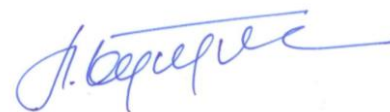


На правах рукописи



БУРДЯК Павел Станиславович

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ
НЕГОРОЧНЫХ
СОРТИРОВОЧНЫХ УСТРОЙСТВ**

05.22.08 – Управление процессами перевозок
(технические науки)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Новосибирск – 2015

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Сибирский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВПО СГУПС)

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент
Климов Александр Александрович

Официальные оппоненты:

Иванченко Владимир Николаевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВПО РГУПС)

Ситников Сергей Анатольевич кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВПО РГУПС)

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВПО РГУПС)

Защита диссертации состоится «05» июня 2015 г. в 14 час. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д 218.013.01 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения» по адресу: 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, д. 66, ауд. Б2-15 – зал диссертационных советов.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета и на сайте федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения» по адресу <http://www.usurt.ru>.

Автореферат диссертации разослан «_____» _____ 2015 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета



Тимухина Елена Николаевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Одним из основных элементов перевозочного процесса является сортировочная работа. Массовая переработка вагонопотоков производится, как правило, на крупных технических железнодорожных станциях с использованием горочной технологии. Значительный объем сортировочной работы выполняется и на более мелких станциях (в частности, на грузовых), обеспечивающих в основном переработку местных вагонопотоков. В качестве сортировочных устройств при этом обычно используются негорочные сортировочные устройства (НГСУ), производительность которых зависит от их конструкции и используемой технологии.

Широко распространенным и наиболее простым с точки зрения реализации вариантом технологии расформирования является работа на вытяжном пути методом осаживания. Однако при увеличении объемов переработки, в том числе при организации многогруппной сортировки вагонов, такая технология оказывается недостаточно эффективной, поскольку не обеспечивает необходимой перерабатывающей способности НГСУ и нужного темпа сортировки. В связи с этим на станциях общей сети, а также на промышленных станциях применяется способ сортировки вагонов методом толчков, который является промежуточным между горочной технологией и сортировкой методом осаживания.

При объеме переработки, недостаточном для сооружения сортировочной горки, но большем, чем перерабатывающая способность НГСУ при использовании метода осаживания, применяют технологию расформирования составов толчками. Особенно это распространено на грузовых станциях со значительной внутригодовой неравномерностью объемов переработки.

Правила и нормы проектирования сортировочных устройств определяют диапазоны допустимых значений уклонов и протяженности элементов продольного профиля НГСУ для работы осаживанием и толчками. При этом имеются следующие недостатки существующих нормативов:

- 1) установлены одинаковые требования к параметрам НГСУ при работе толчками, при этом не делается различие в способе выполнения толчков (одиночные, серийные, многогруппные);
- 2) не изложены методика расчета и требования к длине вытяжного пути НГСУ при работе толчками;
- 3) отсутствует взаимосвязь между структурой перерабатываемого вагонопотока и применением тех или иных нормативов (имеются только указания по изменению параметров элементов НГСУ при переработке преимущественно порожних вагонов);
- 4) не изложена методика определения скорости выполнения толчков;

5) конструкция плана и продольного профиля НГСУ не связывается с технологией расформирования и формирования составов (деление состава на части, порядок использования путей накопления – сортировочные, группировочные, сортировочно-группировочные);

б) отсутствуют указания по использованию значений уклонов различных участков сортировочного устройства из рекомендуемых диапазонов.

Большое количество железнодорожных станций работают с применением технологии расформирования составов одиночными изолированными толчками. Эффективное использование такой технологии требует устранения указанных недостатков путем совершенствования методов расчета параметров НГСУ, что свидетельствует об актуальности темы диссертационной работы.

Степень разработанности темы исследования. Вопросам изучения процессов движения маневровых локомотивов, составов, отцепов и конструкции сортировочных устройств посвящены исследования Е.В. Архангельского, Г.А. Балочкина, А.Ф. Бородин, С.П. Бузанова, И.И. Васильева, Е.А. Гибшмана, Н.Е. Гончарова, А.М. Долаберидзе, Г.Д. Дубелира, Ю.И. Ефименко, В.И. Жукова, С.В. Земблинова, В.Н. Иванченко, С.В. Карасева, А.А. Климова, С.Д. Корейши, В.Д. Никитина, Ю.А. Мухи, Л.С. Назарова, В.Н. Образцова, Н.О. Рогинского, И.И. Страковского, Л.Б. Тишкова, Н.И. Федотова, А.Н. Фролова, А.Н. Шабельникова, В.П. Шейкина. А также опыт составителей поездов: И.В. Архипова, Н.Д. Гурьева, И.О. Карашкевича, И.И. Чернелевского.

В настоящее время конструктивные (уклон и длина элементов) и технологические (скорость толчка, деление состава на части, порядок использования путей накопления) параметры негорочных сортировочных устройств не в полной мере отвечают требованиям к процессу расформирования составов толчками. Настоящая работа посвящена решению отдельных задач в рамках этой проблемы.

Целью диссертационной работы является разработка методики определения конструктивных и технологических параметров НГСУ, используемых для расформирования составов одиночными изолированными толчками.

Для достижения указанной цели потребовалось решить следующие задачи:

1. Выполнить анализ современного состояния теории проектирования НГСУ с точки зрения обоснования нормативов их конструкции с учетом технологии сортировочной работы.

2. Разработать математическую и имитационную модель сортировки вагонов на НГСУ одиночными изолированными толчками.

3. Разработать методику определения допустимых конструктивных и технологических параметров НГСУ при расформировании составов одиночными

изолированными толчками.

4. Разработать методику оптимизации конструктивных и технологических параметров НГСУ при расформировании составов одиночными изолированными толчками.

Объект исследования. Линейные предприятия транспортной сети.

Область исследования. Развитие транспортной сети, ее структур и линейных предприятий.

