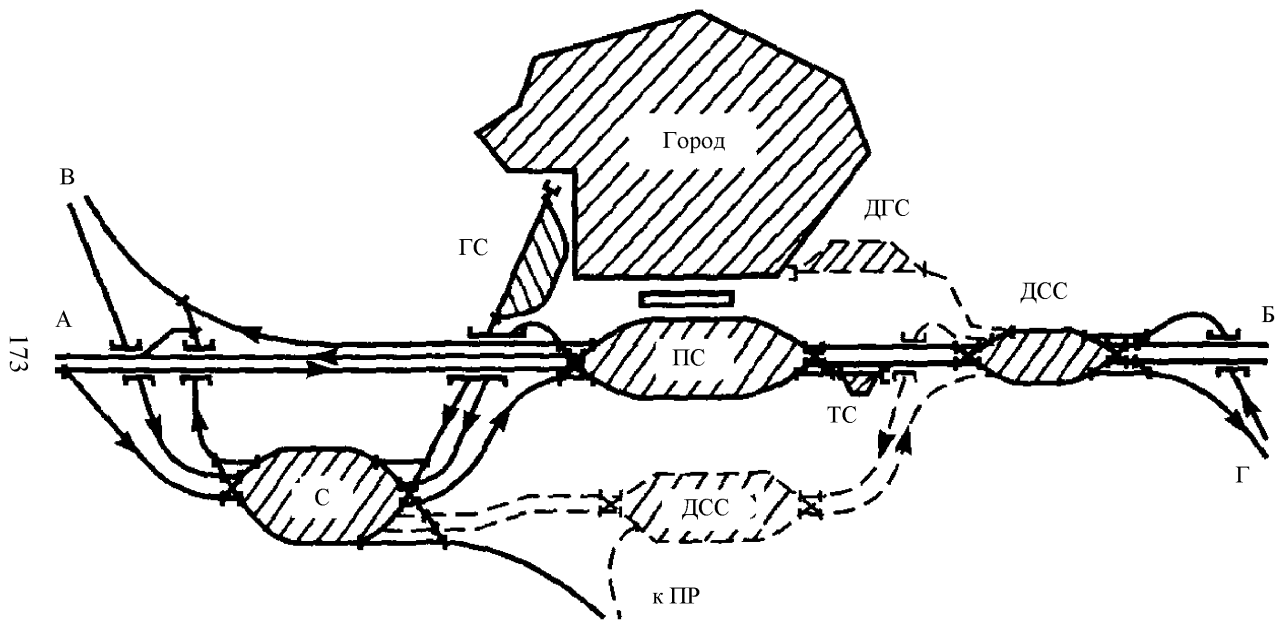
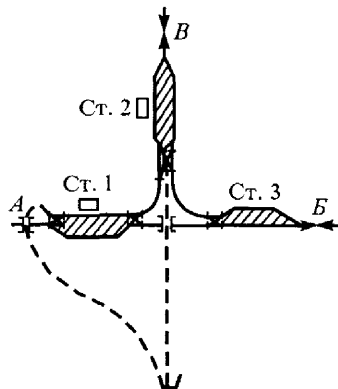
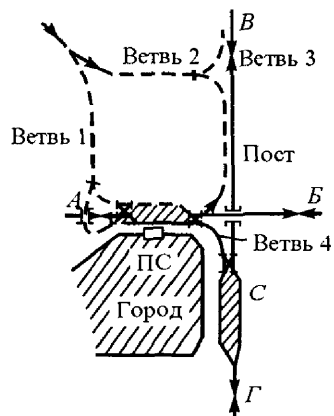


Рисунок А.12 – Схемы узла комбинированного типа с параллельными ходами:
 СС – сортировочная станция; ГС – грузовая станция; ПС – пассажирская станция; ДГС – дополнительная грузовая станция;
 ДГС – дополнительная грузовая станция; ДСС – дополнительная сортировочная станция; ТС – техническая станция

а)



б)



в)

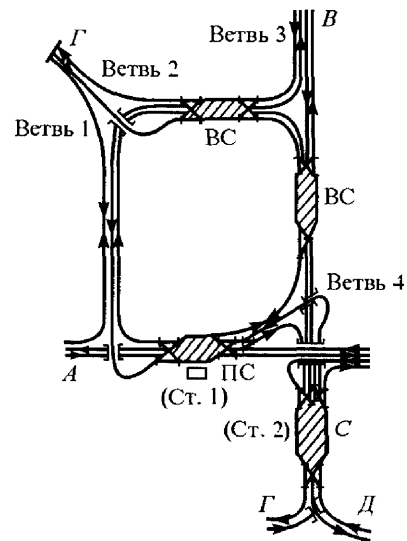


Рисунок А.13 – Схема формирования узла комбинированного типа:
 а – узел треугольного типа; б – узел крестообразного типа; в – крестообразно-кольцевой узел;
 ВС – вспомогательная станция

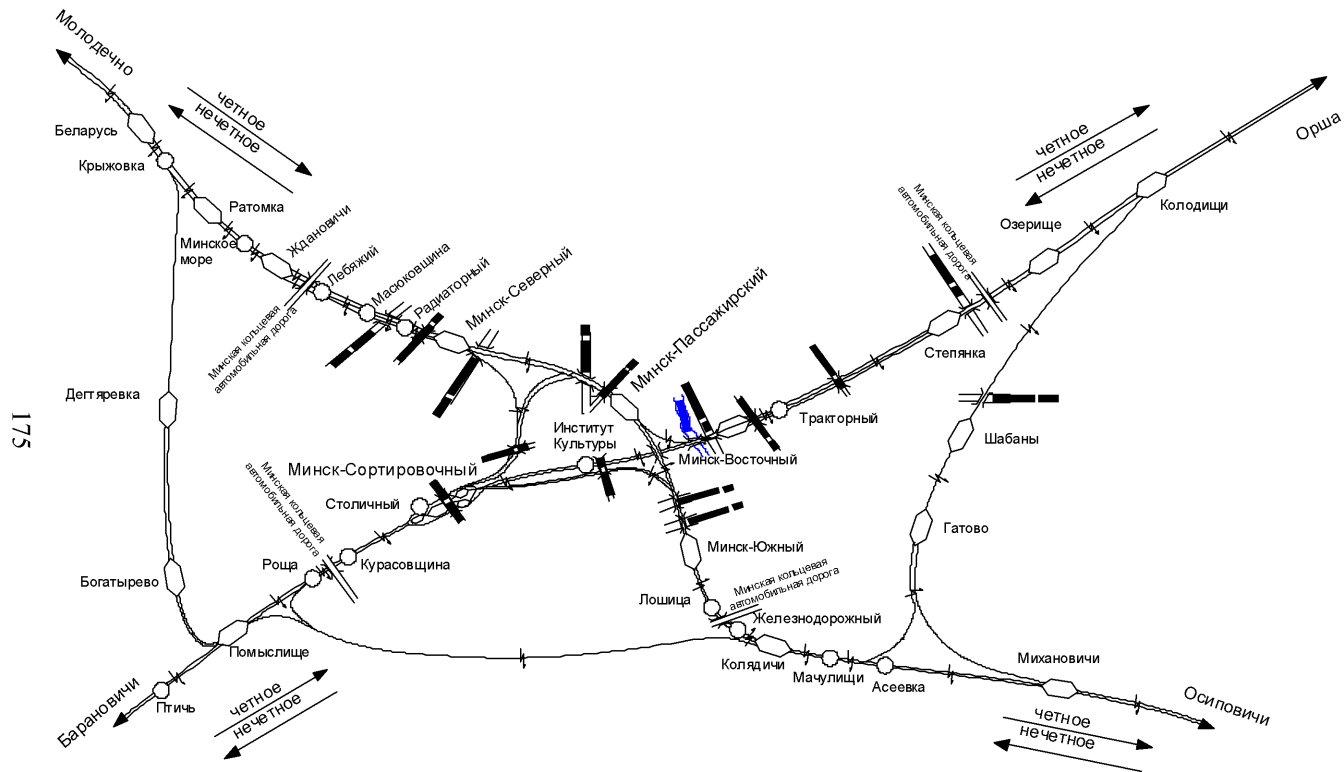


Рисунок А.14 – Схема Минского железнодорожного узла

177

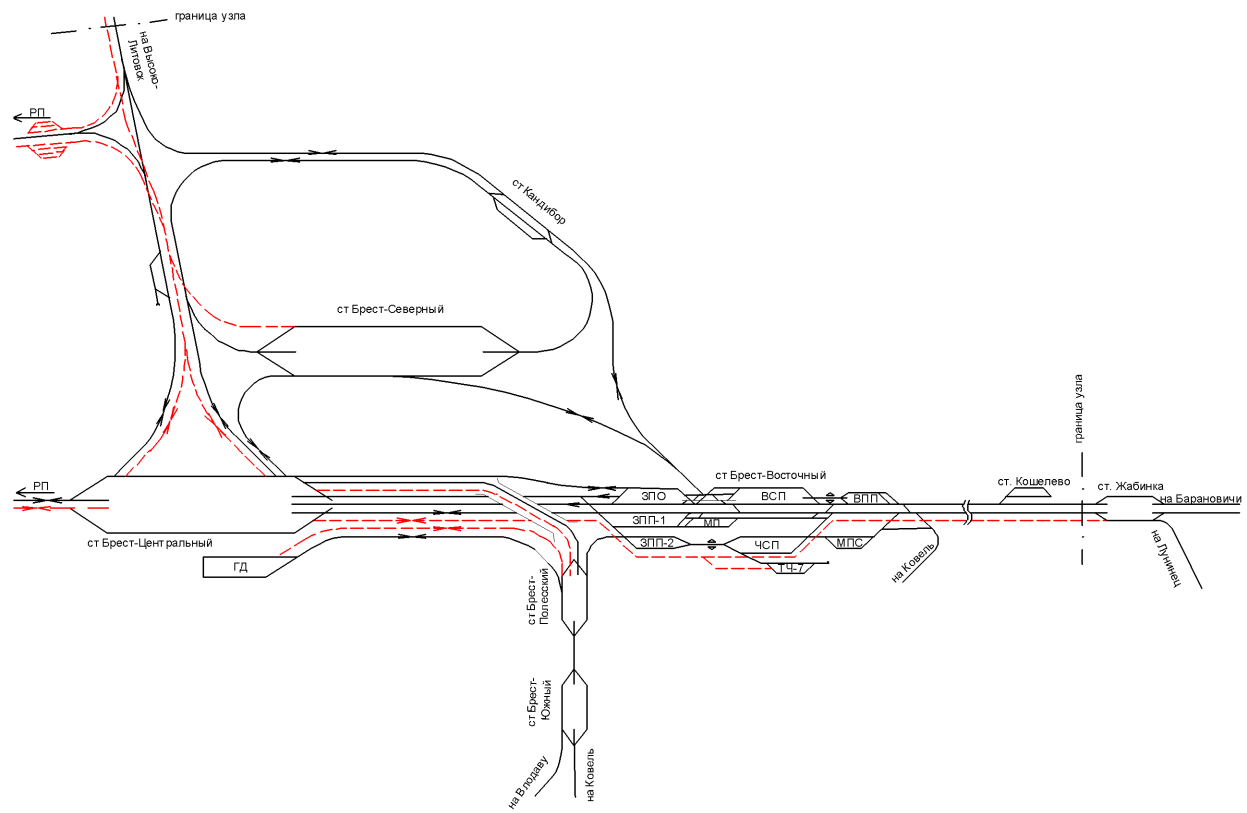


Рисунок А.16 – Схема Брестского железнодорожного узла

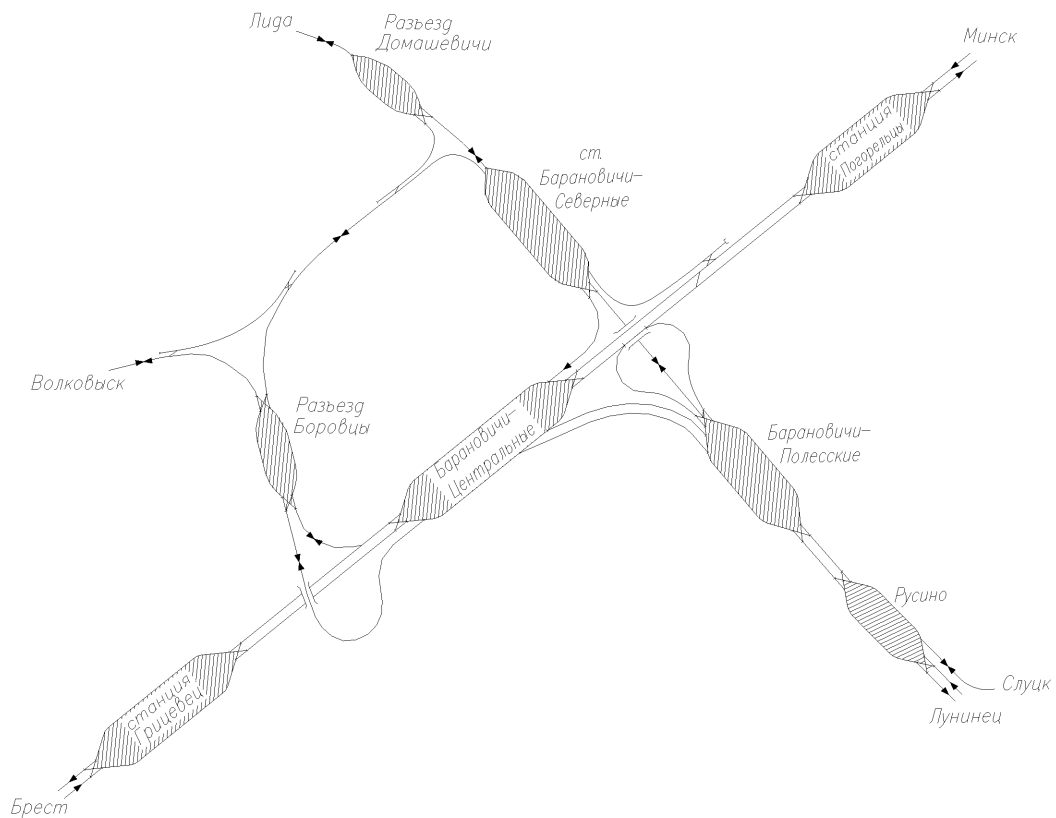


Рисунок А.17 – Схема Барановичского железнодорожного узла

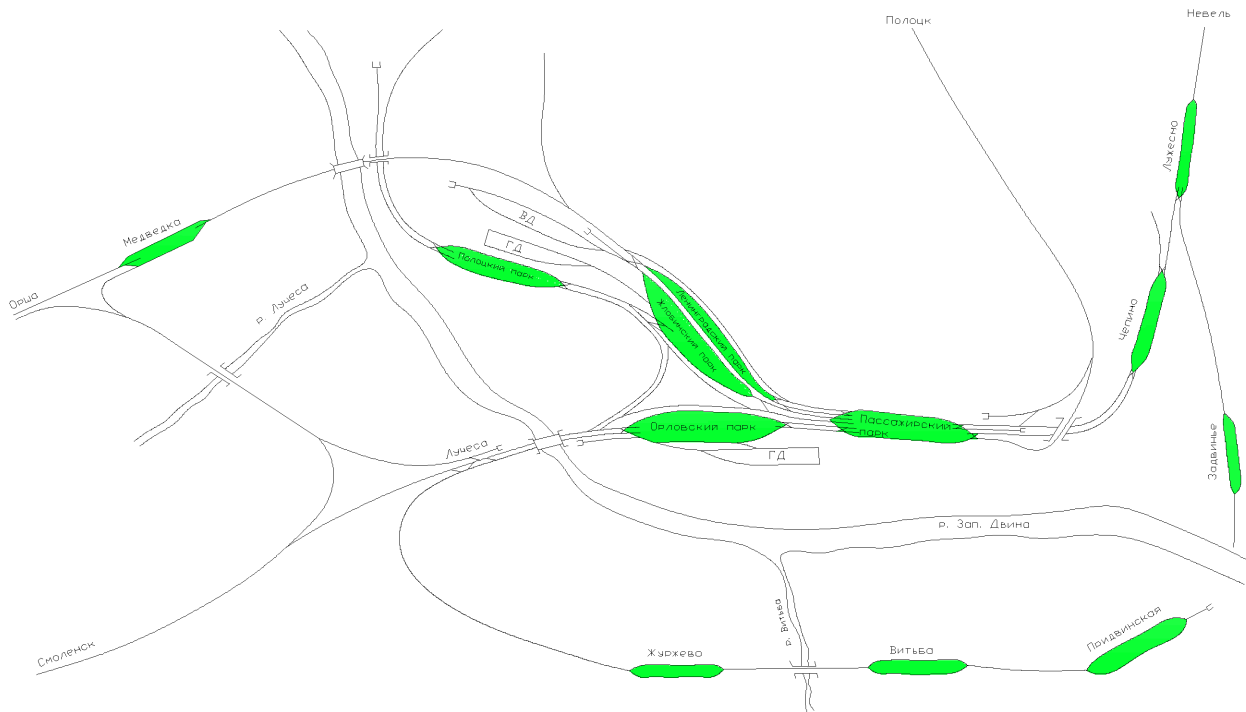
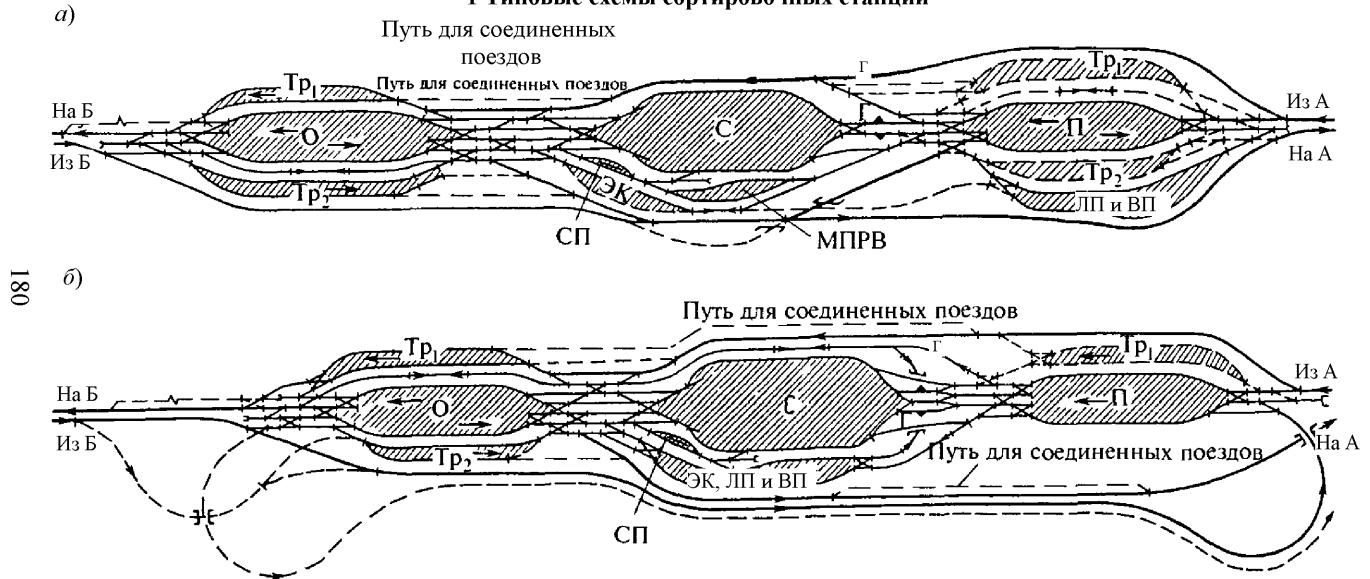


Рисунок А.18 – Схема Витебского железнодорожного узла

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(справочное)

СХЕМЫ СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

1 Типовые схемы сортировочных станций



180

Рисунок Б.1 – Схемы односторонних сортировочных станций с последовательным расположением основных парков:
а – с горкой большой или средней мощности; б – с горкой повышенной мощности и петлевым подходом для поездов непреимущественного направления; П – парк приема; Г – горка; О – парк отправления; С – сортировочный парк; Tr₁ и Tr₂ – транзитные парки; ЭК – экипировочные устройства; ЛП и ВП – локомотивное и вагонное предприятия; МПРВ – механизированный пункт ремонта вагонов; СП – сортировочная платформа

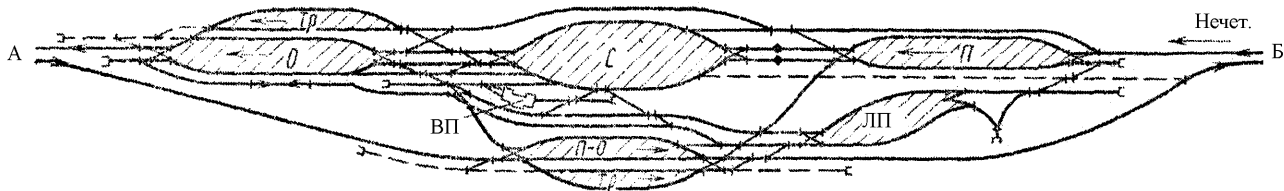


Рисунок Б.2 – Схема односторонней сортировочной станции с расположением приемо-отправочного парка для поездов непреимущественного направления параллельно сортировочному

