

РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)

На правах рукописи



Ильин Александр Михайлович

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СТАНЦИОННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ
ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ РАЗВИТИЯ МЕТОДА РАСЧЕТА
ЗАКРЕПЛЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА
С ВАРЬИРУЕМЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Специальность 2.9.4 – Управление процессами перевозок

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор технических наук, профессор
Числов Олег Николаевич

Ростов-на-Дону

2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ И ЗАКРЕПЛЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ.....	12
1.1 История развития систем обеспечения безопасности транспортных процессов на железных дорогах.....	13
1.2 Анализ существующей технологии расчета и закрепления подвижного состава различной массы и длины на путях железнодорожных станций.....	22
1.3 Техничко-технологические параметры продольных профилей станционных приемоотправочных путей.....	24
1.4 Классификация транспортных происшествий по нарушениям условий закрепления подвижного состава.....	29
1.5 Выводы по главе.....	33
2 ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕОРИЙ И МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ СТАНЦИОННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ.....	34
2.1 Отечественный и зарубежный научный опыт в обеспечении безопасности станционных транспортных процессов.....	34
2.2 Особенности существующих методов расчета норм закрепления подвижного состава на путях переменного профиля.....	41
2.2.1 Существующая методика определения норм закрепления подвижного состава различной длины и массы.....	41
2.2.2 Композиция параметров вариативных профилей путей и видов устройств закрепления.....	59
2.2.3 Показатели эффективности использования устройств закрепления подвижного состава.....	61

2.3 Проблемы и недостатки в соответствии путевой инфраструктуры и устройств закрепления подвижного состава.....	69
2.4 Выводы по главе.....	79
3 РАЗВИТИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА ЗАКРЕПЛЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА С ВАРИАТИВНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ НА СТАНЦИОННЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЯХ ПЕРЕМЕННОГО ПРОФИЛЯ.....	82
3.1 Разработка имитационной модели закрепления подвижного состава вариативной массы и длины на станционных железнодорожных путях с переменным продольным профилем.....	89
3.2 Обоснование эффективности закрепления подвижного состава типовыми устройствами закрепления и их совместного использования.....	90
3.3 Развитие методики расчета закрепления подвижного состава с варьируемыми параметрами.....	95
3.4 Разработка алгоритма и программного комплекса расчета рациональных условий и параметров закрепления подвижного состава.....	101
3.4.1 Применение алгоритма и программного комплекса расчета рациональных условий и параметров закрепления перспективного подвижного состава.....	101
3.4.2 Разработка новых электронных форм документации по расчету закрепления подвижного состава и автоматизация их учета.....	117
3.5 Выводы по главе.....	124
4 АПРОБАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ЭФФЕКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НОРМ ЗАКРЕПЛЕНИЯ.....	126
4.1 Направления совершенствования технологии станционных процессов за счет изменения порядка закрепления подвижного состава.....	126
4.2 Порядок ведения электронного журнала учета закрепления подвижного состава на примере сортировочных, участковых и грузовых станций СКЖД	135

4.3 Рекомендации по выбору эффективных технико-эксплуатационных параметров устройств закрепления для подвижных единиц и норм их закрепления.....	138
4.4 Расчет экономического эффекта от развития метода расчета закрепления подвижного состава с варьируемыми параметрами (на примере Ростовского ЦОРС).....	144
4.5 Выводы по главе.....	150
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	152
Список сокращений.....	156
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	157
Приложение А.....	170
Приложение Б.....	174
Приложение В.....	178
Приложение Г.....	189
Приложение Д.....	193
Приложение Е.....	200

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Железнодорожный транспорт существует в России уже более 180 лет, открытое акционерное общество «Российские железные дороги» (далее ОАО «РЖД») создано 18 лет назад и входит в пятерку крупнейших поставщиков по оказанию транспортных услуг в мире. На территории Российской Федерации железные дороги играют огромную роль и являются не просто транспортной сетью, а крупнейшим логистическим транспортным комплексом, оснащенным современным оборудованием и применяющим новейшие технологии и научные тенденции для перевозки пассажиров и грузов, тем самым предоставляя качественный продукт в транспортной отрасли.

Основными критериями при осуществлении транспортировки являются: безопасность, надежность, скорость и точность доставки с сохранением надлежащего качества. Все выше перечисленные составляющие опираются на два фундаментальных фактора, лежащие в основе всего транспортного процесса с момента начала и на протяжении всего пути вплоть до места прибытия – безопасность и надежность, главенствующим из которых является безопасность. В настоящее время нарушения безопасности движения, связанные с нарушением порядка и норм закрепления не исключены из системы организации перевозочного процесса на железнодорожном транспорте.

Несанкционированное движение подвижного состава один из наиболее опасных видов нарушений безопасности движения. Основной причиной несанкционированного движения подвижного состава является нарушение технологии процесса закрепления. В настоящее время ведутся работы по стандартизации процесса закрепления, контролю над его выполнением, внедрение различных технических средств, предназначенных для автоматизации, снижающих влияние «человеческого» фактора.

Произвести расчет возможного ущерба от последствий несанкционированного движения подвижного состава не представляется возможным. Для примера

последствий рассмотрим анализ учтенных случаев несанкционированного движения подвижного состава за период с 2000 по 2017 гг., а также крушения и аварии, допущенные из-за нарушения норм закрепления, технологии закрепления и регламента закрепления подвижного состава за период с 1996 по 2017 гг.

Всего за период 1996–2017 гг. по вине работников хозяйства перевозок допущено:

- два крушения, из них одно из-за нарушения технологии закрепления подвижного состава, в том числе из-за нарушений норм закрепления;

- восемь аварий, из них три из-за нарушения технологии закрепления подвижного состава, в том числе из-за нарушений норм закрепления.

Всего за период 2000–2017 гг. по вине работников хозяйства перевозок допущено 30 случаев несанкционированного движения подвижного состава, из них 20 из-за нарушения технологии закрепления подвижного состава, в том числе из-за нарушений норм закрепления.

Один из последних случаев нарушения безопасности движения, наглядно показывающий проблему существующей методики определения норм закрепления, решением которой посвящена часть настоящей работы, произошел 04.12.2019 г. на станции «К». Допущен случай взреза стрелки № 115 из-за несанкционированного движения состава. Причиной допущенного взреза стрелочного перевода № 115 послужило расположение состава, состоящего из 40 вагонов, условной длиной 66 вагонов (в виду наличия в составе длиннобазных вагонов) на пути № 1 парка «А» имеющего тип профиля «гора» с фактическим нахождением 22 вагонов весом 565 тонн до точки перелома профиля, 18 вагонов весом 1028 тонн за точкой перелома продольного профиля пути в южную сторону. Данный случай произошел, в том числе, и по причине отсутствия норм закрепления подвижного состава для составов поездов, состоящих из вагонов различной длины.

Вышеприведенные примеры свидетельствуют о важности и актуальности проблем, исследуемых в настоящей работе.

Существенный вклад в нарушения норм закрепления также вносит так называемый «человеческий» фактор, ошибки, допускаемые работниками на этапе определения норм. Причиной ошибки служит невнимательность работников при пользовании табличными данными, выполненными на бумажном носителе, внесенные в п.3.9.1 (24) ТРА станции. Важно также отметить, что из-за отсутствия гибкости существующей технологии расчета норм закрепления п.3.9.1 (24) ТРА станций имеют большой объем, что также затрудняет их использование, увеличивает время отведенной на этап определения норм и увеличивает риск ошибки пользователем. Наглядно данную проблему можно отобразить для станции «Л». Объем табличных данных, связанных с нормами закрепления составляет более 150 страниц. Кроме того, для 2Б пути парка Ростовский существует целых 8 вариантов закрепления подвижного состава, зависящих от типа закрепляемого подвижного состава и его местоположения на пути. Даже такое количество расчетов не охватывает все варианты типов закрепляемого подвижного состава и его расположения на пути. Данное обстоятельство существенно затрудняет процесс определения норм закрепления, увеличивает риск ошибки и время, затрачиваемое на его выполнение.

Немаловажным вопросом является точный учет тормозных башмаков, которые являются инвентарем строго учета.

Кроме того, в ряде случаев, при закреплении подвижного состава, который попадает под определение разнородный в соответствии с приложением 17 [2] нормы являются избыточными, что в свою очередь негативно влияет на эксплуатационные показатели и сохранности тормозных башмаков, так как накат на большое число тормозных башмаков на практике произвести затруднительно.

Степень разработанности темы исследования. Общим подходам к вопросам повышения безопасности движения и развития методики определения норм закрепления и средств, применяемых при закреплении подвижного состава посвящены работы известных отечественных ученых и инженеров: В.П. Шейкина, К.С. Исаева, В.А. Рудановского, И.П. Старшова, М.В. Стрелкова, В.А. Буракова, С.К. Цымбалюка, В.В. Горы, Н.И. Сушкова, О.Ю. Наркевича, И.С. Авруцкого, А.И. Морозова, В.А. Кобзева, Е.И. Сычева, Б.Л. Карвацкого, М.И. Глушко и др.

Вместе с тем, вопросы повышения безопасности технологии транспортных процессов по закреплению подвижного состава перспективных размеров длин и весовых норм на станционных путях с переменным профилем требуют дальнейшего развития.

Целью диссертационного исследования является повышение безопасности станционных транспортных процессов на основе развития метода расчета закрепления подвижного состава с варьируемыми параметрами.

Достижение цели исследования предполагает решение следующих задач:

- анализ исследований отечественного и зарубежного опыта в области закрепления подвижного состава;
- анализ существующей технологии закрепления подвижного состава и технических средств, применяемых при закреплении;
- развитие метода определения норм закрепления подвижного состава с учетом решения имеющихся проблем: отсутствие норм закрепления тормозными башмаками для подвижного состава с варьируемыми параметрами, а также норм закрепления для перспективного типа подвижного состава;
- разработка алгоритма и программного комплекса определения норм закрепления подвижного состава, учитывающего разнородность подвижного состава по длине, количеству осей, условиям размещения на путях с различными типами продольных профилей, а также взаимного сочетания устройств закрепления друг с другом на основе уточненного расчета сил, действующих на подвижной состав.

Объектом исследования являются линейные предприятия железных дорог, технология транспортных процессов по закреплению подвижного состава, нормы закрепления подвижного состава, устройства обеспечения безопасности движения.

Предмет исследования — теоретико-методические подходы по определению технико-технологических решений по расчету норм закрепления подвижного состава, повышения безопасности станционных транспортных процессов.

Диссертация выполнена в рамках п.2 «Технология транспортных процессов», п.6 «Методологии и системы обеспечения безопасности движения» паспорта научной специальности 2.9.4 – Управление процессами перевозок (технические науки).

Теоретико-методологической основой исследования являются научные работы ученых в области процессов закрепления подвижного состава, методы имитационного моделирования транспортных процессов, а также законодательные, нормативные и программные документы РФ по вопросам государственной транспортной политики, отчетные и статистические данные Минтранса России, ОАО «РЖД», Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «РЖД», исследования ученых и специалистов железнодорожного транспорта.

Положения, выносимые на защиту:

1. Использование методологических подходов в организации технологии транспортных процессов по закреплению подвижного состава, учитывающих фактор вариативности закрепляемого состава по длине, количеству осей, нагрузке на ось с учетом повагонного (поосного) расчета отклонений сил трения и сил сопротивления движению.

2. Развитие метода расчета норм закрепления подвижного состава на основе разработанной уточненной имитационной модели.

3. Алгоритм и программный комплекс определения норм закрепления подвижного состава, позволяющий рационально использовать средства, предназначенные для закрепления подвижного состава, решать проблемы определения количества тормозных башмаков, при закреплении подвижного состава различного рода по длине, количеству осей и типу профиля пути, формирования электронных табличных данных журнала расчета норм закрепления и учета нахождения тормозных башмаков на станции.

Научная новизна диссертационной работы состоит в совершенствовании метода расчета норм закрепления подвижного состава с вариативными параметрами на основе уточненной имитационной модели воздействия сил, развитие технико-технологических решений в организации транспортных процессов по закреплению подвижного состава на станционных путях переменного профиля, повышение безопасности организации железнодорожных перевозок.

Практическая ценность научных результатов диссертационного исследования состоит в повышении безопасности движения поездов, путем снижения ошибок при определении норм закрепления подвижного состава, улучшении эксплуатационных показателей, заключающегося в исключении использования завышенного количества тормозных башмаков и применении автоматизированной программы расчета средств закрепления.

Апробация работы. Основные положения диссертационного исследования докладывались на международных научно-практических конференциях: «Транспорт: наука, образование, производство» («Транспорт»), г. Ростов-на-Дону, 2018 – 2021 гг., «Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов», г. Гомель, 2019 г., «Железнодорожный транспорт и технологии» г. Екатеринбург, 2021 г., заседаниях кафедр «Станции и грузовая работа», «Управление эксплуатационной работой» ФГБОУ ВО РГУПС (г. Ростов-на-Дону), «Управление эксплуатационной работой» ФГБОУ ВО УрГУПС(г. Екатеринбург) 2021 г.

Внедрение результатов работы. Использование электронного журнала учета тормозных башмаков для закрепления подвижного состава, имеющего в своей основе авторский алгоритм, апеллирующий данными, содержащимися в п.3.9.1 (24) ТРА, станций позволяет исключить ошибки при определении норм закрепления подвижного состава на станциях ревизорского участка, а также ошибки в учете тормозных башмаков.

Результаты диссертационного исследования используются в работе железнодорожных станций, входящих в Ростовский центр организации работы железнодорожных станций – структурного подразделения Северо-Кавказской дирекции управления движением – структурного подразделения Центральной дирекции управления движением – филиала ОАО «РЖД» и подтверждены: удостоверением на рационализаторское предложение №2 от 30.01.2017 г. «Повышение уровня безопасности движения поездов и производства маневровой работы путем совершенствования порядка определения норм закрепления подвижного состава при помощи электронного журнала учета закрепления подвижного состава»; удостове-

нием на рационализаторское предложение №1 «Повышение безопасности движения, при помощи использования автоматизированного способа расчета норм закрепления подвижного состава и ведения журнала учета тормозных башмаков, используемых для закрепления подвижного состава в электронном виде в режиме реального времени»; актом об использовании результатов научной работы, выданным Северо-Кавказской дирекцией управления движением.

Публикации. Основное содержание диссертации и результаты исследования опубликованы в 7 научных работах общим объемом 3,2 п.л. (авторских – 1,7 п.л.), в том числе 3 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.

Структура и объем работы определены целью и задачами, поставленными и решенными в ходе исследования. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, библиографического списка из 117 наименования и 6 приложений. Работа изложена на 156 страницах основного текста, содержит 53 рисунка, 55 таблиц.

1 СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ И ЗАКРЕПЛЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

1.1 История развития систем обеспечения безопасности транспортных процессов на железных дорогах

Железнодорожный транспорт существует в России уже более 180 лет, открытое акционерное общество «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД») создано 18 лет назад и входит в пятерку крупнейших поставщиков по оказанию транспортных услуг в мире (таблица 1.1). На территории Российской Федерации железные дороги играют огромную роль и являются не просто транспортной сетью, а крупнейший логистическим транспортным комплексом, оснащенным современным оборудованием и применяющим новейшие технологии и научные тенденции для перевозки пассажиров и грузов, тем самым предоставляя качественный продукт в транспортной отрасли.

Повышение безопасности станционных транспортных процессов по закреплению одиночного подвижного состава и организованных грузовых и пассажирских поездов на приемоотправочных путях является непреложным условием работы железнодорожного транспорта

Исторически, с момента возникновения первых железных дорог начались исследования в сфере технико-технологических решений по обеспечению безопасности перевозок. Изначально для каждой железной дороги создавался свой свод правил и нормативной документации – постановления и приказы по осуществлению транспортировки пассажиров и различного рода грузов. С 1874 года было решено создать и выпустить единые «Правила движения по железным дорогам, открытым для общего пользования» [1, 37].

Таблица 1.1 – Показатели работы ОАО «РЖД»

Показатели	Год				
	2015	2016	2017	2018	2019
Объемные показатели					
Грузооборот, млрдт-км	2954,9	2997,8	3176,2	3304,8	3305
Пассажирооборот, млрд пасс. - км	120,4	124,5	122,9	129,4	133,4
Финансовые показатели (млрд руб.)					
Доходы всего, в т.ч.	1510,8	1577,5	1697,6	1798,4	1848,1
Доходы от перевозок, услуг инфраструктуры и локомотивной тяги,	1326	1387	1493,6	1585,1	1641,9
грузовые перевозки	1203,9	1254,5	1352,8	1454,5	1503,4
предоставление услуг локомотивной тяги	10,5	10,9	11,2	-	-
предоставление услуг инфраструктуры	99,8	104,6	107,8	105,6	110,6
пассажирские перевозки	11,7	17	21,8	24,9	27,9
Доходы от прочих видов деятельности	184,8	190,5	204	213,3	206,2
Расходы всего, в т.ч.	1427,2	1460,3	1557,6	1657,6	1681,9
Расходы по перевозкам, услугам инфраструктуры и локомотивной тяге	1266,2	1296,2	1381,8	1469,5	1498,5
грузовые перевозки	1137,4	1160,8	1246	1332,2	1350,1
предоставление услуг локомотивной тяги	7,8	8,1	8,3	-	-
предоставление услуг инфраструктуры	109	112,4	108,8	114,6	122,3
пассажирские перевозки	11,9	14,9	18,7	22,7	26
Расходы по прочим видам деятельности	161	164,1	175,8	188,1	183,4
Прибыль (убыток) всего, в т.ч.	83,6	117,2	140	140,8	166,3
Прибыль (убыток) от перевозок, услуг инфраструктуры и предоставления локомотивной тяги	59,8	90,8	111,8	115,7	143,4
Прибыль (убыток) от прочих видов деятельности	23,8	26,4	28,2	25,1	22,9
Прибыль (убыток) до налогообложения	25	43,6	52,2	56,8	98,2
Чистая прибыль	0,3	6,5	17,5	18,4	53,5

Основами современных инструкций по движению поездов, сигнализации и связи и правил технической эксплуатации послужили труды родоначальников железнодорожного дела:

1) постановление МПС № 1 «О пределах размеров подвижного состава и приближения строений к путям железных дорог России», созданные профессором Н.И. Липиным – 1860 год;

2) «Положения об эксплуатации паровозных железных дорог», разработанные профессором П.П. Мельниковым – 1865 год;

3) «Эксплуатация железных дорог», опубликованная профессором А.М. Шишковым – 1887 год;

4) «Общий устав железных дорог Российской империи», утвержденный в 1885 году [1].

Инструкции, нормативные акты, положения и прочие документы – это только один аспект теории безопасности, другой более важной составляющей являются: научные труды, изобретения и технические разработки.

Например, в 1857 г. в Германии было впервые создано устройство для закрепления вагонов, отличающегося компактностью, универсальностью, эффективностью, нашедшего впоследствии широчайшее распространение на всех железных дорогах мира. Этим устройством явился ручной тормозной башмак, укладываемый на рельс перед движущимися вагонами и оказывающий значительное тормозное воздействие при наезде на него колеса. За годы развития железнодорожной техники и технологии были созданы десятки различных моделей башмаков (деревянные, металлические, однобортные, двубортные, в виде одной монолитной конструкции или собранный из нескольких узлов, с ребрами жесткости или без них, с разными типами заклепок и т. д.), но главные конструктивные особенности остались неизменными: наличие полоза, на который накатывается колесо, колодки, в которую упирается его круг катания, и ручки. Одним из таких башмаков, который позднее стал применяться и в России, был немецкий башмак системы Бюссинга (одно- и двубортный). Хорошо зарекомендовали себя также башмаки системы Ширенко и некоторые другие конструкции. В настоящее время наиболее распространенной является сборная металлическая конструкция башмака, состоящая из полоза толщиной 6–8 мм и колодки высотой 120–125 мм, соединенной с полозом двумя заклепками. Наряду с торможением такие башмаки стали повсеместно применять также для закрепления вагонов и составов на путях, что особенно актуально в условиях постепенного совершенствования буксового узла колесных пар вагонов и улучшения их ходовых свойств. Тормозные башмаки первоначально использовали только для полной остановки вагонов. Постепенно потребовалось сделать так, чтобы вагон мог снизить свою скорость до определенного значения и затем двигаться дальше. Выполнить указанное требование удалось в результате изобретения в начале 1900

г. так называемых башмакосбрасывателей. Применение башмакосбрасывателей существенно повысило надежность регулирования скорости движения вагонов. Остановка вагонов тормозными башмаками с башмакосбрасывателями впервые была применена в Европе [21].

Более полувека тормозной башмак исправно служит Российским железным дорогам. На Западно-Сибирской железной дороге установлен памятник тормозному башмаку.

До 1969 г. в СССР производилось шесть типов башмаков, из них было четыре типа горочных и два типа стояночных. Горочные тормозные башмаки в процессе эксплуатации должны были выдерживать до 160 торможений при их использовании на немеханизированных сортировочных горках, 370 торможений при использовании на механизированных горках и около 400 торможений при использовании на полугорках.

Срок эксплуатации тормозных башмаков, применяемых для закрепления подвижного состава должен был составлять не менее 4 лет в парках формирования и не менее 10 лет при использовании для закрепления составов на перегонах и у стрелочных постов. В процессе эксплуатации тормозных башмаков в их конструкцию вносились изменения, и не всегда в лучшую сторону. В 50-х годах конструкция тормозных башмаков была изменена и эти изменения отрицательно сказались на их эксплуатационные характеристики. Было произведено уменьшение толщины заходной части носка с 7 до 2,5 мм, а также сокращена длина носка со 160 до 100 мм. Вследствие этих изменений происходило тормозные башмаки заклинивание в кривых участках пути, на башмакосбрасывателях происходило расплющивание носка тормозного башмака и появление трещин на полозе, а при наезде колесами происходил отрыв борта.

С 1969 г. разделение тормозных башмаков на горочные и предназначенные для закрепления подвижного состава прекращено. В данном году было принято решение об использовании единого типа тормозного башмака и для выполнения операций по закреплению подвижного состава и для регулирования скоростей отцепов на сортировочных горках.

В 1989 г. был утвержден новый сборочный чертеж тормозного башмака 8739.00 СБ и технические условия, а также изменена марка стали, из которой изготавливался тормозной башмак.

В Европе применяется больше количество типов тормозных башмаков массой от 5 до 45 кг. Европейские башмаки имеют следующие характерные особенности, положительно влияющие на эксплуатационные свойства:

1) носок тормозного башмака удлинен и имеет укороченные борта, что предотвращает отрыв бортов при наезде;

2) наклон задней стойки колодки имеет угол оптимальной величины, чтобы сила давления колеса действовала вдоль колодки. По сравнению Российскими аналогами величина угла Европейских тормозных башмаков больше на 15–20 градусов, что уменьшает изгиб в стойке, тем самым увеличивая ее прочность. Данная особенность также способствует более равномерному распределению давления полза на рельс, что предотвращает схватывание полза башмака с рельсом и снижает риск перекачивания колеса через башмак. Борта тормозного башмака, разработанного Федеральным институтом охраны труда в Дортмунде (ФРГ), более низкие, что положительно сказывается на увеличении сопротивления деформации бортов и снижает массу башмака. Для исключения схватывания с рельсом, из-за изготовления задней заклепки, из мягкого материала, заклепка выведена из зоны контакта. Фрикционная накладка выполняется как отдельная, сменная деталь, что дает возможность повысить ее фрикционные свойства. Башмак модели S-87 имеет углубление на носке полза, затрудняющее скатывание колеса после наезда на башмак, и увеличенную высоту упора для предотвращения перекачивания колеса через башмак. Ручка выполнена в виде заднего упора с целью предотвращения ее излома при обратном наезде колеса.

В связи с переводом вагонного парка на роликовые подшипники возникла проблема закрепления подвижного состава на станционных путях. Объясняется это тем, что оборудованные роликовыми подшипниками вагоны потеряли способность удерживать самих себя на станционных путях, которые, как известно, в основном строились много лет тому назад с профилем от 0 до 2,5 ‰ в расчете на вагоны с

подшипниками скольжения. Сопротивление троганию с места таких вагонов почти в пять раз больше сопротивления вагонов на подшипниках качения. При весе состава, например 4000 тс действующая на состав движущая сила от уклона 2,5 ‰ составляла 10 тс, а удерживающая сила от сопротивления вагонов на подшипниках скольжения была равна 18 тс. В результате состав удерживался с запасом в 8 тс. При оборудовании вагонов роликовыми подшипниками состав весом 4000 тс удерживается на пути с тем же уклоном с силой всего 4 тс. В этом случае движущая сила от уклона превышает удерживающую на 6 тс, и вагон может приходить в движение.