Методология и методы исследования. Основным методом исследования является имитационное моделирование процесса расформирования составов одиночными изолированными толчками на основе теории тяговых расчетов, а также численных методов решения дифференциального уравнения движения вагона. Моделирование реальных процессов на основе созданных имитационных моделей выполнялась с использованием положений теории планирования экспериментов. Статистическая оценка получаемых результатов выполнялась с использованием аппарата теории вероятности и математической статистики. Помимо этого, использовались положения действующей теории расчета и проектирования сортировочных устройств и методы технико-экономического сравнения вариантов проектных решений. Теоретической основой исследований являются труды отечественных и зарубежных ученых в области изучения маневровых процессов, в частности, режимов работы маневрового локомотива и динамики свободного движения отцепов.

Наиболее существенные научные результаты. Разработана методология моделирования процесса сортировки вагонов с использованием НГСУ методом одиночных изолированных толчков и создана соответствующая имитационная модель, позволяющая определять временные, пробежные и энергетические параметры движения маневрового состава и отцепов при скатывании, решать задачи, связанные с определением оптимальных параметров конструкции НГСУ и технологии сортировочной работы.

Научная новизна диссертационной работы.

1. Предложены новые принципы и методы исследования процесса расформирования составов одиночными изолированными толчками на основе имитационного моделирования.

2. Разработана методика определения условий отрыва отцепа от состава при выполнении толчка для различных вариантов конструкции НГСУ, массы маневрового состава и параметров движения отцепов.

3. Разработана методика определения допустимых конструктивных параметров вытяжного пути, стрелочной зоны и путей парка для реализации технологии

расформирования составов одиночными изолированными толчками.

4. Разработана методика определения оптимальных параметров конструкции и технологии НГСУ при расформировании составов одиночными изолированными толчками.

Теоретическая и практическая значимость научного исследования. Результаты исследований могут быть использованы при корректировке норм проектирования НГСУ для расформирования составов одиночными изолированными толчками.

Внедрение разработанной модели позволит обосновывать проектные решения при строительстве новых НГСУ, специализированных для расформирования толчками, а также для оптимизации технологических параметров процесса расформирования на существующих сортировочных устройствах.

Основные методологические положения, разработанные в диссертационной работе, использованы при выполнении госбюджетных и поисковых научно-исследовательских работ.

Реализация и внедрение результатов работы. Разработанные практические рекомендации приняты к использованию дирекцией управления движением Западно-Сибирской железной дороги для оценки конструкции и технологии работы существующих НГСУ на железнодорожных станциях Тайга и Клещиха.

Получены свидетельства о государственной регистрации объектов интеллектуальной собственности:

1. Программа для расчета показателей маневровых полурейсов методом имитационного моделирования с элементами виртуального управления «Маневры-2» (свидетельство о регистрации электронного ресурса в ОФРНИО № 16407, 22.11.2010).

2. Программа имитационного моделирования движения отцепов при выполнении маневров толчками «Скат-1» (свидетельство о регистрации электронного ресурса в ОФРНИО № 16408, 22.11.2010).

Разработанная методика определения конструктивных и технологических параметров НГСУ используются в научных исследованиях и учебном процессе кафедры «Железнодорожные станции и узлы» СГУПС.

Положения, выносимые на защиту:

1) Имитационные модели и алгоритмы движения маневрового состава и отдельных отцепов при расформировании состава одиночными изолированными толчками.

2) Методика определения допустимых конструктивных параметров вытяжного пути, стрелочной зоны и путей парка для реализации технологии расформирования составов одиночными изолированными толчками с учетом дифференцированных значений масс (длин) и скоростей движения маневрового состава и отцепов.

3) Методика расчета оптимальных конструктивных и технологических параметров НГСУ при расформировании составов одиночными изолированными толчками по критерию минимальных приведенных затрат.

Апробация работы. Основные результаты исследования доложены и получили одобрение на Международной научно-практической конференции «Инновационные факторы развития Транссиба на современном этапе» (28-29 ноября 2012 г., г. Новосибирск), Международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2010» (20-27 декабря 2010 г., г. Одесса), VII Всероссийской научно-технической конференции «Политранспортные системы» (25-27 ноября 2010 г., г. Красноярск), на заседаниях кафедры «Железнодорожные станции и узлы», научно-технического совета факультета «Управление процессами перевозок» Сибирского государственного университета путей сообщения, на заседании кафедры «Станции, узлы и грузовая работа» Уральского государственного университета путей сообщения.

Публикации. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 10 научных работах, в том числе 5 статей опубликованы в журналах, входящих в перечень ведущих рецензируемых изданий, рекомендованных ВАК при министерстве образования и науки РФ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, включающего 104 источника. Содержание работы изложено на 131 странице основного текста, включающего 11 таблиц, 42 рисунка, и 5 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы и дана общая характеристика работы. Сформулированы цели, задачи, а также определен объект и область исследования.

В первой главе освещены исторические этапы развития теории и практики проектирования НГСУ. Технология использования толчков возникла из необходимости повышения производительности маневровой работы в условиях развития сети железных дорог, увеличения парка подвижного состава и объемов перевозимых грузов. Для данной технологии характерно использование не только силы тяги локомотива, но и силы тяжести скатывающихся отцепов.

В ходе проведенного анализа современного состояния теории проектирования и перспектив использования негорочных сортировочных устройств было установлено, что в настоящее время действующие нормативы не в полной мере охватывают область применения и разновидности толчков, используемых при маневровой работе. Так же в нормативных документах не отражена связь конструкции и технического оснащения с

технологией работы негорочных сортировочных устройств.

Указанные недостатки могут иметь следующие негативные последствия при выполнении маневровой работы толчками:

- увеличение времени выполнения операций;
- увеличение пробега подвижного состава;
- увеличение затрат на содержание сортировочного устройства и эксплуатационных расходов;
- снижение возможности эффективного применения интенсивных способов работы.

Вторая глава посвящена разработке математических моделей процессов движения маневрового состава (с локомотивом) и движения отцепа после отрыва от состава (толчка), на основании которых создана имитационная модель процесса расформирования составов одиночными изолированными толчками.

Представленная имитационная модель состоит из двух блоков:

1) Модель движения маневрового состава (с локомотивом), включающая фазы разгона, выбега и торможения состава (программа «Маневры-2»).

2) Модель движения отцепа после отрыва от состава (толчка) – (программа «Скат-1»).