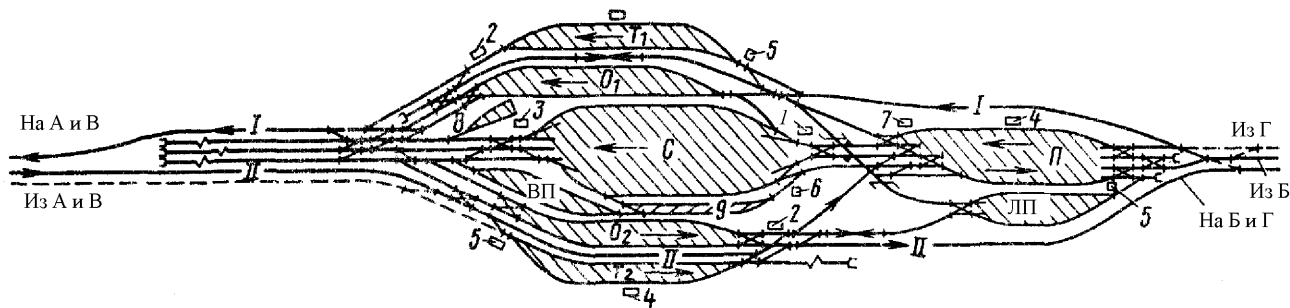


Рисунок Б.3 – Схема односторонней сортировочной станции с расположением парков отправления и транзитных параллельно сортировочному:

1 – центральный пост управления; 2 – пост дежурного по отпуску поездов; 3 – пост дежурного и составителей по формированию поездов; 4 – пункт технического обслуживания (ПТО); 5 – помещение для обогрева вагонников; 6 – компрессорная с мастерскими; 7 – приемный пункт пневмопочты с помещением для обогрева вагонников; 8 – сортировочная платформа и площадка для сортировки контейнеров; 9 – механизированный пункт текущего отцепочного ремонта вагонов

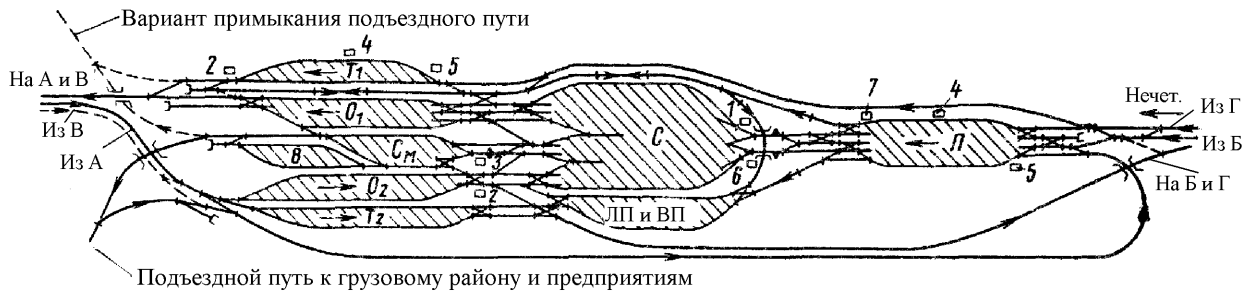


Рисунок Б.4 – Схема односторонней сортировочной станции при больших размерах транзитных и местных вагонопотоков (обозначения те же, что и на рисунке Б.3)

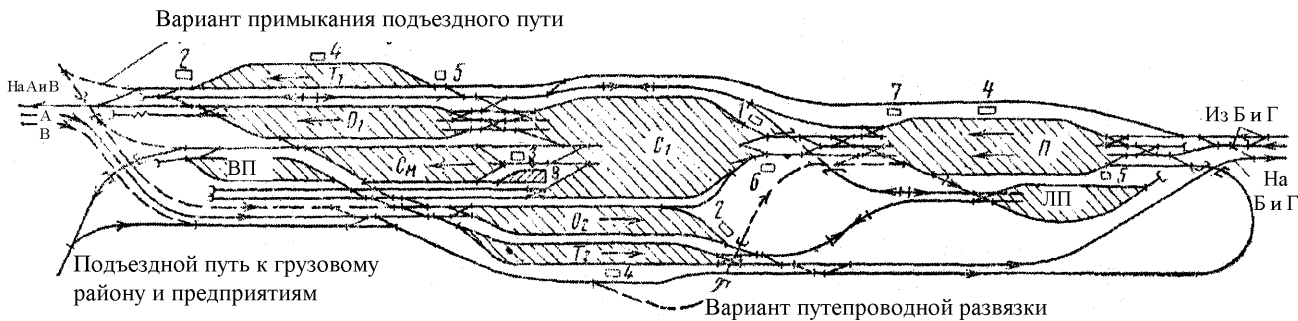


Рисунок Б.5 – Схема односторонней сортировочной станции при больших размерах транзитных и местных вагонопотоков и расположением парка отправления для поездов непреимущественного направления параллельно сортировочному

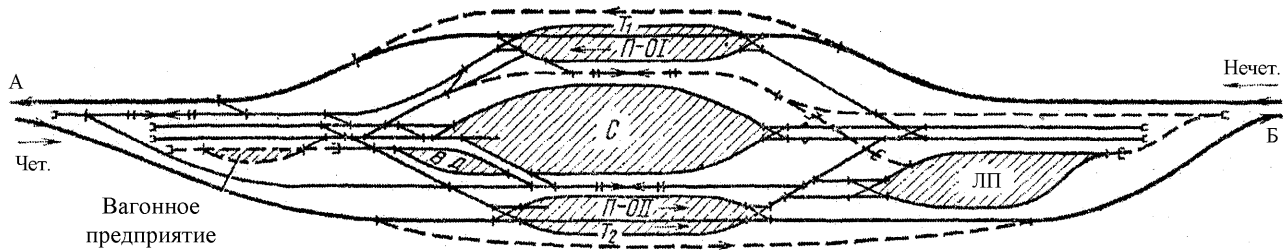


Рисунок Б.8 – Схема односторонней сортировочной станции с параллельным расположением парков

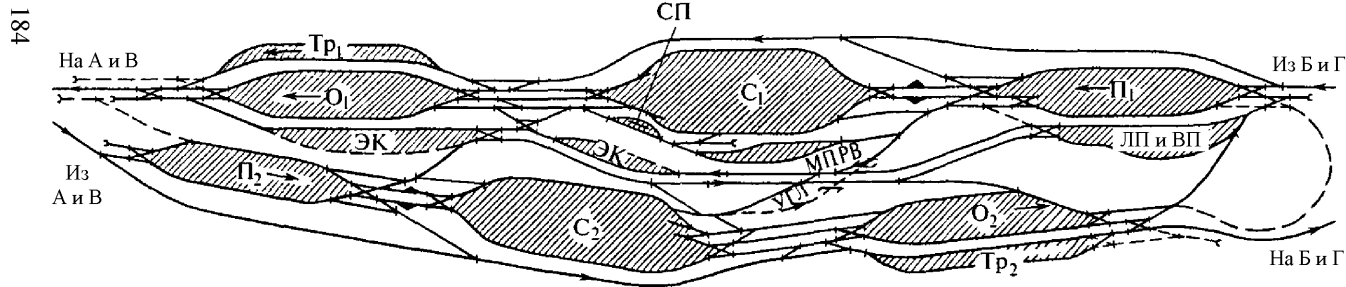


Рисунок Б.9 – Схема двусторонней сортировочной станции с последовательным расположением парков

2 Схемы сортировочных станций повышенной производительности

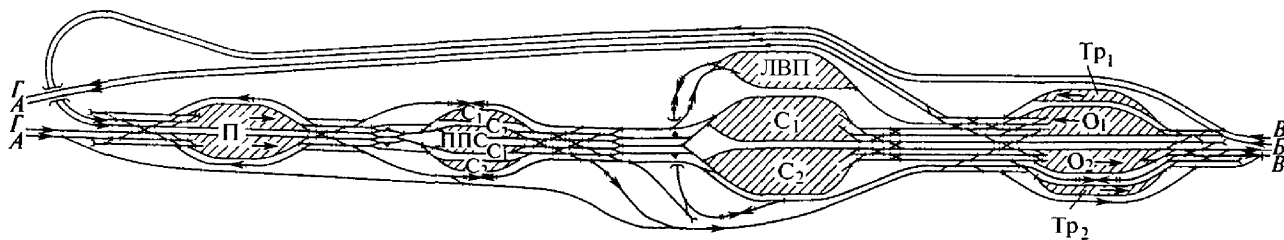


Рисунок Б.10 – Схема четырехпарковой сортировочной станции:
ППС – парк предварительной сортировки

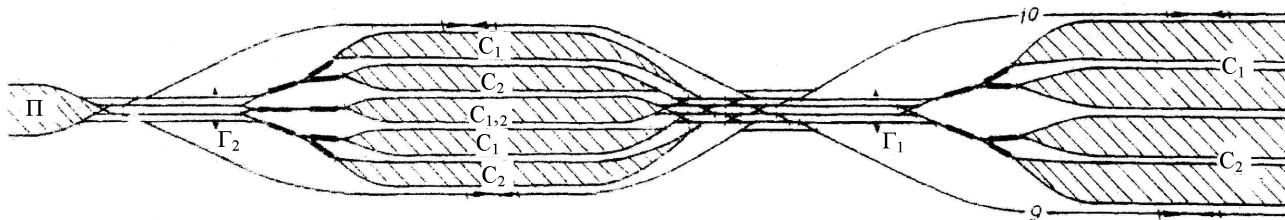


Рисунок Б.11 – Схема парка предварительной сортировки с общей секцией путей для накопления вагонов мощных назначений

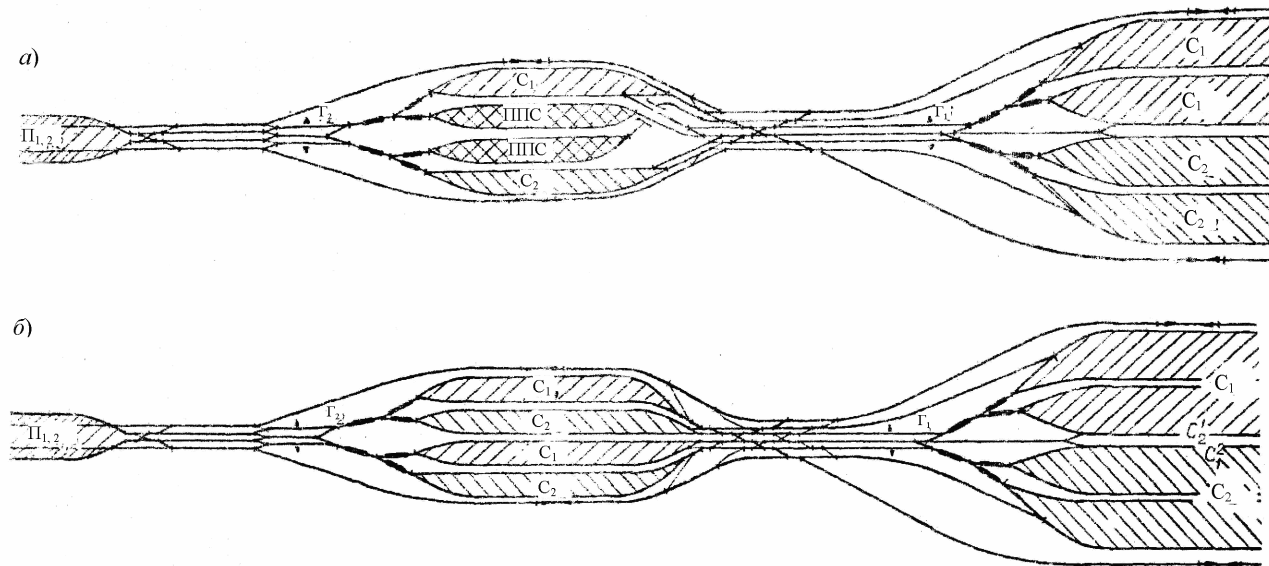


Рисунок Б.12 – Варианты схем сортировочного комплекса с парком предварительной подготовкой составов для параллельного роспуска вагонов:

а – парк ППС соединяется с путями надвига на сортировочную горку № 1 с помощью путепроводной развязки;

б – то же, с помощью стрелочных переводов

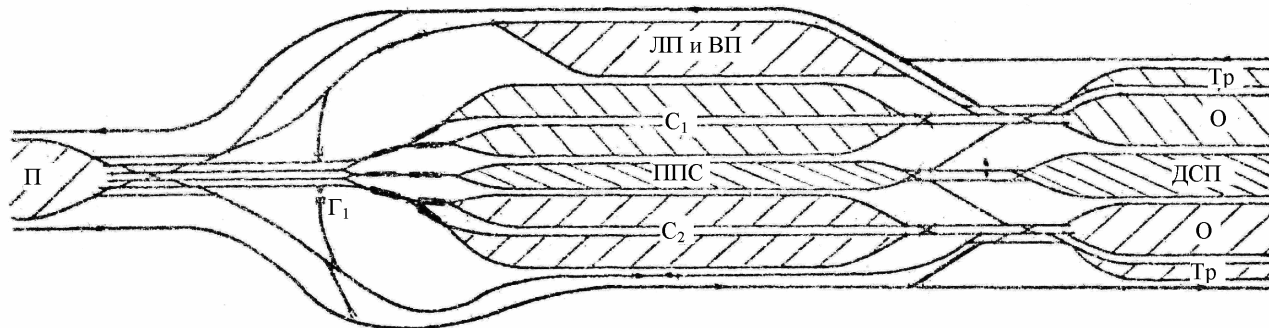


Рисунок Б.13 – Схема сортировочного комплекса трехпарковой сортировочной станции со вспомогательным сортировочным парком

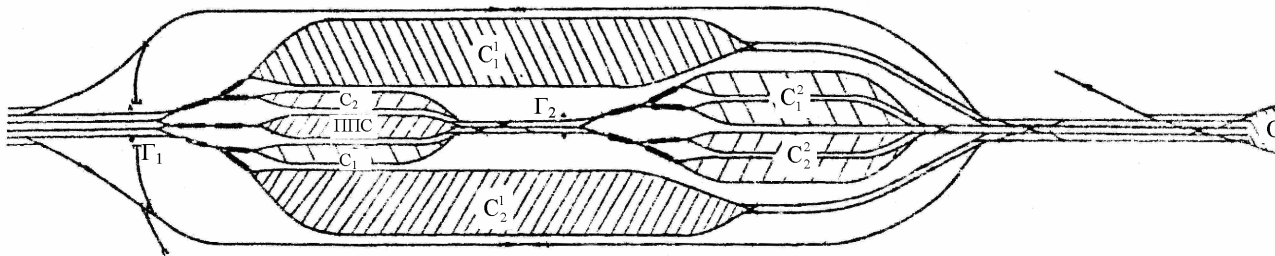


Рисунок Б.14 – Фрагмент схемы сортировочной станции с комплексом устройств для переработки перекрестных вагонопотоков

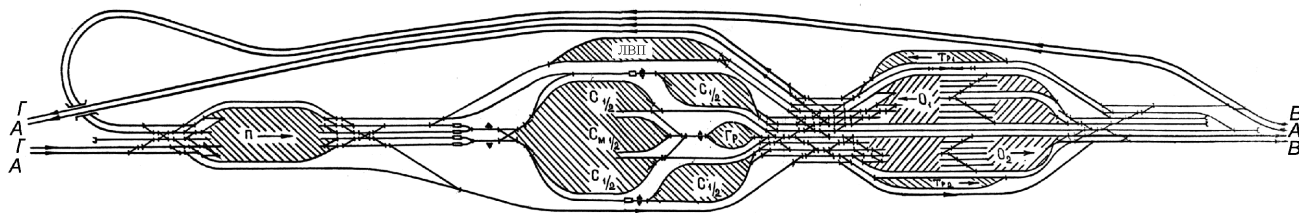


Рисунок Б.15 – Многопарковая сортировочная станция конвейерного типа

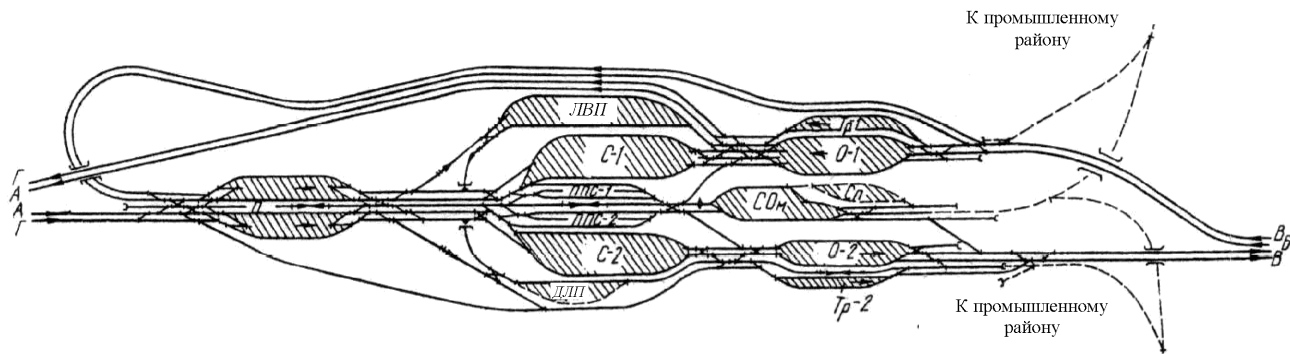


Рисунок Б.16 – Схема сортировочной станции с внутренним расположением технологической линии для переработки местных вагонопотоков

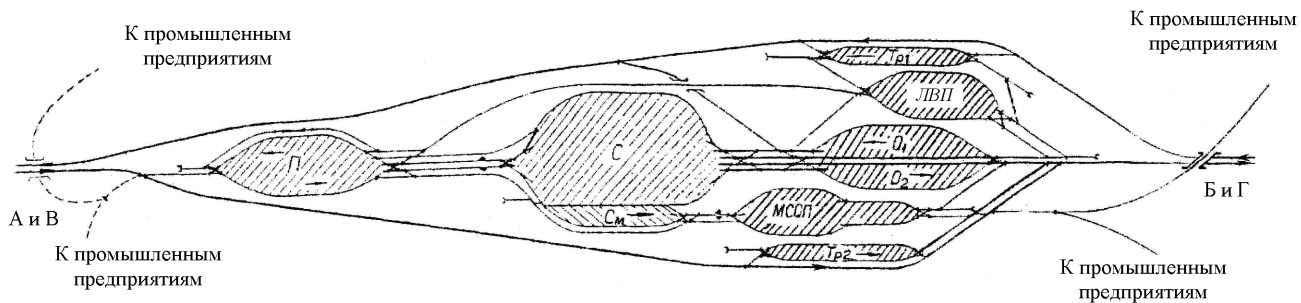


Рисунок Б.17 – Схема сортировочной станции с внешним расположением местного сортировочно-отправочного парка (МСОП)

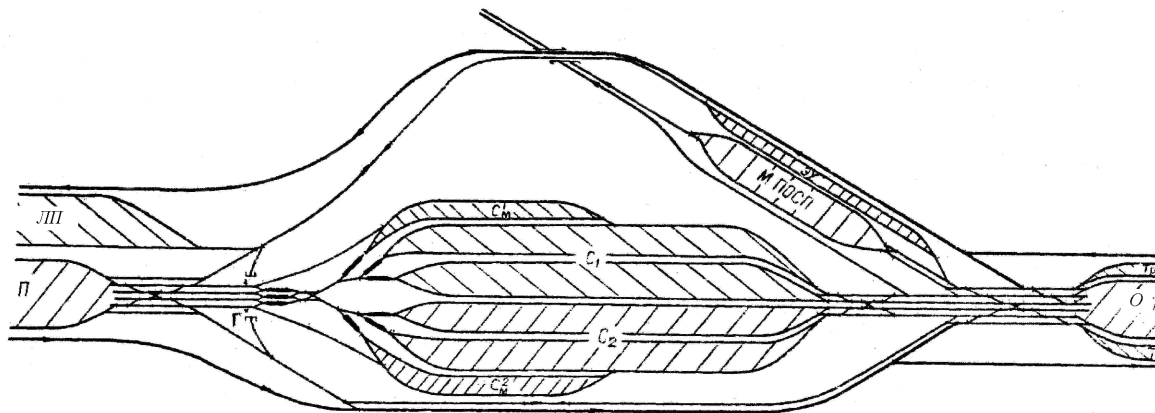


Рисунок Б.18 – Фрагмент схемы сортировочной станции с размещением местного приемо-отправочно-сортировочного парка (М ПОСП) на отдельной площадке

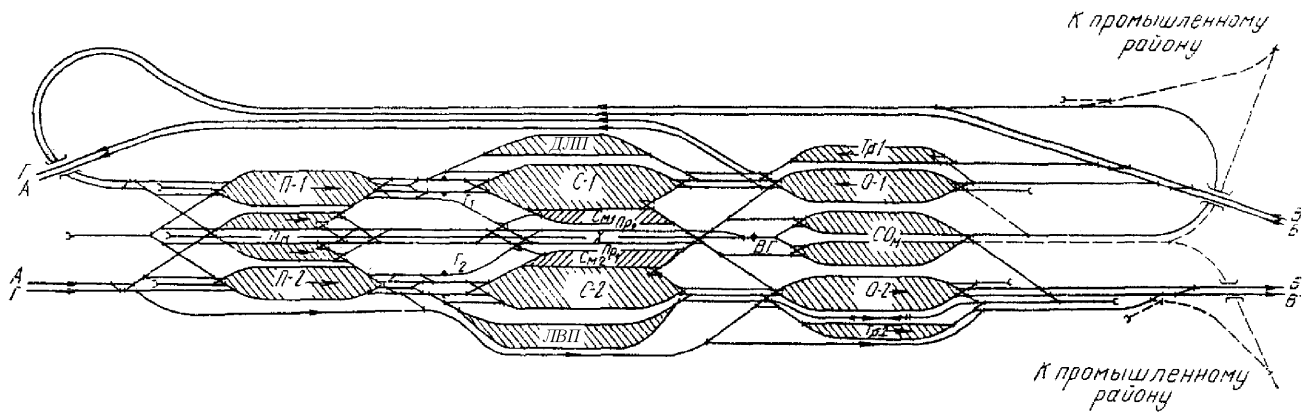


Рисунок Б.21 – Схема сортировочной станции с тремя технологическими линиями

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(справочное)

**ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
СОВРЕМЕННЫХ ЗАМЕДЛИТЕЛЕЙ**

1 Вагонные замедлители производства Республики Беларусь (СЗАО «МЭМЗ», ОАО ГЭМЗ).