Известно, что укладка тормозных башмаков для закрепления подвижного состава производится вручную. Вес тормозного башмака, приведенного на рисунке А.1 приложения А является его недостатком. С целью облегчения ручного труда имеется модификация облегченного башмака. Вес такого башмака составляет порядка 4,5 кг. При этом эксплуатационные характеристики таких тормозных башмаков такие же, как и у обычных [88, 91].

Упор УЗ-220 также является ручным средством закрепления подвижного состава, предназначенный для закрепления одиночных вагонов составов массой до 1000 т на тупиковых путях, путях грузовых районов. Величина уклонов железнодорожных путей, на которых производится закрепление подвижного состава при помощи УЗ-200, не должна превышать 3,5 ‰.

Для закрепления подвижного состава колодка упора устанавливается на головку рельса непосредственно у обода колеса подвижного состава со стороны уклона (рисунок А.2, Приложение А).

Основным механизированным устройством закрепления подвижного состава на сети дорог является упор тормозной стационарный – **УТС-380**.

Упор УТС-380 предназначен для механизированного закрепления подвижного состава, стоящего на станционных (кроме главных) путях различных парков. Упор имеет климатическое исполнение «У» категории I по ГОСТ 15150-69 и может эксплуатироваться на всей сети железных дорог [78, 85, 86, 101].

Для эксплуатации упора УТС-380, на станции должна быть разработана местная Инструкция по эксплуатации, регламентирующая порядок закрепления (раскрепления) подвижного состава, порядок подхода локомотива к составу, порядок отпуска тормозов, для минимизации воздействия колодки упора (рисунок А.3, Приложение А).

Одной из разновидностей УТС-380 является **подвижное закрепляющее устройство** (ПЗУ). Оно может быть использовано в условиях некоторых ограничений, возникающие при эксплуатации УТС-380. Данное устройство позволяет закреплять состав без приведения его в движение для наката на упор. Длина закрепляющей позиции составляет 1,5-2,0 м. Это устройство является автоматизированным средством закрепления подвижного состава с контролем занятости упоров [82].

Система блокировки, используемая в подвижном устройстве, и его конструкция обеспечивают высокую надежность закрепления и сохранность подвижного состава и полностью исключают «человеческий» фактор.

ПЗУ имеет большую массу конструкции, высокий расход электроэнергии на закрепление, а также большие трудозатраты на обслуживание и монтаж в сравнении УТС-380. Вместе с этим, в отличие от УТС-380 данное устройство имеет большее удерживающее усилие, что позволяет его использовать для закрепления тяжеловесных грузовых поездов на путях с большими уклонами.

Еще одним механизированным средством закрепления подвижного состава является балочное заграждающее **устройство с дистанционным управлением типа БЗУ-ДУ** (рисунок А.4, Приложение А). Функция, выполняемая балочным заграждающим устройством – торможение и удержание подвижного состава и отцепов для исключения несанкционированного выхода подвижного состава за пределы полезной длины путей.

Подвижное закрепляющее устройство с упором в автосцепку вагона лишено недостатка, присущего УТС, выраженного в значительных изгибающих моментах на пятник и подпятник. Закрепление состава производится посредством установки упорной головки устройства с упором в автосцепку вагона. Все нагрузки

передаются через автосцепные устройства и рамы вагонов. Данное устройство также является автоматизированным средством, предназначенным для закрепления подвижного состава, с контролем положения, выведенном на аппаратуру управления ДСП. Подвижный упор в автосцепку создает закрепляющую силу 30-40 тс и может закреплять составы любого веса и на всех станционных путях. К недостаткам устройства можно отнести невозможность закрепления подвижного состава со стороны нахождения локомотива, закрепление производится через автосцепку хвостового вагона.

Автоматическое устройство балочного типа (вагонный замедлитель-зажим) системы МИИТа (АУБТ) разработано на кафедре «Железнодорожные станции и узлы» МИИТа в 1990 году и было внедрено в парке Москва-3 в 1996 г., станции Москва-Пасс.-Ярославская в 1999 г., Москва-Пассажирская-Казанская и Москва-Пассажирская-Бутырская в 2004 г. и на других станциях.

Опыт эксплуатации и испытания автоматических устройств балочного типа для торможения вагонов показал, что они могут использоваться в качестве:

- 1) автоматических устройств балочного типа для гашения ударов при возможном наезде на призмы тупиковых путей пассажирских станций;
- 2) автоматических устройств балочного типа для закрепления грузовых и пассажирских вагонов включая вагоны с опасными грузами и составов на тупиковых, отстойных, погрузочно-разгрузочных и других путях;
- 3) автоматических устройств балочного типа для безюзового торможения на ручных тормозных позициях;
- 4) автоматических устройств балочного типа для торможения и закрепления отцепов на путях подборки вагонов;
- 5) автоматических устройств балочного типа для гашения энергии поездов в улавливающих тупиках;
- 6) автоматических устройств балочного типа для очистки колес вагонов от мазута, снега и грязи перед роспуском составов с горки;

7) автоматических устройств балочного типа с ручным или дистанционным управлением для закрепления, торможения вагонов, заграждения путей и очистки колес.

Все эти преимущества достигаются самой конструкцией автоматического устройства балочного типа. Автоматическое устройство балочного типа может размещаться на одном рельсе пути, а при необходимости увеличения силы закрепления - на двух рельсах.

На тупиковых путях автоматическое устройство балочного типа должно размещаться в начале путей. При подаче на путь первой группы вагонов первая от локомотива тележка или две тележки смежных вагонов ставятся на устройство. При подаче второй группы вагонов на тупиковый путь стоящие на нем вагоны осаживаются до тех пор, пока первый вагон от локомотива не станет на закрепляющее устройство.

При уборке второй группы вагонов первая группа возвращается в исходное положение. При наличии сквозных путей с уклонами в сторону входной горловины закрепляющие устройства также размещаются в начале путей.

С целью исключения торможения всех вагонов и локомотива при приеме и отправлении поездов или подачи составов для таких путей разработано управляемое закрепляющее устройство [83].

Зарубежные устройства закрепления подвижного состава.

На зарубежных железных дорогах близких аналогов устройствам УТС-380 и УЗР-68 нет. Так, фирмой Windhoff (Германия) разработан опускающийся упор VP 600. Он успешно используется на сортировочной станции Нюрнберг. Упор состоит из двух расположенных по обеим сторонам пути частей, смонтированных на стальных шпалах, которые в 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.

Еще одной разновидностью упора является опускающийся упор VVP 500, состоящий из рамы, установленной на верхнем строении пути, на которой расположены пружины, приводящие упор в рабочее положение. Зона перемещения упора составляет 30 м. Упор перемещается электроприводом через замкнутую систему тросов, связанную с тележкой упора. В нерабочем положении в начале зоны перемещения система приводных рычагов опущена, и упор не препятствует проезду подвижного состава. При выходе из этой позиции под действием предварительно напряженной пружины система рычагов переводит упор в рабочее состояние. Скорость передвижения упора составляет 0,5 м/с. Усилие, оказываемое закрепленным вагоном, при помощи системы рычагов и тросов передается на верхнее строение пути.

Классификация основных устройств, предназначенных для закрепления подвижного состава приведена на рисунке 1.1 [87].

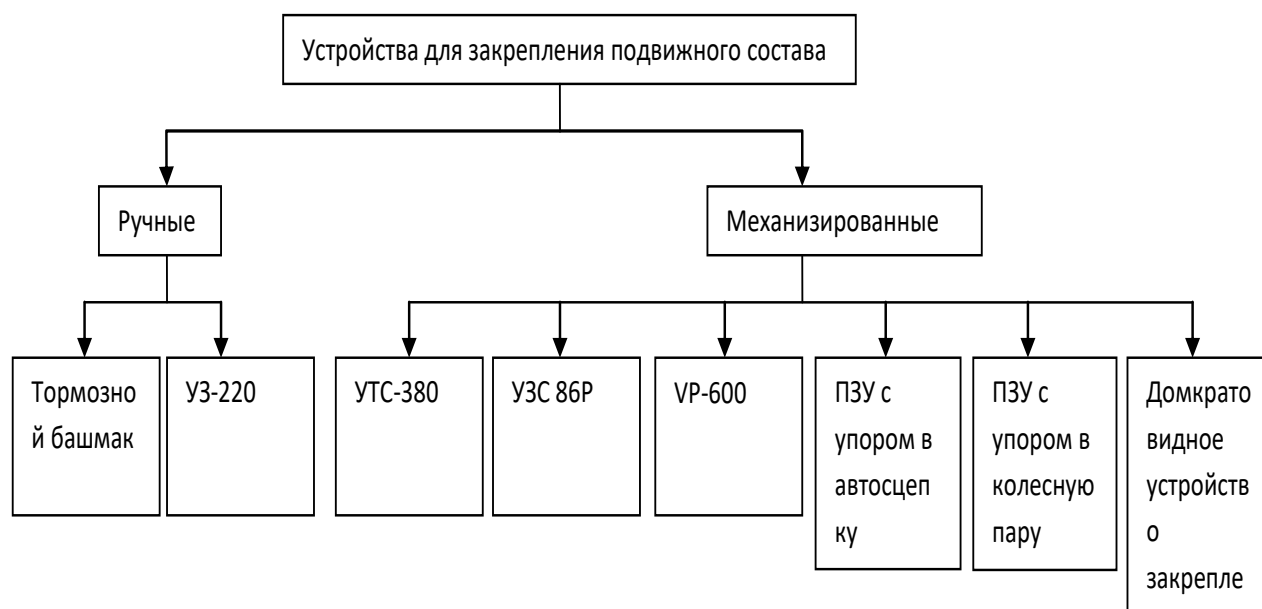


Рисунок 1.1 – Классификация основных устройств закрепления подвижного состава

1.2 Анализ существующей технологии расчета и закрепления подвижного состава различной массы и длины на путях железнодорожных станций

Порядок определения норм закрепления прослеживается с 01.07.1979 г. – со времени утверждения инструкции по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах Союза ССР №3802 [22]. Приложением 2 [2] устанавливались правила определения норм закрепления для подвижного состава, оборудованного подшипниками скольжения и роликовыми подшипниками. В указанной инструкции использовался порядок определения количества тормозных башмаков, которое прямо пропорционально величине уклона, на котором располагался подвижной состав. То есть в основе определения норм закрепления лежала пропорция произведения величины спуска на количество осей закрепляемого состава, деленное на 200. Для закрепления вагонов, имеющих роликовые подшипники к норме, рассчитанной для закрепления такого же числа вагонов, состоящих и вагонов на подшипниках скольжения прибавлялись поправочные коэффициенты. Эти коэффициенты также рассчитывались по пропорции, количества тормозных башмаков на каждые 200 осей требовалось увеличивать на 2 при закреплении груженых вагонов и на 3 при закреплении порожних вагонов.

Изложенные зависимости сведены в формулы:

- для подшипников скольжения:

$$K = \frac{n}{200} i, \quad (1.1)$$

где K - потребное количество тормозных башмаков, шт.;

n - количество осей закрепляемой группе, шт.;

i - средняя величина уклона пути железнодорожного пути, на котором производится закрепление вагонов, ‰;

- для груженых вагонов на подшипниках качения:

$$K = \frac{n}{200} (i + 2); \quad (1.2)$$

- для порожних вагонов на подшипниках качения:

$$K = \frac{n}{200} (i + 3). \quad (1.3)$$

В более поздних версиях ИДП, вплоть до действующей в настоящее время, применяется зависимость без учета типа подшипников, но учитывающая однородность закрепляемого подвижного состава. Формулы видоизменены и имеют следующий вид:

- для однородного подвижного состава:

$$K = \frac{n}{200} (1,5 \cdot i + 1); \quad (1.4)$$

- для разнородного подвижного состава:

$$K = \frac{n}{200} (4 \cdot i + 1). \quad (1.5)$$

Одним из наиболее распространенных механизированных устройств, предназначенных для закрепления подвижного состава, является УТС-380.

Закрепление подвижного состава производится при помощи УТС-380 работником, ответственным за закрепление (сигналист, составитель поездов, дежурный по парку или другой работник), далее по тексту «сигналист». Перед назначением на должность производится обучение и инструктаж сигналисту по порядку пользования упорами. При расположении подвижного состава на уклонах до 0,5 ‰ и закреплении при помощи УТС-380 со стороны спуска, дополнительно для закрепления необходима укладка одного тормозного башмака с противоположной стороны.

Закрепление составов производится с накатом колесной пары на полоза упоров. Расстояние между носком полоза и точкой касания колеса с головкой рельса не должно превышать 0,5 м.

При закреплении подвижного состава путем установки упора между тележками вагона работник производящий закрепление должен убедиться в отсутствии препятствий поднятию упора в рабочее положение.

Ответственность за исправность УТС-380; правильную остановку подвижного состава; правильную установку колодок УТС-380 их снятие при раскреплении; накатывание закрепляемой колесной пары на УТС-380, а также за обеспечение расстояния не более 0,5 м между колодками упоров и закрепляемой колесной парой (при закреплении без наката) возлагается на сигналиста.

Остановка подвижного состава перед выполнением операций по его закреплению должно производиться так, чтобы обеспечивалась свобода зоны установки колодок упора. Накат на упоры должен производиться плавным движением подвижного состава в сторону УТС-380 без толчков.

При закреплении подвижного состава на железнодорожных путях с уклонами, превышающими 2,5 ‰, закрепление производится с обязательным накатом на колодки упоров. Накат обязателен также при закреплении подвижного состава, с которым в последствии будет производиться техническое обслуживание.

Закрепление подвижного состава производится до отцепки локомотива от состава. Выполнение операции по проверке выключенного положения автосцепки в режиме тяги локомотива запрещено. Отпуск тормозов после закрепления производится от упора или с двух сторон: от упора и с хвоста состава.

Закрепление пассажирских вагонов осуществляется только на путях с уклонами, не превышающими 2,5 ‰, при этом расстояние между ползком упора и точкой касания колеса с головкой рельса не должно превышать 1,0 м.

Прицепка локомотива к подвижному составу, закрепленного при помощи УТС, должна производиться плавно без толчков. Запрещено производить проверку надежности сцепления локомотива с подвижным составом после прицепки в режиме тяги.

1.3 Техничко-технологические параметры продольных профилей станционных приемоотправочных путей

Согласно правилам [2, 3] железнодорожные станции, разъезды и обгонные пункты должны располагаться на горизонтальной площадке. В отдельных случаях допускается расположение их на уклонах не круче 1,5 ‰, а в трудных топографических условиях проектирования (далее – трудные условия) – не круче 2,5 ‰.

В особо трудных топографических условиях проектирования (далее – особо трудные условия) на разъездах и обгонных пунктах всех типов, на промежуточных

железнодорожных станциях продольного или полупродольного типов, на которых не предусматриваются маневры и отцепки локомотива или вагонов от состава и разъединение соединенных поездов, допускаются уклоны круче 2,5 ‰ в пределах станционной площадки. Допускаются также в особо трудных условиях уклоны круче 2,5 ‰ при удлинении приемоотправочных железнодорожных путей на существующих железнодорожных станциях, при условии принятия мер против самопроизвольного ухода вагонов или составов (без локомотива), но не круче 10 ‰ в обоих случаях.

Для предотвращения самопроизвольного ухода вагонов или составов (без локомотива) за пределы полезной длины путей на железнодорожных станциях, разъездах и обгонных пунктах продольный профиль вновь построенных и реконструированных приемоотправочных железнодорожных путей, на которых предусматриваются отцепка локомотивов от вагонов и производство маневровых операций, проектируется вогнутого (ямообразного) очертания с одинаковыми отметками высот по концам полезной длины путей.

В необходимых случаях для предупреждения самопроизвольного ухода вагонов на другие железнодорожные пути и маршруты приема, следования и отправления поездов должно предусматриваться, соответственно, устройство предохранительных тупиков, охранных стрелок, сбрасывающих башмаков, сбрасывающих остряков, сбрасывающих стрелок, применение стационарных устройств для закрепления вагонов, которые должны соответствовать требованиям правил [1], в том числе в отношении включения этих устройств в электрическую централизацию для контроля их положения.

Во всех случаях на железнодорожных станциях, разъездах и обгонных пунктах на уклонах должны быть обеспечены условия трогания с места поездов в пределах установленной нормы массы и условия удержания поездов вспомогательными тормозами локомотивов [1].

Профили подразделяются на следующие типы [89, 96, 97]:

1) площадка. Путь расположен горизонтально или имеет средний (приведенный) уклон не более 0,5 ‰ в любом направлении, причем на всем протяжении пути

отсутствуют отдельные элементы с большей крутизной;

2) монотонный профиль. Это такой профиль, когда, начиная с наибольшей отметки высоты в одном конце пути, каждая последующая точка, ограничивающая элемент профиля, находится ниже предыдущей, не опускаясь при этом ниже крайней точки в другом конце пути (рисунок 1.2). При таком профиле отдельные отрезки могут иметь уклон, равный нулю - горизонтальную площадку;

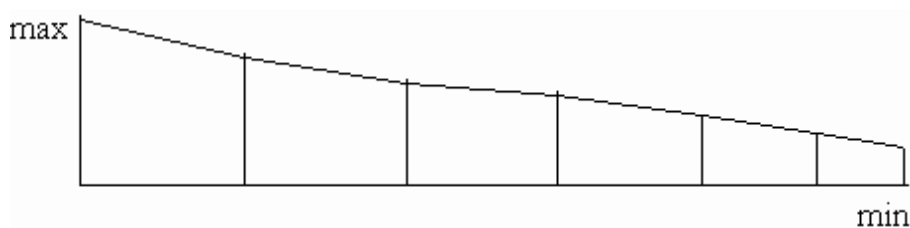


Рисунок 1.2 – Монотонный профиль

3) пилообразный (ломанный) профиль. При таком профиле отрезки пути могут иметь разные направления спуска, но и в этом случае, ни одна промежуточная точка не будет выше наивысшей точки в одном конце пути или ниже низшей точки в другом конце пути (рисунок 1.3).

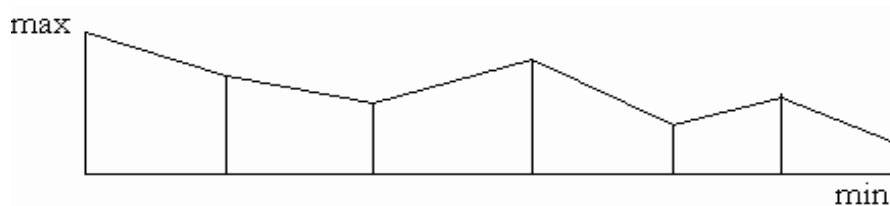


Рисунок 1.3 – Пилообразный профиль

И при таком профиле отдельные элементы могут иметь нулевой уклон. Для монотонного и пилообразного профиля характерным является то, что он не является ни выпуклым, ни вогнутым, то есть при нем отсутствует точка главного перелома, от которой средний спуск к концам путей имел бы разные направления (был бы направлен к концам путей) или, наоборот, от концов путей был бы направлен к данной точке.

Для монотонного и пилообразного профиля средний уклон на всем протяжении пути будет односторонним, т.е. направленным в одну сторону;

4) выпуклый профиль («гора»). Выпуклым считается профиль, при котором хотя бы одна промежуточная точка находится выше одновременно обеих крайних точек пути (рисунок 1.4).

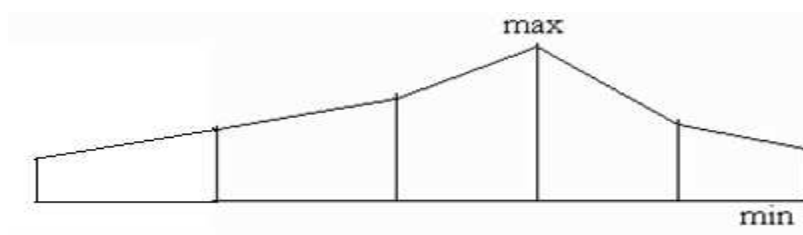


Рисунок 1.4 – Выпуклый профиль

Как частный случай, выпуклый профиль может иметь две наивысшие точки, между которыми элемент имеет нулевой уклон («горизонтальная площадка»).

Характерным для выпуклого профиля является то, что части пути, расположенные по обе стороны от точки главного перелома, имеют средний (приведенный) спуск, направленный в разные стороны от этой точки к концам путей (в сторону стрелочных горловин);

5) вогнутый профиль («яма»). При таком профиле хотя бы одна промежуточная точка расположена ниже одновременно обеих крайних точек пути (рисунок 1.5).

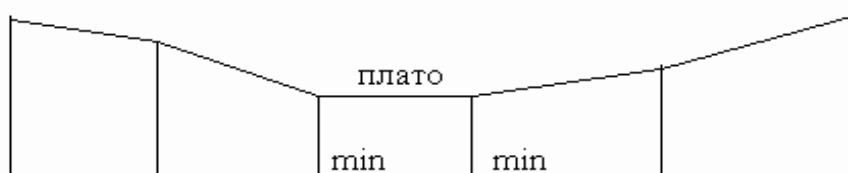


Рисунок 1.5 – Вогнутый профиль

Для вогнутого профиля характерно то, что части пути, расположенные по обе стороны от точки главного перелома (или горизонтальной площадки), имеют средний (приведенный) спуск, направленный в разные стороны от концов внутрь пути.

Помимо приведенных выше основных видов продольного профиля встречаются профили более сложной конфигурации, например, выпуклые имеющие не одну, а несколько точек перелома, расположенных практически на одной высоте, причем в разных частях пути [4, 36, 46].

Анализ параметров продольных профилей железнодорожных путей основных станций (внеклассных, 1 класса) Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «РЖД», на которых в 2017 г. производился прием-отправление грузовых поездов, приведен в таблице 1.2 и на рисунке Б.1 в приложении Б.

Таблица 1.2 - Количественные данные распределения путей по типам продольных профилей рассматриваемых станций СКЖД

Вид профиля пути	Количество, шт.	Доля, %
Количество путей с монотонным профилем	87	23,32
Количество путей с пилообразным профилем	76	20,38
Количество путей с профилем гора	166	44,50
Количество путей с вогнутым профилем	44	11,80
Итого:	373	100,00

Из 373 рассмотренных продольных профилей железнодорожных путей 23% относятся к монотонному, 20% - к пилообразному, 45% - к типу «гора» и 12% - к вогнутому типу.

Проведен анализ распределения случаев приема поездов, у которых отличалось количество вагонов от количества условных вагонов на пути рассматриваемых станций по типам продольных профилей путей, приведенный в таблицах Б.1 – Б.2 и рисунке Б.2 приложения Б.

Наиболее проблемным типом продольного профиля железнодорожного пути, на котором необходимо производить закрепление подвижного состава с точки зрения безопасности станционных технологических процессов является продольный

профиль типа «гора». Именно данный тип продольного профиля преобладает на путях рассматриваемых станций и на пути с данным профилем приходится наибольшее количество случаев закрепления составов поездов.

1.4 Классификация транспортных происшествий по нарушениям условий закрепления подвижного состава

Классификация транспортных происшествий и иных событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, определяются [23, 24, 48, 52, 67].

Согласно данному положению транспортные происшествия и события, связанные с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта классифицируются по критериям [70]:

1) крушение - столкновение железнодорожного подвижного состава с другим железнодорожным подвижным составом, с транспортным средством, сход железнодорожного подвижного состава на перегоне или железнодорожной станции, при поездной или маневровой работе, экипировке или других передвижениях, в результате которых случилась гибель людей, причинен тяжкий вред здоровью пяти и более человек, возникла чрезвычайная ситуация, поврежден железнодорожный подвижной состав до степени исключения из инвентаря, нарушены условия жизнедеятельности.

2) авария - столкновение железнодорожного подвижного состава с другим железнодорожным подвижным составом, транспортным средством, сход железнодорожного подвижного состава на перегоне или железнодорожной станции, при поездной или маневровой работе, экипировке или других передвижениях, в результате которых причинен тяжкий вред здоровью, возникла чрезвычайная ситуация, при которой пострадало менее десяти человек; нарушены условия жизнедеятельности менее 100 человек, либо поврежден железнодорожный подвижной состав и

для восстановления его исправного состояния требуется проведение капитального ремонта;

3) происшествия при перевозке (транспортировке) опасных грузов;

4) события, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта.

Анализ причинно-следственных связей несанкционированного движения подвижного состава приведен на рисунке 1.6.



Рисунок 1.6 – Диаграмма причинно-следственных связей несанкционированного движения подвижного состава

Распределение транспортных происшествий и иных событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, допущенных на сети дорог, отнесенных за хозяйством перевозок за период с 2010 г по 2020 г., а также отношение случаев несанкционированного движения подвижного состава к общему количеству нарушений безопасности движения (аварий, крушений, событий), допущенных за период с 2010 г. по 2020 г. приведены на рисунках 1.7-1.10.