Имитация процесса расформирования состава одиночными изолированными толчками производится в соответствии со следующими фазами процесса: разгон; торможение состава, отрыв и начало свободного движения отцепа; дальнейшее торможение маневрового состава (до остановки); оттягивание состава на вытяжной путь (при необходимости).

В имитационной модели расчет параметров движения выполнялся: для маневрового состава – на основании Правил тяговых расчетов путем решения уравнения движения маневрового состава; для отцепов – последовательным решением дифференциального уравнения движения вагона на заданном участке перемещения ($\Delta S=1$ м). При решении дифференциальных уравнений использовались численные методы (метод Эйлера).

Границей действия моделей является зафиксированная точка отрыва отцепа от состава после толчка, расположенная перед приемными стыками разделительной стрелки.

Модель движения маневрового состава позволяет определять параметры движения состава с учетом его веса и длины - при заданном плане и профиле сортировочного устройства. Состав рассматривается в виде шарнирно-осевой модели. Укрупненная блок-схема программы моделирования движения маневрового состава представлена на рисунке 1.

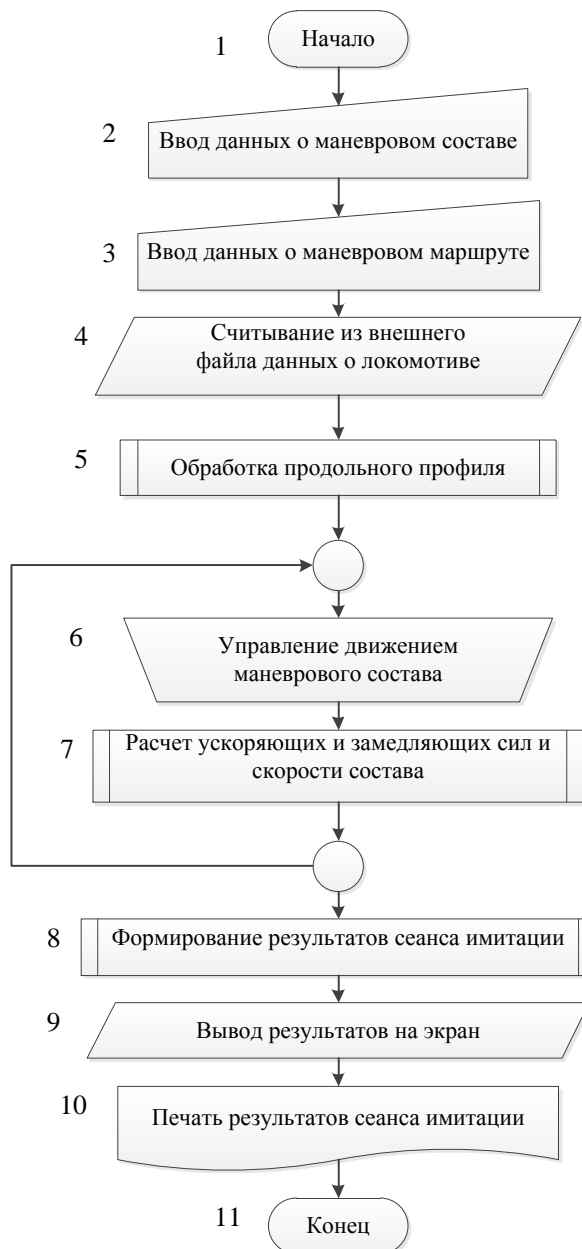


Рисунок 1 - Укрупненная блок-схема программы моделирования движения маневрового состава на основе тяговых расчетов

Модель движения отцепа (также шарнирно-осевая) после отрыва от состава (толчка) позволяет получить данные по движению отцепа с учетом его веса и длины, ходовых характеристик каждого вагона в отцепе, условий природной среды, по заданному плану и профилю пути, с возможностью применения торможения. Данная модель учитывает все силы сопротивления движению отцепа, позволяет задать любую начальную скорость движения отцепа по заданному участку.

Разработанный программный комплекс позволяет производить имитацию выполнения одиночных изолированных толчков и может быть использован для исследования процесса расформирования составов осаживанием и изолированными толчками.

Достоверность работы модели подтверждена результатами натурных экспериментов, проведенных на железнодорожной станции Клещиха Западно-Сибирской железной дороги. Результаты исследований изложены в отчете по научно-исследовательской работе «Исследование технологических параметров процесса расформирования составов одиночными изолированными толчками на станции Клещиха методом имитационного моделирования».

Третья глава посвящена исследованию зависимостей длины и уклона вытяжного пути от массы маневрового состава и скорости выполнения толчка.

С целью проверки имеющихся рекомендаций исследование параметров вытяжного пути при расформировании составов одиночными изолированными толчками выполнено для следующих условий:

- масса состава в диапазоне от 1000 до 6000 т;
- уклон вытяжного пути в диапазоне от 2,5 до - 2,5‰.

В процессе определения расстояний на разгон и торможение маневрового состава удалось установить пограничные значения уклонов, при которых маневровый локомотив не может затормозить состав. Данные зависимости представлены на рисунке 2.