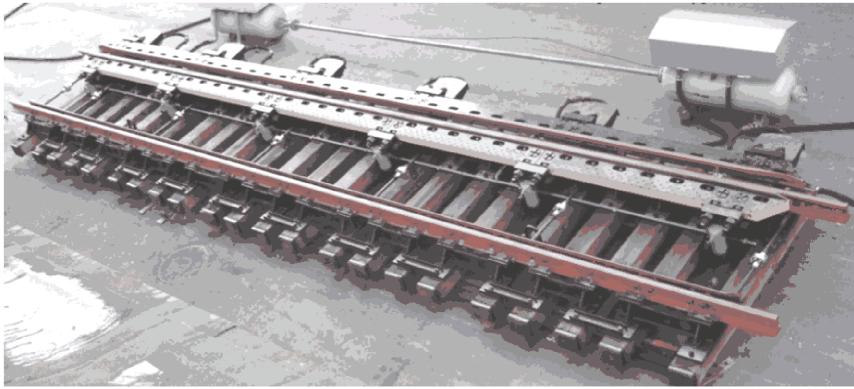


Рисунок В.1 – Общий вид однорельсового вагонного замедлителя
типа ЗВУМ 900-5-1

Таблица В.1 – Характеристики парковых однорельсовых вагонных замедлителей

Наименование параметра	Типы однорельсовых замедлителей ЗВУМ-					
	900-6-1 600-6-1 600-6-1К**	900-5-1 600-5-1 600-5-1К	900-4-1 600-4-1 600-4-1К	900-3-1 600-3-1 600-3-1К	900-1-1 600-1-1 600-1-1К	
1 Тормозная мощность (погашаемая энергетическая высота), м эн. в., не менее*	0,9	0,8	0,7	0,64	0,24	
2 Количество звеньев	6	5	4	3	1	
3 Габаритные размеры, мм: - длина по рельсам - длина по тормозным балкам - ширина, не более - высота от низа бруса до уровня головки рельса	15750 ⁺⁶ 14775 ⁺¹⁰ 3599 900 и 600	13475 ⁺⁶ 12500 ⁺¹⁰ 3599 900 и 600	11200 ⁺⁶ 10225 ⁺¹⁰ 3599 900 и 600	11492 ⁺⁶ 7950 ⁺¹⁰ 3599 900 и 600	5500 ⁺¹⁰ 3374 ⁺¹⁰ 2800 900 и 600	
4 Масса замедлителя без рельсов и шпал, кг	Н 900	24000	20500	17000	14000	8000
	Н 600	22000	19000	16000	13000	7000

Окончание таблицы В.1

Наименование параметра	Типы однорельсовых замедлителей ЗВУМ-				
	900-6-1 600-6-1 600-6-1К	900-5-1 600-5-1 600-5-1К	900-4-1 600-4-1 600-4-1К	900-3-1 600-3-1 600-3-1К	900-1-1 600-1-1 600-1-1К
5 Допустимая скорость входа вагона на замедлитель, м/с	6,5				
6 Режим торможения вагонов	Ступенчатый				
7 Время при давлении сжатого воздуха 0,65 МПа, с, не более: затормаживания полного оттормаживания	0,8 0,8				
8 Ширина колеи в пределах замедлителя, мм	1524 ±2				
9 Тип рельсов на замедлителе	Р65				
10 Раствор тормозных шин в положении, мм: ОТТОРМОЖЕНО ЗАТОРМОЖЕНО	179 min 120 ⁺⁵ ₋₂				
11 Предельно допустимый износ, мм: рельсов/ тормозных шин	5/30				
12 Предельно допустимый накат на тормозных шинах, мм	5				
Замедлители высотой 600 мм устанавливаются на парковой тормозной позиции без фундамента на щебень					
*Тормозная мощность принимается на уровне 80% среднего значения при торможении любых полногрузных вагонов.					
**Замедлитель с индексом «К» может устанавливаться в кривой с минимальным радиусом 180 м					

Рисунок В.2 – Общий вид двухрельсового вагонного замедлителя типа ЗВУМ 900-5-2



Таблица В.2–Характеристики двухрельсовых вагонных замедлителей

Наименование параметра	Типы двухрельсовых замедлителей						
	ЗВУМ						
	600-6-2 900-6-2	600-5-2 900-5-2	600-4-2 900-4-2	600-3-2 900-3-2	1130- 3-2	–	
	ЗВУ						
	–	00, 03,08, 11	01, 04, 09, 12	02, 05, 10, 13	06, 14	07, 15	
1 Тормозная мощность (погашаемая энергетическая высота), м эн. в., не менее*	1,9	1,7	1,5	1,3	1,3	0,5	
2 Количество звеньев	6	5	4	3	3	1	
3 Габаритные размеры, мм: - длина по рельсам: - длина по тормозным балкам - ширина, не более - высота от низа бруса до уровня головки рельса	15750 ⁺⁶ 14775 ⁺¹⁰ 3599 900 и 600	13475 ⁺⁶ 12500 ⁺¹⁰ 3599 900 и 600	11200 ⁺⁶ 10225 ⁺¹⁰ 3599 900 и 600	11492 ⁺⁶ 7950 ⁺¹⁰ 3599 900 и 600	11492 ⁺⁶ 7950 ⁺¹⁰ 3599 1130	5500 ⁺⁶ 3374 ⁺¹⁰ 3600 600	
4 Масса замедлителя, кг	Н 900	35000	30000	25000	20000	21500	10500
	Н 600	31500	27000	22500	18000		8500
5 Допустимая скорость входа на замедлитель, м/с	8,0						
6 Режим торможения вагонов	Ступенчатый						
7 Время при давлении сжатого воздуха 0,65 МПа, с, не более: затормаживания полного оттормаживания	0,8 0,8						
8 Ширина колеи в пределах замедлителя, мм	1524 +2						
9 Тип рельсов на замедлителе	Р65						
10 Раствор тормозных шин в положении, мм: ОТТОРМОЖЕНО ЗАТОРМОЖЕНО	179 min 120						
11 Предельно допустимый износ, мм: рельсов / тормозных шин	5 / 30						
12 Предельно допустимый накат на тормозных шинах, мм	5						
13 Нарботка до капитального ремонта	Не менее 5,5 млн торможений вагонов						
14 Средний ресурс до списания	Не менее 16 млн торможений вагонов						
Замедлители высотой 600 мм устанавливаются на парковой тормозной позиции без фундамента на щебень							
* Тормозная мощность принимается на уровне 80% среднего значения при торможении любых полногрузных вагонов							

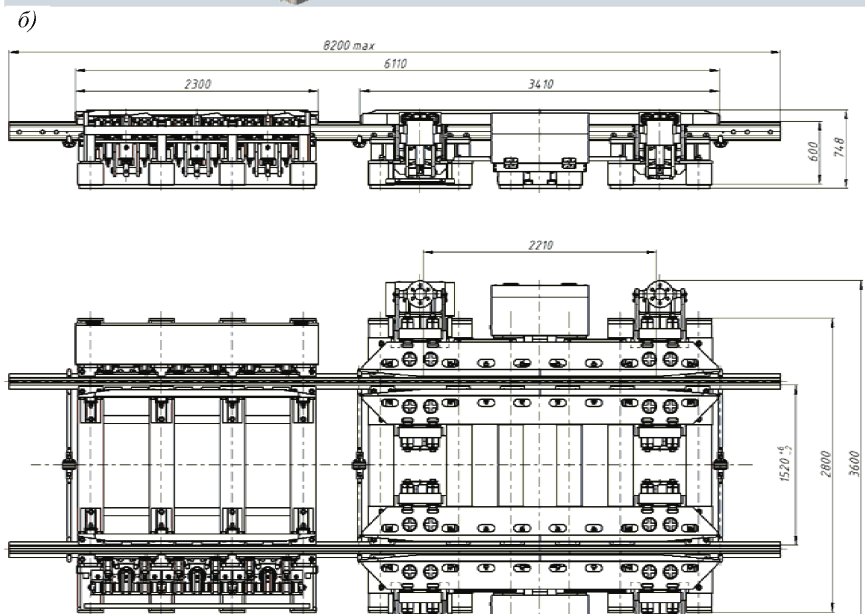
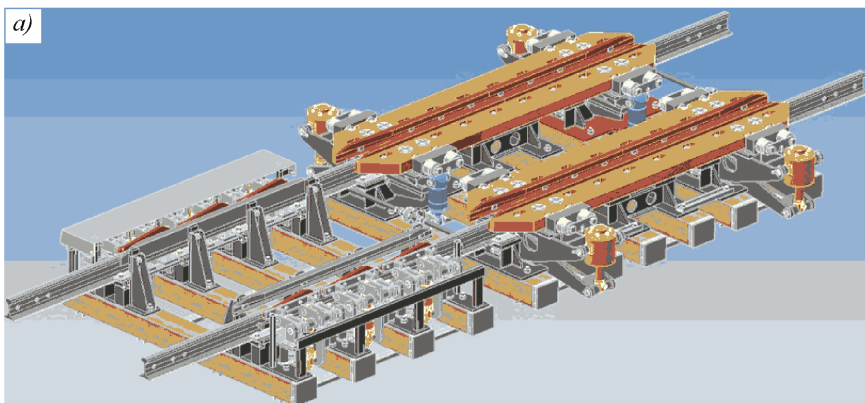


Рисунок В.3—Энергосберегающий вагонный замедлитель типа ЗВЭ:
а— общий вид; *б*—схема конструкции

Конструкция перспективного замедлителя обеспечивает ему ряд преимуществ:

- 1 Исключение «выдавливания» порожнего вагона.
- 2 Время срабатывания – не более 0,4 с.
- 3 Применение композитных материалов исключает смазку центральной оси рычагов.

4 Применение легированных сталей с последующей термообработкой при изготовлении металлоконструкции и особо нагруженных деталей повышает ресурс работы замедлителя.

5 Снижение капиталовложений за счет исключения: пневмосетей; управляющей аппаратуры; компрессорных станций; воздухохоборников; тяговых подстанций.

6 Снижение эксплуатационных расходов за счет исключения обслуживания отсутствующей инфраструктуры и расхода электроэнергии для питания компрессоров (потребляемая мощность – не более 120 Вт).

Таблица В.3 – Характеристика клещевидно-нажимного двухрельсового пружинно-гидравлического вагонного замедлителя ЗВЭ*

Наименование параметра	Численное значение
1 Тормозная мощность (погашаемая энергетическая высота), м эн. в., не менее	0,3
2 Количество звеньев	1
3 Габаритные размеры, мм: - длина по рельсам - длина по тормозным балкам - ширина, не более - высота от низа бруса до уровня головки рельса	8200 3410 3600 600
4 Масса замедлителя, кг	12500
5 Температура воздуха окружающей среды, °С	От –40 до +40
6 Давление в гидросистеме, МПа	Не более 12
7 Относительная влажность (при +25 °С)	До 100 %
8 Рабочая жидкость	Масло МГЕ-4А
9 Потребляемая мощность, Вт	Не более 120
Тормозное усилие сжатия колес (независимо от массы вагона), кН	70±5
5 Допустимая скорость входа на замедлитель, м/с	6,0
Максимальное замедление при торможении вагонов, м/с ²	Не более 4
6 Минимальный радиус кривой	200
7 Время при давлении сжатого воздуха 0,65 МПа, с, не более: затормаживания полного оттормаживания	0,4 0,4
8 Ширина колеи в пределах замедлителя, мм	1524 +2
9 Тип рельсов на замедлителе	Р65
10 Раствор тормозных шин в положении, мм: ОТТОРМОЖЕНО ЗАТОРМОЖЕНО	179 min 120
11 Предельно допустимый износ, мм: рельсов / тормозных шин	5 / 30
12 Предельно допустимый накат на тормозных шинах, мм	5
13 Нароботка до капитального ремонта	Проходит
14 Средний ресурс до списания	эксплуатационные испытания на ст. Молодечно

* По материалам завода-изготовителя СЗАО «МЭМЗ».

2 Вагонные замедлители типа TW-F/TW-E (производство ThyssenKrupp Automotive, Германия).

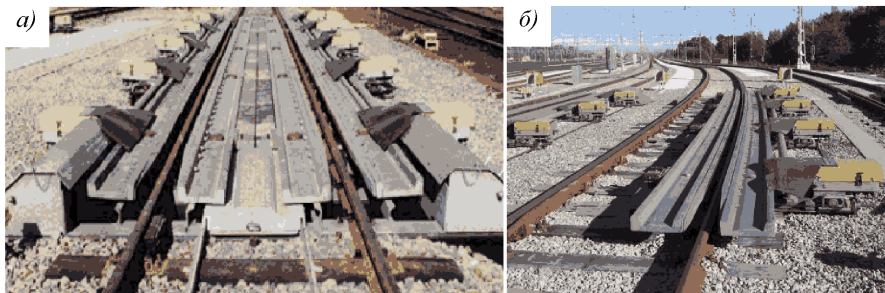


Рисунок В.4 – Общий вид вагонных замедлителей:
а – типа TW-F; *б* – типа TW-E (в кривой)

Таблица В.4 – Характеристики вагонных замедлителей типа TW-F, TW-E*

Наименование параметра	Численное значение
1 Тормозная мощность (погашаемая энергетическая высота) для 4-осного вагона, м эн. в., не менее	1,085–5,74
2 Количество звеньев, шт.	3–6
3 Длина по рельсам, м	9,33–20,13
4 Температура воздуха окружающей среды, °С	От –40 до +50
5 Минимальный радиус кривой TW-E, м	190
6 Режим торможения вагонов массой	Ступенчатый
7 Время срабатывания	0,8
8 Ширина колеи в пределах замедлителя, мм	1520 и 1535 (TW-E в кривой)
9 Тип рельсов в пределах замедлителя	P65
10 Раствор тормозных шин в положении, мм: ОТТОРМОЖЕНО ЗАТОРМОЖЕНО Имеется возможность опускать шины замедлителя для пропуска локомотива	210 125
11 Привод	Гидравлический
12 Нарботка до текущего ремонта	Не менее 2,5 млн осей
13 Нарботка до капитального ремонта	Не менее 5–7 млн осей
* По материалам компании-изготовителя.	

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(справочное)

**ОСНОВНЫЕ НОРМЫ И ТРЕБОВАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ
СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ**

Нормы и требования по проектированию сортировочных станций зависят от категории основной железнодорожной линии, на которой размещается станция. Классификация новых железнодорожных линий и реконструируемых существующих по категориям в зависимости от их назначения приведена в таблице Г.1 [1].

Таблица Г.1 – Классификация новых железнодорожных линий и реконструируемых существующих в зависимости от их назначения

Категория железнодорожной линии	Назначение железных дорог	Расчетная годовая приведенная грузонапряженность нетто в грузовом направлении на 10-й год эксплуатации, млн т·км/км	Максимальные скорости движения пассажирских поездов, км/ч
Скоростные	Для движения пассажирских поездов со скоростями 160–200 км/ч	–	До 200
Особогрузонапряженные	Железнодорожные магистральные линии для большого объема грузовых перевозок	Свыше 50	До 120 (при обособлении до 160)
I	Железнодорожные магистральные линии	Свыше 30 до 50	До 160
II	То же	» 15 » 30	
III	»	» 8 » 15	» 120
IV	Железнодорожные магистральные линии, внутростанционные соединительные пути, подъездные пути	До 8	» 80

Общие требования по проектированию и выбору схемы сортировочной станции

1 Проектированию станций предшествуют инженерно-геодезические, инженерно-геологические и экономические изыскания, прогноз объема работы, роли станции в узле и на расчетном полигоне сети.

2 Рассматривают места возможного размещения станции с учетом ее увязки с основными станциями железнодорожного узла и примыкающими к узлу железнодорожными линиями. С учетом взаимодействия смежных сортировочных станций определяют объемы работ по пропуску транзитных и перерабатываемых поездопотоков. Сведения о потоках даются в виде косых таблиц по основным грузам и сводной таблицы по всем грузам.

3 На основе расчетных объемов работы (размеров движения поездов) намечают варианты схем сортировочных станций. Разрабатывается технико-экономическое обоснование выбора оптимального варианта схемы и технического оснащения сортировочной станции с учетом потребной пропускной и перерабатывающей способностей, а в сложных условиях – генеральная схема развития. На основе генеральной схемы разрабатывается технический проект развития существующей или сооруже-

ния новой станции, включающий весь комплекс работ, с выделением этапов работ. Для выбранного варианта технического проекта после его утверждения составляются рабочие чертежи по отдельным проектам.

4 При переустройстве станций, кроме того, изучают схемы действующих станций, их недостатки, местные условия развития станции, размещение их и взаимосвязь в узле, а также условия развития города и размещения промышленных предприятий. На основе полученных данных разрабатывают технический проект (в нескольких вариантах) на сооружение или переустройство станции.

Выбор места расположения новой сортировочной станции в железнодорожном узле

Сортировочные станции размещаются обычно на небольшом уклоне в сторону сортировки, при хороших геологических условиях, а в поперечнике – на уклоне, не затрудняющем ее развитие в ширину.

Размещение станций производится за пределами города или, в крайнем случае, за пределами жилой территории. Для каждого варианта по наибольшему перерабатываемому вагонопотоку определяется основное направление сортировки, обеспечивающее поточное следование через станцию наибольшего количества вагонов. Далее на карту местности наносится положение основных парков станции, и определяются их отметки исходя из наименьшего объема земляных работ. Парк приема и сортировочная горка располагаются на возвышенных местах (рисунок Г.1). Для сортировочного парка предусматривается наиболее широкая часть станционной площадки. Длины станционных площадок для различных типов сортировочных станций приведены в таблице Г.2. При расположении локомотивного предприятия параллельно сортировочному парку ширина площадки увеличивается примерно на 100 м.

Т а б л и ц а Г.2 – **Размеры станционной площадки**

В метрах

Тип станции	Расположение парков	Количество путей в сортировочном парке	Длина станционной площадки при полезной длине приемо-отправочных путей					Ширина площадки
			850	1050	1250	1550	1700	
Односторонняя	Последовательное	48–64	5300	5900	6500	7400	7850	300–350
	Комбинированное, параллельное	48–64	3700	4100	4500	5100	5400	350–400
Двусторонняя	Последовательное	48	5500	6100	6700	7600	8050	600–700

Технико-экономическое сравнение вариантов расположения станции в узле производится на основе приведенных расходов с учетом основных капитальных вложений и эксплуатационных расходов. При определении капитальных вложений учитываются только различающиеся по вариантам работы, в том числе и переносы зданий и сооружений, отвод дорог, земляные работы, строительство путепроводов и крупных мостов, укладку пути, устройство СЦБ и контактной сети. Для выбранного варианта производится обследование местных условий, детальная геодезическая съемка и инженерно-геологическое изыскание.

Общие нормы проектирования сортировочной станции в плане и профиле

Главные пути, располагающиеся в пределах сортировочной станции, проектируются по нормам для главных путей на перегонах. В соответствии с Правилами [2] сортировочные станции, отдельные станционные парки и вытяжные пути *в плане* следует располагать на прямых участках пути. В трудных условиях допускается их размещать на кривых радиусом не менее: 2000 м – на скоростных линиях, 1500 м – на линиях I и II категорий, 1200 м – на линиях особогрузонапряженных, III и IV категорий, как показано на рисунке Г.2. В особо трудных топографических условиях, при соответствующем обосновании, допускается уменьшение радиуса кривой до 600 м, в горных условиях – до 500 м на линиях со скоростями движения не более 120 км/ч (особогрузонапряженные, III и IV категорий).