Рисунок 1.7 – Распределение транспортных происшествий и иных событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, допущенных на сети дорог, отнесенных за хозяйством перевозок за период с 2010 г. по 2020 г.

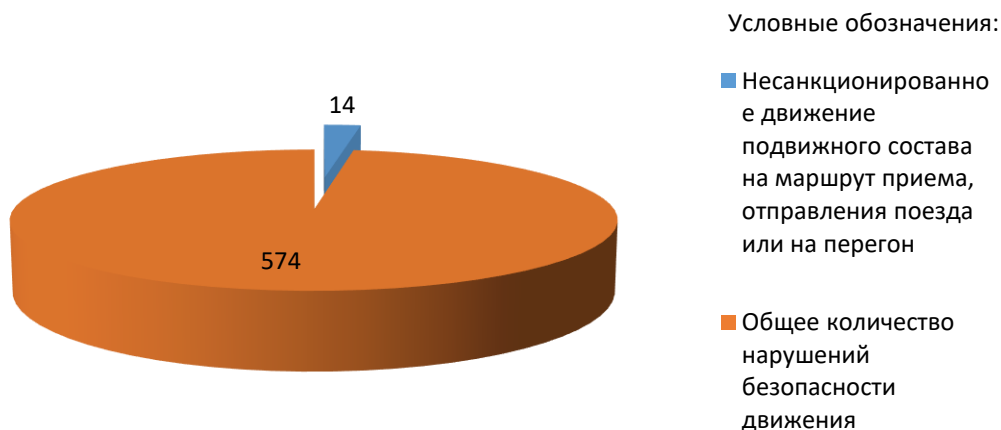


Рисунок 1.8 – Отношение случаев несанкционированного движения подвижного состава к общему количеству нарушений безопасности движения (аварий, крушений, событий), допущенных за период с 2010 г. по 2020 г.

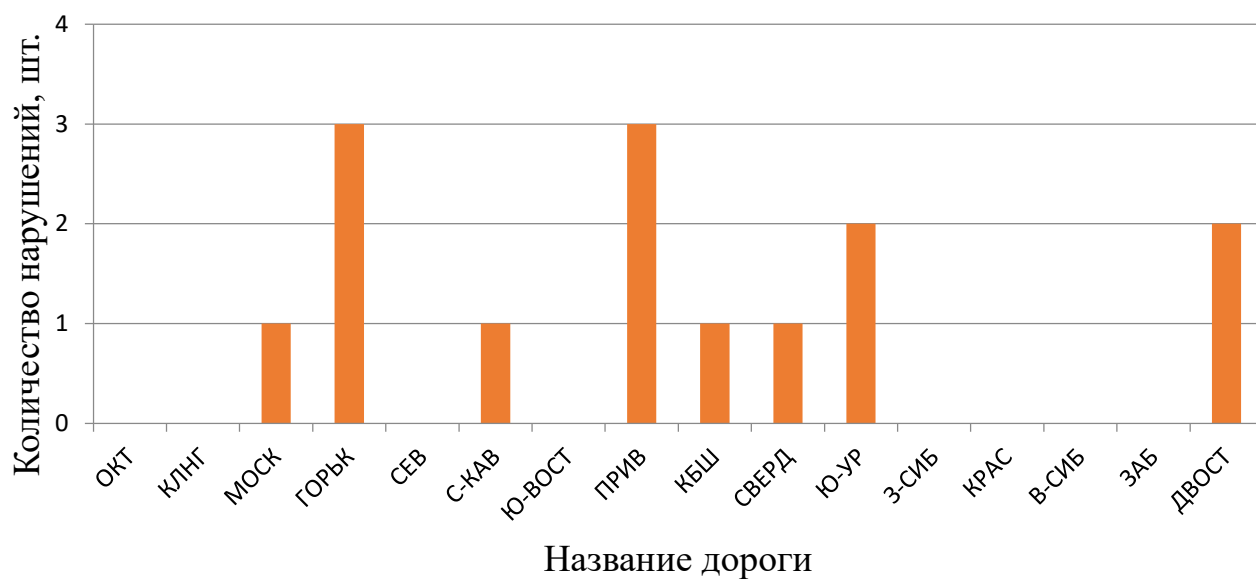


Рисунок 1.9 – Распределение случаев несанкционированного движения подвижного состава за период с 2010 г. по 2020 г., отнесенных по ответственности по дирекциям управления движением

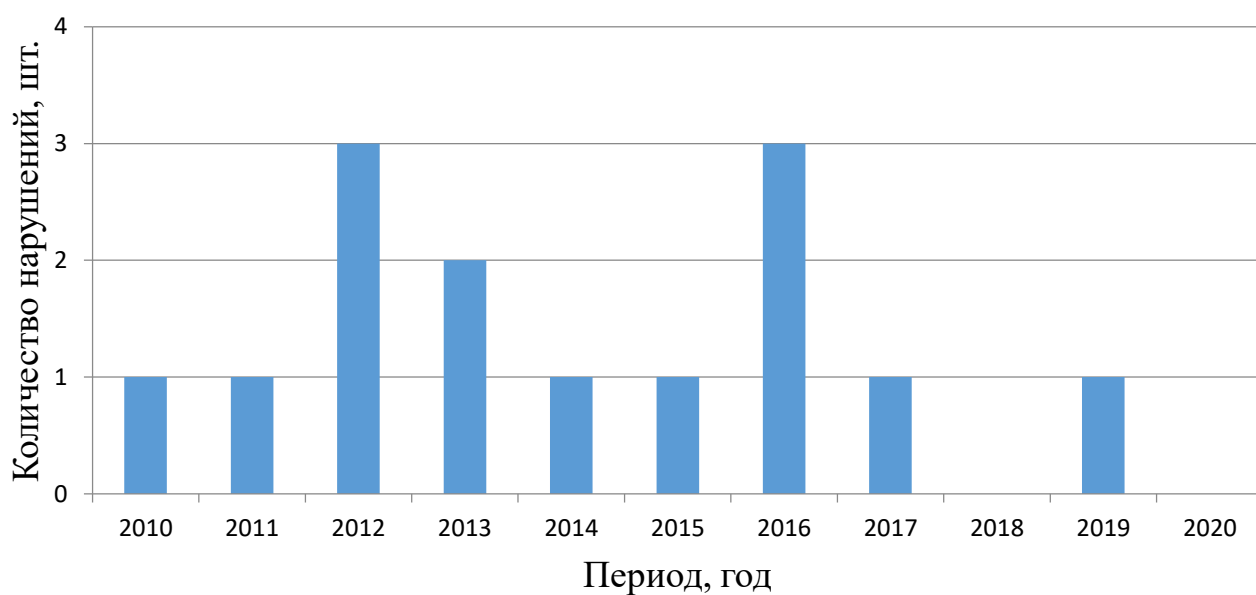


Рисунок 1.10 – Распределение случаев несанкционированного движения подвижного состава за период с 2010 г. по 2020 г., отнесенных по ответственности по дирекциям управления движением по годам

1.5 Выводы по главе

Исследования, результаты которых представлены в главе, показали, что отсутствие расчетов для закрепления разнородного подвижного состава, имеющего различную длину по осям сцепления – это основной недостаток существующей методики.

Несовпадение фактической длины подвижного состава с его условной длиной может стать причиной расположения состава на спрямленном уклоне, который отличается от расчетного, а также выхода части состава за перелом продольного профиля пути, особенно, если он имеет выпуклый тип - «гора».

Для подтверждения необходимости развития методики расчета закрепления для составов, состоящих из различного рода вагонов проведены следующие исследования:

1. Проанализированы продольные профили железнодорожных путей 16 станций Северо-Кавказской железной дороги (6 внеклассных станций, 9 станций 1 класса, 1 станция 2 класса);
2. Проведен анализ соотношения количества вагонов, входящих в составы поездов с количеством условных вагонов, используемых при определении длин рассматриваемых поездов.
3. Проведен анализ распределения случаев приема поездов в зависимости от типов продольных профилей приёмootправочных путей рассматриваемых станций.
4. Выполнен обзор технических характеристик подвижного состава, используемого для расчета норм закрепления, как для обращающегося на инфраструктуре ОАО «РЖД», так и для подвижного состава перспективных типов (таблица В.7 Приложения В).

2 ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕОРИЙ И МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ СТАНЦИОННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ

2.1 Отечественный и зарубежный научный опыт в обеспечении безопасности станционных транспортных процессов

Неоценимый вклад в науку в области безопасности управления перевозками на железнодорожном транспорте в разное время внесли такие видные отечественные ученые: В.Н. Образцов, С.Д. Корейша, В.Н. Никитин [49] и др.

В настоящее время существует более 20 научных школ, связанных с обеспечением безопасности перевозочного процесса.

Значительный вклад в область расчетов закрепления подвижного состава внес ученый и изобретатель – к.т.н. Рудановский В.М. В своем труде [17] он разработал основы расчетов норм для закрепления вагонов на основе определения сил, действующих на вагоны, с учетом нормального закона распределения отклонения величин сил, действующих на состав, вычислив вероятность ухода вагонов.

Известно, что настоящее время на станциях сети железных дорог для закрепления подвижного состава в основном используются тормозные башмаки, необходимое количество которых определяется действующими нормами и правилами. С целью снижения трудоемкости выполнения операций закрепления подвижного состава и усиления контроля за числом устанавливаемых и снимаемых тормозных башмаков на станциях сети используются различные меры: в приемоотправочных парках тормозные башмаки к составу подвозятся на специальных тележках, а для контроля за установкой тормозных башмаков используются специальные табло, а также, разработанный и в настоящее время внедряемый журнал учета тормозных башмаков.

В последнее время специалистами ВНИИЖТа, МИИТа, Свердловской железной дороги разработаны ряд конструктивных решений устройств закрепления по-

движного состава. Некоторые из этих устройств внедряются на станциях сети железных дорог, другие находятся на стадии разработки, третьи выполнены на уровне изобретений. Несмотря на то, что эти устройства различны по принципу действия и по показателям, все они должны удовлетворять эксплуатационно-техническим требованиям, утвержденным ОАО «РЖД» для устройств закрепления подвижного состава. Устройствами, одобренными к эксплуатации, в настоящее время являются УТС-380, УЗС, УЗР и т.д.

Проблемам закрепления подвижного состава на станционных путях, предотвращения самопроизвольного ухода подвижного состава, разработке новых технических средств механизированного закрепления посвящены труды докторов технических наук В.П. Шейкина, К.С. Исаева, кандидатов технических наук И.П. Старшова [40], М.В. Стрелкова, В.А. Буракова, С.К. Цымбалюка, инженера Н.И. Пачеса и др.

Отечественными учеными и инженерами (К.С. Исаевым, В.В. Горой, Н.И. Сушковым, И.П. Старшовым, А.И. Морозовым, В.П. Шейкиным, О.Ю. Наркевичем, В.З. Никишиным, В.Н. Толкачевым, И.С. Авруцким, В.А. Кобзевым [69, 80, 95], В.А. Бычковым и др.) развиты методы обеспечения безопасности транспортных процессов и разработаны устройства для закрепления рельсовых транспортных средств (упор для закрепления железнодорожного подвижного состава, заграждающее устройство, упругий упор и др.).

Вклад в развитие механизации средств закрепления подвижного состава внес инженер Н.И. Пачес, который в соавторстве с В.А. Плюсниним, М.А. Черниным, разработал устройство для закрепления подвижного состава [42].

В работе «Повышение безопасности работы железнодорожных станций на основе совершенствования и развития станционной техники», написанной в соавторстве Кобзевым В.А., Старшовым И.П., Сычевым Е.И. рассмотрена проблема безопасности движения на железнодорожных станциях, изложены сведения о назначении, устройстве, особенностях эксплуатации различных технических средств, обеспечивающих безопасность станционных технологических процессов, об их развитии и совершенствовании.

Подробно рассмотрены устройства, предназначенные для закрепления подвижного состава в трудах профессора Буракова В.А. и доцента Сычева А.Е. [13].

В настоящий момент система оценки рисков функциональной безопасности для инфраструктурных хозяйств базируется на результатах многолетней работы, которая ведётся под руководством ОАО «РЖД» и касается нормативной базы в области обеспечения безопасности движения [1–6], на нормативных документах УР-РАН [7–11], а также прочих национальных и отраслевых стандартах и методиках [12, 14, 15].

В соответствии с поставленными задачами система обеспечения безопасности движения должна не просто констатировать тот или иной уровень риска, а прогнозировать его и определять те меры, с помощью которых потери, связанные с транспортными происшествиями и событиями, оставались бы в зоне допустимого риска, соответствовали показателям принятой в декабре 2015 г. обновлённой Стратегии обеспечения гарантированной безопасности движения в холдинге «РЖД» [4].

Вклад в определении норм закрепления вагонов, но уже при помощи ручных тормозов внес профессор Б.Л. Карвацкий [19].

В работе к.т.н. Бородиной В.А. «Обоснование выбора средств механизированного закрепления вагонов и составов на станционных и подъездных путях» представлена методика выбора средств механизированного закрепления подвижного состава в различных эксплуатационных условиях работ станций. Предложен способ определения комплексной оценки разработанных средств механизированного закрепления. Установлено соответствие механизированных средств требованиям, предъявляемым к закреплению вагонов и составов, при выполнении с ними различных технологических операций.

Оригинальный способ определения норм закрепления подвижного состава предложил М.И.Глушко в монографии «Развитие тормозных средств подвижного состава» (2009 г.) [16, 84].

Однако в исследованиях отечественных и зарубежных ученых недостаточно уделяется внимание методу расчета норм закрепления разнородного подвижного состава и совместного использования устройств закрепления (УЗ).

В настоящее время на сети ОАО «РЖД» в качестве основного средства для закрепления подвижного состава применяется тормозной башмак. Имеется также ряд механизированных способов закрепления подвижного состава. Тормозной башмак имеет ряд недостатков, которые накладывают ограничения при его эксплуатации. Одним из таких ограничений является запрет на оставление подвижного состава, закрепленного на путях, имеющих уклоны более 2,5 ‰, не оборудованных устройствами, предотвращающими уход вагонов на маршруты приема и отправления поездов и прилегающий перегон. В указанном случае тормозной башмак применяется в сочетании со сбрасывающими остряками, стрелками, колесосбрасывающими башмаками и другими устройствами предотвращающими выход подвижного состава на маршруты следования поездов.

На зарубежных железных дорогах, например, США и Германии одним из способов закрепления подвижного состава являются ручные тормоза вагонов. Наряду с ними используются различные модели тормозных башмаков, конструкции упоров, взаимодействующих с подвижным составом (с буферами, автосцепкой и т.д.). Эти устройства имеют в основном ручной способ установки и не могут решать проблемы устранения уходов подвижного состава на отечественных дорогах.

Рассматривая перспективу развития зарубежного опыта можно отметить, что наибольшую распространенность в качестве средств закрепления подвижного состава получили автотормоза подвижного состава, которыми и производится удержание состава после отцепки локомотивов, в случае длительной стоянки вагонов подвижной состав закрепляется ручными тормозами.

В январе 2020 г. ведущие немецкие объединения железнодорожной отрасли подписали хартию цифровой автосцепки DAC в грузовом движении, которая наряду с автоматическим сцеплением вагонов предусматривает автоматическое соединение воздухопроводов и магистралей электропитания и передачи данных. Это позволяет автоматически опробовать тормоза грузового поезда, внедрить электропневматический тормоз, а также контролировать целостность поезда бортовыми средствами. Затем в июле 2020 г. была запущена европейская программа внедрения

DAC в рамках инициативы Shift2Rail, месяц спустя в Германии начались испытания образцов автосцепки четырех изготовителей, а в сентябре полный переход к DAC поддержали ведущие европейские железные дороги и международные отраслевые объединения, включая МСЖД. Выбрать подходящую конструкцию автосцепки DAC планируют до конца 2022 гг. Стоимость внедрения DAC на железных дорогах Европы оценивают в 6–10 млрд евро, массовый переход на нее запланирован на 2025–2030 гг. [25, 71] Внешний вид автосцепки приведен на рисунке. 2.1.



Рисунок 2.1 – Автосцепка DAC в рамках инициативы Shift2Rail

В качестве средств закрепления на железных дорогах Америки также применяются тормозные башмаки. Стандартный тормозной башмак 4016-10, предназначенный для остановки движущихся вагонов со скоростями не более 7,2 км/ч и их последующего закрепления (рисунок 2.2). Данный тормозной башмак может применяться в сочетании с противооткатными упорами. Вес башмака составляет 8,6 кг. Торможение производится не более 1 вагона. Условием безопасности при закреплении вагонов тормозными башмаками является накат ободом колеса на полз тормозного башмака в сочетании с автотормозами.

Тормозной башмак 4016-12 (рисунок.2.3) применяется в тяжелых условиях эксплуатации. Вес данного башмака 19 кг. Особенностью тормозного башмака данной модели является наличие особого профиля полоза тормозного башмака в месте контакта с колесной парой вагонов. Данный профиль после наката на полз препятствует скатыванию вагона с тормозного башмака. Данный тормозной башмак используется для остановки от одного до четырех вагонов, движущихся со скоростью не более 7,2 км/ч. Тормозной башмак также может применяться в сочетании с противооткатными упорами.



Рисунок 2.2 – Тормозной башмак 4016-10 Рисунок 2.3 – Тормозной башмак 4016-12

На европейских железных дорогах применяются тормозные башмаки моделей RS-1, RS-2, RS-3.

Тормозной башмак RS-1 имеет вес 7 кг. Особенность конструкции позволяет снизить вероятность образования ползунов на поверхности катания колеса, достигается это посредством использования стали мягких марок и изготовления одной деталью при помощи литья (Рисунок А.5 приложения А).

Тормозные башмаки RS-3 изготавливаются из легкой высокопрочной стали. Они применяются для остановки движущихся вагонов и их закрепления (Рисунок А.6 приложения А). Вес тормозного башмака составляет 8,5 кг. Пятка тормозного башмака имеет расширение, что позволяет использовать данные башмаки для торможения вагонов на стыках.

Помимо тормозных башмаков для закрепления вагонов применяются стальные колодки без полоза – противооткатные упоры.

Стальные противооткатные упоры для железнодорожных вагонов были успешно испытаны на испытательном стенде Ассоциации американских железных дорог в Пуэбло, штат Колорадо, и выдержали нагрузку на тягово-цепное устройство более 11340 кгс. Это примерно эквивалентно 32% тягового усилия типичного грузового локомотива SD-40.

Противооткатные упоры в зависимости от комплектации и типов подразделяются на: одиночные, спаренные, оборудованные и не оборудованные сигнальными указателями.

Противооткатный упор состоит из основной части – колодки и ручки для переноса и двух сменных металлических шпор, выполненных из четырехгранных прута, которые непосредственно взаимодействуют с головкой рельса. Длина рукоятки 71 см. Вес одиночного упора 5,8 кг. Данные колодки используются только в сочетании с ручными тормозами вагонов на путях с нулевым уклоном продольного профиля.

Еще одним устройством для закрепления подвижного состава, применяемым на железных дорогах Америки является блокиратор колеса с креплением к рельсу 4016-01. Блокировка колес осуществляется с высокой степенью защиты. Зажимы захватывают головку рельса за счет клина. Данное устройство не предназначено для остановки вагонов, а только для их закрепления, применяется в сочетании с ручными тормозами вагонов. Несмотря на высокую надежность, данные устройства отличаются от перечисленных выше, существенным весом, который варьируется в зависимости от исполнения от 20 до 23 кг.

Помимо вышеуказанных устройств, предназначенных для закрепления подвижного состава, применяются также различные вагонные упоры CS-2, CS-60, CS-3X и т.д. Высота верха упора над уровнем головки рельса, как и у отечественных УТС–380, составляет 38 см.

На рисунках А.7 – А.13 приложения А приведены изображения средств закрепления, используемые на зарубежных железных дорогах [106, 107, 108 109].

2.2 Особенности существующих методов расчета норм закрепления подвижного состава на путях переменного профиля

2.2.1 Существующая методика определения норм закрепления подвижного состава различной длины и массы

Для закрепления подвижного состава на железнодорожных путях при выполнении условий, определенных приложением № 17 [2], используются тормозные башмаки, а также устройства стационарные, предназначенные для закрепления вагонов, ручные тормоза или другие средства закрепления. При этом необходимо руководствоваться следующими правилами:

1) при расположении подвижного состава на горизонтальных железнодорожных путях и железнодорожных путях с уклонами до 0,5 ‰ включительно закрепление производится при помощи двух тормозных башмаков, укладываемых по одному тормозному башмаку с каждой стороны для закрепления любого количества вагонов (состава, группы вагонов или одиночного вагона);

2) на железнодорожных путях с уклонами более 0,5 ‰ нормы закрепления определяются по следующим правилам:

а) в случае закрепления одиночных вагонов, либо закрепления составов или групп вагонов однородных по весу (брутто): грузовых груженых или порожних вагонов независимо от их рода, пассажирских вагонов, моторвагонного железнодорожного подвижного состава; рефрижераторных вагонов при условии, что в группе (секции) все вагоны груженые или все порожние (в том числе порожняя секция с машинным отделением), сплотов локомотивов в недействующем состоянии;

б) в случае закрепления смешанных (разнородных по весу) составов или групп груженых и порожних вагонов, или груженых вагонов с различной нагрузкой на ось, при условии, что тормозные башмаки укладываются под вагоны с нагрузкой не менее 15 т (брутто), или при отсутствии таких вагонов — под вагоны с меньшей нагрузкой на ось, но максимальной для закрепляемой группы.

Для условий, указанных в абзацах «а» и «б» подпункта 2 настоящего пункта, расчет выполняется по формуле (1.1).

в) в случае укладки тормозных башмаков под порожние вагоны смешанного состава, состоящего из разнородных по весу вагонов, либо под вагоны с нагрузкой менее 15 т на ось брутто, которые не являются самыми тяжелыми в группе, либо под вагоны с неизвестной нагрузкой на ось, применяется формула (1.2).

Нормы закрепления, рассчитанные по вышеуказанным формулам, указываются в техническо-распорядительном акте станции или инструкции о порядке обслуживания и организации движения на железнодорожных путях необщего пользования.

В настоящее время количество тормозных башмаков, необходимое для закрепления подвижного состава в подавляющем большинстве определяется при помощи автоматизированной системы расчета норм закрепления.

В случае получения количества тормозных башмаков, отличного от целого, результат округляется до большего целого числа.

Существует правило увеличения нормы закрепления подвижного состава, определенного при помощи вышеуказанных формул в 1,5 раза, в случае закрепления подвижного состава на железнодорожных путях с сильно замасленными поверхностями рельсов (железнодорожные пути погрузки наливных грузов, очистки и промывки цистерн и т.п.).

Нормы закрепления составов поездов или групп вагонов, при полном (без остатка) использовании полезной длины железнодорожного пути с переменным продольным профилем, определяются по средней величине уклона данного железнодорожного пути. В случае если закрепление подвижного состава производится на отдельных участках железнодорожных путей, то нормы закрепления тормозными башмаками должны рассчитываться исходя из фактической величины уклона данного участка.

На путях, предназначенных для погрузочно-выгрузочных операций подвижной состав закрепляется по нормам как для разнородного подвижного состава. Допускается использовать на таких путях нормы закрепления как для однородного

подвижного состава, при условии, что укладка тормозных башмаков будет производиться под вагоны, которые подлежат разгрузке в последнюю очередь (погрузке в первую очередь).

Укладка тормозных башмаков на железнодорожных путях с уклонами производится со стороны спуска. На уклонах более 0,5 ‰ и до 1,0 ‰ включительно для закрепления подвижного состава необходима укладка одного тормозного башмаком со стороны, противоположной спуску.

Тормозные башмаки должны укладываться под крайние вагоны.

При сильном (более 15 м/с) ветре, направление которого совпадает с направлением возможного ухода вагонов, нормы закрепления увеличиваются дополнительной укладкой под вагоны трех дополнительных тормозных башмаков (на каждые 200 осей закрепляемой группы), а при очень сильном (штормовом) ветре - семи тормозных башмаков [60, 61].

В исключительных случаях, при закреплении железнодорожного подвижного состава (при отсутствии достаточного количества тормозных башмаков) возможно использование ручного тормоза железнодорожного подвижного состава из расчета: пять тормозных осей заменяют один тормозной башмак. Такое же правило распространяется и в случае закрепления моторвагонного железнодорожного подвижного состава, локомотивов в недействующем состоянии.

На горизонтальных железнодорожных путях, а также на железнодорожных путях с уклоном 0,5 ‰ и менее допускается приводить в действие ручной тормоз одного вагона (локомотива) в любой части сцепленной группы железнодорожного подвижного состава взамен тормозных башмаков с обеих ее сторон.

