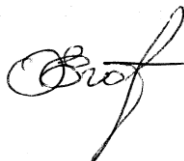


Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины  
Днепропетровский национальный университет железнодорожного  
транспорта имени академика В. Лазаряна

На правах рукописи

ЕГОРОВ ОЛЕГ ИОСИФОВИЧ



УДК 656.212.5:629.4.066

ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОДВИЖНЫХ  
ЕДИНИЦ НА СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЯХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО  
ТРАНСПОРТА

05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель

Шафит Евгений Миронович

д.т.н., профессор

Жуковицкий Игорь Владимирович

д.т.н., профессор

Днепропетровск – 2013

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
РАЗДЕЛ 1	
АНАЛИЗ (ОБЗОР) СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА.....	14
1.1. Параметры идентификации подвижных единиц.....	14
1.2. Определение номеров вагонов.....	15
1.3. Определение статических характеристик подвижных единиц.....	26
1.4. Идентификация ходовых свойств подвижных единиц на сортировочных горках.....	32
Выводы.....	37
РАЗДЕЛ 2	
МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА И ОСНОСТИ ПОДВИЖНЫХ ЕДИНИЦ.....	40
2.1. Анализ типов вагонов и локомотивов железнодорожного подвижного состава колеи 1520 мм.....	40
2.2. Идентификации подвижных единиц с использованием одной контрольной точки .....	44
2.2.1. Математическое описание метода идентификации подвижных единиц .....	44
2.2.2. Расчет параметров метода идентификации подвижных единиц .....	52
2.2.3. Имитационное моделирование метода идентификации подвижных единиц .....	56

2.3. Идентификации подвижных единиц с использованием двух контрольных точек .....	61
2.3.1. Описание метода идентификации подвижных единиц .....	61
2.3.2. Имитационное моделирование метода идентификации с использованием двух контрольных точек .....	68
Выводы.....	74

### РАЗДЕЛ 3

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕЖОСЕВЫХ РАССТОЯНИЙ ПОДВИЖНЫХ ЕДИНИЦ.....77

3.1. Цели и задачи необходимости определения погрешности идентификации подвижных единиц.....	77
3.2. Имитационное моделирование процесса определения ошибки идентификации подвижных единиц.....	79
3.3. Использование метода планирования эксперимента для оценки точности идентификации подвижных единиц.....	92
Выводы.....	101

### РАЗДЕЛ 4

#### МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИДЕНТИФИКАЦИИ ОТДЕЛЬНЫХ ПОДВИЖНЫХ ЕДИНИЦ И ПОЕЗДА ВЦЕЛОМ.....103

4.1. Анализ возможных и допустимых ошибок определения межосевых расстояний подвижных единиц.....	103
4.2. Определение типа подвижных единиц по межосевому расстоянию.....	106
4.3. Выбор точечных путевых датчиков для участка идентификации подвижных единиц.....	110

4.4. Вероятностный подход идентификации поезда с использованием ТГНЛ.....	113
4.5. Имитационная модель идентификации поезда с использованием ТГНЛ.....	122
Выводы.....	128
 ОБЩИЕ ВЫВОДЫ.....	 130
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	134
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	149
Таблицы межосевых расстояний подвижных единиц колеи 1520	
ПРИЛОЖЕНИЕ Б .....	153
Таблицы значения коэффициентов $\mu$ и листинг имитационной модели проверки значений $\mu$ для одноточечного метода идентификации подвижного состава	
 ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	 165
Листинг программы, реализующей имитационную модель двухточечного метода идентификации подвижных единиц	
 ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	 170
Графики погрешности определения межосевого расстояния	
 ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	 175
Структура таблиц базы данных, используемых при идентификации поезда и видеограммы форм имитационной модели идентификации поезда	

ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	180
-------------------	-----

Листинг программы, реализующей имитационную модель  
идентификации поезда с использованием ТГН

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.....	185
-------------------	-----

Акт про внедрение результатов диссертационной работы

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** Проблема идентификации подвижного состава на железных дорогах, как поездов в целом, так и вагонов в отдельности, наиболее актуальна сегодня в нашей стране и за рубежом. Повышение точности определения различных параметров, характеризующих подвижной состав, приведет к непосредственному улучшению качества управления вагонопотоками. А это в свою очередь отразится на уменьшении себестоимости грузоперевозок, увеличении рациональности использования вагонов, освобождении людских ресурсов, повышении безопасности движения на железных дорогах и т.д. Хотя на сегодняшний день существует множество различных предложений решения той либо иной задачи идентификации – нельзя сказать, что этот вопрос является закрытым. Многие организации, как за рубежом, так и в нашей стране постоянно ведут работу над созданием новых и модернизацией существующих методов идентификации.