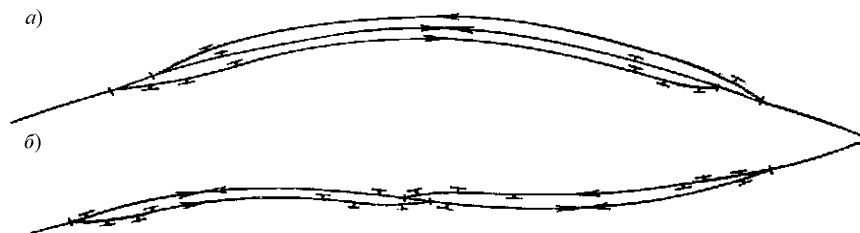


Рисунок Г.2 – Расположение станционных парков и путей в кривых:
а – поперечное; б – продольное

При проектировании радиусы кривых следует принимать равными 4000, 3000, 2500, 2000, 1800, 1500, 1200, 1000, 800, 700, 600, 500, 400, 350, 300, 250 и 200 м. Значение минимальной длины прямой вставки между начальными точками переходных, круговых кривых на главных путях приведено в таблице Г.3. На путях, предназначенных для прохода организованных поездов, между обращенными в разные стороны кривыми радиусов 250 м и менее предусматриваются прямые вставки длиной не менее 15 м. В остальных случаях прямую вставку допускается не предусматривать.

Т а б л и ц а Г.3 – Минимальная длина прямой вставки между начальными точками переходных, круговых кривых на главных путях

В метрах

Категория железнодорожной линии	Длина прямой вставки d_0			
	в нормальных условиях		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

В плане радиусы внутренних соединительных и ходовых локомотивных путей в голове сортировочных парков должны быть не менее 200 м, а в стесненных условиях – 180 м при специальном усилении конструкции пути.

Экипировочные пути для тягового подвижного состава в плане располагаются на прямой. Пути у погрузо-выгрузочной платформы проектируют прямыми. В трудных условиях допускается эти пути располагать в кривых радиусом не менее 600 м, а в особо трудных условиях – 500 м.

Стрелочные переводы на станции располагаются на прямых участках пути. Допускается располагать стрелочные переводы на кривой с применением соответствующих схем разбивки. Радиусы кривых должны быть не менее 600 м. Радиусы закрестовинных кривых должны быть не менее радиуса переводной кривой стрелочного перевода ($M = 1/9 R = 200 \dots 300$ м; $M = 1/11 R = 300 \dots 400$ м).

Сортировочные станции *в профиле* следует располагать на горизонтальной площадке. Парк приема и сортировочную горку необходимо размещать на возвышенных местах (см. рисунок Г.1). При соответствующем обосновании допускается располагать станции на уклонах не круче 1,5 ‰, в трудных условиях – не круче 2,5 ‰. Парк приема располагается, как правило, на горизонтальной площадке с трехэлементным профилем. На реконструируемых станциях допускается сохранять этот парк на спуске в сторону сортировочной горки крутизной до 1 ‰. Размещение парка приема на спуске крутизной от 1 до 2,5 ‰ или на подъеме крутизной до 2 ‰ возможно лишь на переустройстваемых сортировочных станциях, в особо трудных местных условиях и при надлежащем обосновании. Крутизна уклонов элементов продольного профиля сортировочных горок и подгорочных путей устанавливается согласно требованиям, изложенным в разд. 4 данного пособия. Пути парка отправления располагаются на площадке с трехэлементным профилем или на подъеме крутизной до 1 ‰. В особо трудных местных условиях при переустройстве существующих станций парк отправления может размещаться на спуске или подъеме крутизной до 2,5 ‰ (с обоснованием такого решения технико-экономическими расчетами).

Приемо-отправочные пути (парки) следует располагать на горизонтальной площадке. Для уменьшения объемов земляных работ при сооружении станции допускается расположение путей на уклоне не круче 1,5 ‰, в трудных условиях – до 2,5 ‰. Если приемо-отправочный парк расположен на переломном профиле, длина элементов профиля должна быть не менее $1/2$ полезной длины приемо-отправочных путей, при этом в пределах длины поезда допускается не более одного перелома. Величина среднего уклона в пределах полезной длины приемо-отправочных путей должна обеспечивать условие трогания поездов с места и удержания поездов тормозами локомотивов. При удлинении приемо-отправочных путей существующих станций, расположенных в особо трудных условиях, допускается размещать пути на уклонах не более 10 ‰.

Во всех случаях для предотвращения самопроизвольного ухода подвижного состава за пределы полезной длины путей, продольный профиль путей станций, где предусматривается отцепка локомотивов или вагонов от железнодорожных составов и выполнение маневровых операций, следует проектировать трехэлементным, вогнутого (ямообразного) очертания, с одинаковыми отметками высот по концам полезной длины путей (рисунок Г.3).

Для сопряжения элементов продольного профиля в вертикальной плоскости рекомендуется использовать радиусы вертикальных сопрягающих кривых в зависимости от категории железнодорожной линии (таблица Г.4).

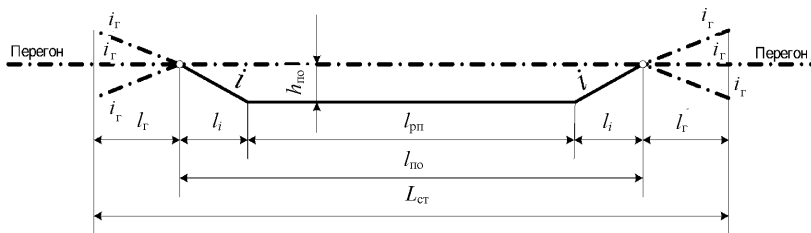


Рисунок Г.3 – Рекомендуемый трехэлементный продольный профиль приемо-отправочных путей в пределах полезной длины:

i – крутизна противоуклона; i_r – крутизна уклона горловины; l_i – длина противоуклона;
 $l_{\text{рп}}$ – длина разделительной площадки; $l_{\text{но}}$ – полезная длина приемо-отправочного пути;
 l_r – длина горловины; $L_{\text{ст}}$ – длина станционной площадки; $h_{\text{но}}$ – глубина понижения профиля, м;
 $i = 1,5 \dots 2,0$ ‰ при $l_{\text{но}} = 1050$ м, $l_i = 200 \dots 300$ м, $l_{\text{рп}} = 280 \dots 650$ м

Т а б л и ц а Г.4 – Минимальный радиус вертикальной сопрягающей кривой

В километрах

Категория железнодорожной линии	Минимальный радиус вертикальной сопрягающей кривой			
	главные и дополнительные главные пути		станционные (кроме главных и приемо-отправочных для безостановочного пропуска поездов)	
	в нормальных условиях	в трудных условиях	в нормальных условиях	в трудных условиях
Скоростные	20	15	5	3
Особогрузонапряженные	10	5	5	3
I и II				
III				
IV				
	5	3	3	3 (для новых станций)

Вертикальные кривые допускаются не предусматривать при алгебраической разности крутизны уклонов смежных элементов профиля в зависимости от категории линии (таблица Г.5).

Т а б л и ц а Г.5 – Вертикальные кривые для сопряжения элементов профиля

Категория железнодорожной линии	Радиус вертикальной сопрягающей кривой, м	Алгебраическая разность крутизны уклонов смежных элементов профиля, ‰
Скоростные	20000	Менее 2,0
I и II	15000	» 2,3
Особогрузонапряженные и III	10000	» 2,8
IV	5000	» 4,0
Станционные пути	3000	» 5,2

Сортировочные пути при сортировке с вытяжных путей следует располагать по возможности на спуске в сторону сортировки вагонов, крутизна спуска не должна превышать 2 ‰, а при переработке порожних вагонов – до 2,5 ‰. Профиль сортировочных устройств, сортировочных путей, обслуживаемых сортировочными горками (см. разд. 4 данного пособия), профилированными вытяжными путями, стрелочными

горловинами на уклонах проектируют по специальным требованиям: участки сортировочных путей от расчетной точки в сторону сортировки размещают на уклоне 0,6 ‰, а конечный участок длиной 200 м – на противоуклоне величиной до 2 ‰.

Вытяжные пути за пределами стрелочной горловины станции следует располагать на горизонтальной площадке или на спуске (в сторону сортировки вагонов) не круче 2 ‰, а в трудных условиях – на подъеме не круче 2 ‰ в сторону обслуживаемых путей.

Стрелочные горловины размещаются в профиле по нормам проектирования главных и станционных путей [7]. В трудных условиях горловины допускается располагать на уклонах не круче ограничивающего, уменьшенного на 2 ‰, а в особо трудных условиях – на ограничивающем уклоне. Диспетчерские съезды и отдельные стрелочные переводы на главных путях за пределами горловин допускается размещать на любом продольном уклоне до ограничивающего включительно.

Соединительные пути проектируются на уклонах не круче 15 ‰, а пути, предназначенные для передвижения по ним только локомотивов и моторвагонного подвижного состава, – не круче 40 ‰. Пути межпоездного отстоя локомотивов и прочих в профиле располагаются на уклонах не более 2,5 ‰ (особо трудные условия), а экипировочные пути – на площадке.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(справочное)

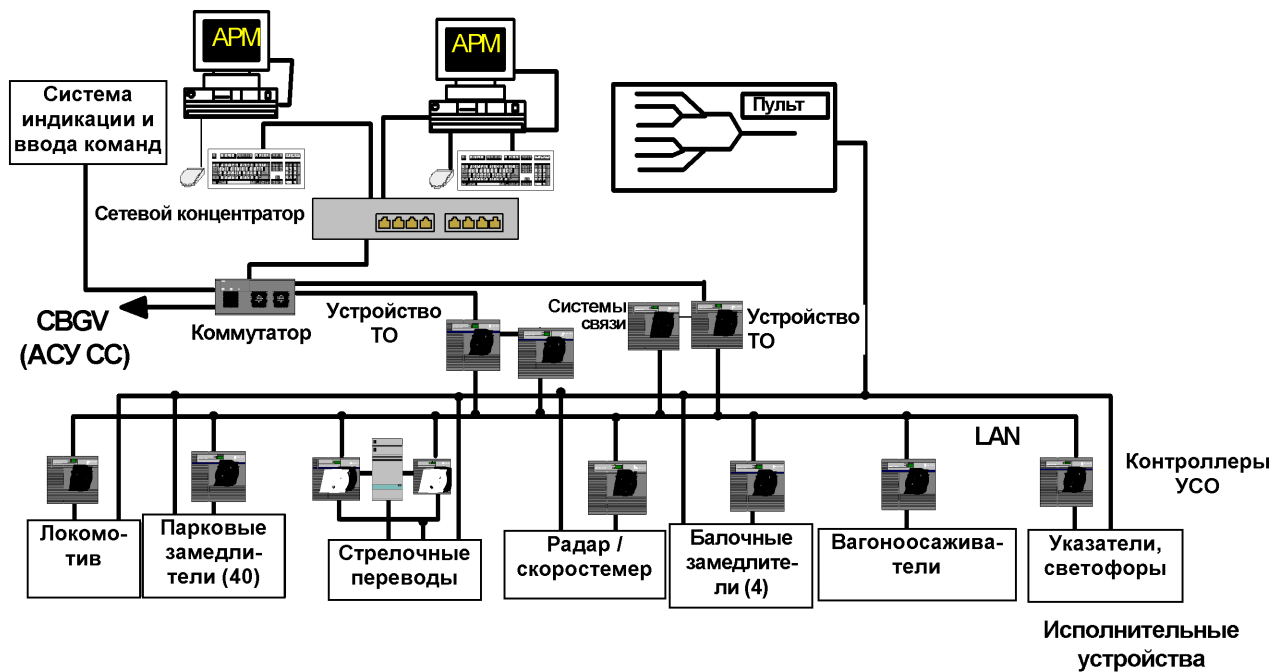
ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ГОРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ

Сравнительная характеристика автоматизированных систем управления приведена в таблице Д.1.

Т а б л и ц а Д.1 – Сравнительные характеристики систем управления

Функции \ Система	<i>DDCIII</i> (USS, США)	<i>MSR-32</i> (Siemens, Германия)	КСАУ СП (ВНИИАС, Россия)	ГАЦ-АРС-ГТСС
Управление стрелочными переводами	Есть	Есть	Есть	Есть
Управление замедлителями	3-позиционное	3-позиционное	3-позиционное	3-позиционное
Управление вагоноосаживателями	Есть	Есть	Нет	Нет
Управление локомотивами	»	»	Есть	Есть
Управление компрессорами	Нет	Нет	»	»
Техническая диагностика	Есть	Есть	»	»
Контроль маневров	Нет	Нет	»	»
Ведение накопления	»	»	»	»
Производительность	До 200 ваг/ч (5000 ваг/сут)	До 300 ваг/ч (5300 ваг/сут)	До 350 ваг/ч (8500 ваг/сут)	До 300 ваг/ч (5300 ваг/сут)
Параллельный роспуск	Нет	Нет	Есть	Нет
Резервирование: верхний уровень средний уровень	100 % 100 %	Нет Только функции ГАЦ	100 % Только функции ГАЦ	100 % Только функции ГАЦ
Управление роспуском	АРМы	Терминалы, АРМ, горочный пульт	АРМы, горочный пульт в качестве резерва	АРМы, горочный пульт в качестве резерва

Принципиальная структура организации работы указанных систем управления показана на рисунках Д.1–Д.4.



206

Рисунок Д.1 – Система управления MSR-32 (компания «Siemens», Германия)

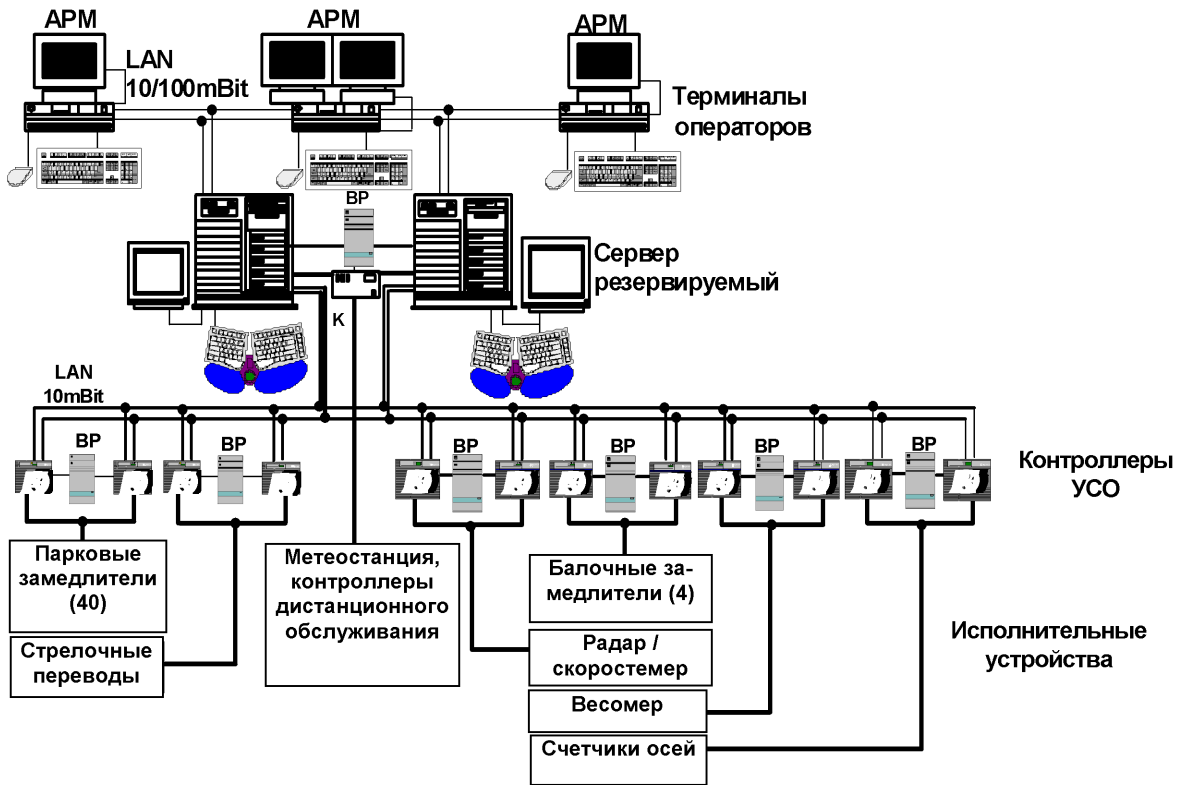


Рисунок Д.2 – Система управления DDCIII (компания USS, США)

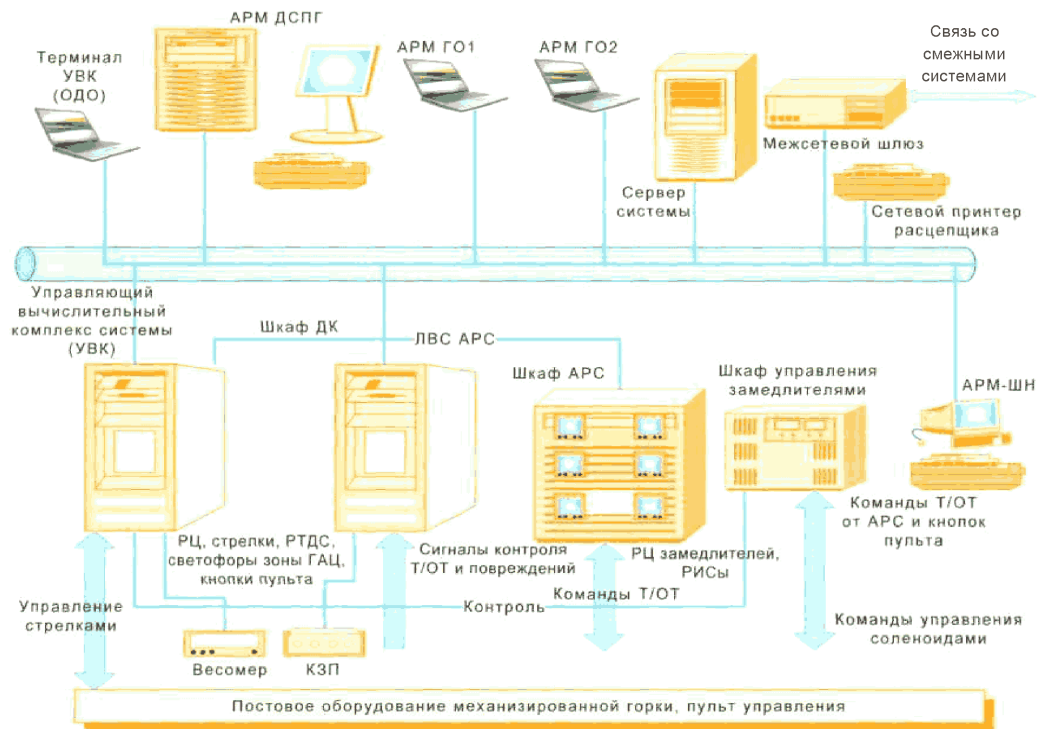


Рисунок Д.3 – Структура системы ГАЦ–АРС–ГТСС

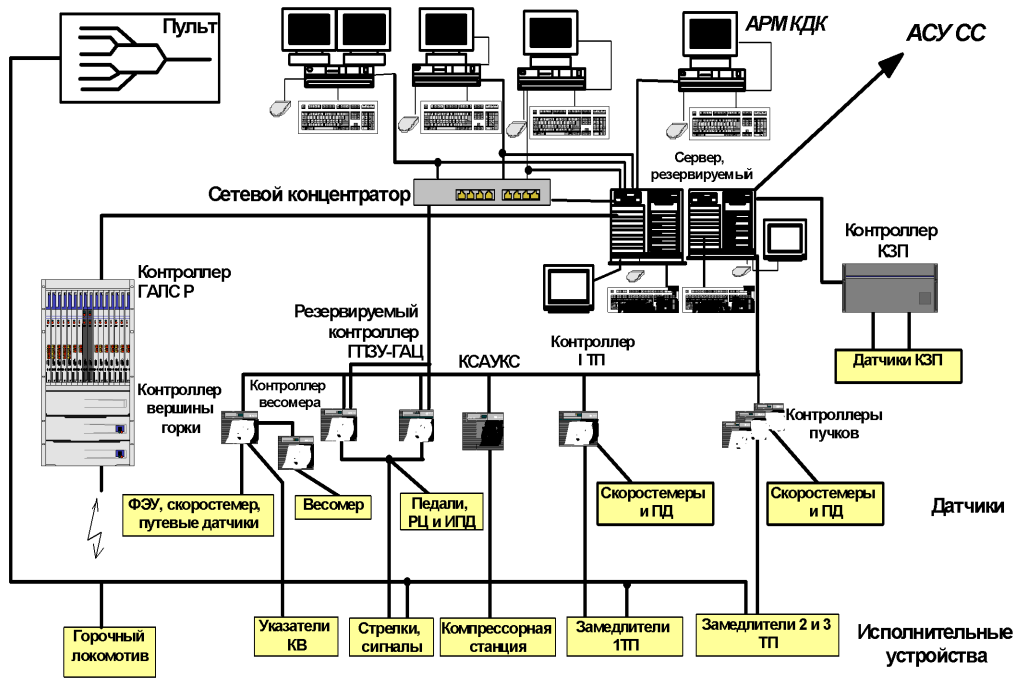


Рисунок Д.4 – Система управления КСАУ СП (ВНИИАС, Россия)

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
(справочное)

**АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ПЕРЕРАБАТЫВАЕМОГО ВАГОНПОТОКА
И ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ РАСЧЕТНЫХ БЕГУНОВ**

Одними из определяющих условий расчета конструктивных и технологических параметров сортировочных устройств являются род вагона и расчетная масса одиночных отцепов (вагонов), перерабатываемых на них.