В случае использования подвижного состава стационарных устройств или других средств закрепления необходимые минимальные нормы устанавливаются в соответствии с технической документацией на эти устройства и указываются в ТРА станции или инструкции о порядке обслуживания и организации движения на железнодорожных путях необщего пользования.

Исходными данными для производства расчета норм закрепления являются продольные профили станционных путей, заверенные подписью начальника дистанции пути или его заместителя, независимо от того, какая организация производила по приказу железной дороги геодезические съемки и технология работы станции. В продольном профиле интервалы между отметками высоты должны быть не более 100 метров, а в случае уменьшенных интервалов (50 или 25) профиль отдельных отрезков пути должен быть спрямлен, те мелкие элементы с небольшой разницей уклонов должны быть объединены в более крупные, что должно быть показано отдельно (ниже первой линии). Отметки высоты должны указываться в метрах с точностью до одной сотой (т.е. до сантиметра). Величина уклонов должна указываться с точностью до 0,1 ‰.

Продольный профиль должен быть привязан к плану – должны быть точно обозначены границы полезной длины пути (светофоры, изолирующие стыки, предельные столбики) с указанием ординат и отметок высоты головки рельсов в этих точках.

В случае нарушения указанных требований начальники станций не должны прилагать такие продольные профили к ТРА и использовать для производства расчетов норм закрепления подвижного состава.

Способы определения средней величины уклона пути или его части (отрезка).

Величина среднего (приведенного) уклона пути (отрезка пути) может быть определена двумя способами:

Наиболее точный способ — по геодезическим отметкам крайних точек пути (отрезка пути).

Разность отметок крайних точек пути (отрезка) в метрах (с точностью до одной сотой) делится на длину пути (отрезка) в метрах. Полученный результат умножается на тысячу, что дает величину уклона в тысячных, которая округляется до одной десятой тысячной. Например, согласно данным, приведенным на рисунке 2.4, величина среднего уклона составит:

$$(158,91 - 158,05) : 600 = 0,00143 \cdot 1000 \approx 1,43\text{‰}.$$

Уклон пути (отрезка) может быть определен как средневзвешенная величина уклона всех его элементов по формуле:

$$i_{пр} = \frac{\sum i \cdot l}{\sum l}, \quad (2.1)$$

где $i_{пр}$ - приведенный уклон, ‰);

$\sum i \cdot l$ - алгебраическая сумма произведений величин уклонов элементов профиля в тысячных на длину этих элементов в метрах;

$\sum l$ - сумма длин всех элементов, включая элементы с нулевым уклоном, т.е. длина пути (отрезка пути), м.

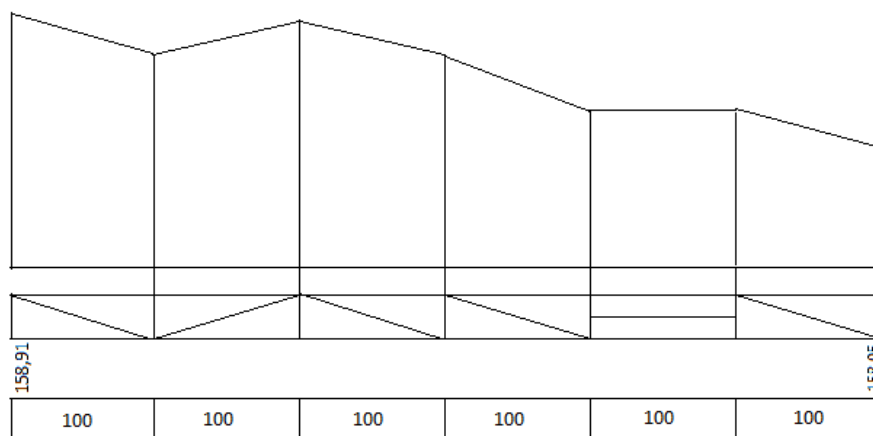
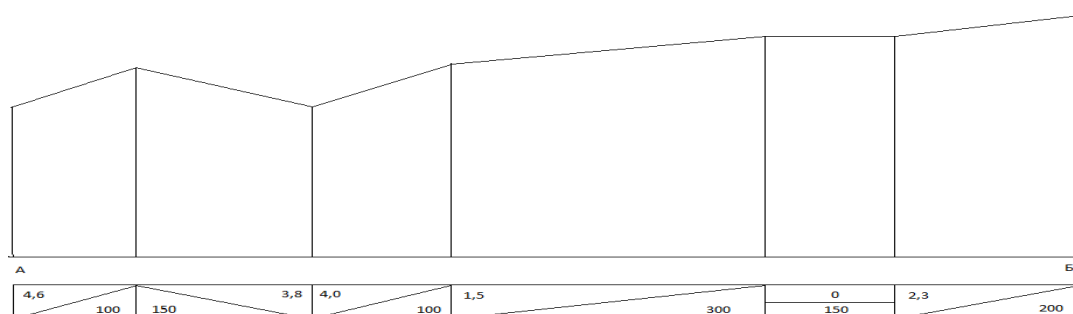


Рисунок 2.4 – Пример продольного профиля пути пилообразного типа

В числителе формулы 2.1 каждая величина уклона берется со знаком плюс или минус, в зависимости от направления спуска (рисунок 2.5).



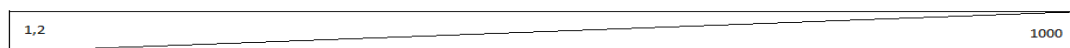


Рисунок 2.5 – Пример разнородного продольного профиля

$$i_{np} = \frac{4,6 \cdot 100 - 3,8 \cdot 150 + 4,0 \cdot 100 + 1,5 \cdot 300 \pm 0 \cdot 150 + 2,3 \cdot 200}{100 + 150 + 100 + 300 + 150 + 200} = 1,2 \text{ ‰}.$$

Расчет упрощается, если отметки точек зафиксированы с одинаковым интервалом (например, 100 м или 50 м). В данном случае это расстояние выносится за скобки, а в скобках остается алгебраическая сумма величин уклонов (рисунок 2.6).

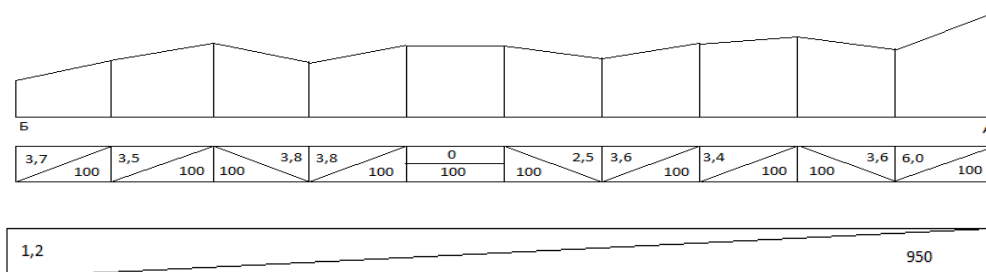


Рисунок 2.6 – Пример продольного профиля пути с одинаковыми длинами элементов

$$i_{np} = \frac{100 \cdot (3,7 - 3,5 - 3,8 + 3,8 \pm 0 - 2,5 + 3,6 + 3,4 - 3,6) + 6,0 \cdot 50}{950} = 1,2 \text{ ‰}.$$

Применение основных формул приложения 17 [2] при расчете норм закрепления подвижного состава для внесения их в ТРА станций.

Расчет норм закрепления подвижного состава тормозными башмаками производится на базе основных формул (1.4) и (1.5), установленных приложением 17 [2].

При расчете норм закрепления для заполнения п. 3.9.1(24) ТРА потребное количество тормозных башмаков заранее задается: 1, 2, 3 и т.д., и вычисляется максимальное количество осей, которое может быть закреплено соответствующим количеством тормозных башмаков. Поэтому формула (1.4) преобразовывается и приводятся к виду:

$$n_{\text{осей}} = \frac{200 \cdot K_6}{(1,5 \cdot i + 1)} \quad (2.2)$$

Формула (1.5) преобразуется к виду:

$$n_{\text{осей}} = \frac{200 \cdot K_6}{(4 \cdot i + 1)} \quad (2.3)$$

Семейство формул и результаты расчетов, полученные на основе формул (2.2-2.3) приведены в таблицах 2.1 - 2.2.

Таблица 2.1 – Формулы для расчета количества осей, расположенных на уклоне i , которые можно закрепить 1, 2, 3 тормозными башмаками

Количество	Число осей по формуле (2.2)	Число осей по формуле (2.3)
1 торм. башмак	$\frac{200}{(1,5 \cdot i + 1)}$	$\frac{200}{(4 \cdot i + 1)}$
2 торм. башмак	$\frac{400}{(1,5 \cdot i + 1)}$	$\frac{400}{(4 \cdot i + 1)}$
3 торм. башмак	$\frac{600}{(1,5 \cdot i + 1)}$	$\frac{600}{(4 \cdot i + 1)}$

Таблица 2.2 – Расчет количества осей, расположенные на уклоне $i=2,0$ ‰, которые можно закрепить 1, 2, 3 тормозными башмаками

Количество	Число осей по формуле (2.2)	Число осей по формуле (2.3)
1 торм. башмак	$\frac{200}{(2 \cdot 1,5 + 1)} = 50$ осей	$\frac{200}{(2 \cdot 4 + 1)} = 22,2 \approx 22$ оси
2 торм. башмак	$\frac{400}{4} = 100$ осей	$\frac{400}{9} = 44,4 \approx 44$ оси
3 торм. башмак	$\frac{600}{4} = 150$ осей	$\frac{600}{9} = 66,6$ осей ≈ 66 осей

Во всех случаях, когда в результате получается нечетное или дробное количество осей, оно округляется до меньшего четного числа, например, при уклоне $i=2,4$ ‰ для одного тормозного башмака:

$$n = \frac{200}{(2,4 \cdot 1,5 + 1)} = \frac{200}{4,6} = 43,5 \approx 42 \text{ оси.}$$

При производстве расчетов норм закрепления по существующей методике, возникают ситуации, когда определено максимальное количество осей, соответ-

ствующее определенному количеству тормозных башмаков, но неизвестна величина уклона того отрезка пути, на котором будут располагаться эти оси. В таких случаях для заполнения графы 2 пункта 3.9.1 (24) ТРА необходимо определить величину уклона.

Для этого основные формулы (1.4) и (1.5) преобразовываются и приводятся к виду:

$$i = \frac{200 \cdot K_{\sigma} - n}{1,5 \cdot n}; \quad (2.4)$$

$$i = \frac{200 \cdot K_{\sigma} - n}{4 \cdot n}. \quad (2.5)$$

Например, двумя тормозными башмаками можно закрепить по норме формулы 1 максимально 56 осей. Тогда величина уклона отрезка пути, на котором будут располагаться эти оси, будет равна:

$$i = \frac{200 \cdot 2 - 56}{1,5 \cdot n} = \frac{344}{84} = 4,09 \approx 4,1 \text{ ‰}.$$

Если же определено, что те же 56 осей закрепляются двумя тормозными башмаками по норме формулы 2, то величина уклона отрезка пути, на котором располагаются эти оси, должна составить:

$$i = \frac{200 \cdot 2 - 56}{4 \cdot n} = \frac{344}{224} = 1,53 \approx 1,5 \text{ ‰}.$$

Существующие методы расчета норм закрепления и условия их применения. В зависимости от характера продольного профиля пути, порядка его использования для приема, отправления поездов и маневровой работы, могут применяться следующие методы расчета:

1) По средней величине уклона на протяжении всей полезной длины пути. Этот метод может быть применен при наиболее благоприятном монотонном профиле, когда отклонения величин уклонов отдельных элементов от средней величины уклона по всей длине пути не превышают $\pm 0,2 \text{ ‰}$ (рисунок 2.7).

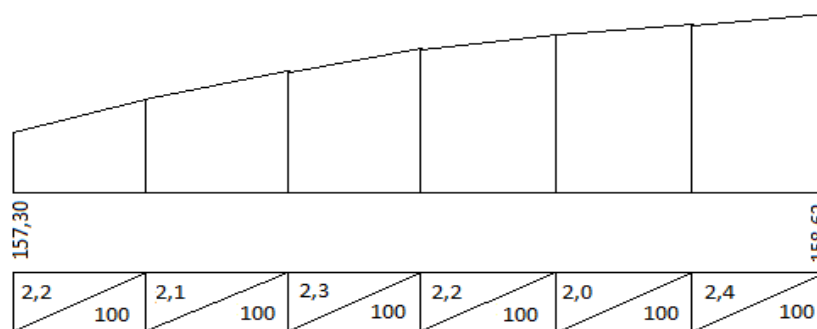


Рисунок 2.7 – Продольный профиль расчетного пути

Чтобы проверить, удовлетворяет ли данный путь указанному требованию, необходимо определить среднюю величину уклона по геодезическим отметкам:

$$i = \frac{158,62 - 157,30}{600} \cdot 1000 = 2,2 \text{ ‰}.$$

Затем необходимо убедиться в том, что величины уклонов всех элементов не отклоняются от средней величины уклона всего пути в большую или меньшую сторону более чем на 0,2 ‰.

В этом случае нормы закрепления, т.е. максимальное количество осей, которое может быть закреплено соответственно одним, двумя, тремя, четырьмя и т.д. тормозными башмаками, рассчитанное по формуле 1 или формуле 2. применимы для любых вариантов размещения составов, групп и отдельных вагонов в пределах полезной длины пути.

2) Метод последовательного расчета с учетом различной величины уклонов элементов продольного профиля пути.

Этот метод применяется в случаях более сложного монотонного профиля (при больших отклонениях величин уклонов элементов от средней величины уклона пути), а также пилообразного (ломаного), выпуклого и вогнутого профиля, когда расчет норм закрепления по средней величине уклона пути не обеспечивает гарантии от ухода вагонов, так как отдельные группы и вагоны могут оказаться на отрезках пути с уклонами больше среднего, к тому же с другим направлением спуска. В этих случаях должны применяться другие методы расчета.

Расчет норм закрепления подвижного состава, размещаемого на пути, начиная с границ его полезной длины (с одного или другого конца).

Ниже рассматривается методика расчета норм закрепления подвижного состава только на путях с монотонным или пилообразным (ломаным) профилем (исключая выпуклый и вогнутый продольные профили). Ее применение предполагает строгое выполнение в процессе поездной и маневровой работы следующих условий:

а) прибывающие поезда должны останавливаться локомотивом непосредственно перед выходным (маршрутным) светофором или предельным столбиком пути приема. При этом условии вагоны состава, подлежащего закреплению, будут располагаться, начиная с одного из концов путей (на расстоянии практически не более длины локомотива от границы его полезной длины);

б) при производстве маневров выставляемые на путь вагоны (группы вагонов) должны располагаться также, начиная с одного из концов путей. При этом если ранее выставленные вагоны находятся со стороны работы локомотива, последующие группы подставляются, и объединенные группы осаживаются за светофор (предельный столбик). Если первые группы осаживаются в противоположный конец пути, то последующие группы подставляются к ним. В обоих случаях первые вагоны выставленных (объединенных) групп располагаются в концах путей.

Указанный порядок остановки прибывающих поездов и производства маневров на приемоотправочных путях является нормальным и должен соблюдаться на большинстве станций железных дорог.

В случае технологической необходимости оставлять вагоны на любом отрезке пути (не в одном из его концов), например, при работе со сборными поездами на промежуточных станциях, методика расчета норм закрепления может применяться в другом варианте: (по единой норме для любого отрезка пути или для отдельных конкретных отрезков пути, исходя из местных условий работы станции).

Исходя из условий, изложенных в п. 7.1 [4] расчет норм скрепления должен вестись, как правило, дважды для одного и того же пути для случаев, когда вагоны располагаются, начиная с одного и с другого конца пути. Это обусловлено возможным значительным различием характера продольного профиля противоположных сторон пути и различными длинами закрепляемых составов (групп вагонов).

Приведенный уклон по всей длине пути равен 2,6 ‰. Для 14 условных вагонов (56 осей) норма закрепления по формуле (1.4), рассчитанная по этому уклону, будет составлять:

$$K_6 = \frac{56}{200} \cdot (2,6 \cdot 1,5 + 1) = 1,37 \approx 2 \text{ тормозных башмака.}$$

Однако, при расположении этих 14 вагонов со стороны А эта норма недостаточна, так как реально эти вагоны находятся на отрезке пути 200 м с приведенным уклоном 5,5 ‰, и потребное количество тормозных башмаков (рисунок 2.8) составит:

$$K_6 = \frac{56}{200} \cdot (5,5 \cdot 1,5 + 1) = 2,59 \approx 3 \text{ тормозных башмака.}$$

Если ту же группу вагонов установить со стороны Б, то для закрепления ее потребуется:

$$K_6 = \frac{56}{200} \cdot (1,5 \cdot 1,5 + 1) = 0,91 \approx 1 \text{ тормозной башмак.}$$

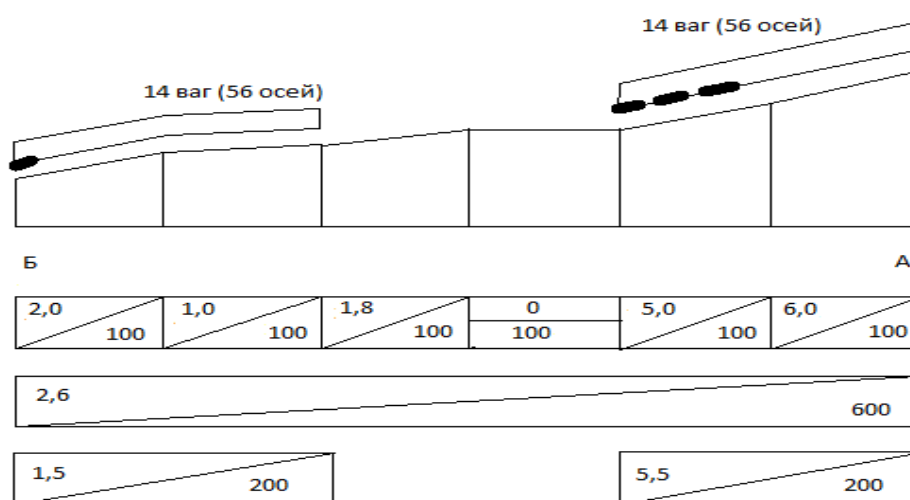


Рисунок 2.8 – Монотонный профиль с общим спуском в сторону Б

Из приведенного примера следует, что при расчете норм закрепления групп вагонов, занимающих не весь путь, а некоторую его часть:

а) норма, рассчитанная по среднему значению уклона, будет неверной (отклонение от действительной потребности тормозных башмаков ± 1 тормозной башмак);

б) в зависимости от местонахождения группы вагонов в одном или другом конце пути, разница в необходимой норме закрепления составляет 2 тормозных башмака.

Таким образом, для большинства путей необходимо производить по два расчета норм закрепления: с одного и другого конца пути.

Исключение могут составить:

- а) пути с наиболее благоприятным продольным профилем;
- б) пути (чаще всего, тупиковые), на которых вся работа производится только с одной стороны;
- в) пути (чаще всего, короткие и тупиковые) с однонаправленным спуском;
- г) пути, для которых применяется другой вариант методики расчета.

Выбор метода расчета норм закрепления подвижного состава на пути (или даже части пути), а также решение о том, производить расчет с одного или с двух концов пути, должно приниматься в каждом случае, исходя из конкретного характера продольного профиля и условий эксплуатационной работы

Условия приема, отправления поездов и маневровой работы, заложенные в основу расчета норм закрепления, должны быть определены в ТРА станции и строго выполняться.

Расчет норм закрепления составов (групп вагонов), расположенных, начиная с концов путей.

На рисунке 2.9 представлен монотонный продольный профиль пути длиной 600 м, который разбит на равные 100-метровые отрезки. Средний уклон пути 2.1 ‰.

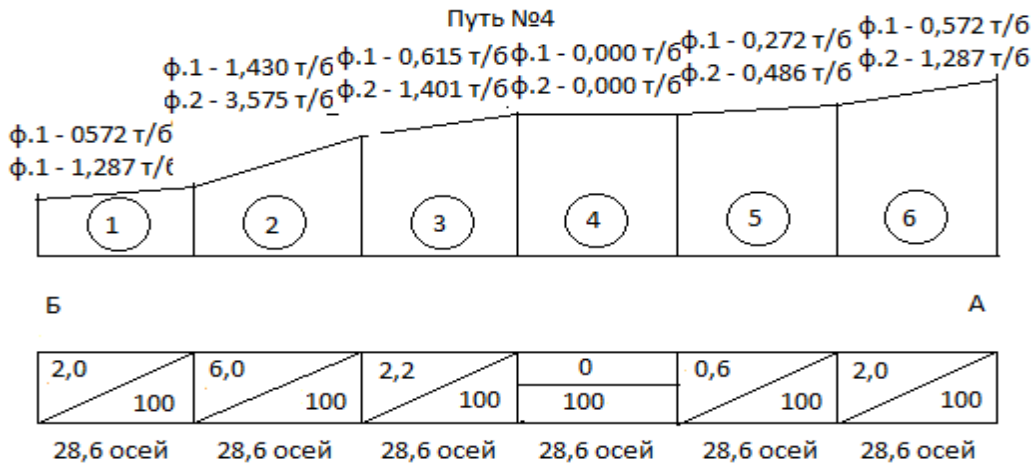


Рисунок 2.9 – Продольный профиль пути выпуклого типа

На каждом таком отрезке помещается следующее количество осей условных вагонов:

$$n = \frac{100}{14} \cdot 4 = 26,8 \text{ осей.}$$

Над каждым отрезком показано потребное количество тормозных башмаков для закрепления вагонов (28,6 осей), в зависимости от величины уклонов, рассчитанное по формуле (1.4) и по формуле (1.5). При этом на горизонтальной площадке (элемент 4 на рисунке 2.10) также рассчитывается потребное число тормозных башмаков, которое оказывается одинаковым при расчете как по формулам (1.4), так и по формуле (1.5).

$$K_6 = \frac{28,6}{200} \cdot (0 \cdot 1,5 + 1) = 0,143 \text{ тормозной башмак.}$$

Такой расчет применяется только в случае определения количества тормозных башмаков на горизонтальной площадке как элементе монотонного, пилообразного, выпуклого или вогнутого профилей.

Задача состоит в том, чтобы рассчитать максимальное количество осей, которое может быть закреплено целым числом тормозных башмаков: 1, 2, 3-мя и т.д. по нормам формулы (1.4) и формулы (1.5) с учетом переменной по отрезкам величины уклона пути.

Приняв условие, что данный путь двусторонний, то есть на него прибывают как четные, так и нечетные поезда, и маневры производятся как с одного, так и с

другого конца пути, расчет необходимо производить дважды: от точки А к точке Б. исходя из условия, что вагоны начинают размещаться от точки А в сторону Б и наоборот — от Б к А.

Расчет от А к Б по формуле (1.4):

1 тормозной башмак.

На отрезке 1 требуется 0,572 тормозных башмака, до одного целого башмака не хватает $1,000 - 0,572 = 0,428$ тормозных башмака, и соответствующее количество осей будет размещаться уже на отрезке 2. Определим это количество осей из пропорции:

28,6 осей – 1,472 тормозных башмака

X осей – 0,428 тормозных башмака.

Соответственно:

$$X = \frac{28,6 \cdot 0,428}{1,430} = 8,58 \text{ осей.}$$

Одним тормозным башмаком можно закрепить максимально: 28,6 (отрезок 1) + 8,56 (часть отрезка 2) = 37,16 ≈ 36 осей.

Результат округляется до меньшего целого четного числа.

2 тормозных башмака.

Суммарное потребное количество тормозных башмаков для закрепления вагонов, размещенных на отрезках 1 и 2 равно:

$$0,572 + 1,430 = 2,002 \approx 2 \text{ тормозных башмака.}$$

Соответственно:

$$X = 28,6 + 28,6 = 57,2 \approx 56 \text{ осей.}$$

3 тормозных башмака.

Суммарное потребное количество тормозных башмаков для закрепления вагонов, размещенных на отрезках 1; 2; 3; 4 и 5, равно:

$$0,572 + 1,430 + 0,615 + 0,143 = 2,76 \text{ тормозных башмака}$$

До трех тормозных башмаков не хватает:

$$3,00 - 2,76 = 0,24 \text{ тормозных башмака}$$

Соответствующие оси будут размещаться на отрезке 5. Определим количество этих осей из пропорции:

$$28,6 \text{ осей} - 0,272 \text{ тормозных башмака}$$

$$X \text{ осей} - 0,24 \text{ тормозных башмака.}$$

Соответственно:

$$X = \frac{28,6 \cdot 0,24}{0,272} = 25,2 \text{ оси.}$$

Для трех тормозных башмаков максимальное количество осей составит:

$$28,6 - 4 + 25,2 = 139,6 \approx 138 \text{ осей}$$

4 тормозных башмака.