На сортировочных станциях, которые представляют собой сложные технико-информационные структуры, отслеживание подвижных единиц ведется постоянно, в любой момент времени необходимо точно знать об их местонахождении.

При прибытии и отправлении поезда на сортировочной станции происходит списывание номеров каждой подвижной единицы; постоянно ведется отслеживание движения составов и отдельных отцепов по путям парков сортировочной станции при помощи напольного оборудования; при скатывании отцепов с горки происходит определение их динамических характеристик и контроль правильности роспуска составов. Различные информационно-управляющие системы на сортировочных станциях,

выполняя технологические операции на сортировочных станциях, также остро нуждаются в информации об объектах управления.

При этом повышение достоверности информации, автоматический сбор и обработка сигналов повышают пропускную способность станции за счет выигрыша во времени при выполнении определенных технологических операций, что поддаются автоматизации.

В последнее время наметилась тенденция использования систем спутниковой навигации для слежения за перемещением подвижных единиц по железнодорожным дорогам в нашей стране и за рубежом. На этапах испытания, внедрения, сопровождения подобных систем необходимо также использование дополнительных средств идентификации подвижного состава. Подобная интеграция приведет к повышению общих показателей качества управления вагонопотоков.

Поэтому любая автоматизация технологических процессов на железнодорожном транспорте тесно связана с идентификацией подвижных единиц.

**Связь работы с научными программами, планами, темами.** Работа выполнена в соответствии с основными направлениями развития железнодорожного транспорта: «Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року» (одобрено распоряжением Кабинета Министров Украины от 16 декабря 2009 г. № 1555-у). Выбранное направление исследований связано с выполнением следующих работ в Днепропетровском национальном университете железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна на кафедре «ЭВМ»:

— научно-исследовательская работа «Дослідження та розробка методів покращення технологічних показників автоматизованих сортувальних гірок» (№ госрегистрации 0109U003743), научно-исследовательская работа «Дослідження та розробка методів і засобів

підвищення достовірності автоматичного ведення інформації про результати розпуску составів на гірці», научно-исследовательская работа «Дослідження та розробка методів використання технічних засобів для підвищення достовірності інформації в повагонній моделі в НАСК».

В данных работах автор диссертационной работы участвовал как исполнитель.

**Цель и задачи исследования.** Целью диссертационной работы является повышение надежности, эффективности и качества информационно-управляющих систем на сортировочной станции на основе усовершенствования методов идентификации подвижных единиц.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

- анализ существующих методов определения номеров подвижных единиц, статических и динамических характеристик движения подвижных единиц;
- исследование и анализ парка железнодорожных вагонов и локомотивов по типам и их межосевым расстояниям;
- разработка, усовершенствование методов определения количества, осности и типа подвижных единиц;
- исследование, анализ и выдача рекомендаций повышения точности существующих и предложенных методов определения типа подвижных единиц, по средству определения межосевых расстояний;
- разработка, усовершенствование методов идентификации поездов.



**Объект исследования.** Процессы технологической обработки подвижных единиц на сортировочных станциях и прилегающих к ним железнодорожных путях.

**Предмет исследования.** Модели и методы идентификации подвижных единиц железнодорожного транспорта на сортировочных станциях и прилегающих к ним железнодорожных путях.

**Методы исследования.** Для решения научных задач были использованы:

- для вывода корректирующих коэффициентов однотоочного метода определения количества и осности – имитационное моделирование, математическое моделирование, теория вероятности и математическая статистика;
- для апробации алгоритмов двухточечного метода определения количества и осности подвижных единиц – имитационное моделирование;
- для оценки погрешности определения межосевых расстояний, разработки метода идентификации поезда – имитационное моделирование, математическое моделирование, теория вероятности, математическая статистика, метод планирования эксперимента.