Распределение одиночных четырехосных вагонов, перерабатываемых на сортировочной горке, по роду и массе может быть получено на основании статистической обработки натурно-сортировочных листов. Все отцепы по их массе и ходовым свойствам делят на следующие категории:

- 1) «плохие» бегуны – вагоны массой $q_{п}$ с основным удельным сопротивлением движению $w_{п}$ и вероятностью $\alpha_{п}$;
- 2) «хорошие» бегуны – вагоны массой $q_{х}$ с основным удельным сопротивлением движению $w_{х}$ и вероятностью $\alpha_{х}$;
- 3) «очень хорошие» бегуны – вагоны массой $q_{охб}$, с основным удельным сопротивлением движению $w_{ох}$ и вероятностью $\alpha_{ох}$.

При этом для каждой весовой категории устанавливается средняя величина разброса массы одиночных отцепов

$$\sigma = \frac{q_{\max} - q_{\min}}{3}.$$

На основании этой величины устанавливается разбиение ряда на диапазоны:

- 1) «плохие» бегуны $q_{п}$ [q_{\min} ; $q_1 = q_{\min} + \sigma$];
- 2) «хорошие» бегуны $q_{х}$ [q_1 ; $q_2 = q_1 + \sigma$];
- 3) «очень хорошие» бегуны $q_{охб}$ [q_2 ; $q_2 + \sigma = q_{\max}$].

Так, например, если при обработке натурно-сортировочных листов установлено, что наименьшее значение массы одиночного отцепа q_{\min} составляет 20 т, а наибольшее – $q_{\max} = 92$ т, то

$$\sigma = \frac{92 - 20}{3} = 24 \text{ т};$$

4) к «плохим» бегунам $q_{п}$ в таком случае будут относиться одиночные отцепы с массой в пределах от 20 до 44 т, к «хорошим» бегунам $q_{х}$ – отцепы с массой в пределах от 44 до 68 т, а к «очень хорошим» $q_{охб}$ – вагоны с массой от 68 до 92 т.

Далее распределение масс одиночных отцепов делится с интервалом 4–6 т от нижней до верхней границ каждого диапазона.

Пример обработки натурно-сортировочных листов в объеме порядка 900 документов за 10-дневный период месяца максимальных перевозок и представлен в таблице Е.1.

Таблица Е.1 – Распределение одиночных четырехосных вагонов, перерабатываемых на горке, по роду и массе

Масса вагонов, т	20–26	26–32	32–38	38–44	44–50	50–56	56–62	62–68	68–74	74–80	80–86	86–92
Интервалы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Крытый	23	8	2	1	–	–	–	–	4	11	18	38
Полувагон	390	2		2	1	8	12	41	23	11	37	116
Платформа	9	6	4	2	3	2	3	–	–	2	4	3
Цистерна	28	3	–	3	1	–	–	–	1	1	4	3
Цементовоз	22	–	1	–	1	–	3	1		5	7	6
Зерновоз	10	–	–	–	1	–	–	–	1	–	1	–
Думкар		9	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Прочие	18	7	6	–	–	–	–	–	1	3	8	6
Количество вагонов	500	35	15	8	7	10	18	42	30	33	79	172
Частота, %	52,69	3,69	1,58	0,84	0,74	1,05	1,9	4,43	3,16	3,48	8,32	18,12
Всего, %	58,8				8,12				33,08			
Категория расчетного бегуна	«Плохой»				«Хороший»				«Очень хороший»			
Расчетная масса, т	24,0				60,4				84,5			

Средняя масса 4-осных вагонов в каждой категории и их вероятности определяются по следующим формулам:

$$q = \frac{\sum_{j=1}^k q_j \cdot \alpha_{q-j}}{\sum_{j=1}^k \alpha_{q-j}}, \quad \alpha = \sum_{j=1}^k \alpha_{q-j},$$

где q_j – средняя масса вагона для j -го интервала распределения масс отцепов, т;
 α_{q-j} – частота появления вагонов соответствующей массы в составе поезда.

Для полученного распределения четырехосных вагонов по массе, приведенного в таблице Е.1, средняя масса «плохих» бегунов составит

$$q_{\text{п}} = \frac{23 \cdot 52,69 + 29 \cdot 3,69 + 35 \cdot 1,58 + 41 \cdot 0,84}{52,69 + 3,69 + 1,58 + 0,84} = 23,97 \approx 24,0 \text{ т},$$

а вероятность их появления в составе –

$$\alpha_{\text{п}} = 52,69 + 3,69 + 1,58 + 0,84 = 58,8 \text{ \%}.$$

Выполнив аналогичные расчеты для «хороших» и «очень хороших» бегунов, получим, что средняя масса и вероятность их появления соответственно равны: $q_{\text{х}} = 60,4$ т, $\alpha_{\text{х}} = 8,12\%$, $q_{\text{ох}} = 84,5$ т, $\alpha_{\text{ох}} = 33,08\%$.

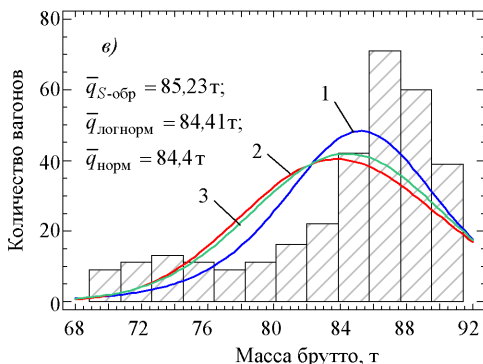
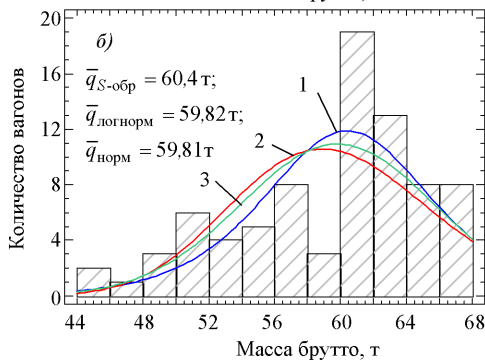
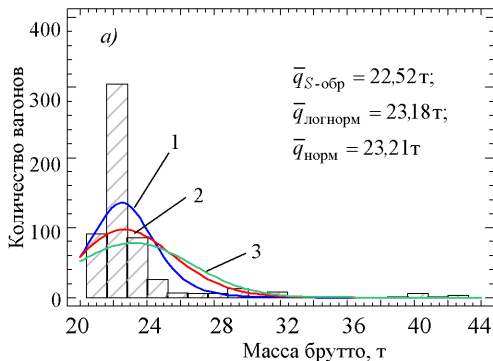


Рисунок Е.1 – Гистограмма распределения весовых характеристик расчетных бегунов:
 а – одиночных отцепов легковесной категории;
 б, в – средне- и тяжелогруженных одиночных

Анализ таблицы Е.1 показывает, что в структуре перерабатываемого вагонопотока преобладают порожние вагоны или вагоны легковесной категории (58,8 %) и тяжелогруженные вагоны массой 68–92 т (33,08 %).

По данным выборки построена гистограмма распределения случайной величины – массы расчетных бегунов (рисунок Е.1). В соответствии со статистическими критериями распределение исследуемых характеристик наилучшим образом описывается S -образным (1), логнормальным (2) или нормальным (3) вероятностными законами. Наименьшие значения величины критерия χ^2 получены для нормального закона распределения масс легковесных вагонов ($\chi^2 = 7492,29$), логнормального распределения для среднегруженных отцепов ($\chi^2 = 94,6$) и S -образного распределения для тяжелогруженных отцепов ($\chi^2 = 828,49$).

Таким образом, для дальнейших расчетов в качестве «плохого» бегуна принимается полувагон на роликовых подшипниках среднестатистической массой 24,0 т и основным удельным сопротивлением 1,75 Н/кН (для конструктивных расчетов); «хорошего» – полувагон на роликовых подшипниках массой 60,4 т и основным удельным сопротивлением 1,25 Н/кН; очень «хорошего» – полувагон на роликовых подшипниках массой 84,51–100 т и основным удельным сопротивлением 0,5 Н/кН.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
(справочное)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ОТЦЕПА
ПРИ СКАТЫВАНИИ С СОРТИРОВОЧНОЙ ГОРКИ**

При встречном ветре расчетная схема определения результирующей скорости движения отцепа приведена на рисунке Ж.1.

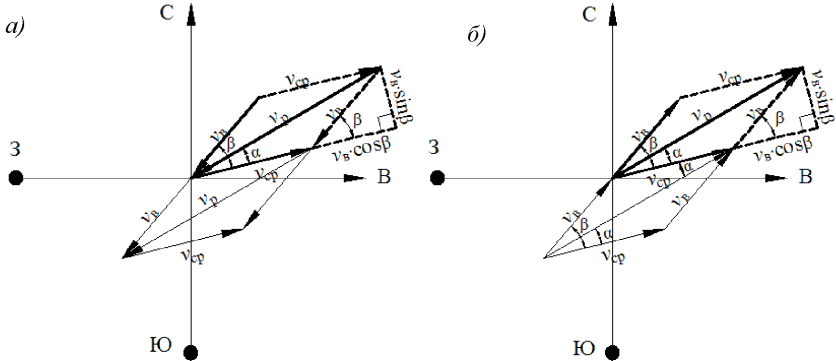


Рисунок Ж.1 – Расчетная схема определения скорости движения отцепа с учетом направления и силы ветра, угла α :

a – при встречном ветре; b – при попутном ветре

При этом расчетная скорость движения отцепа v_p и угол α между результирующим вектором расчетной скорости и направлением движения отцепа могут быть определены несколькими способами:

– с использованием теоремы косинусов $v_p^2 = v_B^2 + v_{cp}^2 + 2v_B v_{cp} \cos \beta$:

$$a) \alpha = \arcsin \left(\frac{v_B \sin \beta}{v_p} \right); \quad б) \alpha = \arccos \left(\frac{v_{cp} + v_B \cos \beta}{v_p} \right);$$

$$в) \alpha = \arctg \left(\frac{v_B \sin \beta}{v_{cp} + v_B \cos \beta} \right);$$

– с использованием теоремы Пифагора $v_p^2 = (v_B \sin \beta)^2 + (v_{cp} + v_B \cos \beta)^2$:

$$г) \alpha = \arctg \left(\frac{v_B \sin \beta}{\sqrt{v_p^2 - (v_B \sin \beta)^2}} \right); \quad д) \alpha = \arcsin \left(\frac{v_B \sin \beta}{\sqrt{(v_B \sin \beta)^2 + (v_{cp} + v_B \cos \beta)^2}} \right);$$

$$е) \alpha = \arccos \left(\frac{v_{cp} + v_B \cos \beta}{\sqrt{(v_B \sin \beta)^2 + (v_{cp} + v_B \cos \beta)^2}} \right).$$

ПРИЛОЖЕНИЕ И
(справочное)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА ПОВОРОТА
В ПУЧКАХ ИЗ ШЕСТИ И ВОСЬМИ ПУТЕЙ**

1 В пучках из шести путей угол поворота β в кривой, располагаемой после головного стрелочного перевода пучка (рисунок И.1), находят с применением аналитического метода расчета, разработанного профессором В.Д. Никитиным, путём вписывания внутреннего пути (трудный по вписыванию путь, что обеспечивает соединение элементов пучка в целостную конструкцию) относительно базиса пучка.

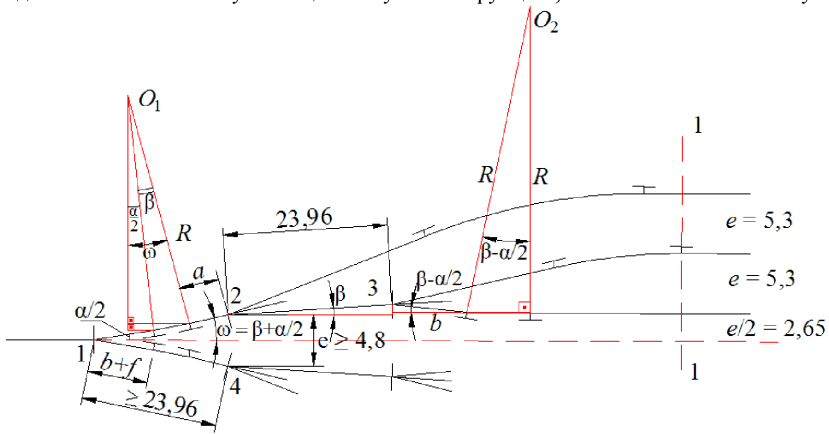


Рисунок И.1 – Расчетная схема определения угла поворота β в пучке из шести путей

Проецируя все элементы внутреннего пути на вертикальную ось 1–1, получаем основное уравнение

$$e/2 = (b + f) \sin(\alpha/2) + R [\cos(\alpha/2) - \cos(\alpha/2 + \beta)] + a \sin(\alpha/2 + \beta) + 23,96 \sin(\beta) + b \sin(\beta - \alpha/2) - R[1 - \cos(\beta - \alpha/2)] \text{ или}$$

$$R \cos(\alpha/2 + \beta) - R \cos(\beta - \alpha/2) - a \sin(\alpha/2 + \beta) - 23,96 \sin(\beta) - b \sin(\beta - \alpha/2) = (b + f) \sin(\alpha/2) + R \cos(\alpha/2) - R - e/2.$$

Для упрощения записи уравнения правая часть заменяется постоянной C и тригонометрические выражения группируются для дальнейших преобразований:

$$R [\cos(\alpha/2 + \beta) - \cos(\beta - \alpha/2)] - a \sin(\alpha/2 + \beta) - 23,96 \sin(\beta) - b \sin(\beta - \alpha/2) = C;$$

$$R [(\cos(\beta) \cos(\alpha/2) - \sin(\beta) \sin(\alpha/2)) - (\cos(\beta) \cos(\alpha/2) + \sin(\beta) \sin(\alpha/2))] -$$

$$- [a (\sin(\alpha/2) \cos(\beta) + \sin(\beta) \cos(\alpha/2)) + 23,96 \sin(\beta) + b (\sin(\beta) \cos(\alpha/2) - \sin(\alpha/2) \cos(\beta))] = C;$$

$$\begin{aligned}
& R [\cos(\beta) \cos(\alpha/2) - \sin(\beta) \sin(\alpha/2) - \cos(\beta) \cos(\alpha/2) - \sin(\beta) \sin(\alpha/2)] - \\
& \quad - a [\sin(\alpha/2) \cos(\beta) + \sin(\beta) \cos(\alpha/2)] - 23,96 \sin(\beta) - \\
& \quad - b [\sin(\beta) \cos(\alpha/2) - \sin(\alpha/2) \cos(\beta)] = C; \\
& - 2R \sin(\beta) \sin(\alpha/2) - a \sin(\alpha/2) \cos(\beta) + b \sin(\alpha/2) \cos(\beta) - \\
& \quad - a \sin(\beta) \cos(\alpha/2) - b \sin(\beta) \cos(\alpha/2) - 23,96 \sin(\beta) = C; \\
& \quad - 2R \sin(\beta) \sin(\alpha/2) + (b - a) \sin(\alpha/2) \cos(\beta) - \\
& \quad - (a + b) \sin(\beta) \cos(\alpha/2) - 23,96 \sin(\beta) = C;
\end{aligned}$$

$$[(b - a) \sin(\alpha/2)] \cos(\beta) - [2R \sin(\alpha/2) + (a + b) \cos(\alpha/2) + 23,96] \sin(\beta) = C.$$

После введения в уравнение параметров $A = (b - a) \sin(\alpha/2)$ и $B = 2R \sin(\alpha/2) + (a + b) \cos(\alpha/2) + 23,96$, получим $A \cos(\beta) - B \sin(\beta) = C$.

Вводим в расчет вспомогательный угол φ так, что $\operatorname{tg} \varphi = \frac{A}{B} = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi}$; $\varphi = \operatorname{arctg} \frac{A}{B}$.

Получим $\frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} \cos \beta - \sin \beta = \frac{C}{B}$, отсюда после умножения обеих частей полученного уравнения на $\cos \varphi$

$$\sin \varphi \cos \beta - \sin \beta \cos \varphi = \frac{C}{B} \cos \varphi.$$

На основании теоремы сложения $\sin(\varphi - \beta) = \frac{C}{B} \cos \varphi$. Тогда $\beta = \varphi - \operatorname{arcsin} \left(\frac{C}{B} \cos \varphi \right)$.

Выполним расчет угла поворота в пучке из шести путей, применяя стрелочные переводы марки 1/6 ($\alpha = 9,46233^\circ$; $a = 6,95$, $b = 10,56$) и радиус кривых $R = 200$ м. Первоначально прямая вставка $f = 0$. Тогда

$$A = (10,56 - 6,95) \sin(9,46233/2) = 0,29775 \text{ м};$$

$$B = 2 \cdot 200 \sin(9,46/2) + (6,95 + 10,56) \cos(9,46/2) + 23,96 = 74,40255 \text{ м};$$

$$C = 10,56 \sin(9,46/2) + 200 \cos(9,46/2) - 200 - 5,3/2 = -2,46047 \text{ м};$$

$$\varphi = \operatorname{arctg}(0,29775/74,40255) = 0,22929^\circ;$$

$$\beta = 0,22929 - \operatorname{arcsin}(-2,46047/74,40255 \cos 0,22929) = 2,12438^\circ = 2^\circ 7' 28''.$$

После расчета угла β необходимо убедиться, что длина участка пути между центрами стрелочных переводов $L_{\text{ЦП1-ЦП2}}$ ($L_{\text{ЦП1-ЦП4}}$) $\geq 23,96$ м, т.е. соответствовать требованиям нормативов [3], а ширина междупутья $e_{\text{ЦП2-ЦП4}} \geq 4,8$ м (см. рисунок И.1).

При этом $e_{\text{ЦП2-ЦП4}} = 2[b + f + T] \sin(\alpha/2) + (T + a) \sin(\alpha/2 + \beta)$, где $T = R \operatorname{tg}(\alpha/4)$, а $L_{\text{ЦП1-ЦП2}}$ ($L_{\text{ЦП1-ЦП4}}$) $= b + f + \pi R \beta / 180 + a$. В нашем случае $e_{\text{ЦП2-ЦП4}} \geq 4,9$ м, а $L_{\text{ЦП1-ЦП2}}$ ($L_{\text{ЦП1-ЦП4}}$) $= 24,93$ м. Условие проверки выполняется. В противном случае необходимо между стрелочным переводом № 1 и закрестовинной кривой с углом поворота β устраивать прямую вставку $f > 0$, которая является моделируемым параметром. Эта прямая вставка должна иметь минимально необходимую длину, получаемую методом перебора вариантов. Обычно достаточно прямую вставку принять равной 1,19 м (для стрелочного перевода марки крестовины 1/6 Р50) так, чтобы $b + 1,19 = 11,75$ м (см. рисунок 4.1).

Угол поворота β можно также рассчитать в соответствии с расчетной схемой, показанной на рисунке И.2 по методу БелГУТа, адаптированному в [25].

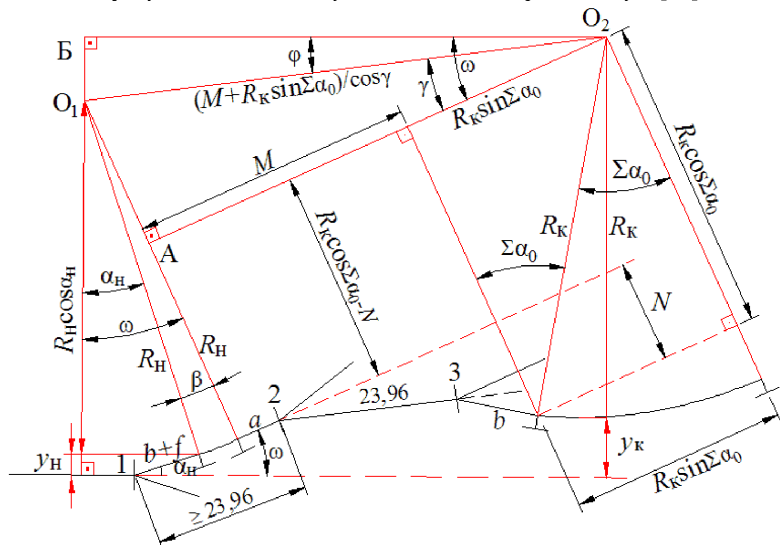


Рисунок И.2 – Расчетная схема определения угла поворота β в пучке из шести путей методом БелГУТа

Из расчетной схемы на рисунке И.2 $\beta = \omega - \alpha_n$, где $\omega = \phi + \gamma$.