Общая вместимость пути равна:

$$28,6 \cdot 6 = 171,6 \approx 170 \text{ осей}$$

Потребность в тормозных башмаках составит:

$$2,76 + 0,272 + 0,572 = 3,604 \approx 4 \text{ тормозных башмака}$$

Величины уклона для 1, 2, 3, 4 тормозных башмаков будут равны:

$$i_1 = \frac{200 - 36}{1,5 \cdot 36} = 3,0 \text{ ‰}$$

$$i_2 = \frac{200 \cdot 2 - 56}{1,5 \cdot 56} = 4,1 \text{ ‰}$$

$$i_3 = \frac{200 \cdot 3 - 138}{1,5 \cdot 138} = 2,2 \text{ ‰}$$

$$i_4 = 2,1 \text{ ‰}$$

Последнее значение, равное 2,1 ‰, является средней величиной уклона по всей длине пути.

Аналогично производится расчет норм закрепления для разнородного подвижного состава.

Заполнение граф п. 3.9.1 (24) ТРА по результатам произведенных расчетов приведено в таблице 2.3 (при расположении вагонов от конца пути А). Аналогичным порядком заполняются графы при расположении вагонов с противоположного конца пути.

Таблица 2.3 - Пример заполнения пункта 3.9 (24) ТРА «Порядок запрещения вагонов на путях станций»

Но- мера путей	Вели- чина уклона, ‰	С какой стороны произво- дится за- крепле- ние	Нормы закрепления				Кто и когда производит закрепление, кому докла- дывает	Кто и когда производит снимает за- крепление, кому доклады- вает
			Наличие стационар- ных устройств	Коли- чество тор- мозных башма- ков	Количество осей			
					Норма по фор- муле 1	Норма по фор- муле 2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
4 (от А)	3,0/2,0	Со сто- роны А	-	1	36	22	Составитель поездов до от- цепки локо- мотива по указанию ДСП с после- дующим до- кладом ему	Составитель поездов после прицепки ло- комотива по указанию ДСП с после- дующим до- кладом ему
	4,1/2,7		-	2	56	34		
	2,2/3,3		-	3	138	42		
	2,1/3,8		-	4	170	50		
	-/3,9		-	5	-	60		
	-/3,5		-	6	-	80		
	-/2,2		-	7	-	144		
	-/2,2		-	8	-	166		
	-/2,1		-	9	-	170		

Записи количества осей для одного, двух, трех и т.д. тормозных башмаков по формуле (1.4) и по формуле (1.5) производить в одних и тех же строках. В графе 2 величины уклонов указывать дробью: в числителе для нормы по формуле (1.4), в знаменателе - для нормы по формуле (1.5). В строках, где остаются записи количества осей только для формулы (1.5) (в графе 7), в графе 6 ставить прочерки. Такой порядок реализован в Программе автоматизированного расчета АС ТРА при экспорте данных в ТРА установленной формы.

3) Аналогичным порядком производится расчет норм закрепления на путях с «пилообразным» продольным профилем.

Профиль выпуклого типа, называемый обычно «горой», является самым неблагоприятным с точки зрения опасности ухода вагонов. Это связано как с неуравновешенностью составляющих сил тяжести частей состава, находящихся на разных склонах «горы», так и с возможностью саморасцепа вагонов в составе.

Подход к расчету норм закрепления подвижного состава на таких путях должен основываться на разделении пути на две части относительно точки главного перелома (наивысшей отметки высоты в пределах пути) и выделении двух частей состава (даже если он сцеплен) с обеих сторон от точки главного перелома. Т.е. состав на таком пути необходимо закреплять с обеих сторон как две условно независимые группы вагонов, а граница разделения всего состава на две группы должна проходить через точку главного перелома.

Подход и последовательность расчета норм закрепления подвижного состава на путях с профилем вогнутого типа, называемым обычно «ямой», аналогичны вышеизложенным.

В то же время, до начала расчетов необходимо выделить на этих путях такие участки, которые расположены на среднем уклоне 0,5 ‰, но (в этих случаях требуется закрепление по нормам, установленным для горизонтальных площадок), и участки, расположенные на i и тем уклоне более 0,5 ‰, но не более 1 ‰ - в этих случаях требуется укладывание еще одного тормозного башмака со стороны подъема, а со стороны спуска - по нормам, рассчитываемым с использованием формул (1.4) и (1.5). На остальных участках нормы закрепления определяются расчетами по формулам (1.4) и (1.5).

В отдельных случаях целесообразно рассчитать единые для конкретного пути нормы закрепления, независимо от того, с какой стороны прибывают поезда или осуществляется накопление групп вагонов при маневрах. Тогда отдельные группы вагонов на данном пути могут быть оставлены в самых различных его частях, а единые нормы закрепления обеспечат требуемую надежность закрепления.

На каждом шаге расчета числа осей для их закрепления 1, 2, 3 и т.д. тормозными башмаками выбирается такой уклон, который является максимальным в направлении возможного ухода этих групп вагонов. Предварительно для каждого

отрезка профиля выполняются такие же подготовительные расчеты (числа осей, размещаемых на этих отрезках, и тормозных башмаков для их закрепления по формулам (1.4) и (1.5).

Таким образом, ручной расчет единых норм закрепления (при произвольном размещении подвижного состава на пути) при ломаном (пилообразном) профиле вручную, хотя и возможен, но представляет большие трудности. Автоматизированная программа решает эту задачу, однако, практическое использование этих норм ограничено тем обстоятельством, что при значительных противоклонах требуется укладка большого количества лишних тормозных башмаков со стороны подъема. Эти башмаки не будут зажаты колесами вагонов, что не только не способствует надежности закрепления, но идет в ущерб безопасности. Кроме того, при выпуклом профиле путей (горе) единые нормы вообще не применимы. Вопрос возможности применения таких норм закрепления с учетом указанного обстоятельства следует решать на местах с учетом дополнительных факторов безопасности;

4) Способ определения норм закрепления описанный в методических указаниях по расчету и применению норм закрепления подвижного состава тормозными башмаками на станционный путях, утвержденные распоряжением ЦДТ-32 от 31.01.2005 г.

В правилах [18] приведена таблица (таблица 2.4) потребного числа ручных тормозов на каждые 100 тс веса состава для удержания грузового, грузопассажирского и почтово-багажного поезда в зависимости от крутизны руководящего спуска. Таблица нормативов для удержания поездов имеет данные потребного числа башмаков в зависимости от крутизны руководящего спуска до максимального значения уклона 40 ‰, для двух областей нагрузки на ось — до 10 тс и более 10 тс.

Нормативы устанавливают единое наименьшее число ручных тормозов 0,6 тормозной сети на каждые 100 тс веса состава поезда, следующего в пределах двух или более дорог. При большей потребности в ручных тормозах, а также, если в исключительных случаях, когда в составе грузового поезда не может быть обеспечено

единое наименьшее число ручных тормозов, недостающие могут заменяться ручными тормозными башмаками. Если поезд следует в пределах одной дороги, а также при руководящих уклонах круче 12 ‰, потребность в ручных тормозах и тормозных башмаках устанавливает начальник дороги.

Таблица 2.4 – Потребное число тормозных средств на каждые 100 тс веса состава

Крутизна уклона, ‰	0	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,012
Число тормозных башмаков	0,2 0,4	0,2 0,4	0,2 0,4	0,2 0,4	0,2 0,6	0,3 0,8	0,4 1,0
Количество тормозных осей	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,8	1,0
Крутизна уклона, ‰	0,014	0,016	0,018	0,020	0,022	0,024	0,026
Число тормозных башмаков	0,4 1,2	0,5 1,4	0,6 1,6	0,6 1,8	0,7 2,0	0,8 2,2	0,8 2,4
Количество тормозных осей	1,2	1,4	1,6	1,8	-	-	-
Крутизна уклона, ‰	0,028	0,030	0,032	0,034	0,036	0,038	0,040
Число тормозных башмаков	0,9 2,6	1,0 2,8	1,0 3,0	1,1 3,2	1,2 3,4	1,2 3,6	1,3 3,8
Количество тормозных осей	-	-	-	-	-	-	-

Примечание. В числителе – при нагрузке на ось 10 тс и более; в знаменателе – при нагрузке на ось менее 10 тс.

2.2.2 Композиция параметров вариативных профилей путей и видов устройств закрепления

С целью механизации закрепления составов ВНИИЖТ предложил точечное устройство в виде двух упоров (башмаков), которые шарнирно крепятся к рельсам и через рычажную систему к стрелочному приводу. В исходном состоянии упор находится в горизонтальном положении рядом с рельсами, а в рабочем - в вертикальном положении головках рельсов. Сокращенное их название УТС-380 с высотой упора 380 мм от уровня головки рельса.

Данное устройство имеет эксплуатационные недостатки:

- 1) имеется необходимость точной установки оси вагона относительно закрепляющего устройства;
- 2) невозможность закрепления тележек вагонов, имеющих тормозные колодки с обеих сторон колес, либо части состава, препятствующие подъему упоров;
- 3) значительную нагрузку на шкворень тележки (удержание всего состава производится посредством закрепление одной колесной пары, вследствие чего возникают большие изгибающие моменты);
- 4) устройство в том виде, которое эксплуатируется в настоящее время не исключает нахождение работника на «поле», производящего передачу согласие на подъем упоров в рабочее и нерабочее положение;
- 5) закрепление производится только с одной стороны пути. При продольном профиле пути, при котором возникает необходимость закрепления состава с противоположной стороны от упора, возникают большие затруднения с накатом колесными парами на данные тормозные башмаки.

Существенным недостатком устройства является также то, что при неосторожном накатывании на упор при размещении локомотива с противоположной стороны от упора возникает вероятность подъема колесной пары на упор с последующим сходом и повреждением тележки.

В руководстве по эксплуатации упора тормозного для закрепления составов УТС-380 ограничения приведены в таблицах 2.5–2.6.

Таблица 2.5 – Область применения упоров при закреплении груженых вагонов с нагрузкой на ось не менее 10 тс

Масса состава, т	Приведенный уклон пути, ‰				
	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0
5000	+	+	+	+	+
6000	+	+	+	+	+
7000	+	+	+	+	2/8

Таблица 2.6 – Область применения упоров при закреплении груженых вагонов с нагрузкой на ось не более 10 тс

Масса состава, т	Приведенный уклон пути, ‰				
	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0
3000	+	+	+	+	+
4000	+	+	+	+	+
5000	+	+	+	+	2/8

Примечание: В числителе дано количество башмаков, устанавливаемых под груженые вагоны, в знаменателе – под порожние. При сильном ветре (свыше 15 м/с), совпадающим с направлением возможного ухода вагонов, дополнительно закрепляются по нормам ИДП лишь те составы, которые в таблицах 2.5 и 2.6 относятся к ячейке, выделенной серым цветом.

2.2.3 Показатели эффективности использования устройств закрепления подвижного состава

Нормы закрепления, определяемые при помощи существующего способа по формулам (1.4), (1.5) и зависят от количества осей и уклона.

Зависимость от нагрузки на ось вагона отличается коэффициентами: 1,5 – при однородном подвижном составе и 4 при закреплении разнородного, что приводит к значительной разнице в количестве тормозных башмаков, которые необходимо уложить под вагоны с нагрузкой на ось более 15 т/ось брутто и меньшей, но близкой к указанному значению и не являющейся наибольшей для закрепляемой группы. То есть при укладке тормозных башмаков под вагоны с нагрузкой на ось 15 т и 14 т нормы будут отличаться в:

$$k_p = \frac{4}{1,5} \approx 2,67 \text{ раз.}$$

Расчеты приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Сравнительная характеристика необходимого количества тормозных башмаков, определяемая при помощи существующей и предлагаемой методики

№п п	Вес вагона брутто, т			Нормы закрепления по существующей методике расчета		Величина сил, действующая на вагоны с нарастающим итогом, тс		
	2	3	4	5	6	7	8	9
1	22	59	61	0,14	0,07	0,90	2,51	2,60
2	22	61	61	0,28	0,13	2,25	2,48	2,57
3	22	61	61	0,42	0,20	2,94	2,46	2,54
4	90	61	61	0,56	0,26	2,92	2,43	2,51
5	90	61	61	0,70	0,33	2,87	2,40	2,49
6	90	61	61	0,84	0,39	2,80	2,37	2,46
7	90	61	61	0,98	0,46	2,73	2,34	2,43
8	90	61	61	1,12	0,52	2,66	2,31	2,40
9	90	61	61	1,26	0,59	2,59	2,28	2,37
10	90	61	61	1,40	0,65	2,51	2,25	2,33
11	90	61	61	1,54	0,72	2,44	2,22	2,30
12	90	61	61	1,68	0,78	2,36	2,18	2,27
13	90	61	61	1,82	0,85	2,28	2,15	2,24
14	90	61	61	1,96	0,91	2,20	2,12	2,20
15	90	61	61	2,10	0,98	2,11	2,08	2,17
16	90	61	61	2,24	1,04	2,03	2,05	2,14
17	90	61	61	2,38	1,11	1,95	2,01	2,10
18	90	61	61	2,52	1,17	1,86	1,98	2,07
19	90	61	61	2,66	1,24	1,77	1,94	2,03
20	90	61	61	2,80	1,30	1,68	1,91	1,99
21	90	61	61	2,94	1,37	1,59	1,87	1,96
22	90	61	61	3,08	1,43	1,50	1,83	1,92
23	90	61	61	3,22	1,50	1,41	1,79	1,88
24	90	61	61	3,36	1,56	1,32	1,76	1,84
25	90	61	61	3,50	1,63	1,23	1,72	1,81
26	90	61	61	3,64	1,69	1,14	1,68	1,77
27	90	61	61	3,78	1,76	1,04	1,64	1,73
28	90	61	61	3,92	1,82	0,95	1,60	1,69
29	90	61	61	4,06	1,89	0,85	1,56	1,65
30	90	61	61	4,20	1,95	0,76	1,52	1,61
31	90	61	61	4,34	2,02	0,66	1,48	1,57
32	90	61	61	4,48	2,08	0,57	1,43	1,53
33	90	61	61	4,6	2,15	0,47	1,39	1,49
34	90	61	61	4,8	2,21	0,38	1,35	1,44

Пояснение к таблице 2.7:

- в столбцах 2, 3, 4 приведены характеристики закрепляемых составов;

- расчет норм произведен при расположении составов с загрузкой вагонов, указанных в столбцах 2, 3 и 4, состоящих из 4-осных полувагонов на пути с уклоном 1,5 ‰ при скорости ветра, равной 10 м/с;

- в столбцах 5 и 6 приведены нормы закрепления, рассчитанные при помощи существующего метода. В столбце 5 приведены норм для закрепления составов с характеристиками, приведенными в столбцах 2 и 3, в столбце 6 – норм для состава, указанного в столбце 4;

- в столбцах 7, 8 и 9 приведены значения результирующих сил действующих на вагоны составов, указанных в столбцах 2, 3 и 4 при условии укладки 5-ти тормозных башмаков под первые три вагона для состава 2, а также 2-х тормозных башмаков под первый вагон для составов 3 и 4.

Как видно из таблицы составы, приведенные в столбцах 3 и 4 по физическим характеристикам практически идентичны, при этом нормы закрепления, определенные при помощи существующего метода отличаются в $k_p = 4,8/2,21 = 2,17$ раз.

Нормы закрепления, определенные при помощи существующего метода и при помощи расчета сил, действующей на состав, для составов, приведенных в 2 и 4 столбцах будут одинаковыми – 5 и 3 тормозных башмака соответственно. Предлагаемый метод определения норм закрепления посредством расчета сил выгоден тем, что количество тормозных башмаков напрямую зависит от нагрузки на ось, под которые укладываются тормозные башмаки, что позволит значительно сократить количество укладываемых тормозных башмаков, по сравнению с существующим методом.

Показатели эффективности использования устройств закрепления подвижного состава.

1) Коэффициент зависимости количества используемых УЗ на количество закрепленных осей для данного типа профиля (таблица 2.8):

$$K_{\text{исп}}^{(i)} = \frac{n_{\text{уз}}^{(i)}}{n_{\text{ос}}^{(i)}}, \quad (2.6)$$

где $n_{уз}^{(i)}$ - количество устройств, необходимых для закрепления подвижного состава;

$n_{ос}^{(i)}$ - количество закрепляемых осей подвижного состава.

Таблица 2.8 – Расчет зависимости количества используемых УЗ на количестве закрепленных осей в зависимости от уклона продольного профиля пути

Количество вагонов	Количество осей	Величина уклона, ‰									
		0,6		1		1,5		2		2,5	
		одн.	разн.	одн.	разн.	одн.	разн.	одн.	разн.	одн.	разн.
1	4	0,01	0,02	0,01	0,03	0,02	0,04	0,02	0,05	0,02	0,06
2	8	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,05	0,03	0,06	0,03	0,07
3	12	0,01	0,03	0,02	0,04	0,02	0,05	0,03	0,07	0,04	0,08
4	16	0,02	0,03	0,02	0,04	0,03	0,06	0,03	0,07	0,04	0,09
5	20	0,02	0,03	0,02	0,04	0,03	0,06	0,03	0,08	0,04	0,09
6	24	0,02	0,03	0,02	0,04	0,03	0,06	0,03	0,08	0,04	0,09
7	28	0,02	0,03	0,02	0,04	0,03	0,06	0,04	0,08	0,04	0,10
8	32	0,02	0,03	0,02	0,04	0,03	0,06	0,04	0,08	0,04	0,10
9	36	0,02	0,03	0,02	0,05	0,03	0,06	0,04	0,08	0,04	0,10
10	40	0,02	0,03	0,02	0,05	0,03	0,06	0,04	0,08	0,04	0,10
15	60	0,02	0,03	0,02	0,05	0,03	0,07	0,04	0,08	0,04	0,10
20	80	0,02	0,03	0,02	0,05	0,03	0,07	0,04	0,09	0,05	0,10
25	100	0,02	0,03	0,02	0,05	0,03	0,07	0,04	0,09	0,05	0,11
30	120	0,02	0,03	0,02	0,05	0,03	0,07	0,04	0,09	0,05	0,11
35	140	0,02	0,03	0,02	0,05	0,03	0,07	0,04	0,09	0,05	0,11
40	160	0,02	0,03	0,02	0,05	0,03	0,07	0,04	0,09	0,05	0,11
45	180	0,02	0,03	0,02	0,05	0,03	0,07	0,04	0,09	0,05	0,11
50	200	0,02	0,03	0,02	0,05	0,03	0,07	0,04	0,09	0,05	0,11
55	220	0,02	0,03	0,02	0,05	0,03	0,07	0,04	0,09	0,05	0,11
60	240	0,02	0,03	0,02	0,05	0,03	0,07	0,04	0,09	0,05	0,11

Расчет произведен с шагом в 1 вагон для составов, количеством до 10 вагонов и с шагом в 5 вагонов для составов от 10 до 60 вагонов.

2) Коэффициент занятости УЗ:

$$K_{вр}^{сущ(проект)} = \frac{t_{уз} \cdot N_{поездов} \cdot \Delta n_{уз}^{сущ.(проект)}}{1440}, \quad (2.7)$$

где $t_{уз}$ - время на укладку 1 тормозного башмака, принятое 3 мин;

$N_{поездов}$ - количество закрепленных поездов;

$\Delta n_{уз}^{сущ.(проект)}$ - разница в количестве укладываемых башмаков, рассчитанных по существующей и предлагаемой технологии.

Из рассчитанной выше максимальной разницы между нормами закрепления разнородного подвижного состава, определенными по действующей технологии и предлагаемой, равной 2,2, а также при условии того, что в процентном отношении разнородные составы (по нагрузке на ось) составляют 15% от общего количества, произведем расчет коэффициента занятости УЗ на примере станции Лихая. На основании данных таблицы Б.1 приложения Б произведен подсчет того, что в среднем в 2017 г. на данной станции произведено закрепление $24688/365=67$ поездов в сутки.

При условии затраты времени на укладку одного тормозного башмака равном одной минуте коэффициент занятости составит:

$$K_{вр}^{сущ (проект)} = \frac{3 \cdot 67 \cdot 2,2}{1440} = 0,6.$$

3) Коэффициент разнородности подвижного состава по типам для грузового поезда:

$$K_p = \frac{N_{i \text{ ваг}}}{N_{у.в.}}, \quad (2.8)$$

где $N_{i \text{ ваг}}$ – количество закрепленных вагонов, шт.;

$N_{у.в.}$ – количество закрепленных вагонов, количество которых приведено к условным вагонам, шт.

Согласно данным таблицы 2.9 произведем вычисление коэффициента разнородности подвижного состава:

$$K_p = \frac{1636726}{1631704} = 1,003.$$

В результате расчета, установлено, что, несмотря на разнородность вагонов, совокупная их длина соответствует длине в условных вагонах, но, несмотря на это, из таблицы 2.10 наглядно видно, что в частных случаях, физическое количество вагонов, входящих в составы поездов отличается от количества, подсчитанного в условных вагонах. Совпадение этих величин происходит в 20% случаях, далее, чем больше разница, тем меньшая вероятность появления такого состава. Данная вероятность стремится к нулевому значению согласно расчетам, при разнице более 32 вагонов, но разница между этими величинами имеет место.