**Научная новизна полученных результатов.** В диссертационной работе разработаны и усовершенствованы методы идентификации подвижного состава на сортировочных станциях и прилегающих к ним железнодорожных путях. Проведены исследования и сделаны заключения о влиянии различных факторов на процесс идентификации подвижного состава.

**Впервые:**

- предварительно проведя исследования факторов влияющих на погрешность определения межосевых расстояний подвижных единиц, была выведена функциональная зависимость погрешности определения межосевых расстояний от ошибки фиксации колеса датчиком, расстояния между датчиками и измеряемого расстояния. Данная функциональная зависимость позволяет решить следующие задачи:

- вычисление предельно возможных ошибок определения межосевых расстояний подвижных единиц при известных параметрах контрольного участка;

- вычисление параметров контрольного участка, при известных возможно допустимых ошибках определения межосевых расстояний подвижных единиц;

- разработана математическая модель процесса идентификации поезда на трехточечном контрольном участке с использованием ТГНЛ на основе вероятностного подхода. Метод идентификации, основанный на этой модели, позволяет автоматизировать ввод информации о поездах, прибывающих на сортировочную станцию, что дает возможность оперативного получения информации;

**Усовершенствованы:**

- математическая модель процесса и процедура определения количества и осности подвижных единиц на однотоечном контрольном участке, которая расширяет возможности использования метода идентификации, учитывая погрешности датчика и движение подвижных единиц с ускорением;

- процедура определения количества и осности подвижных единиц на двухточечном контрольном участке за счет увеличения типов подвижных единиц, подлежащих идентификации.

Произведены сбор, анализ и систематизация информации о различных видах и способах идентификации подвижных единиц.

**Практическое значение полученных исследований** определяется следующим:

- контролировать правильность расцепления отцепов на сортировочных горках в системах автоматизации сортировочного процесса;
- автоматизировать ввод информации о поездах, поступающих на сортировочную станцию;
- вычислять предельную погрешность определения межосевых расстояний на заданном контрольном участке, а также, исходя из допустимых значений погрешности, сформировать требуемые параметры контрольного участка.

Результаты диссертационных исследований испытаны в научно-исследовательских работах.

**Личный вклад соискателя.** Все результаты теоретических и экспериментальных исследований, приведенные в работе, получены автором лично или непосредственно с его участием.

Личный вклад соискателя заключается в самостоятельном исследовании, разработке, усовершенствовании, апробации, формулировке научных положений и выводов методов идентификации подвижных единиц.

**Работы [48–52] написаны без соавторов, самостоятельно.**

В статьях, опубликованных в специализированных изданиях с соавторами [53, 54], соискателю принадлежит следующее:

- в [53]: разработка АРМа оператора и метода контроля правильности расцепления отцепов на сортировочной горке;

– в [54]: разработка математической и имитационной модели идентификации поезда.

Личный вклад соискателя заключается в самостоятельном исследовании, разработке, усовершенствовании, апробации, формулировке научных положений и выводов методов идентификации подвижных единиц.

**Апробация результатов научного исследования.** Основные положения и результаты диссертации докладывались, обсуждались и были одобрены на:

– международной школе–семинаре «Перспективные системы управления на железнодорожном, промышленном и городском транспорте» (г.Алушта, 1999г.);

– международных научно–практических конференциях «Автоматизация производственных процессов» (г.Хмельницкий, 2002г., 2003г., 2007г.);

– III и IV международных научных конференциях «Проблемы экономики транспорта» (г.Днепропетровск, 2003г., 2005г.);

– научно–практической конференции «Проблемы и перспективы развития транспортных систем: техника, технология, экономика и управление» (г.Киев, 2003г.);

– международных научно-практических конференциях «Современные информационные технологии на транспорте, в промышленности и образовании» (г.Днепропетровск, 2007г., 2008г., 2011г., 2012г.);

– IV международной научно-практической конференции «Современные информационные и инновационные технологии на транспорте» (г.Херсон, 2012г.).

**Публикации.** Результаты диссертационной работы опубликованы в 15 научных трудах, в том числе 7 статей – в изданиях, которые утверждены ВАК Украины, 8 публикаций – в тезисах докладов международных конференций.