Из прямоугольного треугольника O_1AO_2

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{R_n - R_k \cos \sum \alpha_0 + N}{M + R_k \sin \sum \alpha_0},$$

а из прямоугольного треугольника O_1BO_2

$$\sin \phi = \frac{R_k + y_k - y_n - R_n \cos \alpha_n}{M + R_k \sin \sum \alpha_0} \cos \gamma,$$

где R_n – радиус начальной круговой сопрягающей кривой с искомым углом β , м;

R_k – радиус последней соединительной кривой расчетного пути, м;

$\sum \alpha_0$ – алгебраическая сумма углов поворота отрезка расчетного пути протяжением от конца кривой за первым стрелочным переводом пучка или его ответвления до начала последней соединительной кривой, рассчитываемая относительно направления участка пути, получаемого после прохождения кривой с искомым углом;

N – то же на ось, перпендикулярную к направлению искомого угла, м;

M – проекция отрезка расчетного пути протяжением от конца кривой за первым стрелочным переводом пучка или его ответвления до начала последней соединительной кривой на направление участка пути, получаемого после прохождения кривой с искомым углом, м;

y_k – ордината горизонтальной касательной к последней соединительной кривой расчетного пути, м;

y_n – ордината начала кривой за первым стрелочным переводом пучка или его ответвления;

α_n – угол наклона начального направления участка пути к базису (оси симметрии).

Длина проекции M определяется как сумма проекций отдельных элементов участка пути от конца кривой, расположенной за головным стрелочным переводом пучка, до начала закрестовинной кривой внутреннего пути:

$$M = a + 23,96 \cos(\alpha/2) + b \cos(\alpha).$$

Длина проекции этого же участка пути на ось, перпендикулярную к направлению участка пути, получаемого после прохождения кривой с искомым углом поворота β ,

$$N = 23,96 \sin(\alpha/2) + b \sin(\alpha),$$

где 23,96 – минимально необходимое расстояние между центрами стрелочных переводов при их попутной укладке с учетом обеспечения минимальной длины предстрелочного участка 6 м изолированной рельсовой цепи управления стрелочным переводом. Для стрелочных переводов марки крестовины 1/6 с типом рельсов Р50

$$23,96 = b_1 + 1,19 + 5,26 + a_2 = 11,75 + 5,26 + 6,95.$$

Величины, входящие в состав расчетных формул для определения угла β , имеют следующие значения: $R_n = R_k = 200$ м; $\alpha_n = \alpha/2$; $\sum \alpha_0 = \alpha$; $f = 0$; $y_n = (b+f) \cdot \sin(\alpha/2) = 10,56 \sin(9,46233/2) = 0,87$ м; $y_k = 2,65$ м; $\alpha = 9,46233^\circ$. Тогда

$$M = a + 23,96 \cos(9,46233/2) + 10,56 \cos 9,46233 = 6,95 + 23,96 \cdot 0,996593 + 10,56 \cdot 0,986394 = 6,95 + 23,88 + 10,42 = 41,24 \text{ м};$$

$$N = 23,96 \cdot 0,082481 + 10,56 \cdot 0,164399 = 1,98 + 1,74 = 3,71 \text{ м};$$

$$\text{tg } \gamma = \frac{200 - 200 \cdot 0,986394 + 3,72}{41,25 + 200 \cdot 0,164399} = \frac{200 - 197,28 + 3,72}{41,25 + 32,88} = \frac{6,44}{74,13} = 0,086793;$$

$$\gamma = \arctg 0,086874 = 4,96046, \text{ или } 4^\circ 57' 37'';$$

$$\sin \varphi = \frac{200 + 2,65 - 0,87 - 200 \cdot 0,996593}{41,25 + 200 \cdot 0,164399} \cdot 0,996240 =$$

$$= \frac{200 + 2,65 - 0,87 - 199,32}{41,25 + 32,88} \cdot 0,996240 = \frac{2,45}{74,13} = 0,033069;$$

$$\varphi = \arcsin 0,033069 = 1,89509^\circ = 1^\circ 53' 42''.$$

$$\omega = \varphi + \gamma = 1,89509^\circ + 4,96046^\circ = 6,85555^\circ;$$

$$\beta = \omega - \alpha_n = 6,85555^\circ - 4,73117^\circ = 2,12438^\circ = 2^\circ 7' 28''.$$

Результаты расчета угла β данным методом совпадают с предыдущими.

В пучках из восьми путей угол поворота β в кривой, расположенной за головным стрелочным переводом пучка (рисунок И.3), находят путем проецирования элементов крайнего (наиболее трудного по вписыванию) пути пучка на вертикальную ось 1–1.

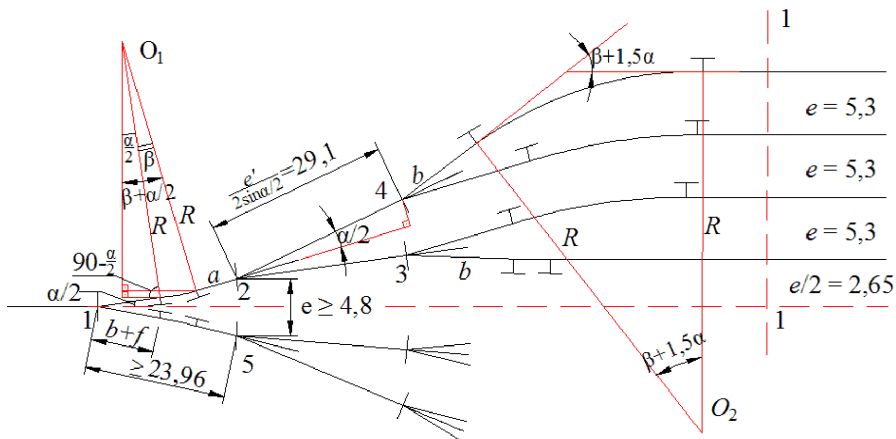


Рисунок И.3 – Расчетная схема определения угла поворота β в пучке из восьми путей

В этом случае угол β определяется из уравнения, полученного в прямоугольной системе координат,

$$3,5e = (b + f) \sin(\alpha/2) + R[\cos(\alpha/2) - \cos(\beta + \alpha/2)] + a \sin(\beta + \alpha/2) + (e'/2 \sin(\alpha/2)) \sin(\beta + \alpha) + b \sin(\beta + 1,5\alpha) + R[1 - \cos(\beta + 1,5\alpha)] \text{ или}$$

$$R[\cos(\beta + \alpha/2) + \cos(\beta + 1,5\alpha)] - [a \sin(\beta + \alpha/2) + 29,1 \sin(\beta + \alpha) + b \sin(\beta + 1,5\alpha)] = (b+f) \sin(\alpha/2) + R \cos(\alpha/2) + R - 3,5e.$$

После замены правой части равенства параметром C и выполнения тригонометрических преобразований, уравнение примет следующий вид:

$$R[\cos(\beta) \cos(\alpha/2) - \sin(\beta) \sin(\alpha/2) + \cos(\beta) \cos(1,5\alpha) - \sin(\beta) \sin(1,5\alpha)] - [a (\sin(\beta) \cos(\alpha/2) + \sin(\alpha/2) \cos(\beta)) + 29,1(\sin(\beta) \cos(\alpha) + \sin(\alpha) \cos(\beta)) + b(\sin(\beta) \cos(1,5\alpha) + \sin(1,5\alpha) \cos(\beta))] = C;$$

$$R \cos(\beta) (\cos(\alpha/2) + \cos(1,5\alpha)) - R \sin(\beta) (\sin(\alpha/2) + \sin(1,5\alpha)) - [\cos(\beta) (a \sin(\alpha/2) + 29,1 \sin(\alpha) + b \sin(1,5\alpha)) + \sin(\beta) (a \cos(\alpha/2) + 29,1 \cos(\alpha) + b \cos(1,5\alpha))] = C;$$

$$\cos(\beta)[R(\cos(\alpha/2) + \cos(1,5\alpha)) - (a \sin(\alpha/2) + 29,1 \sin(\alpha) + b \sin(1,5\alpha))] - \sin(\beta)[R(\sin(\alpha/2) + \sin(1,5\alpha)) + (a \cos(\alpha/2) + 29,1 \cos(\alpha) + b \cos(1,5\alpha))] = C.$$

После введения в уравнение параметров $A = [R(\cos(\alpha/2) + \cos(1,5\alpha)) - (a \sin(\alpha/2) + 29,1 \sin(\alpha) + b \sin(1,5\alpha))]$ и $B = [R(\sin(\alpha/2) + \sin(1,5\alpha)) + (a \cos(\alpha/2) + 29,1 \cos(\alpha) + b \cos(1,5\alpha))]$ получим

$$A \cos(\beta) - B \sin(\beta) = C \text{ или } \frac{A}{B} \cos\beta - \sin\beta = \frac{C}{B}.$$

По аналогии с пунктом 1 после введения дополнительного угла φ и соответствующих преобразований получим

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{A}{B} = \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi}; \quad \varphi = \operatorname{arctg} \frac{A}{B}; \quad \beta = \varphi - \arcsin\left(\frac{C}{B} \cos\varphi\right).$$

Произведём расчет угла поворота β . Исходные данные для расчета: $\alpha = 9,46233^\circ$; $a = 6,95$, $b = 10,56$, $R = 200$ м. Для обеспечения требований, изложенных в п. 1 приложения, величина прямой вставки принимается равной $f = 2,19$ м. Тогда

$$A = [200 (\cos(9,46233/2) + \cos(1,5 \cdot 9,46233)) - (6,95 \sin(9,46233/2) + 29,1 \times \sin(9,46233) + 10,56 \sin(1,5 \cdot 9,46233))] = 385,267 \text{ м};$$

$$B = [200 (\sin(9,46233/2) + \sin(1,5 \cdot 9,46233)) + (6,95 \cos(9,46233/2) + 29,1 \times \cos(9,46233) + 10,56 \cos(1,5 \cdot 9,46233))] = 111,401 \text{ м};$$

$$C = (10,56 + 2,19) \sin(9,46233/2) + 200 \cos(9,46233/2) + 200 - 3,5 \cdot 5,3 = 381,820 \text{ м};$$

$$\varphi = \operatorname{arctg}(385,267/111,401) = 73,87258^\circ;$$

$$\beta = 73,87258 - \arcsin(381,820/111,401 \cos 73,87258) = 1,68713^\circ = 1^\circ 41' 14''.$$

Проверка: $L_{\text{ЦП1}-\text{ЦП2}} (L_{\text{ЦП1}-\text{ЦП5}}) = 25,59 \text{ м} > 23,96 \text{ м}$; $e_{\text{ЦП2}-\text{ЦП5}} = 4,8 \text{ м}$.

ПРИЛОЖЕНИЕ К
(справочное)

**РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНА
ГОРОЧНОЙ ГОРЛОВИНЫ СОРТИРОВОЧНОГО ПАРКА**

Основными факторами, определяющими конструкцию горочной горловины, являются: количество путей в сортировочном парке; количество путей в пучках; количество путей надвига и спускных; ширина междупутий; количество тормозных позиций на спускной части сортировочной горки; длина прямых участков пути для размещения тормозных позиций; ограничения по длине горловины (расстояния от начала первого разделительного элемента до предельного столбика расчетного пути и до конца закрестовинной кривой); сумма углов поворота кривых и стрелочных переводов по маршруту скатывания вагонов на сортировочные пути.

К основным структурным особенностям горочных горловин относятся: схемы соединения путей надвига и спускных; схемы увязки путей в пучки; схема размещения тормозных позиций; относительно расположение первых разделительных элементов горловины в головной зоне горки за её вершиной; размещение дополнительных (конструктивных) кривых; схема примыкания обходных путей.

Запроектируем горочную горловину сортировочного парка на 36 путей, состоящую из шести пучков по шесть путей в каждом пучке (рисунок К.6). Соединение двух спускных путей и двух путей роспуска выполняется с помощью перекрёстного съезда из четырёх симметричных стрелочных переводов марки крестовины 1/6. Первыми разделительными элементами горловины в головной зоне сортировочной горки являются входные стрелочные переводы перекрестного съезда. В горловине предусматривается два обходных пути, примыкающих к крайним путям сортировочного парка. В конструкции горловины используются симметричные стрелочные переводы марки крестовины 1/6 Р65 и предусматривается возможность их замены на 1/6 Р50. Для обеспечения безопасного взаимодействия длиннобазного подвижного состава при автоматическом сцеплении в круговых кривых участках путей по возможности применяются радиусы $R \geq 250$ м [26]. При проектировании желательно избегать *s*-образных кривых, т. к. они увеличивают сопротивление движению, вызывают повышенный износ пути и подвижного состава, снижают безопасность при маневрах, особенно с длиннобазными вагонами. На двух горочных тормозных позициях укладываются пятизвенные вагонные замедлители типа ЗВУ (два на первой тормозной позиции и три – на второй). Следует учитывать, что существующие типовые решения систем ГАЦ и АРС, УУПГ предусматривают не более шести разделительных стрелочных переводов в маршруте скатывания отцепа от ВГ до предельного столбика сортировочного пути (не более трех после пучковой ПП) и восемь путей в пучке.

Неизвестными величинами являются углы поворота β конструктивных кривых и их производные углы в симметричных (ω) и несимметричных (ω' и ω'') пучках путей, углы наклона пучков к базису горочной горловины – оси сортировочного парка (β_1 и β_2) и угол поворота в кривой перед первой тормозной позицией, определяемый с помощью угла β_3 . На основе этих значений определяются углы поворота в закрестовинных кривых, сопрягающих наклонные участки путей в горловине и сортировочные пути, углы наклона всех участков путей в горловине между основными точками плана горловины и расстояния между этими точками, а также координаты всех основных точек плана $\frac{1}{2}$ части горочной горловины, по которым выполняется её графическое построение. Проектирование горловины включает ряд этапов.

$$T = R \operatorname{tg}(\omega - \alpha/2);$$

$$M = (d_1 + L_{\text{тп}} + d_2 + a) + (b + T) \cos(\alpha/2) + (T + a) \cos \omega + 23,96 \cos(\omega - \alpha/2) + b \cos \omega;$$

$$N = (b + T) \sin(\alpha/2) + (T + a) \sin \omega + 23,96 \sin(\omega - \alpha/2) + b \sin \omega.$$

После подстановки исходных данных получим

$$T = 200 \operatorname{tg}(6,894237 - 9,46233/2) = 3,78 \text{ м};$$

$$M = (5,0 + 13,48 \cdot 3 + 5,26 + 6,95) + (10,56 + 3,78) \cos(9,46233/2) + (3,78 + 6,95) \times \\ \times \cos 6,894237 + 23,96 \cos(6,894237 - 9,46233/2) + \\ + 10,56 \cos 6,894237 = 117,01 \text{ м};$$

$$N = (10,56 + 3,78) \sin(9,46233/2) + (3,78 + 6,95) \sin 6,894237 + 23,96 \sin(6,894237 - \\ - 9,46233/2) + 10,56 \sin 6,894237 = 4,64 \text{ м};$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{200 - 250 \cos(6,894237) + 4,64}{117,01 + 250 \sin(6,894237)} = -0,29622;$$

$$\gamma = \operatorname{arctg}(-0,29622) = -16,5004, \text{ или } -16^\circ 30' 01'';$$

$$\sin \varphi = \frac{250 - 200 \cos(9,46233/2) + 8,55 - 1,30}{117,01 + 250 \sin(6,894237)} \cos(-16,5004) = 0,377815;$$

$$\varphi = \operatorname{arcsin} 0,377815 = 22,1984^\circ = 22^\circ 11' 54''.$$

$$\beta_1 = \varphi + \gamma = 22,1984^\circ + (-16,5004^\circ) = 5,698038^\circ.$$

3 Элементы, входящие в состав расчетных формул для определения угла ω' (рисунок К.2), имеют следующие значения: $R_H = R_K = 200 \text{ м}$; $\Sigma \alpha_0 = \alpha$; $\alpha_H = \alpha/2$; $f = 0 \text{ м}$; $y_H = (b + f) \sin(\alpha/2) = (10,56 + 0) \sin(9,46233/2) = 0,87 \text{ м}$; $y_K = 2,65 \text{ м}$.

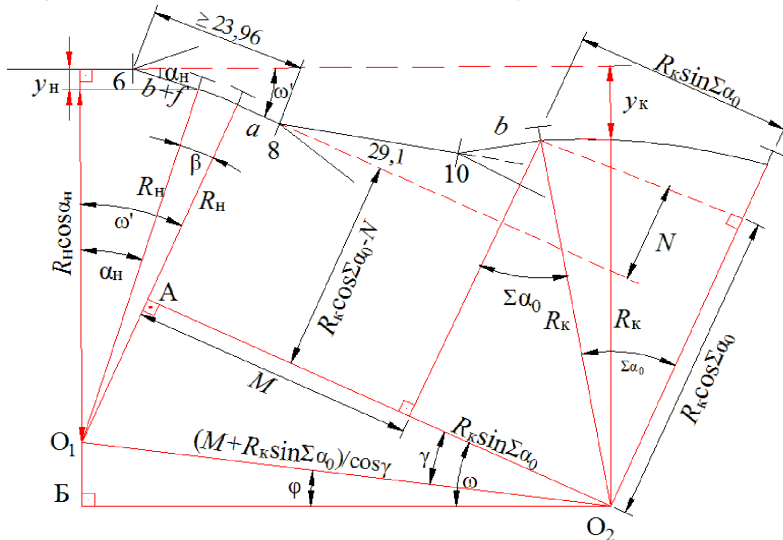


Рисунок К.2 – Расчетная схема определения угла поворота ω'

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \gamma &= \frac{200 - 250 \cos 9,46233 + 3,32}{40,07 + 250 \sin 9,46233} = -0,53322; \\ \gamma &= \operatorname{arctg}(-0,53322) = -28,0676 \text{ или } -28^{\circ}04'03''; \\ \sin \varphi &= \frac{250 - 200 \cos(9,46233/2) + 2,65 - 0,87}{40,07 + 250 \sin(9,46233)} \cos(-28,0676) = 0,570289; \\ \varphi &= \operatorname{arcsin} 0,570289 = 34,77039^{\circ} = 34^{\circ}46'13''; \\ \omega'' &= \varphi + \gamma = 34,77039^{\circ} + (-28,0676) = 6,702814^{\circ}. \end{aligned}$$

5 При определении угла наклона верхнего несимметричного пучка β_2 (рисунок К.4) используются следующие исходные значения расчетных величин: $R_H = R = 200$ м; $R_K = 250$ м; $\Sigma \alpha_0 = \alpha + \omega'$; $f = 5,19$ м; $y_H = 0$ м; $d_1 = d_3 = 5$ м (рисунок 4.6, d); $d_2 = d_4 = 5,26$ м (рисунок 4.6, a и b); $y_K = 3,25$ м.

$$\begin{aligned} T_1 &= R \cdot \operatorname{tg}((\beta_1 - \alpha/2)/2); \quad T_2 = R \cdot \operatorname{tg}((\omega - \alpha/2)/2); \\ T_3 &= R_K \cdot \operatorname{tg}((\alpha/2 - \beta_1 - \omega)/2); \quad T_4 = R \cdot \operatorname{tg}((\omega' - \alpha/2)/2). \end{aligned}$$

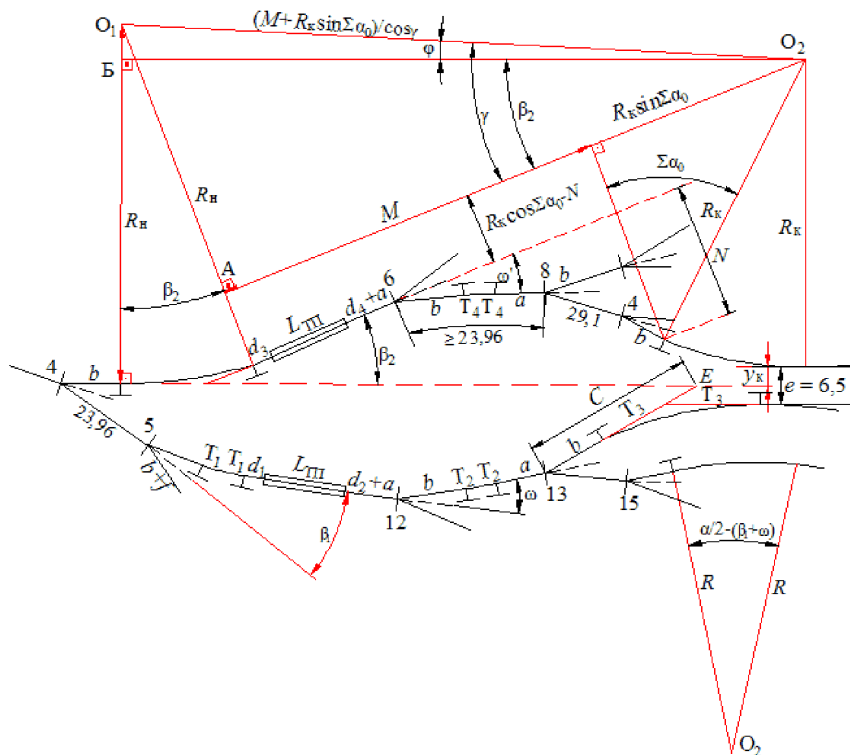


Рисунок К.4 – Расчетная схема определения угла поворота β_2

Величину C определяем из алгебраической суммы проекций прямых участков крайнего верхнего пути второго пучка от центра стрелочного перевода 4 до точки E (точки пересечения продолжения верхнего ответвления стрелочного перевода 13 с продолжением верхнего ответвления стрелочного перевода 4) на ось, перпендикулярно верхнему ответвлению перевода 4, т. е.