Таблица 2.9 – Количество вагонов, прибывших на рассматриваемые станции к количеству в условных вагонов

Станция	Кол.ваг /Кол.у.в.	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	Итого:	Итого, ваг.	Итого, ваг.у.д.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
9км	ваг	103204	92053	115807	103183	100267	87942	87721	81491	89093	95911	89758	99001	1145431	1145431	
	у.д.	98015	87085	109829	98050	96006	83895	82550	77913	85360	91767	86478	95053	1092001		1092001
Белореч	ваг	44219	38652	43278	44911	46743	40434	48549	50411	48007	46914	46018	46526	544662	544662	
	у.д.	42828	37772	42167	43745	45688	39266	47048	49157	46977	46102	45058	45447	531255		531255
ГУК	ваг	2825	2971	4349	4155	5070	5579	7116	7360	7883	7711	6945	6727	68691	68691	
	у.д.	2830	2979	4352	4159	5097	5579	7102	7354	7867	7709	6949	6727	68704		68704
Квкз	ваг	89034	81535	89139	83876	86458	80403	81805	77085	80747	89080	83930	77267	1000359	1000359	
	у.д.	87855	81035	87755	82975	84957	78894	80230	76350	79787	87853	82119	75999	985809		985809
КМНЛ	ваг	38713	40262	51118	52499	57462	47736	30698	29115	25306	26996	25966	26327	452198	452198	
	у.д.	37977	39564	50276	52512	57906	47696	30272	29004	25291	27060	25881	26245	449684		449684
КР-С	ваг	99353	85283	95328	97800	96532	86221	89952	90289	95253	94478	87250	93824	1111563	1111563	
	у.д.	94484	81139	90013	92888	90992	81502	85499	86537	91296	91147	83618	89602	1058717		1058717
Лих	ваг	131484	121901	137762	125588	128846	116285	106416	103330	105406	127963	117437	115124	1437542	1437542	
	у.д.	130625	121090	137417	126101	129935	116921	106207	103478	105923	128680	117717	115200	1439294		1439294
МРЦ	ваг	10597	9672	13326	12231	14017	13756	15339	17174	17238	15821	17791	17040	174002	174002	
	у.д.	10710	9927	13772	12579	14195	13977	15664	17433	17504	16026	18016	17229	177032		177032
Мин.В	ваг	29982	25681	29772	29073	29645	27214	29170	34259	26887	29337	25244	28616	344880	344880	
	у.д.	29929	25783	29625	28751	29037	26662	28642	33450	26394	29110	24808	28378	340569		340569
МРЗ	ваг	56964	49214	61671	57884	54479	53556	54747	54864	51366	52946	63242	64229	675162	675162	
	у.д.	54337	47369	59277	56582	53413	52845	53297	53894	50950	52358	62149	62904	659375		659375
НВРС	ваг	53186	42705	52256	50260	44979	40510	44741	46618	45069	49993	52004	58288	580609	580609	
	у.д.	42828	37772	42167	43745	45688	39266	47048	49157	46977	46102	45058	45447	531255		531255
Прохл.	ваг	25388	21692	26160	29433	30674	28208	35873	37742	35888	30673	29885	30324	361940	361940	
	у.д.	25234	21905	25908	28812	29951	27590	34966	36641	35147	30224	29136	29508	355022		355022
Сальск	ваг	85714	73683	87828	88903	87778	83516	91240	88316	87228	85113	84574	93285	1037178	1037178	
	у.д.	79381	68593	81326	83037	82026	78832	86499	84503	83254	81253	80280	88682	977666		977666

Продолжение таблицы 2.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
ТМШ	ваг	116220	100488	124697	115354	114600	102988	113566	96753	104263	117800	122741	130005	1359475	1359475	
	у.д.	114570	98409	122991	114893	114179	102774	111523	96234	104574	117786	122660	130205	1350798		1350798
ТХР	ваг	112698	99880	112895	114260	114229	101022	107973	105609	108801	108820	103201	111468	1300856	1300856	
	у.д.	106235	94717	106599	108398	108189	96299	103101	101875	104618	104772	98820	107028	1240651		1240651
БТК	ваг	150350	136720	160963	102844	102931	143929	148582	139063	142130	152544	136936	119734	1636726	1636726	
	у.д.	148648	135030	160040	102507	103119	143649	147262	139132	142845	153002	136687	119783	1631704		1631704
Итого:															1636726	1631704

Таблица 2.10 – Распределение закрепленных поездов по станциям в зависимости от разницы между количеством вагонов и их количеством в условных вагонах

Станция	Разница между условной длиной поезда и количеством физических вагонов. Первая строка – вагоны, вторая - длина, м																		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	0	14	28	42	56	70	84	98	112	126	140	154	168	182	196	210	224	238	252
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9км	3122	1906	1469	1357	1358	805	811	1117	2721	1963	1180	752	56	57	28	10	21	13	12
Белореч	2934	2303	2013	1168	373	257	543	976	661	292	13	4	5	2	0	1	0	0	0
ГУК	1198	173	33	11	7	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Квкз	4003	3767	2505	2625	1617	903	967	1425	1266	655	69	55	32	19	4	7	1	1	3
КМНЛ	3093	1774	971	715	526	329	347	264	237	122	95	70	32	16	7	3	6	3	2
КР-С	3067	2777	1896	2049	1437	930	932	1931	3280	1342	265	213	42	26	11	8	3	3	5
Лих	6950	4858	3135	2262	1623	1188	916	942	703	477	362	306	138	91	33	23	23	20	14
МРЦ	2477	1819	430	213	81	58	42	16	12	8	5	1	1	3	0	1	2	1	1
Мин.В	1204	1719	1128	877	668	353	317	501	319	273	46	46	22	14	3	4	2	0	3
МРЗ	1992	2013	1419	1087	900	739	653	881	580	329	255	232	107	50	17	8	3	7	4
НВРС	2488	1047	691	1158	1142	324	327	524	1126	605	92	65	49	30	26	11	12	16	15
Прохл.	1251	1894	1118	913	634	376	309	540	280	254	54	51	18	11	1	2	0	1	2
Сальск	2538	2400	1552	1295	1129	924	1030	1856	2813	1642	208	262	37	17	6	9	4	8	4

Продолжение таблицы 2.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ТМШ	4937	4286	2681	2169	1929	1034	967	1087	1805	1261	696	477	106	95	51	27	21	26	25
ТХР	3218	3308	2427	2188	1609	1140	1333	2277	3620	1259	186	214	32	26	8	9	3	8	5
БТК	5260	5839	4256	3159	1961	1358	1354	1294	1180	687	584	415	78	62	30	25	11	23	16
Итого:	49732	41883	27724	23246	16994	10719	10848	15632	20603	11169	4110	3163	755	519	225	149	112	130	111
Отношение:	20,64	17,39	11,51	9,65	7,05	4,45	4,50	6,49	8,55	4,64	1,71	1,31	0,31	0,22	0,09	0,06	0,05	0,05	0,05

Таблица 2.11 – Распределение закрепленных поездов по станциям в зависимости от разницы между количеством вагонов и их количеством в условных вагонах

Станция	Разница между условной длиной поезда и количеством физических вагонов. Первая строка - вагоны, вторая - длина, м																
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	35	36	37
	266	280	294	308	322	336	350	364	378	392	406	420	434	448	490	504	518
9км	11	8	21	29	22	15	21	27	33	29	21	35	8	4	1	0	0
Белореч	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ГУК	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Квкз	5	5	3	2	3	4	17	5	4	1	2	4	3	5	0	0	2
КМНЛ	6	4	3	9	7	3	3	6	7	9	6	7	2	1	0	0	0
КР-С	3	6	3	3	3	3	11	6	4	2	2	5	2	3	0	0	1
Лих	26	19	30	80	56	37	53	40	86	58	45	70	13	11	0	0	0
МРЦ	0	0	0	0	2	0	0	3	10	3	1	2	1	0	0	0	0
Мин.В	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
МРЗ	10	6	9	20	23	9	8	10	25	10	18	25	4	3	0	0	0
НВРС	14	17	26	56	39	26	49	42	64	43	32	47	11	10	1	0	1
Проул.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Сальск	3	3	4	1	3	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
ТМШ	29	30	42	95	64	47	64	59	98	79	50	80	16	13	1	0	0
ТХР	3	5	4	1	3	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1
БТК	24	18	25	54	36	25	43	42	69	47	35	53	8	6	1	0	0
Итого:	134	122	170	350	261	169	272	241	403	283	214	328	68	56	4	0	9
Отношение:	0,06	0,05	0,07	0,15	0,11	0,07	0,11	0,10	0,17	0,12	0,09	0,14	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00

Примечание: у.в – условный вагон, длиной 14 м.

2.3 Проблемы и недостатки в соответствии путей инфраструктуры выбору устройств закрепления подвижного состава

В соответствии с существующими Инструкцией [2] и Правилами [18], нормативы закрепления имеют различную расчетную базу: в первой — 100 тс, во второй — 200 осей. Поэтому расчетное число устройств закрепления не может совпадать. Не стыкуются нормативы этих инструкций и по рубежным значениям осевой нагрузки: в тормозной инструкции дается 10 тс, а в ИДП — 15 тс.

Различаются документы и по отношению к видам и конструкций устройств закрепления. В соответствии с [1] все средства подходящие, если они предназначены для закрепления. Правила [18] ориентированы на ручные тормоза, Инструкция [2] — только на башмаки, а ручные тормоза предусмотрено использовать только в исключительных случаях. В связи с этим и эффективность ручных тормозов оценивается по-разному. В таблице 4 [18] для порожнего вагона один башмак приравнивается одной оси ручных тормозов, для груженого вагона — один башмак двум осям, а в инструкции ИДП пять осей заменяют один башмак. Указанные документы не только не стыкуются между собой, но и содержат внутренние противоречия, неточности и ошибки.

В приложении 17 [2] нормы и основные правила закрепления подвижного состава устанавливают, что для горизонтальных путей и путей с уклонами до 0,5 ‰ необходимо использовать два тормозных башмака, уложенных с обеих сторон состава, для закрепления любого числа вагонов. Нормы и основные правила [2] требуют, чтобы исправные башмаки укладывались под разные оси состава так, чтобы носок полоза башмака касался обода колеса. При этом закрепление вагонов на станционных путях выполняется в соответствии с требованиями, согласно которым при длительной стоянке на пути с уклоном не более 2,5 ‰ вагонные колеса должны накатываться на тормозные башмаки.

Требование не оставлять без локомотива состав на станционных путях с уклоном, превышающим 2,5 ‰, практически невозможно объяснить, поскольку потребность в ручных тормозах и УЗ для составов поездов рассчитана до величины уклона 40 ‰, а для уклона 2,5 ‰ составляет всего 0,2—0,4 УЗ на 100 тс веса состава.

В Правилах [18] имеется понятие «единое наименьшее число ручных тормозов на каждые 100 тс веса состава», которое является искусственно взятой, поэтому вносит путаницу в эксплуатации, как и путь следования «в пределах двух или более дорог». При потребности более установленного по сети единого числа ручных тормозов не обязательно подменять их башмаками. Достаточно убедиться в удовлетворении потребности при техническом обслуживании вагонов состава в соответствии с таблицей III. 4 [18]. В ней приводится необходимое (потребное) число и ручных тормозов, и башмаков в зависимости от крутизны спуска, что делает невозможным установление «единого наименьшего числа» по сети.

В Правилах [1], что при вынужденной остановке грузового поезда помощник машиниста должен подложить под колеса вагонов, имеющиеся на локомотиве башмаки, а при их недостатке привести также в действие ручные тормоза вагонов в соответствии с порядком, установленным начальником железной дороги, а согласно [18] наоборот — недостающее до единого наименьшего числа ручных тормозов может заменяться башмаками.

Для составления нормативов по удержанию на месте составов или групп вагонов УЗ необходимо усовершенствовать методику расчета взаимодействия этих средств с колесами и рельсами, которая до сих пор не нашла отражения в технической литературе. Важнейший вопрос, имеющий прямое отношение к безопасности станционных технологических процессах, до сих пор остается открытым. Различие применяемых УЗ также требует отдельного их рассмотрения.

Согласно [18] четырьмя тормозными башмаками можно закрепить состав весом $4 \cdot 100/0,2=2000$ т при условии нагрузки более 10 т/ось, либо состав весом $4 \cdot 100/0,4=1000$ т при условии нагрузки менее 10 т/ось.

Итого, четыре тормозных башмака согласно расчетам, выполненным по [18] удержат на уклоне состав:

1) массой 2000 т количеством из 200 осей ≈ 50 вагонов при условии, что нагрузка больше 10 т/ось;

2) массой 1000 т количеством из 173 осей ≈ 43 вагона при условии, что нагрузка менее 10 т/ось;

Согласно приложению 17 [2] четырьмя тормозными башмаками можно закрепить $4 \cdot 200/(1,5 \cdot 6 + 1) = 80$ осей = 20 вагонов однородного подвижного состава и $4 \cdot 200/(4 \cdot 6 + 1) = 32$ осей = вагонов разнородного подвижного состава.

Приняв вес порожнего вагона равным 23 тонны и груженого 90 тонн можно произвести расчет веса однородного и разнородного подвижного состава, которые удержат 4 тормозных башмака на уклоне 6 ‰:

Для однородного порожнего подвижного состава вес составит $80/4 \cdot 23 = 460$ тонн;

Для однородного груженого подвижного состава вес составит $80/4 \cdot 90 = 1800$ тонн;

Для разнородного подвижного состава в составе которого 1 груженный и 7 порожних вагонов вес составит $(8-7) \cdot 90 + (8-1) \cdot 23 = 251$ тонн;

Для разнородного подвижного состава в составе которого 7 груженных и 1 порожний вагон $(8-1) \cdot 90 + (8-7) \cdot 23 = 653$ тонны.

Как видно из расчетов одна и та же задача, решенная при помощи двух действующих нормативных документов, дает различные результаты.

Существенной проблемой, при определении норм закрепления подвижного состава также является отсутствие расчета норм для закрепления составов, состоящих из вагонов различной длины. В настоящее время на сети

дорог имеется возможность определения норм закрепления только для составов, состоящих из одинаковых по длине и количеству осей вагонов, которые, согласно расчетам, приведенным в п.1.3 и приложении Б к данной работе составляют всего 20 % от общего количества. Четкие нормы и алгоритм для 80 % поездов в настоящее время отсутствуют. Основной причиной произошедшего несанкционированного движения подвижного состава, допущенного в 2019 году на станции Кочетовка I явилось отсутствия расчетов для составов, состоящих из вагонов различной длины и количества осей.

Имеет место недочеты и в противоречия в результатах автоматизированного расчета норм закрепления, получаемые при помощи программы «расчет норм закрепления ТРА» (далее по тексту программа), версия 4.7, и используемой для внесения данных в ТРА станций.

Программа выдает противоречивые данные при расчете норм закрепления. Данные противоречия наглядно можно показать на примере продольного профиля пути, характеристики которого приведены в таблице 2.11.

Таблица 2.11 - Исходные данные профиля рассматриваемого пути

Номер отметки	Длина, м	Уклон, ‰	Отметка головки рельса, м
0	0	0,0	216,70
1	50	1,6	216,78
2	50	2,2	216,89
3	50	1,8	216,98
4	50	1,8	217,07
5	50	2,6	217,20
6	50	4,0	217,40
7	50	5,0	217,65
8	50	5,6	217,93
9	50	-0,4	217,91
10	50	-1,0	217,86
11	50	-0,2	217,85
12	50	1,0	217,90
13	50	0,8	217,94
14	50	-0,4	217,92

Расчет произведен для вагонов, длиной 14 м.

При расположении состава от нечетной горловины программа дает результаты, приведенные в таблице 2.12 и 2.13.

Таблица 2.12 - Нормы закрепления, полученные при помощи [26] при расположении состава от нечетной горловины

Величина уклона, ‰	С какой стороны производится закрепление	Нормы закрепления		
		Количество тормозных башмаков	Количество осей	
			Норма по формуле (1.4)	Норма по формуле (1.5)
1,9/1,8	С нечетной стороны	1	50	24
2,3/1,9		2	86	46
2,9/2,0		3	108	66
1,9/2,2		4	200	80
-/2,5		5	-	90
-/2,7		6	-	100
-/2,9		7	-	108
-/2,0		8	-	176
-/1,9		9	-	200
-1,0/-1,0	С четной стороны	0	186	186
0,4/0,4		1	200	200

Таблица 2.13 - Нормы закрепления, полученные при помощи [26] при расположении состава от четной горловины

Величина уклона, ‰	С какой стороны производится закрепление	Нормы закрепления		
		Количество тормозных башмаков	Количество осей	
			Норма по формуле (1.4)	Норма по формуле (1.5)
0,9/0,5	С нечетной стороны	1	98	92
1,7/0,9		2	122	98
1,9/1,3		3	168	108
1,9/1,6		4	200	118
-/1,9		5	-	130
-/1,9		6	-	152
-/1,9		7	-	176
-/1,9		8	-	200
0,4/0,4	С четной стороны	1	200	200

Рассмотрим нормы закрепления для разнородного состава, состоящего из 200 осей. Длина состава равна $200 \cdot 14/4 = 700$ метров. Длина пути также 700 метров. То есть данный состав будет занимать одно и то же место на пути без остатка с четной и нечетной горловины, то есть расчет количества тормозных башмаков при выборе расположения состава от четной и от нечетной горловины должен быть одинаков, но этого не происходит. При выборе расположения состава от нечетной горловины расчет дает 9 тормозных башмаков, которые необходимо уложить с нечетной стороны, а при выборе расположения от четной горловины, что одно и то же, так как состав стоит без смещения с учетом полного использования полезной длины пути и расчет дает уже 8 тормозных башмаков с нечетной стороны!

Программа выдает противоречивые данные при расчете норм закрепления с типом профиля «гора» при расчете от «четной» и нечетной горловины, при котором перелом профиля приходится не на точку, а на горизонтальную площадку.

Для наглядности данного вывода достаточно ввести в программу элементарный профиль: выбрать «Условие ввода профилей» - «с нечетной стороны», задать начальную отметку 1,03, далее ввести профиль с данными по таблицы 2.14.

Таблица 2.14 - Исходные данные профиля рассматриваемого пути

Номер отметки	Длина, м	Уклон, ‰	Отметка головки рельса, м
0	0	0	1,03
1	50	3	1,18
2	100	0	1,18
3	60	-3	1,00

Далее следует произвести запрос путем «выбор режима расчета». Далее следует произвести запрос путем «выбор режима расчета». На основании введенных данных производится расчет, приведенный в таблицах 2.15 – 2.16.

Таблица 2.15 - Нормы закрепления, полученные при помощи [26] при расположении состава от нечетной горловины

Величина уклона, ‰	С какой стороны производится закрепление	Нормы закрепления		
		Количество тормозных башмаков	Количество осей	
			Норма по формуле (1.4)	Норма по формуле (1.5)
1,1/1,3	С нечетной стороны	1	60	32
-/1,1		2	-	60
-1,0/-1,0	С востока	0	40	40
1,1/1,1		1	60	60

Таблица 2.16 - Нормы закрепления, полученные при помощи [26] при расположении состава от четной горловины

Величина уклона, ‰	С какой стороны производится закрепление	Нормы закрепления		
		Количество тормозных башмаков	Количество осей	
			Норма по формуле (1.4)	Норма по формуле (1.5)
-1,0/-1,0	С нечетной стороны	0	44	44
3,0/3,0		1	60	58
-/3,0		2	-	60
1,2/3,0	С востока	1	60	14
-/1,2		2	-	60

При вводе этого же продольного профиля, но с противоположной стороны, данные, указаны в таблице 2.17 и при этом, не используя функцию разворота профиля при помощи «Условия ввода профилей», а вручную ввести такие же данные в следующем порядке:

- оставляем «Условия ввода профилей» - «С нечетной стороны»;
- задаем «Начальная отметка» - 1;
- далее вводим «зеркальный» профиль.

Таблица 2.17 - Исходные данные профиля рассматриваемого пути, имеющий зеркальный профиль по отношению к пути

Номер отметки	Длина, м	Уклон, ‰	Отметка головки рельса, м
---------------	----------	----------	---------------------------

0	0	0	1,00
1	60	3	1,18
2	100	0	1,18
3	50	-3	1,03

Результаты расчета при помощи [26] приведены в таблицах 2.18-2.20.

Таблица 2.18 - Нормы закрепления, полученные при помощи [26] при расположении состава от нечетной горловины

Величина уклона, ‰	С какой стороны производится закрепление	Нормы закрепления		
		Количество тормозных башмаков	Количество осей	
			Норма по формуле (1.4)	Норма по формуле (1.5)
1,2/3,0	С нечетной стороны	1	60	14
-/1,2		2	-	60
-1,0/-1,0	С востока	0	44	44
1,0/1,0		1	60	60

Таблица 2.19 - Нормы закрепления, полученные при помощи [26] при расположении состава от четной горловины

Величина уклона, ‰	С какой стороны производится закрепление	Нормы закрепления		
		Количество тормозных башмаков	Количество осей	
			Норма по формуле (1.4)	Норма по формуле (1.5)
-1,0/-1,0	С нечетной стороны	0	44	40
3,0/3,0		1	60	56
-/3,0		2	-	60
1,1/3,0	С востока	1	60	32
-1,0/-1,0		2	-	60

Хотя данные должны быть одинаковыми, так как произведен расчет закрепления для одного и того же состава с вагонами длиной 14 м и длиной состава $14 \cdot 60 / 4 = 210$ м с полным (без остатка) использованием полезной длины пути равной 210 м, однако из полученных данных видны несоответствия в количестве тормозных башмаков, необходимых для закрепления подвижного состава на пути имеющем один и тот же профиль, но введенный с различных сторон. То

есть, если предположить, что на сети дорог, имеются два пути, имеющих одинаковые, но «зеркальные» продольные профили, как показано на примере, на одной из станций от нечетной горловины будет участок длиной 50 м с уклоном 3 ‰, с четной 60 м с уклоном –3 ‰, а на второй с нечетной горловины профиль будет иметь значение 60 м с уклоном 3 ‰ и с четной 50 м с уклоном минус 3 ‰ и данные профили ввести в программу расчета, то данные расчета должны быть также «зеркальными», но как наглядно видно, «зеркальности» не происходит. Разница увеличивается с увеличением длины горизонтального элемента профиля, имеющего максимальное значение и увеличением крутизны уклонов остальных элементов профиля. Кроме того, при расположении 60 осей от четной или же от нечетной стороны (полное совпадения места расположения состава на пути, так как длина состава совпадает с полезной длиной пути) нормы закрепления также различны, при расчете с одной стороны нормы составляют четыре тормозных башмака, по два с каждой стороны, а при расчете с другой – уже на один тормозной башмак меньше.

Сопутствующие проблемы, возникающие на этапе определения норм закрепления:

1) проблема по ограничению запрета в ПТЭ на расчет норм закрепления подвижного состава в произвольном месте пути на продольном профиле типа «гора». При продольном профиле данного типа расчет должен производиться от определенных мест (точек пути, обычно отступ от границ полезной длины путей на длину локомотива).

Это отрицательно влияет на эксплуатационные показатели в случае наличия уклонов более 2,5 ‰ в начале и конце пути, так как согласно ПТЭ, на этих уклонах имеется запрет оставления подвижного состава, что влечет к запрету использования частей путей, либо ведет к увеличению маневровой работы по перезакреплению подвижного состава, когда после накопления длина составов пре-

высит протяженности этих участков. В данном случае перезакрепление требуется для наиболее полного использования полезной длины путей, что увеличивает простой вагонов, вследствие производства «лишних» маневровых передвижений, а также времени, необходимого на снятие и повторное закрепление подвижного состава. Увеличивает количество вариантов расчетов и риск ошибки при определении норм закрепления;

2) риск расположения подвижного состава на уклонах, превышающих 2,5 %. Существующий способ определения норм закрепления подвижного состава не позволяет определять величины спрямленных уклонов, на которых он располагается. Существующая технология нанесения отметок на шейки рельс участков, имеющих уклоны более 2,5 % не решает проблему, так как выделяются участки только с такими уклонами, но при расположении состава с занятием участка, имеющего уклон более 2,5 % и соседнего участка не дает гарантию расположения состава на участке со спрямленным уклоном менее 2,5 %;

3) ограниченное количество расчетов вариантов закрепления подвижного состава. Количество вариантов закрепления зависит от типа подвижного состава, его месторасположения (в произвольном месте, от границ полезных длин с отступом на длину локомотива, с занятием части горловины), типа локомотивов, обращающихся на участках, наличия элементов продольного профиля пути с уклонами, превышающими 2,5 %, расположенных у границ полезных длин путей. Даже, не беря в расчет последнего ограничения, касающегося величин уклонов, а учитывая, что на условной станции обращается 2 типа локомотива (может быть гораздо больше тепловозы, электровозы, 2-х секционные, 3-х секционные и т.д.), имеется необходимость наличия расчетов для закрепления подвижного состава двух типов (в зависимости от их длин) от горловин, а также в произвольном месте, то выходит, что для выполнения вышеуказанных условий необходимо иметь более 10 вариантов расчетов закрепления подвижного состава на одном и том же пути. А если брать дополнительные условия, то вариантов расчетом

может быть гораздо больше, что влечет за собой увеличение риска ошибки в определении норм закрепления;

4) укладка излишнего количества УЗ, чем требуется по расчету сил, действующих на стоящий подвижной состав;

5) риск нарушений норм закрепления, возникающий при совместном использовании разнородного подвижного состава. Определение однородности или разнородности производится автоматически, в случае расчета норм закрепления при помощи расчета сил, действующих на состав;

6) отсутствие логического контроля над сроками действия продольных профилей. В данный момент мониторинг сроков действия продольных профилей производится на различных уровнях;

7) использование ручной (бумажной) технологии документооборота.

Решению данных проблем посвящены дальнейшие исследования глав 3 и 4 диссертации.

2.4 Выводы по главе

Существующая технология определения норм закрепления в целом надежна, но имеет ряд недостатков, в том числе критических, которые могут привести к несанкционированному подвижному составу.

Недостатки существующей технологии определения норм закрепления подвижного состава перечислены ниже.

1) В настоящее время в ТРА вносятся расчеты норм закрепления для составов, состоящих из однородных вагонов, одинаковых по длине и количеству осей. Нормы закрепления для составов, состоящих из вагонов различных по длине и количеству осей отсутствуют, для таких составов применяются нормы, рассчитанные для вагонов с характеристиками, отличающимися от фактических. Отсутствие расчетов для закрепления составов поездов, состоящих из вагонов

различных по длине и количеству осей, несет в себе риск расположения подвижного состава на спрямленном уклоне, который отличается расчетного. Наиболее опасна ситуация при закреплении поездов, в составы которых включены в том числе длиннобазные вагоны на путях с продольным профилем «гора» по нормам, рассчитанным для составов, состоящих из условных или короткобазных вагонов. В данном случае из-за разницы фактической длины закрепляемого состава с расчетной длиной существует риск расположения части состава за точкой перелома продольного профиля и не закрепления данной части со стороны спуска, что может послужить причиной несанкционированного движения подвижного состава.

2) Запрет в ПТЭ на расчет норм закрепления подвижного состава в произвольном месте пути на продольном профиле типа «гора». Расчет норм закрепления для путей с данным типом профиля производится от определенных мест (точек пути, обычно отступ от границ полезной длины путей на длину локомотива). Данное обстоятельство негативно влияет на эксплуатационную работу станций с большим объемом маневровой работы, так как при изменении количества вагонов на путях, для которых отсутствует расчет норм закрепления подвижного состава в произвольном месте пути, требует постоянного перемещения групп вагонов при каждой отцепке/прицепке вагонов в случае заезда маневрового состава со стороны пути, у которой закреплена группа вагонов. Особенно негативно отсутствие расчета норм закрепления в произвольном месте пути влияет в случае наличия у границ полезных длин путей участков большой протяженности с уклонами, превышающими 2,5 ‰, на которых запрещается оставление подвижного состава без локомотива.