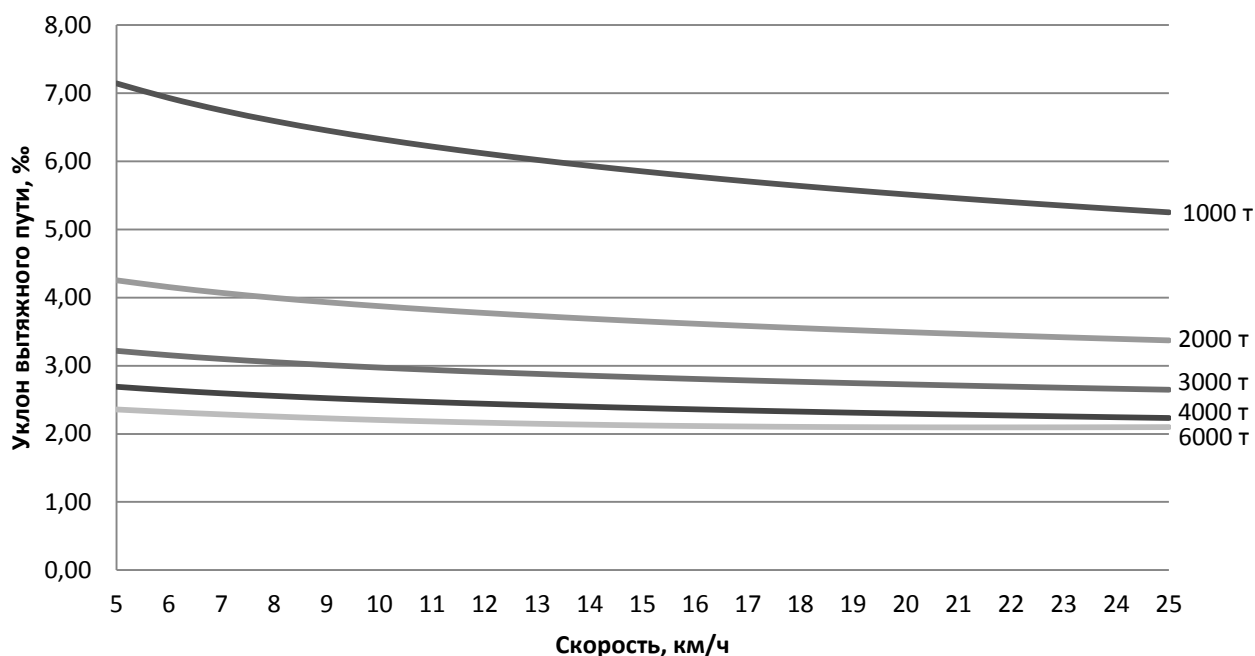


Рисунок 2 – Предельные значения скоростей движения маневрового состава в зависимости от уклона вытяжного пути и массы состава

Из рисунка 2 следует, что при увеличении массы состава уменьшается диапазон допустимых уклонов вытяжного пути и скоростей выполнения маневров.

Для определения максимальных скоростей толчка при расстоянии на торможение не более длины стрелочной зоны (в работе принято 200 м) установлено, что максимальные скорости разгона реализуются для вытяжных путей, расположенных на

подъеме (таблица 1).

Таблица 1 – Максимальная скорость разгона состава при условии не превышения расстояния на торможение более 200 м, км/ч

Масса состава, т	Уклон рассматриваемого участка пути, ‰										
	2,5	2	1,5	1	0,5	0	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5
1000	20,22	19,66	19,08	18,48	17,90	17,11	16,55	15,86	15,22	14,48	13,68
2000	17,40	16,77	16,17	15,36	14,61	13,76	12,93	12,06	11,11	10,17	9,03
3000	16,21	15,49	14,64	13,85	12,94	12,17	11,16	10,09	8,98	7,61	6,19
4000	14,89	14,65	13,84	12,97	12,11	11,05	10,01	8,84	7,53	5,94	
6000			13,26	11,95	10,98	9,87	8,70	7,25	5,56		

Установлено, что отделение отцепа от состава будет происходить при выполнении условия:

$$\gamma \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} L_T < L_{\text{отц}}^{\text{отц}} \\ V_{\text{отц}} > V_{\text{сост}} \end{array} \right\}, \quad (1)$$

где L_T – расстояние, проходимое составом при торможении;

$L_{\text{отц}}^{\text{отц}}$ – расстояние, проходимое отцепом после толчка;

$V_{\text{отц}}$ – скорость движения отцепа;

$V_{\text{сост}}$ – скорость маневрового состава при торможении.

Результаты выполненных расчетов позволяют сделать выводы, которые, в зависимости от сферы применения, можно разделить на две группы:

- для существующих вытяжных путей;
- для вновь проектируемых вытяжных путей.

Для существующих вытяжных путей ограничения следующие:

– при массе маневрового состава до 6000 т выполнение ОИТ возможно при расположении вытяжного пути на уклоне от 1,5 до -1,5‰;

– при скорости 5 км/ч расстояние на полурейс «разгон-торможение» минимально и, соответственно, минимальны пробеги подвижного состава и время выполнения маневровых операций;

– максимальная скорость выполнения толчка составов массой от 1000 до 6000 т при исключении перехода к технологии работы осаживанием, обеспечивается при расположении вытяжного пути на подъеме.

Для вновь проектируемых и реконструируемых вытяжных путей рекомендации следующие:

– для расформирования и формирования составов в большом диапазоне значений масс (до 6000 т) целесообразно располагать вытяжной путь на подъеме до 1,5‰;

– для минимизации длин полурейсов при выполнении толчков целесообразно

скорость окончания разгона и начала торможения принимать равной 5 км/ч;

– расположение вытяжного пути на подъеме позволяет реализовывать более высокие скорости выполнения толчков, вследствие более интенсивного торможения состава и исключения захода состава в пределы полезной длины пути парка.

В четвертой главе изложен метод определения допустимых конструктивных параметров стрелочной зоны и путей парка при расформировании составов одиночными изолированными толчками. Исследование параметров продольного профиля стрелочной зоны и путей парка при расформировании состава одиночными толчками выполнено на основании решения следующих задач:

1) Определение минимальной потребной дальности пробега отцепов в парк после толчка – данная задача позволяет определить параметры стрелочной зоны и путей парка, исключающие возможность остановки отцепов после толчка в пределах участка стрелочной зоны до предельного столбика пути назначения отцепа (рисунок 3 – возникает необходимость последующего осаживания отцепа после толчка).