$$23,96 \sin \alpha + (b + f + T_1) \sin (\alpha/2) + (T_1 + d_1 + L_{\text{III}} + d_2 + a) \sin (\alpha - \beta_1) + (b + T_2) \sin (\alpha/2 - \beta_1) + (T_2 + a) \sin (\alpha - \beta_1 - \omega) + C \cdot \sin (\alpha/2 - \beta_1 - \omega) = 0;$$

$$y_k = 6,5 - [C - (b + T_3)] \sin (\alpha/2 - \beta_1 - \omega);$$

$$M = (d_3 + L_{\text{III}} + d_4 + a) + (b + T_4) \cos (\alpha/2) + (T_4 + a) \cos \omega' + 29,1 \cos (\alpha/2 + \omega') + b \cos (\alpha + \omega');$$

$$N = (b + T_4) \sin (\alpha/2) + (T_4 + a) \sin \omega' + 29,1 \sin (\alpha/2 + \omega') + b \cdot \sin (\alpha + \omega').$$

После подстановки получаем

$$T_1 = 200 \operatorname{tg} ((5,698038 - 9,46233/2)/2) = 1,69 \text{ м};$$

$$T_2 = 200 \operatorname{tg} ((6,894237 - 9,46233/2)/2) = 3,78 \text{ м};$$

$$T_3 = 250 \operatorname{tg} (|9,46233/2 - 5,698038 - 6,894237|/2) = 17,18 \text{ м};$$

$$T_4 = 200 \operatorname{tg} ((6,718286 - 9,46233/2)/2) = 3,47 \text{ м};$$

$$\begin{aligned} & 23,96 \sin 9,46233 + (10,56 + 5,19 + 1,69 \sin (9,46233/2) + (1,69 + 5 + 13,48 \cdot 3 + 5,26 + \\ & + 6,95) \sin (9,46233 - 5,698038) - (10,56 + 3,78) \sin (9,46233 - 5,698038) - \\ & - (3,78 + 6,95) \sin (9,46233 - 5,698038 - 6,894237) = \\ & = C \cdot \sin (9,46233 / 2 - 5,698038 - 6,894237); \\ & 0,136772 = 8,44535 C; C = 8,44535 / 0,136772 = 61,75 \text{ м}; \end{aligned}$$

$$y_k = 6,5 - [61,75 - (10,56 + 17,18)] \cdot \sin(9,46233/2 - 5,698038 - 6,894237) = 1,85 \text{ м};$$

$$\begin{aligned} M &= (5 + 13,48 \cdot 3 + 5,26 + 6,95) + (10,56 + 3,47) \cdot \cos(9,46233/2) + \\ &+ (3,47 + 6,95) \cdot \cos 6,718286 + 29,1 \cdot \cos(9,46233/2 + 6,718286) + \\ &+ 10,56 \cdot \cos(9,46233 + 6,718286) = 120,64 \text{ м}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N &= (10,56 + 3,47) \sin (9,46233/2) + (3,47 + 6,95) \sin 6,718286 + \\ &+ 29,1 \sin (9,46233/2 + 6,718286) + 10,56 \sin (9,46233 + 6,718286) = 11,09 \text{ м}; \end{aligned}$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{200 - 250 \cos (9,46233 + 6,718286) + 11,09}{120,64 + 250 \sin (9,46233 + 6,718286)} = -0,1524;$$

$$\gamma = \operatorname{arctg} (-0,1524) = -8,6652 \text{ или } -8^{\circ}39'54'';$$

$$\sin \varphi = \frac{250 - 200 \cos (9,46233/2) + 1,85 - 0}{120,64 + 250 \sin (9,46233 + 6,718286)} \cos (-8,6652) = 0,269339;$$

$$\varphi = \operatorname{arcsin} 0,269339 = 15,62497^{\circ} = 15^{\circ}37'29''.$$

$$\beta_2 = \varphi + \gamma = 15,62497^{\circ} + (-8,6652^{\circ}) = 6,959767^{\circ}.$$

6 Угол наклона верхней трехпучковой части горловины сортировочного парка относительно базиса парка β_3 (рисунок К.5) при исходных данных: $R_H = R = 200$ м; $R_K = 250$ м; $\alpha_H = \alpha/2$; $\sum \alpha_0 = \alpha/2 + \beta_1 + \omega$; $f = 5,19$ м; $d_1 = d_3 = 5$ м; $d_2 = d_4 = 5,26$ м; $y_K = 8,55$ м находится следующим образом:

$$T = R \operatorname{tg} ((\alpha/2)/2); T_1 = R \operatorname{tg} ((\beta_1 - \alpha/2)/2); T_2 = R \operatorname{tg} ((\omega - \alpha/2)/2);$$

$$y_H = e/2 + \alpha \cdot \sin (\alpha/2);$$

$$M = (d_1 + L_{\text{ТП}} + d_2 + a) + 23,96 \cos (\alpha/2) + (b + f + T_1) \cos \alpha + \\ + (T_1 + d_3 + L_{\text{ТП}} + d_4 + a) \cos (\alpha/2 + \beta_1) + (b + T_2) \cos (\alpha + \beta_1) + \\ + (T_2 + a) \cos (\alpha/2 + \beta_1 + \omega) + 23,96 \cos (\beta_1 + \omega) + b \cos (\alpha/2 + \beta_1 + \omega);$$

$$N = 23,96 \sin (\alpha/2) + (b + f + T_1) \sin \alpha + (T_1 + d_3 + L_{\text{ТП}} + d_4 + a) \sin (\alpha/2 + \beta_1) + \\ + (b + T_2) \sin (\alpha + \beta_1) + (T_2 + a) \sin (\alpha/2 + \beta_1 + \omega) + 23,96 \sin (\beta_1 + \omega) + \\ + b \sin (\alpha/2 + \beta_1 + \omega).$$

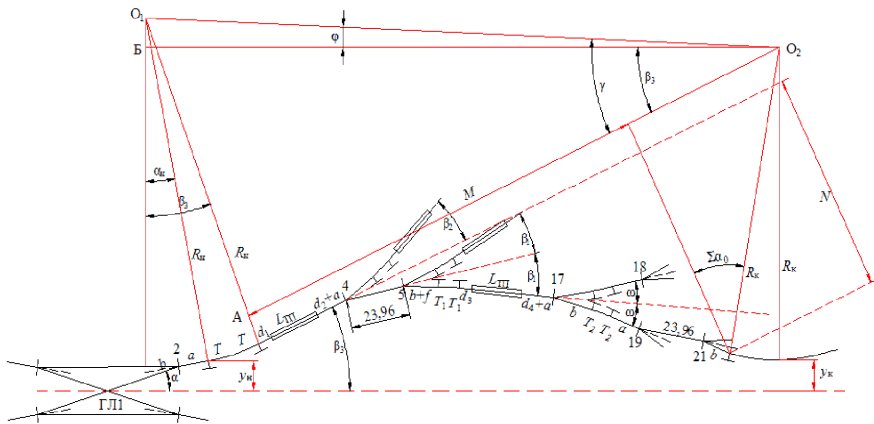


Рисунок К.5 – Расчетная схема определения угла поворота β_3

После подстановки исходных данных получаем

$$T = 200 \operatorname{tg} ((9,46233/2)/2) = 8,26 \text{ м};$$

$$T_1 = 200 \operatorname{tg} ((5,698038 - 9,46233/2)/2) = 1,69 \text{ м};$$

$$T_2 = 200 \operatorname{tg} ((6,894237 - 9,46233/2)/2) = 3,78 \text{ м};$$

$$y_H = 4,8/2 + 6,95 \sin (9,46233/2) = 2,97 \text{ м};$$

$$M = (5 + 13,48 \cdot 2 + 5,26 + 6,95) + 23,96 \cos (9,46233/2) + \\ + (10,56 + 5,19 + 1,69) \cos 9,46233 + (1,69 + 5 + 13,48 \cdot 3 + 5,26 + \\ + 6,95) \cos (9,46233/2 + 5,698038) + (10,56 + 3,78) \cos (9,46233 + 5,698038) + \\ + (3,78 + 6,95) \cos (9,46233/2 + 5,698038 + 6,894237) + 23,96 \cos (5,698038 + \\ + 6,894237) + 10,56 \cos (9,46233/2 + 5,698038 + 6,894237) = 201,15 \text{ м};$$

$$N = 23,96 \sin (9,46233/2) + (10,56 + 5,19 + 1,69) \sin 9,46233 + (1,69 + 5 + \\ + 13,48 \cdot 3 + 5,26 + 6,95) \sin (9,46233/2 + 5,698038) + (10,56 + \\ + 3,78) \sin (9,46233 + 5,698038) + (3,78 + 6,95) \sin (9,46233/2 + 5,698038 + \\ + 6,894237) + 23,96 \sin (5,698038 + 6,894237) + 10,56 \sin (9,46233/2 + \\ + 5,698038 + 6,894237) = 30,90 \text{ м}.$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{200 - 250 \cos (9,46233/2 + 5,698038 + 6,894237) + 30,90}{201,15 + 250 \sin (9,46233/2 + 5,698038 + 6,894237)} = -0,02818;$$

$$\gamma = \operatorname{arctg} (-0,02818) = -1,61389^\circ, \text{ или } 1^\circ 36' 50'';$$

$$\sin \varphi = \frac{250 - 200 \cos (9,46233/2) + 8,55 - 2,97}{201,15 + 250 \sin (9,46233/2 + 5,698038 + 6,894237)} \cos (-1,61389) = 0,204058;$$

$$\varphi = \operatorname{arcsin} 0,204058 = 11,77437^\circ = 11^\circ 46' 27''.$$

$$\beta_3 = \varphi + \gamma = 11,77437^\circ + (-1,61389^\circ) = 10,16048^\circ = 10^\circ 09' 38''.$$

7 Определяем углы поворота наклонной части сортировочных путей относительно оси сортировочного парка (базиса). Величина этих углов равна алгебраической сумме всех предшествующих им углов поворота, как положительных, так и отрицательных, включая стрелочные. Начало отсчета ведётся от базисной точки, в данном примере – от центра глухого пересечения «ГЛ1» (см. рисунок К.5).

Например, угол поворота кривой с ВУП № 33 определяется следующим образом (все стрелочные переводы одностипные – с углом крестовины $\alpha_{\text{сп}}$ и $\alpha_{\text{сп1}}/2 = \alpha_{\text{сп}}/2$):

$$\alpha_{\text{кр33}} = \alpha_{\text{сп}} - \alpha_{\text{сп2}}/2 + \alpha_{\text{кр23}} + \alpha_{\text{сп4}}/2 + \alpha_{\text{кр24}} + \alpha_{\text{сп6}}/2 + \alpha_{\text{кр27}} - \alpha_{\text{сп7}}/2 + \alpha_{\text{сп9}}/2 = 1,5\alpha_{\text{сп}} + \alpha_{\text{кр23}} + \alpha_{\text{кр24}} + \alpha_{\text{кр27}} = 1,5 \cdot 9,46233 + 5,429313 + 6,959767 + 1,971649 = 28,55422^\circ.$$

Величины углов поворота *s*-образных кривых подбираются таким образом, чтобы междупутье между кривыми и соседними наклонными участками путей было не менее минимально допустимого 4,8 м. Величины углов поворота в криволинейных участках путей горловины сортировочного парка, в т. ч. образующих и *s*-образные кривые, и другие их характеристики представлены в таблице К.1.

Таблица К.1 – **Ведомость кривых участков путей ½ части горочной горловины**

Номер кривой	Угол поворота α , град	Длина тангенса T , м	Длина кривой K , м	Длина радиуса R , м
23	5,429313	9,48	18,95	200
24	6,959767	12,16	24,29	200
25	0,966873	1,69	3,38	200
26	0,966873	1,69	3,38	200
27	1,971649	3,44	6,88	200
28	1,987121	3,47	6,94	200
29	2,163071	3,78	7,55	200
30	2,163071	3,78	7,55	200
31	2,163071	3,78	7,55	200
32	2,163071	3,78	7,55	200
33	28,55422	50,89	99,67	200
34	19,09189	33,63	66,64	200
35	24,59545	43,60	85,85	200
36	15,13312	33,21	66,03	250
37	15,13312	33,21	66,03	250
38	4,997431	10,91	21,81	250
39	10,66823	23,34	45,55	250
40	22,75275	44,27	87,36	220
41	18,02159	36,47	72,34	230

Окончание таблицы К.1

Номер кривой	Угол поворота α , град	Длина тангенса T , м	Длина кривой K , м	Длина радиуса R , м
42	8,559257	18,71	37,35	250
43	13,69544	34,22	68,12	285
44	4,233114	9,24	18,47	250
45	4,731165	10,33	20,64	250
45'	4,233114	9,24	18,47	250
46	11,35668	29,83	59,46	300
47	6,625511	14,47	28,91	250
48	4,619694	10,08	20,16	250
49	1,782875	4,67	9,34	300
50	2,299368	20,07	40,13	1000
51	7,162960	15,65	31,25	250
52	11,89410	26,04	51,90	250

8 Выполняется расчет координат основных точек, в которых преломляются прямолинейные в плане участки путей: центров стрелочных переводов и вершин углов поворота. Положение вершины горки определяется в соответствии с подразд. 4.1 данного пособия. Координаты основных точек следует рассчитывать в строгой последовательности их размещения, заполняя ведомость координат элементов плана горочной горловины (таблица К.2).

Таблица К.2 – **Ведомость координат основных точек плана ½ части горочной горловины**

Номер точки		Расстояние L , м	Угол наклона линии к базису φ , град	Тригонометрические функции угла наклона линии к базису			Приращение координат, м		Координаты, м	
связующей	расчетной			$\sin\varphi$	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	Δy	Δx	y	x
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Верхний пучок. Координаты начальной точки ГЛП (0;0)</i>										
ГЛ1	ЦП2	14,60	9,46233	0,164399	0,986394		2,40	14,40	2,40	14,40
ЦП2	ВУ23	16,43	4,731165	0,082481	0,996593		1,36	16,38	3,76	30,78
ВУ23	ЦП4	53,65	10,16048	0,176406	0,984318		9,46	52,81	13,22	83,59
ЦП4	ВУ24	22,72	14,89164	0,256992	0,966414		5,84	21,96	19,06	105,55
ВУ24	ЦП6	69,81	21,85141	0,3722	0,928152		25,98	64,80	45,04	170,34
ЦП6	ВУ27	14,00	26,58258	0,447487	0,894291		6,27	12,52	51,31	182,87
ВУ27	ЦП7	14,00	28,55422	0,47799	0,878365		6,69	12,30	58,00	195,16
ЦП7	ЦП9	19,16	23,82306	0,403913	0,914797		7,74	17,53	65,74	212,69
ЦП9	ВУ33	62,78	28,55422	0,47799	0,878365	0,544181	30,01	55,15	95,75	267,84
ВУ33	ВУ34	75,54	19,09189	0,327084	0,944995	0,346122	24,71	71,39	90,45	284,08
ЦП6	ВУ28	14,03	17,12024	0,294378	0,955689		4,13	13,41	49,17	183,75
ВУ28	ЦП8	10,42	15,13312	0,261062	0,965322		2,72	10,06	51,89	193,81
ЦП8	ЦП10	29,10	19,86429	0,339793	0,940500		9,89	27,37	61,78	221,17
ЦП10	ВУ35	56,15	24,59545	0,416208	0,909269	0,457739	23,37	51,05	85,15	272,23
ЦП10	ВУ36	69,22	15,13312	0,261062	0,965322	0,270441	18,07	66,82	79,85	287,99

Окончание таблицы К.2

Номер точки		Расстоя- ния L , м	Угол наклона линии к базису φ , град	Тригонометрические функ- ции угла наклона линии к базису			Приращение координат, м		Координаты, м	
связу- ющей	рас- четной			$\sin\varphi$	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	Δy	Δx	y	x
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ЦП8	ЦП11	29,10	10,40196	0,180553	0,983565		5,25	28,62	57,15	222,43
ЦП11	ВУ37	66,66	15,13312	0,261062	0,965322	0,270441	17,40	64,35	74,55	286,78
ЦП11	ВУ38	21,47	5,670794	0,098812	0,995106		2,12	21,36	59,27	243,79
ВУ38	ВУ39	53,92	10,66823	0,185121	0,982716	0,188377	9,98	52,99	69,25	296,78
<i>Средний пучок. Координаты начальной точки ЦП4 (13,22;83,59)</i>										
ЦП4	ЦП5	23,96	5,429313	0,094618	0,995514		2,27	23,85	15,49	107,44
ЦП5	ВУ25	17,44	10,16048	0,176406	0,984318		3,08	17,16	18,56	124,61
ВУ25	ЦП12	59,34	11,12735	0,19299	0,981201		11,45	58,22	30,01	182,83
ЦП12	ВУ29	14,34	15,85852	0,273263	0,961939		3,92	13,79	33,93	196,62
ВУ29	ЦП13	10,73	18,02159	0,309375	0,95094		3,32	10,20	37,25	206,82
ЦП13	ВУ40	65,93	22,75275	0,386755	0,922183	0,419391	25,50	60,80	62,75	267,62
ЦП13	ЦП15	23,96	13,29042	0,229887	0,973217		5,51	23,32	42,76	230,14
ЦП15	ВУ41	47,49	18,02159	0,309375	0,95094	0,325336	14,69	45,16	57,45	251,97
ЦП15	ВУ42	63,10	8,559257	0,148832	0,988862	0,150508	9,39	62,40	52,15	292,53
ЦП12	ВУ30	14,34	6,396186	0,111403	0,993775		1,60	14,25	31,61	197,07
ВУ30	ЦП14	10,73	4,233114	0,073815	0,997272		0,79	10,70	32,40	207,77
ЦП14	ЦП16	23,96	8,964279	0,155819	0,987786		3,73	23,67	36,14	231,44
ЦП16	ВУ43	45,25	13,69544	0,236761	0,971568	0,243689	10,71	43,96	46,85	275,40
ЦП16	ВУ44	73,33	4,233114	0,073815	0,997272	0,074016	5,41	73,13	41,55	304,57
ЦП14	ВУ45	42,37	-0,49805	-0,00869	0,999962	-0,00869	-0,37	42,37	32,04	250,14
ВУ45	ВУ45'	57,10	4,233114	0,073815	0,997272	0,074016	4,21	45,94	36,25	307,08
<i>Нижний пучок. Координаты начальной точки ЦП5 (15,49;107,44)</i>										
ЦП5	ВУ26	17,44	0,698147	0,012185	0,999926		0,21	17,44	15,70	124,88
ВУ26	ЦП17	59,34	-0,26873	-0,00469	0,999989		-0,28	59,34	15,42	184,21
ЦП17	ВУ31	14,34	4,462439	0,077805	0,996969		1,12	14,29	16,54	198,51
ВУ31	ЦП18	10,73	6,625511	0,115379	0,993322		1,24	10,65	17,77	209,16
ЦП18	ВУ46	60,82	11,35668	0,196916	0,98042	0,200848	11,98	59,63	29,75	268,79
ЦП18	ЦП20	23,96	1,894346	0,033057	0,999453		0,79	23,95	18,57	233,11
ЦП20	ВУ47	50,99	6,625511	0,115379	0,993322	0,116155	5,88	50,65	24,45	283,76
ЦП20	ВУ48	20,64	-2,83682	-0,04949	0,998775		-1,02	20,62	17,54	253,73
ВУ48	ВУ49	51,60	1,782875	0,031112	0,999516	0,031127	1,61	51,58	19,15	305,30
ЦП17	ВУ32	14,34	-4,99989	0,08715	0,996195		-1,25	14,28	14,17	198,50
ВУ32	ЦП19	10,73	-7,16296	-0,12469	0,992196		-1,34	10,64	12,83	209,14
ЦП19	ЦП21	23,96	-2,4318	-0,04243	0,999099		-1,02	23,94	11,82	233,08
ЦП21	ВУ50	50,65	2,299368	0,040121	0,999195	0,040153	2,03	50,61	13,85	283,69
ЦП21	ВУ51	26,21	-7,16296	-0,12469	0,992196	-0,12567	-3,27	26,00	8,55	259,08
ЦП19	ВУ52	46,50	-11,8941	-0,2061	0,97853	-0,21063	-9,58	45,50	3,25	254,64

Значения первых четырех граф определяются расчетом в соответствии со схемой горочной горловины (рисунок К.6, а) на основании данных таблицы К.1. Для соединительных кривых, расположенных за крайними стрелочными переводами, ведущими на пути сортировочного парка, вместо 3-й графы заполняется 10-я, так как расстояния между расчетными и связующими точками ещё неизвестны, а координаты y вершин их углов равны сумме соответствующих междупутей. Для кривых, расположенных за крайними стрелочными переводами, заполняются графы 5 и 7, а для остальных – 5 и 6.