3) Наличие нескольких вариантов расчета норм закрепления (для вагонов различного рода, для различного месторасположения подвижного состава на пути и т.д.) способствует риску ошибки при определении норм закрепления (чем больше вариантов расчета, тем больше риск ошибки).

4) Риск расположения подвижного состава на уклонах, превышающих 2,5 ‰. Данные, содержащиеся в ТРА станции, не позволяют определять величины спрямленных уклонов, на которых располагается закрепляемый состав при неполном частичном занятии нескольких элементов продольного профиля пути.

5) Завышенное количество тормозных башмаков, которые требуются для закрепления подвижного состава в случае укладки тормозных башмаков под легковесные вагоны, с нагрузкой на ось близкой к 15 т/ось брутто, но меньшей данной величины и наличии в закрепляемой группе более тяжелых вагонов.

6) Отсутствие автоматизированного алгоритма отнесения составов к категориям однородного/разнородного способствует ошибкам допускаемым персоналом, связанным с определением норм закрепления.

7) Отсутствует логический контроль над сроками действия продольных профилей.

8) Имеются противоречивые данные, получаемые на продольных профилях путей, имеющих перелом не в виде точки, а в виде площадки, при помощи действующей в настоящее время программы определения норм закрепления.

9) Значительные временные затраты, связанные как с определением норм закрепления подвижного состава исполнителями производственных процессов, так и с работой по контролю над соблюдением технологии определения норм закрепления руководителями различного ранга, специалистами, ревизорами и т.д.

3 РАЗВИТИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА ЗАКРЕПЛЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА С ВАРЬИРУЕМЫМИ ПАРАМЕТРАМИ НА СТАЦИОННЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЯХ ПЕРЕМЕННОГО ПРОФИЛЯ

3.1 Разработка имитационной модели закрепления подвижного состава вариативной массы и длины на станционных железнодорожных путях с переменным продольным профилем

Отсутствие правил порядка расчетов для закрепления разнородного подвижного состава, имеющего различную длину по осям сцепления - это основной недостаток существующего метода. В настоящее время отсутствует методика определения нормы тормозных башмаков, для таких составов.

Существующий метод определения норм закрепления подвижного состава приводит к избыточному использованию тормозных башмаков, что негативно влияет на эксплуатационные показатели и выражается:

- 1) в увеличении времени, отведенном на закрепление составов тормозными башмаками;
- 2) в затруднении наката колесных парам на тормозные башмаки;
- 3) в необходимости использования завышенного количества тормозных башмаков:
- 4) в увеличении количества стеллажей для хранения тормозных башмаков;
- 5) в увеличении протяженности участков путей, на которых производится укладка тормозных башмаков.

В основе разработанной имитационной модели лежит условие, при котором сумма удерживающих сил, действующих на подвижной состав, будет равна силам, приводящих его в движение (рисунок 3.1) [48].

$$\sum F_0 + \sum W_{\text{тр}} = \sum W_{\text{вт}} + \sum Q_{\tau}, \quad (3.1)$$

где $\sum F_0$ – сила тормозного действия башмаков при трогании с места, тс;

$\Sigma W_{\text{тр}}$ – сила трения состава при трогании с места, тс;

$\Sigma W_{\text{вт}}$ – составляющая силы воздушного напора вдоль пути, тс;

ΣQ_{τ} – тангенциальная составляющая силы тяжести состава, гс.

$$\Sigma F_0 = \Sigma_{i=1}^{k_6} f_{oj} \cdot q_{oj}, \quad (3.2)$$

$$\Sigma W_{\text{тр}} = \Sigma N_i \cdot w_{\text{тp}i} \cdot 10^{-3}, \quad (3.3)$$

$$\Sigma W_{\text{вт}} = l_{\text{сост}} \cdot w_{\text{вт}} \cdot 10^{-3}, \quad (3.4)$$

$$\Sigma Q_{\tau} = \Sigma Q_i \cdot i \cdot 10^{-3}, \quad (3.5)$$

$$w_{\text{тp}i} = \frac{28}{n_i}, \quad (3.6)$$

$$w_{\text{вт}} = \frac{17,8 \cdot (C_x + (n-1) \cdot C_{xx}) \cdot S}{\Sigma Q \cdot (273+t)} \cdot v_{\text{вт}}^2, \quad (3.7)$$

где k_6 – число тормозных башмаков, шт.;

f_{oj} – коэффициент тормозного действия тормозного башмака при трогании с места;

q_{oj} – нагрузка на ось, под которую положен тормозной башмак, тс;

N_i – число вагонов в составе;

Q_i – вес вагона, тс;

$w_{\text{тp}i}$ – удельное сопротивление состава при трогании с места, кгс/тс;

$w_{\text{вт}}$ – удельное сопротивление от воздушной среды, кгс/тс;

$l_{\text{сост}}$ – длина состава, м;

n_i – количество осей в вагоне;

C_x – коэффициент воздушного сопротивления одиночного вагона;

C_{xx} – коэффициент воздушного сопротивления вагонов середине состава;

S – мидель (площадь поперечного сечения вагона), м²;

t – температура воздуха, °С;

$v_{\text{вт}}^2$ – скорость ветра с учетом его направления, м/сек;

i – уклон пути, ‰.

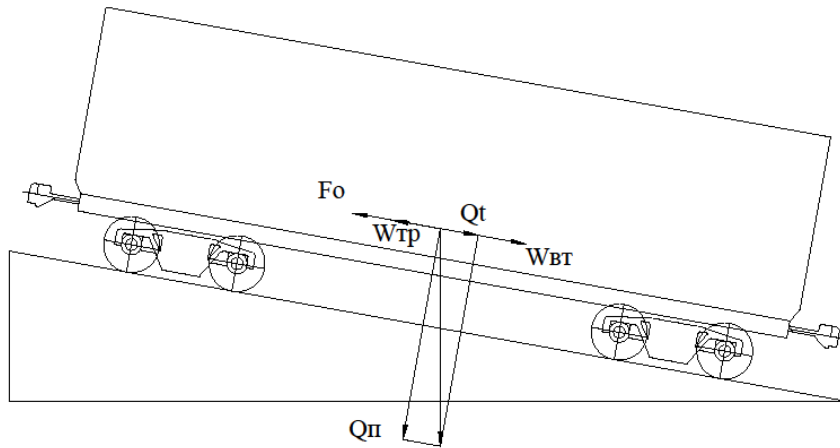


Рисунок 3.1 – Разложение сил, действующих на одиночный вагон

Пояснения к рисунку 3.1: F_o , $W_{тр}$, $W_{вт}$, $Q_{п}$, $Q_{т}$ – силы, действующие на вагон, сила действия тормозного башмака, сила трения вагона при трогании с места, составляющая силы воздушного напора вдоль пути, вес вагона и тангенциальная составляющая силы тяжести вагона.

Расчет норм закрепления начинается с определения сил, действующих на состав до использования УЗ. После этого производится определение необходимого количества УЗ. Расчет осуществляется с учетом выбора осей, под которые наиболее рационально производить укладку тормозных башмаков. Для удобства вычислений выполним запись для формулы (3.1) исходя из проекций сил на координатные оси:

Расчет тангенциальной составляющей силы тяжести состава осуществляется для каждой оси подвижного состава. Расчет остальных сил для каждой единицы подвижного состава. Для определения необходимого количества средств закрепления производится последовательный расчет сил с нарастающим итогом начиная от крайних осей вагонов слева направо, и справа налево.

С учетом проекций действия сил на координатные оси (3.1) для первой оси колесной пары вагона запишем в виде:

$$OX: w_{тр} \cdot q_{\tau 1} \cdot \cos i - q_{\tau 1} \cdot \sin i = 0, \quad (3.8)$$

$$OY: N - q_{\tau 1} \cdot \cos i = 0, \quad (3.9)$$

где N - сила реакции опоры, кгс/тс;

i – величина уклона, на котором расположена ось вагона, рад;

$q_{\tau 1}$ - нагрузка на ось вагона, т.

Для последующих осей расчет аналогичен.

Так как в уравнении (3.6) указаны все силы, действующие на подвижной состав, то для последующих расчетов использовать уравнение (3.7) в дальнейших расчетах не будем.

Далее, в процессе выполнения расчетов необходимо сложить силы, действующие на подвижной состав в пределах каждого элемента профиля пути, имеющих уклоны, отличные по величине в отдельности, а затем произвести последовательной их сложение через поправки $\cos(i_n - i_{n-1})$ и $\sin(i_n - i_{n-1})$, где i_n – величина уклона элемента пути, на котором располагается правая, крайняя часть подвижного состава, i_{n-1} – величина уклона элемента пути, предшествующая n элементу.

Величины уклонов, на которых производится закрепление подвижного состава, составляют относительно малые значения. Например, $i=50$ ‰, соответствуют $2,86^\circ$, косинус данного угла составляет 0,9987, синус минус 0,0499, а тангенс минус 0,05. С учетом этого для упрощения дальнейших вычислений косинусы углов в расчетах применяться не будут, а вместо синусов будут использованы величины уклонов, измеряемые в ‰.

Для применения предложенной модели на практике, ввиду отличия реальных условий от идеальных, используемых при расчетах следует использовать среднеквадратические отклонения удельного сопротивления сил трения состава при трогании с места и силы тормозного действия башмаков при трогании с места, выведенные В.М. Рудановским [17].

С учетом среднеквадратических отклонений удельного сопротивления сил трения состава при трогании с места и силы тормозного действия башмаков при трогании с места, окончательно уравнение равновесия примет вид:

$$\sum Q_i \cdot i \cdot 10^{-3} + l_{\text{сост}} \cdot w_{\text{вт}} \cdot 10^{-3} = \sum_{i=1}^{k_6} f_{oj} \cdot q_{oj} + \sum N_i \cdot \frac{28}{\frac{Q_i}{n_i} + 7} \cdot 10^{-3} - t_x \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{k_6} \sigma_{fj}^2 \cdot q_{oj}^2 + n' \cdot n \cdot \sigma_w^2 \cdot q_o^2 \cdot 10^{-6}}, \quad (3.10)$$

где σ_{fj} – среднеквадратическое отклонение коэффициента тормозного действия башмака при трогании с места, кгс/тс;

σ_w – среднеквадратическое отклонение удельного сопротивления трогания вагонов, кгс/тс;

t_x – доверительный интервал, равный трем.

В своей работе В.М. Рудановский использует следующие параметры [17]:

$C_x = 1,76$, $C_{xx} = 0,88$, $S = 8,5 \text{ м}^2$, $f_{oj} = 0,15$, $t_x = 3$, $\sigma_{fj} = 0,03 \text{ кгс/тс}$, $\sigma_w = 0,25 \text{ кгс/тс}$, $n' = 4$.

Скорость ветра примем равной 3 м/с, что является средним среднегодовым значением скорости ветра в России по данным сайта (<https://xn--80aaaa1bhncclcci1cl5c4ep.xn--p1ai/cd2/172/172.html>).

Вследствие того, что состав, приведенный на рисунке 3.2 состоит из вагонов различной длины, и того, что количество вагонов, длина которых больше длины условного вагона, но из того же количества вагонов, что и состав, приведенный на рисунке 3.3 часть вагонов второго состава расположена на спуске. Для надежности закрепления во втором случае необходима укладка тормозных башмаков как с одной стороны, так и с противоположной, тогда как в первом случае при уклонах более 1 ‰ необходима укладка тормозных башмаков только со стороны спуска, то есть, с одной стороны.

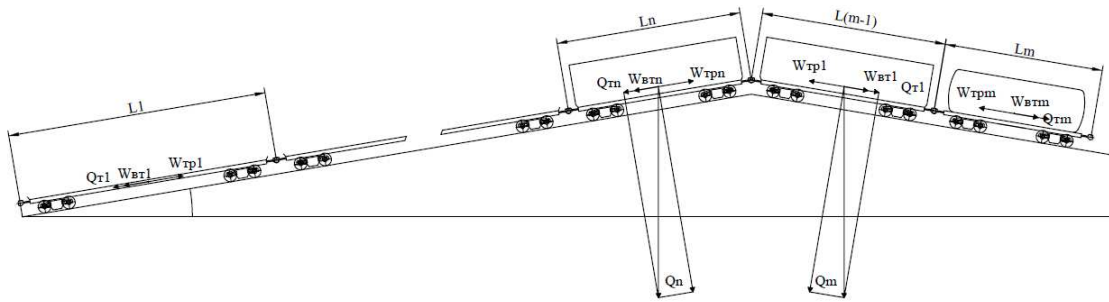


Рисунок 3.2 – Схема приложения сил на закрепляемый грузовой состав, состоящий из различных по длине вагонов, большая часть которых длиннее условного вагона до установки УЗ

Примечание: n – количество вагонов, расположенных на подъеме; m – количество вагонов, расположенных на спуске.

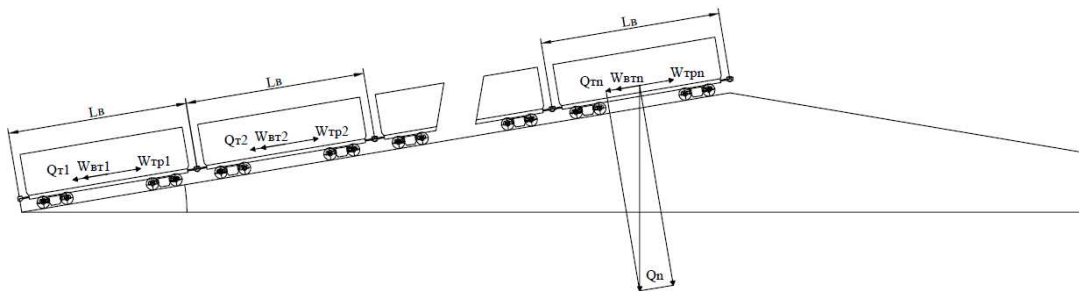


Рисунок 3.3 – Схема приложения сил на закрепляемый грузовой состав, состоящий из вагонов, длина которых равна условной до установки УЗ ($L_{в}$ – длина вагона по осям автосцепки)

Примечание: n – количество вагонов.

При небольших значениях скорости ветра его направление не учитывается, и сила ветровой нагрузки берется по модулю, то есть как сила, способствующая движению вагона.

При определении норм закрепления посредством расчета сил, действующих на состав, производится последовательный расчет сил, действующих на первый вагон, затем совместно на первый и второй вагон и так далее, вплоть до всего

состава. Из полученных величин принимается максимальное значение сил, которое необходимо погасить. Далее производится такой же расчет, но с противоположной стороны, то есть производится определение величин сил, действующих на хвостовой вагон, затем на хвостовой и предпоследний вагон совместно и так далее до первого вагона. Полученные максимальные величины сил, компенсируются путем выбора средств закрепления и выбора последовательности раскладки тормозных башмаков под вагоны – данный процесс целесообразен, так как закрепляющая величина силы от тормозного башмака зависит от нагрузки на него. В результате расчета производим определение количества УЗ с каждой стороны состава.

Условие равновесия неподвижного закрепленного состава – результирующая всех приложенных сил равна нулю.

Для первого вагона проекция на оси:

$$OX: F_{\text{тр}} + F_{\text{т.б}} - W_{\text{вт}} - Q_1 \cdot \sin i_1 = 0, \quad (3.11)$$

$$OY: N - Q_1 \cdot \cos i_1 = 0, \quad (3.12)$$

где $F_{\text{тр}}$ – сила трения состава при трогании с места, кгс;

$F_{\text{т.б}}$ – сила тормозного действия башмаков при трогании с места, кгс;

Q_1 – тангенциальная составляющая силы тяжести состава, кгс;

$W_{\text{вт}}$ – составляющая силы воздушного напора вдоль пути, кгс;

i_1 – величина уклона, ‰.

Сила от воздействия тормозных башмаков равна:

$$F_{\text{т.б.}} = \mu \cdot Q_1 \cdot \cos i_1, \quad (3.13)$$

где μ – коэффициент тормозного действия тормозного башмака при трогании с места

Сила трения состава при трогании с места:

$$F_{\text{тр}} = \omega \cdot Q_1 \cdot \cos i_1, \quad (3.14)$$

где ω – удельное сопротивление состава при трогании с места, кгс/тс.

Проекция ОУ не требуется, так как определения значений сил можно использовать только проекции на ОХ, следовательно, уравнение (3.11) с учетом (3.13) и (3.14) примет следующий вид:

$$\omega \cdot Q_1 \cdot \cos i_1 + \mu \cdot Q_1 \cdot \cos i_1 - W_{\text{BT}} - Q_1 \cdot \sin i_1 = 0. \quad (3.15)$$

Или отдельно для каждой оси:

$$\omega \cdot (q_1 + q_2 + q_3 + q_4) \cdot \cos i_1 + \mu \cdot (q_1 + q_2 + q_3 + q_4) \cdot \cos i_1 - W_{\text{BT}} - (q_1 + q_2 + q_3 + q_4) \cdot \sin i_1 = 0, \quad (3.16)$$

где q_1, q_2, q_3, q_4 - нагрузка 1, 2, 3 и 4 оси вагона, т.

Так как нагрузка на оси одного вагона равна, то

$$\omega \cdot 4 \cdot q'_1 \cdot \cos i_1 + \mu \cdot 4 \cdot q'_1 \cdot \cos i_1 - W_{\text{BT}} - 4 \cdot q'_1 \cdot \sin i_1 = 0, \quad (3.17)$$

где q'_1 - нагрузка на ось первого вагона, т.

Все значения известны: ω - обычно принимают 1, μ равна 0,15. Ветровая нагрузка определяется по формуле (3.4).

Так как синус малых углов равен тангенсу, а косинус равен 1, поэтому (3.15) и изображают в виде:

$$\omega \cdot Q_1 + \mu \cdot Q_1 - W_{\text{BT}} - Q_1 \cdot i_1 = 0. \quad (3.18)$$

Для второго вагона первой тележки:

$$\omega \cdot 2 \cdot q'_2 \cdot \cos i_1 + \mu \cdot 2 \cdot q'_2 \cdot \cos i_1 - W_{\text{BT}} - 2 \cdot q'_2 \cdot \sin i_1 = 0. \quad (3.19)$$

Для второго вагона второй тележки:

$$\omega \cdot 2 \cdot q'_2 \cdot \cos i_2 + \mu \cdot 2 \cdot q'_2 \cdot \cos i_2 - W_{\text{BT}} - 2 \cdot q'_2 \cdot \sin i_2 = 0, \quad (3.20)$$

где q'_2 - нагрузка на ось второго вагона, т.

Затем все величины складываются с нарастающим итогом, и к получаемым значениям прибавляется W_{BT} , так как данная сила считается в общем для всего состава.

3.2 Обоснование эффективности закрепления подвижного состава типовыми УЗ и их совместного использования

Рассчитаем закрепляющую силу от упора УТС-380 при расположении вагона и упора на уклоне, величина которого отлична от нуля. Закрепляющая сила (F_3) устройства определяется из уравнения равновесия моментов относительно верхней точки O упора (рисунок 3.4):

$$F_3 \cdot (R - h) = q_0 \cdot l, \quad (3.20)$$

где R – радиус колеса вагона, см;

h – высота упора над уровнем головки рельса, см;

q_0 – нагрузка на ось порожнего вагона, тс;

l – расстояние от точки O упора до вертикальной оси колеса, см.

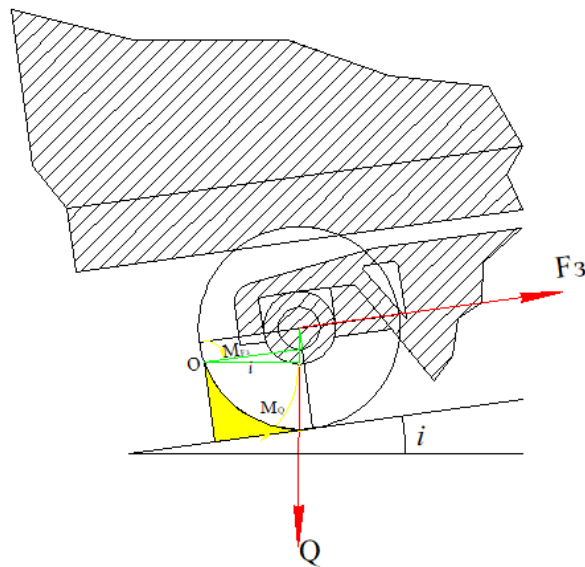


Рисунок 3.4 – Равновесие моментов сил, действующих на упор относительно точки перекаtywания O

Произведем расчет величины плеча $l = OD$ действия веса вагона относительно точки перекаtywания O .

Исходя из рисунка 3.5 длина отрезка ЕС равна разности величин радиуса колеса вагона и максимальной точки возвышения упора над рельсом:

$$EC=R-h. \quad (3.21)$$

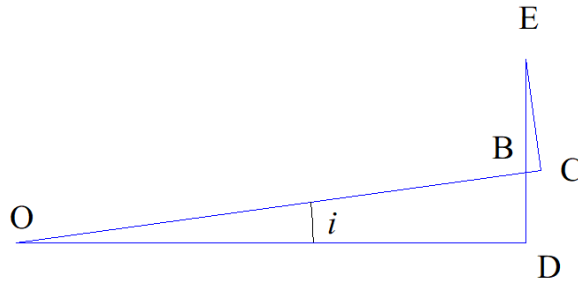


Рисунок 3.5 – Определение величины плеча действия веса вагона, расположенного на упоре, относительно точки перекатывания О, расположенных на уклоне, отличного от нулевого значения.

Величина отрезка ВС равна:

$$BC = \tan i \cdot (R - h), \quad (3.22)$$

где i – величина уклона пути, °.

Величина отрезка ОС равна:

$$OC=OB+BC. \quad (3.23)$$

И одновременно:

$$OC = \sqrt{R^2 - (R - h)^2}. \quad (3.24)$$

Из уравнения (3.22, 3.23, 3.24) получаем величину отрезка ОВ:

$$OB = \sqrt{R^2 - (R - h)^2} - BC = \sqrt{R^2 - (R - h)^2} - \tan i \cdot (R - h). \quad (3.25)$$

Отсюда, плечо силы Q равно:

$$OD = \cos i \cdot OB = \cos i \cdot (\sqrt{R^2 - (R - h)^2} - \tan i \cdot (R - h)). \quad (3.26)$$

Окончательно, величину закрепляющей силы F_3 воздействия от упора на колесную пару вагона определяем по формуле:

$$F_3 = \frac{q_0 \cdot \cos i \cdot (\sqrt{R^2 - (R - h)^2} - \tan i \cdot (R - h))}{R - h}. \quad (3.27)$$

Используя формулы, можно рассчитать максимальное количество вагонов, которое можно закрепить УТС-380 в зависимости от условий (продольный профиль пути, физические данные подвижного состава, параметров воздушной среды). Для чего создана модель расчета сил, действующих на вагон, расположенный на упоре от состава и окружающей среды, на базе MS Excel.

В качестве переменных используется скорость ветра, температура окружающей среды, вес вагона, под которым располагается УТС-380 в качестве средства закрепления, вес состава, уклон пути, на котором расположен состав, закрепляемый состав. Табличные данные:

C_x - коэффициент воздушного сопротивления одиночного вагона, принят равным 1,76;

C_{xx} - коэффициент воздушного сопротивления вагонов середине состава, принят равным 0,88;

S – мидель площади поперечного сечения вагона, m^2 , принят равным 8,5 m^2 .

Исходные данные для расчета приведены в таблицах 3.1-3.3.

Таблица 3.1 - Значения постоянных величин, участвующих в расчете

Постоянные величины	Значение
m - нагрузка на ось вагона, закрепленного УТС-380, т/ось	5,5
h - высота УТС - 380 над УГР, см	38
R - радиус колеса вагона, см	48
C_x	1,76
C_{xx}	0,88
S	8,5

Таблица 3.2 - Значения переменных величин, участвующих в расчете

Переменные величины	Значение
v - скорость ветра, м/с	10
t - температура окружающей среды, °С	0
q - нагрузка вагонов на ось, т/ось	20
i - величина уклона пути, ‰	5

Для примера взяты неблагоприятные условия, при котором воздействие ветровой нагрузки совпадает с направлением спуска, то есть направление силы от ветра совпадает с направлением тангенциальной составляющей силы тяжести состава, а также установку УТС-380 под вагон, имеющий нагрузку на 5,5 т/ось, нагрузка на оси остальных вагонов примем равной 20 т/ось. Для упрощения выбран путь с монотонным спуском на всем протяжении, имеющим уклон 5 ‰, характеристика которого приведена в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Данные продольного профиля рассматриваемого пути

Номер отметки	Длина, м	Уклон, ‰	Отметка головки рельса, м
1	0	0	75,00
2	50	5	75,25
3	50	5	75,50
4	50	5	75,75
5	50	5	76,00
6	50	5	76,25
7	50	5	76,50
8	50	5	76,75
9	50	5	77,00
10	50	5	77,25
11	50	5	77,50
12	50	5	77,75
13	50	5	78,00
14	50	5	78,25
15	50	5	78,50
16	50	5	78,75
17	50	5	79,00
18	50	5	79,25

При размещении состава на пути с вышеуказанным продольным профиле при условии, что нагрузка на ось вагона, под которым будет установлен УТС-380, составит 5,5 т/ось произведем расчет удерживающей силы от упоров:

$$F_3 = \frac{5,5 \cdot 0,9962 \cdot (\sqrt{48^2 - (48-38)^2} - 0,0875 \cdot (48-38))}{48-38} = 25,24 \text{ тс.}$$

Пример работы модели, созданной на базе MS Excel, для расчета величин сил, действующих на состав, закрепленный при помощи УТС-380, в том числе

при совместном, позволяющей учесть все возможные данные типы продольного профиля пути, подвижного состава, а также физических свойств окружающей среды приведен в таблице В.1 приложения В.