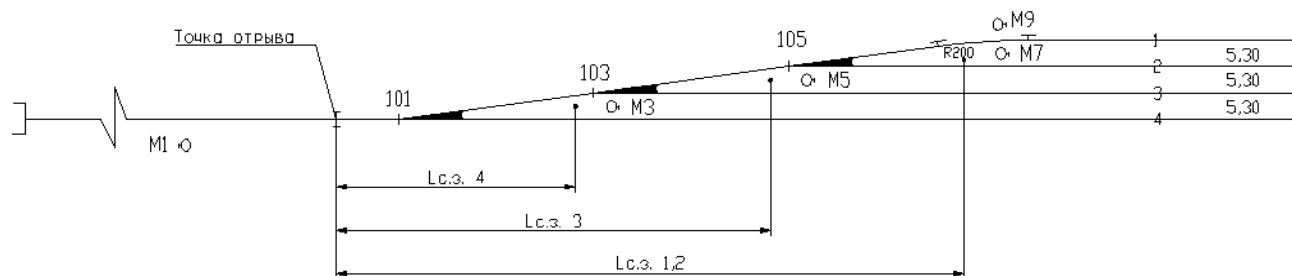


Рисунок 3 – Схема определения расстояний движения отцепов от точки отрыва на пути назначения

2) Определение условий максимальной дальности проследования отцепов в парк после толчка – данная задача позволяет определить параметры стрелочной зоны и путей парка, обеспечивающие наибольшую дальность пробега отцепов в парк и как следствие – наилучшую заполняемость пути при условии исключения возможности выхода отцепов за пределы полезной длины парка.

3) Исследование условий образования интервалов между отцепами и маневровым составом после толчка – данная задача позволяет определить параметры стрелочной зоны, обеспечивающие отрыв любого отцепа от состава при толчке и исключающие последующий возможный нагон этого отцепа маневровым составом при торможении.

4) Проверка обеспечения условий остановки отцепов в парке с соблюдением допустимых технологических параметров – данная задача позволяет определить параметры и техническое оснащение путей парка, обеспечивающие допустимые скорости входа отцепов на тормозную позицию (при ее наличии) и остановку отцепа при торможении на ней.

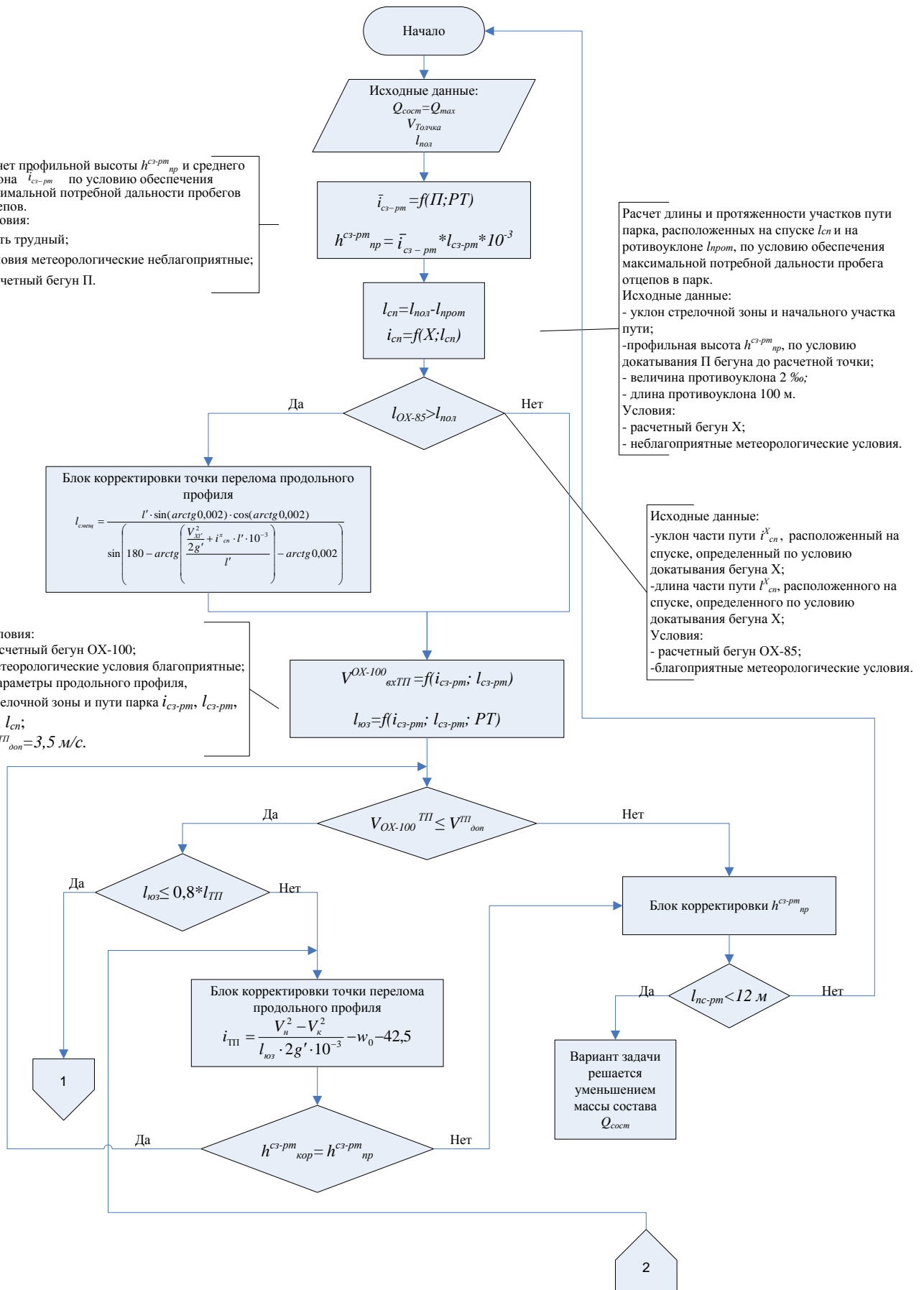
Алгоритм решения указанных выше задач приведен на рисунке 4.

Расчет профильной высоты h^{c3-pm} и среднего уклона i_{c3-pm} по условию обеспечения минимальной потребной дальности пробегов отцепов.
Условия:
- путь трудный;
- условия метеорологические неблагоприятные;
- расчетный бегун П.

Расчет длины и протяженности участков пути парка, расположенных на спуске l_{cn} и на ротивоуклоне $l_{прот}$, по условию обеспечения максимальной потребной дальности пробега отцепов в парк.
Исходные данные:
- уклон стрелочной зоны и начального участка пути;
- профильная высота h^{c3-pm} , по условию докатывания П бегуна до расчетной точки;
- величина противоуклона 2 ‰;
- длина противоуклона 100 м.
Условия:
- расчетный бегун X;
- неблагоприятные метеорологические условия.