Приращение координат определяется по формулам:

– для кривых, расположенных за последними стрелочными переводами, –

$$\Delta y = y - y_{св}; \Delta x = \Delta y / \operatorname{tg}\varphi;$$

– для остальных – $\Delta y = L \cdot \sin \varphi; \Delta x = L \cdot \cos \varphi$.

Координаты расчетных точек (графы 10 и 11)

$$y = y_{св} + \Delta y; x = x_{св} + \Delta x,$$

где $y_{св}$ и $x_{св}$ – координаты связующих точек.

Расстояния между расчетными и связующими точками для кривых участков, расположенных за крайними стрелочными переводами, можно определить после расчета координат по формулам:

$$L = \Delta y / \sin \varphi; L = \Delta x / \cos \varphi.$$

Необходимо следить, чтобы длины участков между центрами стрелочных переводов, в пределах которых расположены дополнительные (конструктивные) кривые, были не менее 23,96 м (23,84 м) при использовании стрелочных переводов марки крестовины 1/6 Р50 (Р65). Такими контролируруемыми значениями являются длины участков ЦП6–ЦП7, ЦП6–ЦП8, ЦП12–ЦП13, ЦП12–ЦП14, ЦП17–ЦП18 и ЦП17–ЦП19. Также контролируется правильность вписывания всех закрестовинных кривых при принятых радиусах.

В современных условиях при проектировании горочных горловин необходимо учитывать особенности взаимодействия длиннобазных грузовых вагонов, доля которых постоянно увеличивается, в кривых участках путей. Так, согласно Нормам [26], должно обеспечиваться автоматическое сцепление и проход таких вагонов (одиночных и в сцепе) криволинейных участков путей расчетных радиусов (таблица К.3).

Т а б л и ц а К.3 – Допускаемые радиусы кривых участков путей

Участок пути	Минимальный радиус кривого участка пути в плане, м (числитель – для вагонов I группы, знаменатель – II) [*]		
	Сцепление автоматическое	Проход в сцепе	Проход одиночного вагона
Сопряжение прямой и кривой без переходного радиуса	135 / 250	80 / 110	60 / 80
S-образная кривая без прямой вставки	190 / 480	120 / 160	120 / 160
Круговая кривая	135 / 250	80 / 110	60 / 80

^{*} К I группе относятся грузовые вагоны массовых типов с возможностью отпуска их на сортировочных горках без ограничений, ко II группе – грузовые вагоны, отличающиеся увеличенными линейными размерами (длина по осям автосцепки более 21 м) [26].

Горочная горловина, обеспечивающая безопасность работы с длиннобазным подвижным составом, изображена на рисунке К.6, б. В этом случае увеличение радиусов закрестовинных кривых не менее чем до 250 м достигается за счет уменьшения междупутей между пучками в начале сортировочных путей до 4,8 м.

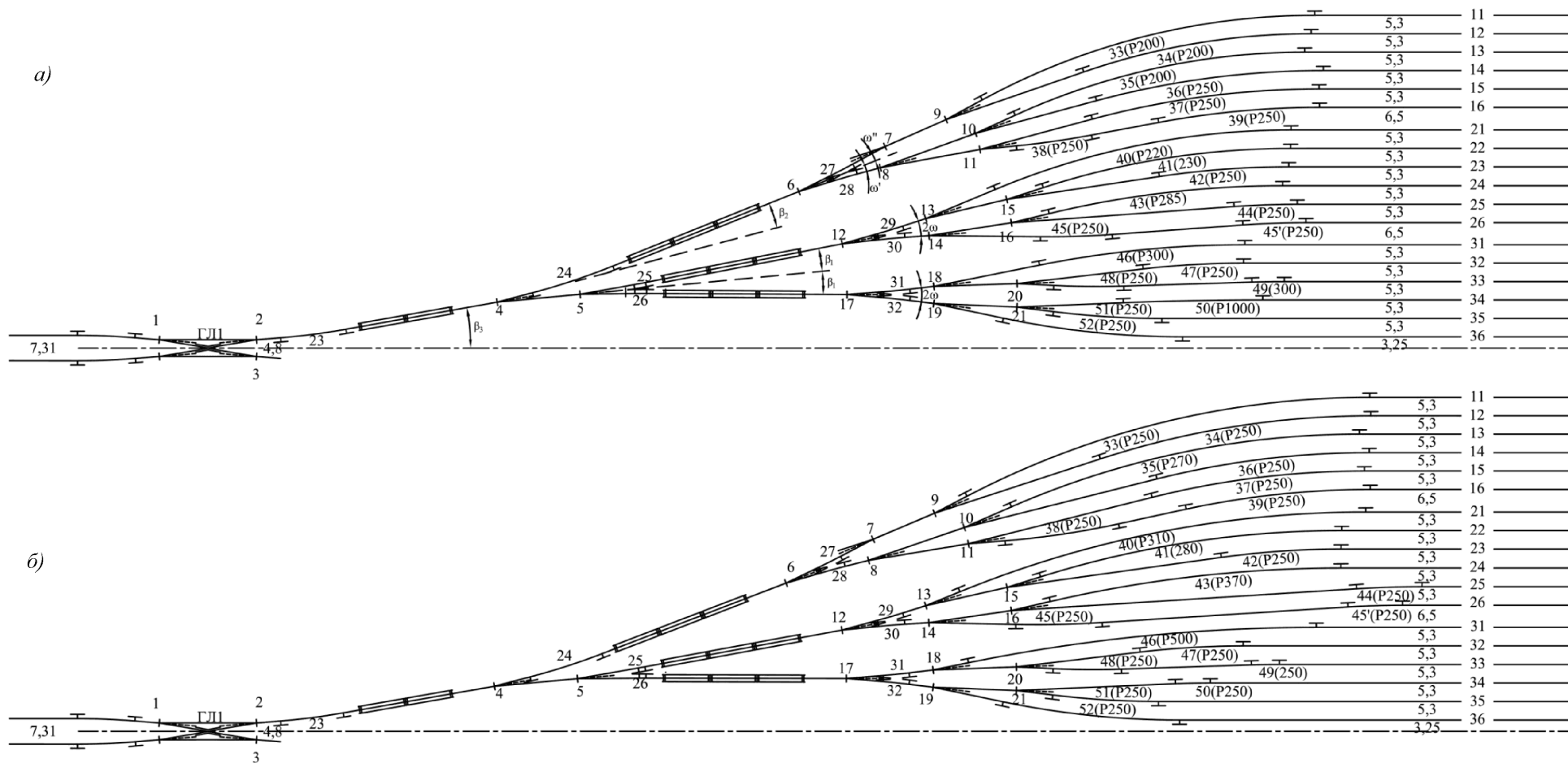
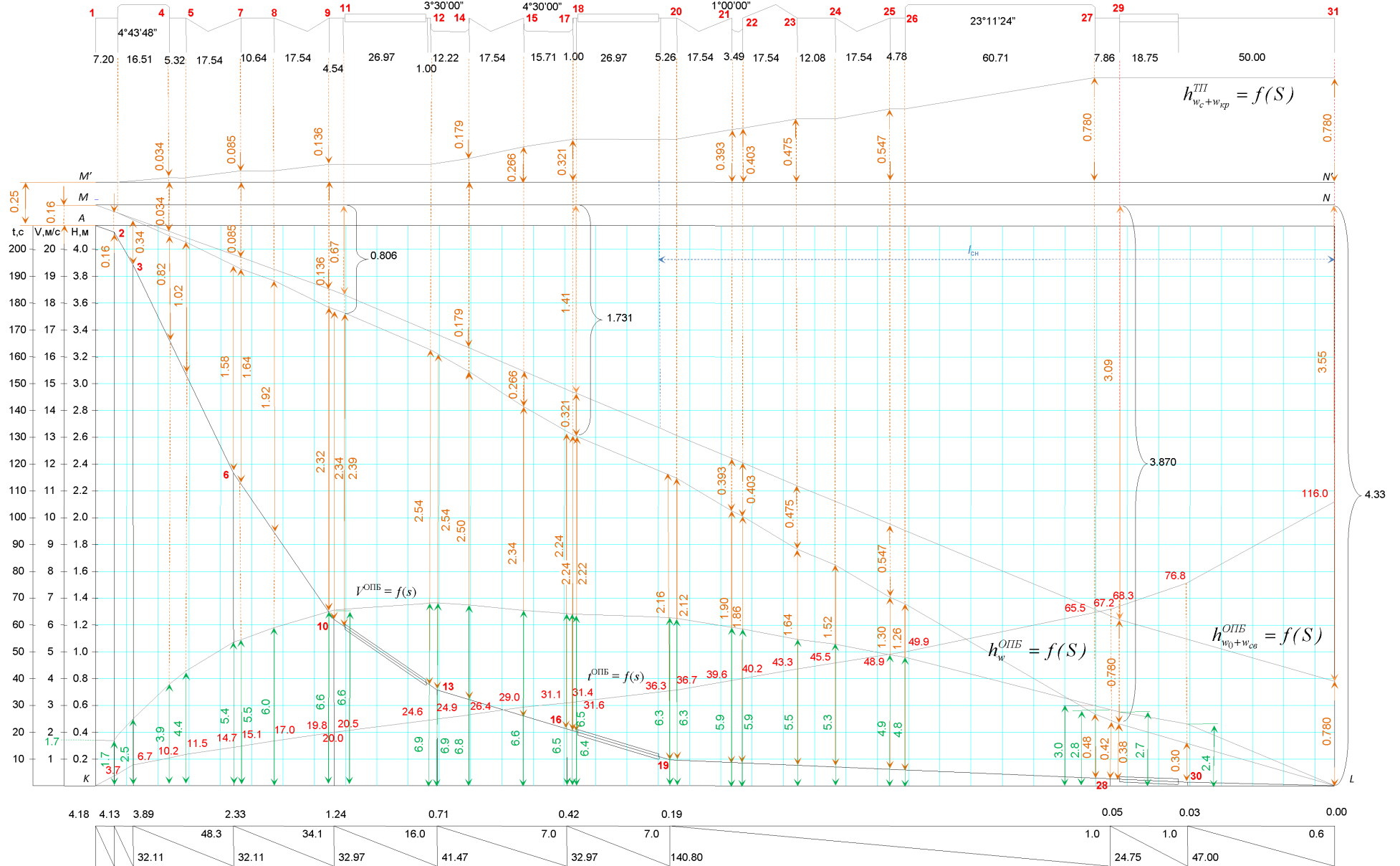


Рисунок К.6 – План ½ части горочной горловины сортировочного парка на 36 путей при применении радиусов закрестовинных кривых:
 а – не менее 200 м; б – не менее 250 м для обеспечения безопасных условий взаимодействия длинноразного подвижного состава (автоматическое сцепление вагонов)

ПРИЛОЖЕНИЕ Л
(справочное)

ПОСТРОЕНИЕ КРИВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВЫСОТ, СКОРОСТИ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СКАТЫВАНИЯ ОП БЕГУНА НА «ТРУДНЫЙ» ПУТЬ



ПРИЛОЖЕНИЕ М
(справочное)

**ПЕРЕЧЕНЬ КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ
ДЛЯ ПРОВЕРКИ СТЕПЕНИ УСВОЕНИЯ МАТЕРИАЛА**

- 1 Классификация сортировочных станций, их размещение. Основные устройства.
- 2 Основные требования при проектировании и выборе схемы сортировочной станции.
- 3 Выбор схемы и места расположения новой сортировочной станции в железнодорожном узле.
- 4 Схема односторонней сортировочной станции с последовательным расположением парков (в «рыбках»).
- 5 Схема односторонней сортировочной станции последовательного типа с местным сортировочным парком (в «рыбках»).
- 6 Схема односторонней сортировочной станции с расположением приемоотправочного парка для поездов преимущественного направления параллельно сортировочному (в «рыбках»).
- 7 Схемные особенности односторонней сортировочной станции комбинированного типа (парк приема, сортировочный парк расположены параллельно). Показать в «рыбках».
- 8 Схема односторонней сортировочной станции комбинированного типа с расположением парков отправления и транзитных параллельно сортировочному (в «рыбках»).
- 9 Комбинированная схема односторонней сортировочной станции с местным сортировочным парком (в «рыбках»).
- 10 Схема односторонней сортировочной станции с параллельным расположением парков (в «рыбках»).
- 11 Схема двусторонней сортировочной станции с последовательным расположением парков (в «рыбках»).
- 12 Примыкание подъездных путей к сортировочным станциям (показать на одной из схем).
- 13 Схема парка приема на 8 путей односторонней сортировочной станции с последовательным расположением парков.
- 14 Схема парка приема на 10 путей односторонней сортировочной станции с последовательным расположением парков.
- 15 Схема парка приема на 12 путей односторонней сортировочной станции с последовательным расположением парков.
- 16 Схема объединенного парка отправления односторонней сортировочной станции.
- 17 Схема объединенного парка отправления односторонней сортировочной станции с петлевым выходом для отправления поездов в направлении, противоположном сортировке.
- 18 Схема парка отправления двусторонней сортировочной станции для одной из систем.
- 19 Промышленные сортировочные станции, условия применения.

- 20 Классификация сортировочных станций повышенной производительности.
- 21 Сортировочные станции повышенной производительности для переработки мощных транзитных вагонопотоков.
- 22 Четырехпарковая сортировочная станция повышенной производительности. Конструкционные и технологические особенности схемы.
- 23 Схема сортировочной станции конвейерного типа. Особенности конструкции.
- 24 Схема сортировочной станции с внутренним расположением технологической линии для переработки местных вагонопотоков. Конструкционные и технологические особенности.
- 25 Схема односторонней сортировочной станции повышенной производительности с внешним расположением технологических линий для переработки местных вагонопотоков. Конструкционные и технологические особенности.
- 26 Основные причины переустройства сортировочных станций.
- 27 Виды переустройства сортировочных станций.
- 28 Зарубежный опыт развития сортировочных станций.
- 29 Классификация сортировочных устройств, назначение, основные операции.
- 30 Устройство и основные параметры сортировочных горок (показать на схеме). Силы, действующие на отцеп, и условия скатывания его с горки.
- 31 Основы динамики скатывания вагонов с сортировочной горки. Расчет движущей силы при скатывании вагонов с горки. Расчетная схема.
- 32 Расчет удельных работ сил сопротивления скатыванию вагонов с сортировочной горки. Расчетная схема определения угла α между результирующим вектором относительной скорости и направлением движения отцепа.
- 33 Определение параметров конструкции плана головной части сортировочных горок различных типов. Расчетные схемы.
- 34 Определение параметров горочной горловины сортировочного парка. Расчет величины угла поворота в симметричном пучке. Расчетные схемы.
- 35 Выбор «трудного» и «легкого» путей сортировочного парка. Оценка качества конструкции горочной горловины сортировочного парка. Расчетная схема симметричной части горочной горловины с основными параметрами.
- 36 Расчет высоты сортировочной горки. Расчетная схема. Условие расчета.
- 37 Расчет общей мощности тормозных средств сортировочных горок. Условие расчета. Расчетная схема.
- 38 Определение мощности каждой тормозной позиции и распределение между ними общей мощности тормозных средств сортировочной горки. Расчетная схема.
- 39 Основные требования к проектированию продольного профиля сортировочных горок. Схема конструкции профиля горки.
- 40 Проектирование продольного профиля надвижной части сортировочной горки. Расчетная схема.
- 41 Проектирование продольного профиля спускной части сортировочной горки. Расчетная схема.
- 42 Построение кривых энергетических высот, потерянных на преодоление сопротивлений от кривых участков путей и стрелочных переводов. Расчетная схема.
- 43 Построение кривых энергетических высот, потерянных на преодоление основного сопротивления, сопротивлений от среды и ветра, снега и инея. Расчетная схема.

- 44 Построение суммарных кривых энергетических высот. Расчетная схема.
- 45 Понятие о потерянной и остаточной энергетических высотах отцепов в точке *S*. Показать на схеме.
- 46 Моделирование работы сортировочной горки. Построение кривых скорости и времени скатывания отцепов с сортировочной горки. Расчетная схема.
- 47 Анализ продольного профиля спускной части сортировочной горки.
- 48 Расчет минимального интервала времени между отцепами на замедлителе и разделительном стрелочном переводе.
- 49 Расчет максимальной потенциально реализуемой скорости роспуска составов на сортировочной горке.
- 50 Расчет наличной перерабатывающей способности сортировочной горки. Пути повышения перерабатывающей способности.
- 51 Общие понятия о железнодорожных узлах, их классификация. Роль железнодорожных узлов в перевозочном процессе.
- 52 Принципы размещения станций и основных устройств в железнодорожных узлах. Показать на примере.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1 Общие требования к разработке проекта «Проектирование сортировочной станции»	5
2 Подготовка исходных данных для расчета и проектирования устройств сортировочной станции	8
3 Проектирование основных элементов сортировочной станции с учетом обеспечения реализации прогрессивных технологий перевозочного процесса	15
3.1 Техничко-экономическая характеристика района расположения станции, схема железнодорожного узла и примыкающих направлений	15
3.2 Разработка схемы сортировочной станции с размещением проектируемых устройств	18
3.3 Техническое оснащение проектируемой сортировочной станции	23
3.3.1 Устройства для обеспечения пассажирского движения и обслуживания пассажиров	23
3.3.2 Устройства для обеспечения грузового движения	24
3.3.3 Устройства для выполнения грузовых операций	34
3.3.4 Локомотивное и вагонное предприятия	35
3.3.5 Устройства и сооружения подразделений технического обеспечения работы станции	36
3.4 Основные технологические линии переработки транзитных, местных вагонопотоков, передвижения поездных локомотивов. Особенности технологии переработки углового вагонопотока на станции	54
3.5 Разработка плана путевого развития сортировочной станции и размещения основных устройств в масштабе 1:2000.....	58
4 Расчет и проектирование автоматизированной сортировочной горки	63
4.1 Определение параметров горочной горловины сортировочного парка. Оценка качества конструкции	63
4.2 Определение минимально необходимой высоты сортировочной горки	82
4.3 Расчет мощности тормозных средств на участке от вершины горки до конца второй тормозной позиции и её распределение по тормозным позициям	89
4.4 Проектирование продольного профиля спускной части сортировочной горки и проверка его параметров построением кривых энергетических высот, кривых скорости и времени скатывания отцепов с горки.....	97
4.4.1 Продольный профиль спускной части сортировочной горки и сортировочных путей.....	97
4.4.2 Автоматизированное проектирование продольного профиля сортировочной горки.....	102

4.4.3	Проверка основных параметров запроектированного профиля построением кривых энергетических высот, скорости и времени скатывания отцепов с горки.....	117
4.5	Моделирование работы сортировочной горки с использованием средств САПР и оценка качества запроектированного продольного профиля спускной части горки	128
4.6	Расчет прогнозируемой наличной перерабатывающей способности сортировочной горки и оценка её резерва	139
4.7	Оптимизация параметров конструкции сортировочных горок и уровня их технического оснащения.....	146
Список литературы		160
Приложение А. Схемы расположения сортировочных станций в железнодорожных узлах различных типов		162
Приложение Б. Схемы сортировочных станций		180
Приложение В. Эксплуатационно-технические характеристики современных замедлителей.....		192
Приложение Г. Основные нормы и требования по проектированию сортировочных станций.....		198
Приложение Д. Характеристика систем автоматизации горочных процессов....		205
Приложение Е. Анализ структуры перерабатываемого вагонопотока и выбор параметров расчетных бегунов.....		210
Приложение Ж. Определение расчетной скорости движения отцепа при скатывании с сортировочной горки.....		213
Приложение И. Определение угла поворота в пучках из шести и восьми путей..		214
Приложение К. Расчет параметров и проектирование плана горочной горловины сортировочного парка.....		220
Приложение Л. Построение кривых энергетических высот, скорости и продолжительности скатывания ОП бегуна на «трудный» путь.....		вкл.
Приложение М. Перечень контрольных вопросов для проверки степени усвоения материала.....		231

Учебное издание

НЕГРЕЙ Виктор Яковлевич
ПОДКОПАЕВ Виталий Алексеевич
ПОЖИДАЕВ Сергей Александрович и др.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ
С АВТОМАТИЗИРОВАННЫМИ ГОРОЧНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ**

Учебно-методическое пособие

Редактор И. И. Э в е н т о в
Технический редактор В. Н. К у ч е р о в а
Корректор Т. А. П у г а ч
Компьютерный набор и верстка – Е. А. Ф и л а т о в

Подписано в печать 10.11.2015 г. Формат 60×84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 13,72 + 2 вкл. (0,46 усл. печ. л.). Уч.-изд. л. 14,86. Тираж 400 экз.
Зак. № Изд. № 12.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский государственный университет транспорта.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий

№ 1/361 от 13.06.2014.
№ 2/104 от 01.04.2014.
Ул. Кирова, 34, 246653, Гомель