Исходные данные:
- уклон части пути i_{cn}^X , расположенный на спуске, определенный по условию докатывания бегуна X;
- длина части пути l_{cn}^X , расположенного на спуске, определенного по условию докатывания бегуна X;
Условия:
- расчетный бегун OX-85;
- благоприятные метеорологические условия.

Условия:
- расчетный бегун OX-100;
- метеорологические условия благоприятные;
- параметры продольного профиля, стрелочной зоны и пути парка i_{c3-pm} , l_{c3-pm} , i_{cn} , l_{cn} ;
- $V_{доп}^{П} = 3,5$ м/с.



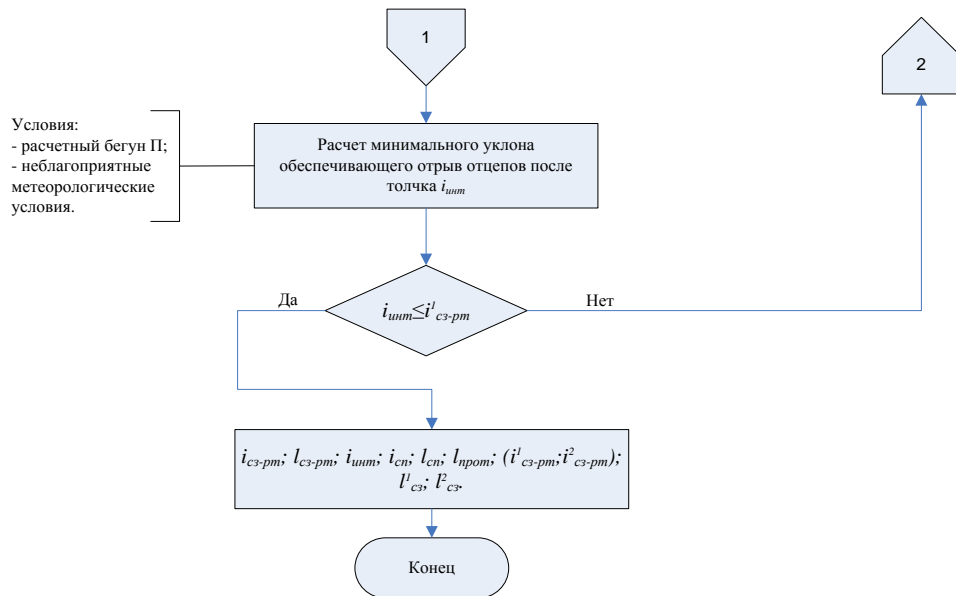


Рисунок 4 – Схема поиска допустимых границ конструктивных параметров стрелочной зоны и путей парка при расформировании состава изолированными одиночными толчками

Результаты решения указанных задач могут быть следующие:

1) Значения уклонов и протяженность стрелочной зоны и участков пути парка, определенные по критерию обеспечения минимальной потребной дальности пробега отцепов в парк после толчка (в том числе с учетом возможной корректировки или перераспределения высоты стрелочной зоны и начального участка пути парка).

2) Диапазоны допустимых параметров стрелочной зоны и путей парка, определяемые на основании:

– минимального значения высоты $h_{пр\ min}^{сз-пт}$, рассчитанного по критерию обеспечения минимальной потребной дальности пробега расчетного бегуна П в парк после толчка;

– максимального значения высоты $h_{пр\ max}^{сз-пт}$, рассчитанного для условий обеспечения максимальной допустимой скорости входа ОХ-100 на тормозную позицию и его остановки при заданном режиме торможения.

3) В случае $h_{пр\ min}^{сз-пт} > h_{пр\ max}^{сз-пт}$ или $i_{штм} > i_{сз-пт}^1$ возникает противоречие, которое может быть устранено за счет отклонения параметров вытяжного пути от оптимальных значений с целью повышения скорости толчка отцепов с плохими ходовыми свойствами и уменьшения веса и длины маневого состава.

Таким образом, возможны случаи, при которых не будет обеспечен подбор параметров, удовлетворяющих решению всех указанных задач при расформировании маневого состава максимального веса и длины.

Установлено, что определение оптимальных конструктивных параметров стрелочной зоны и путей парка должно производиться совместно с оптимизацией

конструкции вытяжного пути.

В пятой главе предложена методика оптимизации параметров НГСУ при расформировании составов одиночными толчками. Данная методика позволяет сравнивать варианты конструкции вытяжного пути, определять оптимальную скорость выполнения толчка, массу состава и, соответственно, определять количество частей состава.

Данная методика учитывает расходы на содержание НГСУ, капитальные затраты, эксплуатационные расходы по времени нахождения вагонов на пути парка в ожидании своей очереди расформирования и времени на маневровые передвижения. Критерием оптимальности в данной работе приняты минимальные приведенные расходы по сооружению и работе НГСУ ($E_{пр}$).

Для сравнения вариантов конструкции НГСУ при расформировании состава одиночными толчками процесс рассмотрен в следующих границах:

- момент готовности маневрового состава, находящегося на пути парка, к расформированию;

- момент, когда последний отцеп маневрового состава проследует точку отрыва.

Представляется интересным определение следующих временных показателей при переработке состава одиночными толчками в указанных выше границах при разных вариантах конструкции НГСУ с учетом рассмотрения дифференцированных значений веса и длины составов:

- суммарных вагоно-часов;
- суммарных локомотиво-часов;
- суммарных часов работы локомотивной бригады;
- суммарных часов работы составительской бригады.

Суммарные вагоно-часы на переработку состава определяются по формуле:

$$B = B_{\text{выт}} + B_{\text{ман}}, \quad (2)$$

где $B_{\text{выт}}$ – вагоно-часы, связанные с выполнением разгона, торможения и обратного движения маневрового состава на вытяжном пути;

$B_{\text{ман}}$ – вагоно-часы, связанные с нахождением вагонов на пути парка перед расформированием (в том числе при делении состава на части), а также с выполнением маневровой работы, кроме операций, входящих в расчет величины $B_{\text{выт}}$.

Расчет времени нахождения вагонов на вытяжном пути осуществляется с учетом уменьшения массы (длины) состава в процессе расформирования. Таким образом, вагоно-часы нахождения вагонов на вытяжном пути определяются как сумма произведений времени нахождения i -го отцепа на вытяжном пути t_i и количества вагонов в отцепе m :

$$B_{\text{выт}} = t_1 \cdot m_1 + t_2 \cdot m_2 + \dots + t_n \cdot m_n, \quad (3)$$

где t_1, t_2, \dots, t_n – время от начала расформирования состава на вытяжном пути до прохождения 1, 2, ... n -ым отцепом условной точки отрыва соответственно;

m_1, m_2, \dots, m_n – число вагонов в 1, 2, ... n -ом отцепе соответственно.

Расчет величины $B_{ман}$ производится следующим образом:

$$B_{ман} = B_{пут} + B_{мн}, \quad (4)$$

где $B_{пут}$ – вагоно-часы, связанные с нахождением вагонов на пути парка перед расформированием (в том числе при переработке состава частями), с учетом выполнения подготовительно-заключительных операций при маневровой работе;

$B_{мн}$ – вагоно-часы, связанные с нахождением вагонов в движении при выполнении маневров (кроме разгона, торможения и обратного движения маневрового состава на вытяжном пути).

Суммарное время расформирования состава при делении на части определяется по формуле:

$$T_{расф} = \sum_1^m t_n + \sum_1^m t_{заезд}^Л + \sum_1^m t_{МП}, \quad (5)$$

где $t_{заезд}^Л$ – время на заезд локомотива за составом или очередной частью расформировываемого состава;

$t_{МП}$ – время на перестановку состава (частью) с пути парка на вытяжной путь.

Суммарные локомотиво-часы на переработку состава одиночными изолированными толчками определяются по формуле:

$$T_{ЛЧ} = T_{расф}. \quad (6)$$

Суммарные часы работы локомотивной бригады на переработку состава одиночными изолированными толчками определяются по формуле:

$$T_{ЛБ} = T_{расф}. \quad (7)$$

Суммарные часы работы составительских бригад на переработку состава одиночными изолированными толчками определяются по формуле:

$$T_{СБ} = T_{расф}. \quad (8)$$

При сравнении вариантов конструкции НГСУ учитываются:

1) Капитальные затраты на строительство вытяжного пути, стрелочной зоны и путей парка K , различающиеся по вариантам, с учетом разной длины и уклонов элементов продольного профиля НГСУ.

2) Эксплуатационные расходы по содержанию вытяжного пути, стрелочной зоны и парка $\mathcal{E}_{сод}$, зависящие от конструкции и суммарной протяженности путей НГСУ.

3) Эксплуатационные расходы по расформированию состава $\mathcal{E}_{рф}$, определяемые с момента готовности к расформированию состава, находящегося на пути парка, до момента проследования точки отрыва последним отцепом состава при

расформировании.

Расходы \mathcal{E}_{pf} определяются методом имитационного моделирования маневровых полурейсов на ЭВМ с применением тяговых расчетов и системы единичных норм расходов (ЕНР). В системе ЕНР расходы определяются в зависимости от значительного числа характерных измерителей, что позволяет с наибольшей точностью учитывать особенности вариантов.

На рисунке 5 приведен пример зависимости приведенных расходов $E_{пр}$ для различного профиля вытяжного пути в зависимости от количества частей, на которые делится состав. Расчет приведен для среднесуточного количества расформируемых составов, равного 4.

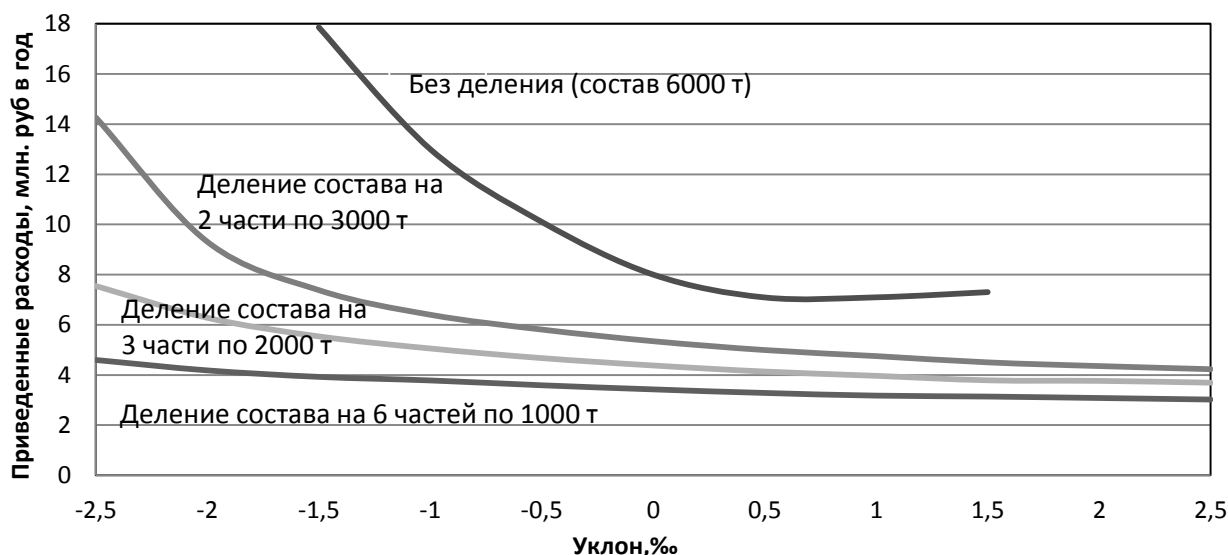


Рисунок 5 – Графики зависимостей приведенных расходов $E_{пр}$ от количества частей, на которое делится состав, и конструкции НГСУ, при скорости толчка 10 км/ч

Экстремум зависимости приведенных расходов при делении состава на 2, 3, 6 частей смещается в сторону уклонов более 2,5 ‰ и возможность его достижения ограничивается заданным диапазоном уклонов вытяжного пути.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итогом диссертационного исследования стали следующие научные результаты:

1. Выполнен анализ современного состояния теории проектирования негорочных сортировочных устройств. Установлено, что действующие нормативы не в полной мере отражают специфику конструкции и технологии работы НГСУ, для чего необходимы дополнительные исследования, в том числе выполненные в данной диссертационной работе.

2. Разработана математическая и имитационная модель сортировки вагонов одиночными изолированными толчками с использованием НГСУ. Имитационная модель

позволяет определять параметры движения маневрового состава с учетом его веса и длины, числа вагонов для задаваемого плана и продольного профиля сортировочного устройства, а также динамические характеристики движения отцепа после выполнения толчка с учетом его веса и длины, числа вагонов в отцепе, ходовых характеристик каждого вагона в отцепе и условий природной среды.

3. Установлены предельные значения скоростей движения маневрового состава в зависимости от уклона вытяжного пути. Для реализации процесса в широком диапазоне масс маневровых составов необходимо размещать вытяжной путь на уклоне не более 1,5 ‰. Определены расстояния на разгон и торможение маневрового состава для различных параметров вытяжного пути. Установлены максимальные скорости выполнения одиночных изолированных толчков для маневровых составов разных масс при расстоянии на торможение не более 200 м, возможные скорости выполнения толчков находятся в диапазоне от 5 до 22 км/ч.

4. Сформулированы задачи и проведены исследования параметров НГСУ для обеспечения потребной и максимальной дальности пробега отцепов в парк после толчка. Исследованы условия образования интервалов между отцепами и маневровым составом после толчка. Разработана методика расчета параметров стрелочной зоны и вытяжного пути, при которых будет гарантирован отрыв отцепа от состава.

5. Разработана методика определения конструктивных и технологических параметров НГСУ на основе решения задач, необходимых для реализации процесса расформирования составов одиночными изолированными толчками.

6. Разработана методика оптимизации конструктивных и технологических параметров НГСУ при расформировании составов одиночными изолированными толчками, учитывающая капитальные затраты, расходы на содержание НГСУ, эксплуатационные расходы с учетом времени нахождения вагонов на пути парка в ожидании расформирования и времени на маневровые передвижения.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в ведущих научных рецензируемых периодических изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России:

1. Бурдяк, П.С. Определение допустимых конструктивных параметров вытяжного пути при расформировании составов одиночными изолированными толчками [Текст] / П.С. Бурдяк // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2010. – №2. – С.130-133.

2. Бурдяк, П.С. Определение положения точек перелома продольного профиля в выходной части сортировочного парка [Текст] / П.С. Бурдяк // Научно-технический журнал «Транспорт Урала». – 2013 г. – №1(36). С. 25-29.

3. Бурдяк, П.С. Определение оптимальных параметров негорочных сортировочных устройств при моделировании расформирования составов одиночными изолированными толчками [Текст] / А.А. Климов, П.С. Бурдяк // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2012. – №2. С. 182-187.

4. Бурдяк, П.С. Развитие теории и методов расчета параметров негорочных сортировочных устройств [Текст] / А.А. Климов, П.С. Бурдяк // Транспорт. Наука, техника, управление. – 2014. – №1. С. 59-63.

5. Бурдяк, П.С. Определение технологических параметров негорочного сортировочного устройства, используемого для расформирования составов одиночными изолированными толчками [Текст] / П.С. Бурдяк // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2014. – №4. – С.104-108.

Публикации в журналах и научных сборниках:

6. Бурдяк, П.С. Определение параметров движения отцепов при расформировании составов толчками [Текст] / П.С. Бурдяк // Наука и молодежь 21 века. Материалы VI научно-технической конференции студентов и аспирантов, посвященной 75-летию СГУПС. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2008. – С. 3-4.

7. Бурдяк, П.С. Расчет эксплуатационных расходов на разгон и торможение маневрового состава при расформировании составов на вытяжном пути [Текст] / П.С. Бурдяк // Научно-технические проблемы транспорта, промышленности и образования. Труды Всероссийской научной конференции. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2008. – Том 3. С. 95-98

8. Бурдяк, П.С. Исследование скорости отрыва отцепов при расформировании состава одиночными изолированными толчками на вытяжном пути [Текст] / П.С. Бурдяк // Политранспортные системы. Материалы VII Всероссийской научно-технической конференции. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2010. С. 93-101.

9. Бурдяк, П.С. Метод расчета уклона стрелочной зоны сортировочного устройства специализированного для работы одиночными изолированными толчками [Текст] / П.С. Бурдяк, А.А. Климов // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании. Материалы международной научно-практической конференции. – Одесса: Изд-во Черноморье, 2010. – Том 1. – С. 61 – 68.

10. Бурдяк, П.С. Методика определения параметров негорочного сортировочного устройства для расформирования составов одиночными изолированными толчками [Текст] / А.А. Климов, П.С. Бурдяк // Модернизация процессов перевозок, систем автоматизации и телекоммуникаций на транспорте. Материалы межрегиональной научно-практической конференции с международным участием. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2010. – Том 1. – С 85-89.

11. Бурдяк, П.С. Программа для расчета показателей маневровых полурейсов

методом имитационного моделирования с элементами виртуального управления «Маневры-2» / С.В. Карасев, П.С. Бурдяк // Свидетельство о регистрации электронного ресурса 16407 от 22.11.2010. Инв. номер ВНТИЦ № 50201050175 от 22.11.2010.

12. Бурдяк, П.С. Программа имитационного моделирования движения отцепов при выполнении маневров толчками «Скат-1» / С.В. Карасев, П.С. Бурдяк // Свидетельство о регистрации электронного ресурса 16408 от 22.11.2010. Инв. номер ВНТИЦ № 50201050174 от 22.11.2010.

13. Разработка имитационной модели процесса расформирования состава одиночными изолированными толчками: отчет НИР / С.В. Карасев, А.А. Климов, П.С. Бурдяк – Новосибирск: Сибирский государственный университет путей сообщения, 2010.– 56 с.

БУРДЯК Павел Станиславович

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НЕГОРОЧНЫХ
СОРТИРОВОЧНЫХ УСТРОЙСТВ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Специальность 05.22.08 – Управление процессами перевозок

Подписано в печать 27.03.2015 г.

Объем 1 печ. лист Тираж 100 экз. Заказ № 2902

Издательство ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»
630049, г. Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 191. Тел./факс (383) 328-03-81