Расчет мощности АУБТ.

Тормозная (F_3) или закрепляющая (F_T) сила АУБТ определяется по формуле:

$$F_3 = F_T = 2 \sum P_K \cdot n_T \cdot \mu \cdot \varphi, \quad (3.28)$$

где $2 \sum P_K$ - суммарное нажатие тормозных шин (балок) на два колеса тележки с двух сторон, тс;

n_T - количество тележек вагона, одновременно находящихся на устройстве, шт.;

μ - коэффициент трения между тормозными шинами и колесами вагона;

φ - коэффициент приведения.

Суммарное нажатие тормозных шин на два колеса тележки с одной стороны определяется по формуле:

$$\sum P_K = n_{\Pi} \cdot F_{\Pi} \cdot k_H, \quad (3.29)$$

где n_{Π} - количество пружин, расположенных вдоль устройства в зоне тележки вагона;

F_{Π} - сила сжатой пружины, тс.

k_H - коэффициент передачи усилия от пружин на тормозные балки.

Коэффициент передачи усилия от пружин на тормозные балки, определяется по формуле:

$$k_H = l_2 / (l_1 + l_2), \quad (3.30)$$

где l_1 , l_2 - расстояние верхнего и нижнего плеча рычагов устройства от центра пружин, см.

Принимая $n_T = 1$, $\mu = 0,2$, $\varphi = 0,6$, $F_{\Pi} = 5$ тс, $n_{\Pi} = 5$, $l_1 = 22$ см, $l_2 = 19,5$ см, суммарное нажатие тормозных шин на два колеса тележки с одной стороны составит:

$$\sum P_k = 5 \cdot 5 \cdot 0,47 = 11,75 \text{ тс.}$$

Тормозная сила АУБТ равна:

$$F_3 = F_T = 2 \cdot 11,75 \cdot 1 \cdot 0,2 \cdot 0,6 = 2,82 \text{ тс.}$$

При размещении двух устройств на пути закрепляющая (F_3) или тормозная сила увеличится в два раза и составит:

$$2F_3 = 2F_T = 2 \cdot 2,82 = 5,64 \text{ тс.}$$

Для наглядности возможности применения данных устройств произведен расчет действующих сил при закреплении состава поезда, состоящим из 60 вагонов с нагрузкой каждого в 22 тонны брутто на пути, имеющим монотонный спуск, величиной равной 1,5 ‰ при скорости ветра, равной 5 м/с. Расчет приведен в таблице В.2 приложения В.

Из приведенного в таблице В.2 приложения В расчета видно, что для закреплении состава, состоящего из порожних вагонов на пути, имеющим уклон 1,5 ‰, при неблагоприятном направлении ветра удерживающей способности АУБТ достаточно для закреплении 42 вагонов, при закреплении группы вагонов весом 90 т брутто каждый мощности одного АУБТ хватает для закреплении только 28 вагонов.

Для использования АУБТ, в качестве закрепляющего средства целесообразно для составов поездов, имеющих небольшой вес и на путях имеющих небольшие уклоны.

3.3 Формирование методики расчета закреплении подвижного состава с варьируемыми параметрами

Для отображения решения проблем недостатков в существующем способе определения норм закреплении подвижного состава, состоящего из разнородных по длине вагонов, рассмотрим пример, при котором необходимо закрепить на

пути определенный состав. Исходные данные для расчетов приведены в таблицах 3.4 - 3.5.

Таблица 3.4 - Данные закрепляемого условного состава

Порядковый номер вагона	Длина вагона, м	Вес вагона брутто, т	Количество осей вагона	Род вагона
1	13,920	50	4	полувагон
2-6	13,920	30	4	полувагон
7-17	19,620	30	4	платформа
18	19,620	80	4	платформа
19	19,620	30	4	платформа
20-27	13,920	30	4	полувагон
28-31	12,020	30	4	4-осная цистерна
32	12,020	50	4	4-осная цистерна

Таблица 3.5 - Данные продольного профиля условного пути

Номер отметки	Длина, м	Уклон, ‰	Отметка головки рельса, м
0	0	0,00	75,00
1	50	1,50	75,08
2	50	2,20	75,19
3	50	2,00	75,29
4	50	1,60	75,37
5	50	1,70	75,45
6	50	2,30	75,57
7	50	1,90	75,66
8	50	2,40	75,78
9	50	1,40	75,85
10	50	-2,40	75,73
11	46	-2,40	75,62

Из исходных данных следует, что необходимо закрепить состав грузового поезда, состоящий из 32 вагонов (14 полувагонов, 13 платформ и 5 цистерн) на пути, протяженностью 546 м, имеющем выпуклый продольный профиль с пере-

ломом на расстоянии 450 м от нечетной стороны, который приходится на 28 вагон по счету с нечетной стороны. Схема размещения состава на пути представлена на рисунок 3.6.

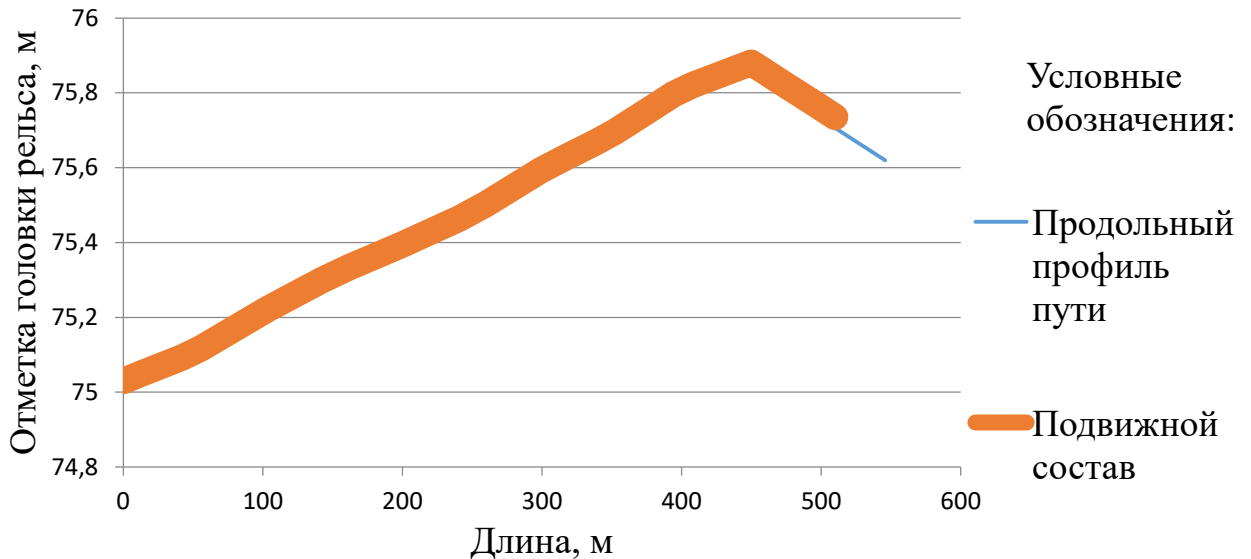


Рисунок 3.6 – Фактическое занятие составом продольного профиля пути

В настоящее время расчет норм закрепления в таких случаях выполняется как для условных однотипных вагонов, что не решает проблему при закреплении состава на переломе выпуклого продольный профиль.

Согласно Правилам технической эксплуатации (ПТЭ), вместимость железнодорожных путей и нормы закрепления рассчитываются для составов поездов, состоящих из условных вагонов. Также если станция работает с определенным типом подвижного состава, нормы закрепления должны быть рассчитаны для составов поездов, состоящих из данного типа вагонов (пассажирские, 4-осные цистерны, хоппер-дозаторы, цементовозы и т.д.). Однако расчет закрепления составов поездов, состоящих одновременно из разнородных по длине вагонов в АС ТРА станции отсутствует.

Фактически в АС ТРА имеется ограниченное количество вариантов для определения норм закрепления: или только для составов, состоящих из полувагонов; или только для составов, состоящих из цистерн; или в общем виде, для составов, состоящих из однородных вагонов.

Следует отметить, что применяемый в настоящее время в АС ТРА программный комплекс «Автоматизированный расчет норм закрепления подвижного состава тормозными башмаками» не позволяет рассчитывать средства закрепления для вагонов разной длины с учетом протяженности профильного участка пути размещения.

Правилами установлено, что в случае, когда на пути устанавливается группа из разных по типу и длине вагонов и количество осей превышает вместимость пути в условных вагонах, закрепление на пути производится по нормам закрепления для короткобазных вагонов (цистерны, цементовозы, хоппер-дозаторы и др.), а когда на пути устанавливается группа из разных по типу и длине вагонов (в том числе и короткобазных), но количество осей не превышает вместимость пути в условных вагонах, закрепление производится по нормам закрепления для условных вагонов. То есть для групп вагонов разных по типу, длине и количеству осей расчеты приблизительные и четких норм ограничения нет.

Для сравнения представлены три варианта расчета норм закрепления для рассматриваемого пути и составов, состоящих только из одного рода вагонов:

- 1-й вариант – полностью только из полувагонов;
- 2-й вариант – полностью только из 4-осных цистерн;
- 3-й вариант – полностью только из платформ длиной 19620 мм.

При расположении составов от нечетной стороны пути расчеты выполнены при помощи программного комплекса «Автоматизированный расчет норм закрепления подвижного состава тормозными башмаками» [111].

Результаты расчетов представлены в таблице 3.6. На рисунке 3.7 схематично показано размещение на продольном профиле пути состава, состоящего из условных вагонов.

Таблица 3.6 - Расчет нормы закрепления состава поезда, состоящего из условных вагонов

Величина уклона, ‰	С какой стороны производится закрепление	Нормы закрепления		
		Количество тормозных башмаков	Количество осей	
			Норма по формуле (1.4)	Норма по формуле (1.5)
1,8/1,8	С нечетной стороны	1	54	24
1,9/1,9		2	102	46
1,9/1,8		3	156	72
-1,9		4	-	92
-1,9		5	-	116
-1,9		6	-	156
-1/-1	С четной стороны	0	128	128
2,4/2,4		1	156	146
-2,4		2	-	156

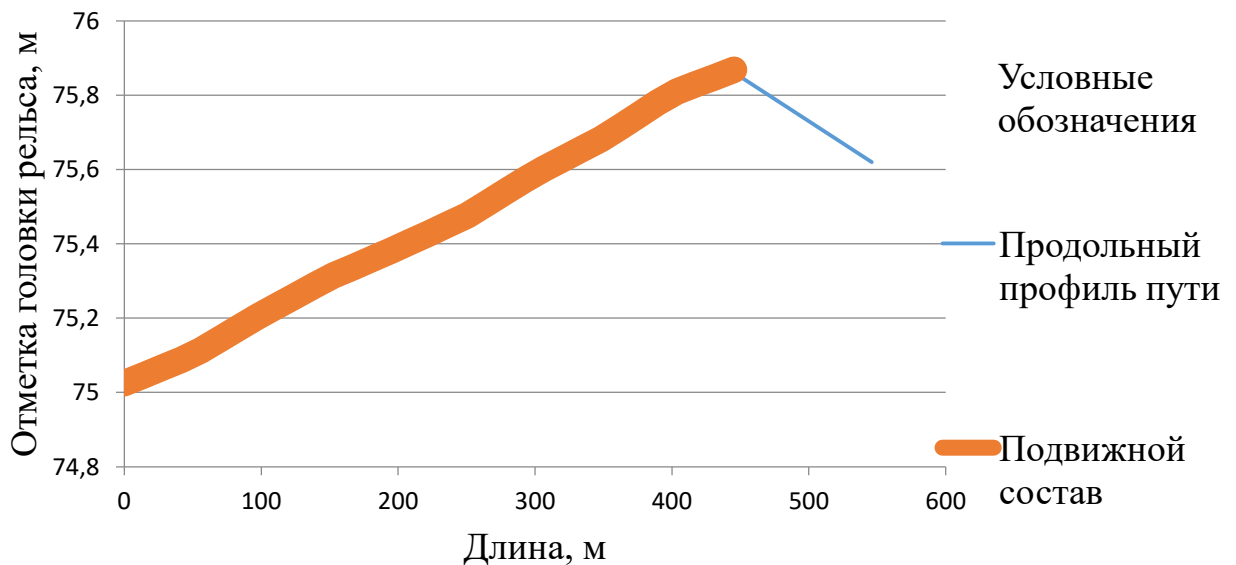


Рисунок 3.7 – Занятие продольного профиля пути составом, состоящим из полувагонов

В таблице 3.7 и на рисунке 3.8 приведен результат расчета в программном комплексе норм закрепления и схематично показано размещение на продольном профиле пути состава, состоящего только из 4-осных цистерн.

Таблица 3.7 - Расчет нормы закрепления состава поезда, полностью состоящего из 4-осных цистерн

Величина уклона, ‰	С какой стороны производится закрепление	Нормы закрепления		
		Количество тормозных башмаков	Количество осей	
			Норма по формуле (1.4)	Норма по формуле (1.5)
1,9/1,7	С нечетной стороны	1	50	24
1,9/1,9		2	102	46
1,9/1,8		3	182	72
-1,8		4	-	92
-1,8		5	-	116
-1,9		6	-	138
-1,9		7	-	182
-1,0/-1,0	С четной стороны	0	150	150
2,4/2,4		1	182	168
-2,4		2	-	182

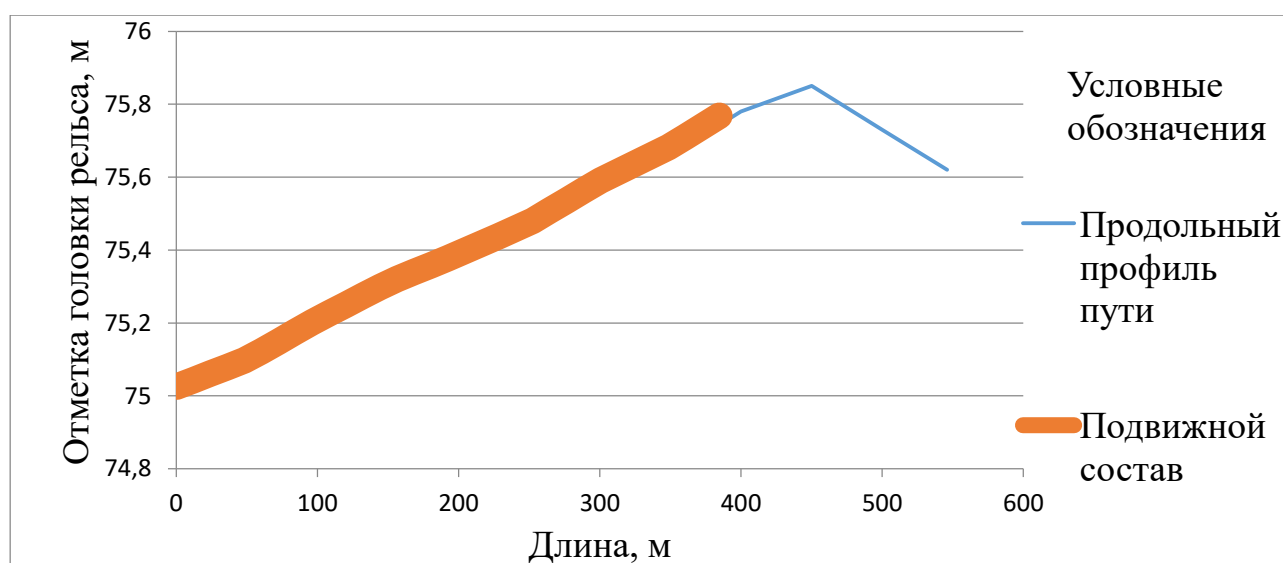


Рисунок 3.8 – Занятие продольного профиля пути составом, состоящим из 4-х осных цистерн

В таблице 3.8 приведен результат расчета в программе норм закрепления состава, состоящего из платформ, длиной 19620 мм, но выполненный как для условных вагонов, расположенных до точки перелома профиля, что не отражает фактического расположения состава за точкой перелома продольного профиля

пути. В условном расчете закрепления такого состава с противоположной стороны укладка тормозных башмаков не требуется, а фактически для рассматриваемого примера – требуется.

Таблица 3.8 - Расчет нормы закрепления состава поезда, полностью состоящего из платформ, длиной 19620 мм по осям автосцепок

Величина уклона, %	С какой стороны производится закрепление	Нормы закрепления		
		Количество тормозных башмаков	Количество осей	
			Норма по формуле (1.4)	Норма по формуле (1.5)
1,8/1,9	С нечетной стороны	1	54	22
1,9/1,8		2	110	48
-/1,9		3	-	68
-/1,9		4	-	110
-1,0/-1,0	С четной стороны	0	92	92
2,4/2,4		1	110	110

3.4 Разработка алгоритма и программного комплекса расчета рациональных условий и параметров закрепления подвижного состава

3.4.1 Применение алгоритма и программного комплекса расчета рациональных условий и параметров закрепления перспективного подвижного состава

Для совершенствования существующего метода определения норм закрепления подвижного состава, были разработаны алгоритм и программа в среде MS Excel. Алгоритм и программа разработаны с учетом требований приложения № 17 [2]. В отличие от существующего метода расчета норм закрепления в зависимости от соотношения количества осей состава и полезной вместимости пути,

предлагаемый метод позволяет определить нормы закрепления подвижного состава, состоящего из вагонов разной длины с учетом протяженности профильного участка.

Для примера работы программного комплекса [111], произведен расчет норм закрепления состава исходя из фактических данных расположения и длины каждого вагона.

Уклоны отрезков пути были определены исходя из средневзвешенной величины всех элементов, входящих в отрезок по формуле (2.1).

Нормы закрепления подвижного состава, характеристики которого приведены в таблице 3.4 на пути, с продольным профилем, приведенным в таблице 3.5 рассчитаны на основе формул, установленных приложением № 17 [2].

С использованием вышеуказанных исходных данных при помощи созданного алгоритма [112] определяем значения количества осей, располагающихся на каждом элементе продольного профиля, а далее по формулам, приведенным в приложении 17 [2] определяем количество тормозных башмаков, необходимых для закрепления, полученного количества осей на каждом элементе продольного профиля пути. Результаты расчетов представлены в таблицах 3.9-3.11.

Таблица 3.9 - Определение долей осей занятия вагонами элементов продольного профиля пути

Номер вагона	Расположение вагона, м	Длина вагона, м	Количество осей	Количество осей, расположенных на элементе продольного профиля										
				5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	13,92	13,92	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	27,84	13,92	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	41,76	13,92	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	55,68	13,92	4	2,4	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	69,6	13,92	4	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	83,52	13,92	4	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	103,14	19,62	4	-	3,4	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-
8	122,76	19,62	4	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-
9	142,38	19,62	4	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-
10	162,0	19,62	4	-	-	1,6	2,4	-	-	-	-	-	-	-
11	181,62	19,62	4	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 3.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
12	201,24	19,62	4	-	-	-	3,7	0,3	-	-	-	-	-	-
13	220,86	19,62	4	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
14	240,48	19,62	4	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
15	260,1	19,62	4	-	-	-	-	1,9	2,1	-	-	-	-	-
16	279,72	19,62	4	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-
17	299,34	19,62	4	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-
18	318,96	19,62	4	-	-	-	-	-	0,1	3,9	-	-	-	-
19	338,58	19,62	4	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-
20	352,5	13,92	4	-	-	-	-	-	-	3,3	0,7	-	-	-
21	366,42	13,92	4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-
22	380,34	13,92	4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-
23	394,26	13,92	4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-
24	408,18	13,92	4	-	-	-	-	-	-	-	1,6	2,4	-	-
25	422,1	13,92	4	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-
26	436,02	13,92	4	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-
27	449,94	13,92	4	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-
28	461,96	12,02	4	-	-	-	-	-	-	-	-	0	4	-
29	473,98	12,02	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-
30	486,0	12,02	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-
31	498,02	12,02	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-
32	510,04	12,02	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	3,3

Таблица 3.10 - Расчет количества тормозных башмаков, необходимых для закрепления каждого вагона в отдельности с нечетной стороны для однородного подвижного состава

Порядковый номер вагона	Количество тормозных башмаков											Итого:
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15
2	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15
3	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15
4	0,09	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,17
5	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20
6	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20
7	-	0,16	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	0,19
8	-	-	0,18	-	-	-	-	-	-	-	-	0,18
9	-	-	0,18	-	-	-	-	-	-	-	-	0,18
10	-	-	0,07	0,09	-	-	-	-	-	-	-	0,16
11	-	-	-	0,15	-	-	-	-	-	-	-	0,15
12	-	-	-	0,14	0,01	-	-	-	-	-	-	0,15
13	-	-	-	-	0,15	-	-	-	-	-	-	0,15
14	-	-	-	-	0,15	-	-	-	-	-	-	0,15
15	-	-	-	-	0,07	0,11	-	-	-	-	-	0,18
16	-	-	-	-	-	0,21	-	-	-	-	-	0,21
17	-	-	-	-	-	0,21	-	-	-	-	-	0,21
18	-	-	-	-	-	0,01	0,16	-	-	-	-	0,17
19	-	-	-	-	-	-	0,16	-	-	-	-	0,16
20	-	-	-	-	-	-	0,13	0,04	-	-	-	0,17
21	-	-	-	-	-	-	-	0,21	-	-	-	0,21
22	-	-	-	-	-	-	-	0,21	-	-	-	0,21

Продолжение таблицы 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
23	-	-	-	-	-	-	-	0,21	-	-	-	0,21
24	-	-	-	-	-	-	-	0,09	0,08	-	-	0,17
25	-	-	-	-	-	-	-	-	0,13	-	-	0,13
26	-	-	-	-	-	-	-	-	0,13	-	-	0,13
27	-	-	-	-	-	-	-	-	0,13	-	-	0,13
28	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-0,17	-	-0,17
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,17	-	-0,17
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,17	-	-0,17
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,17	-	-0,17
32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,03	-0,14	-0,17

Таблица 3.11 - Расчет норм закрепления состава из физических вагонов с нечетной стороны с нарастающим итогом

Потребное количество тормозных башмаков, необходимых для закрепления каждого вагона в отдельности	Количество тормозных башмаков, необходимых для закрепления подвижного состава с нарастающим итогом	Округление количества тормозных башмаков в большую сторону до целого значения	Определение величин уклонов, на которых располагаются вагоны, %
1	2	3	4
0,15	0,15	1	1,6
0,15	0,30	1	1,6
0,15	0,45	1	1,6
0,17	0,62	1	1,7
0,20	0,82	1	1,8
0,20	1,02	2	1,9
0,19	1,21	2	1,9
0,18	1,39	2	1,9
0,18	1,57	2	1,9
0,16	1,73	2	1,9
0,15	1,88	2	1,9
0,15	2,03	3	1,9
0,15	2,18	3	1,8
0,15	2,33	3	1,8
0,18	2,51	3	1,8
0,21	2,72	3	1,9
0,21	2,93	3	1,9
0,17	3,10	4	1,9
0,16	3,26	4	1,9
0,17	3,43	4	1,9
0,21	3,64	4	1,9
0,21	3,85	4	1,9
0,21	4,06	5	2,0
0,17	4,23	5	2,0
0,13	4,36	5	1,9
0,13	4,49	5	1,9
0,13	4,62	5	1,9
-0,17	4,45	5	1,7
-0,17	4,28	5	1,6
-0,17	4,11	5	1,5
-0,17	3,94	4	1,3
-0,17	3,77	4	1,2

Аналогично производим определение норм закрепления с четной стороны.

Расчет приведен в таблице 3.12.

Таблица 3.12 - Расчет норм закрепления состава из физических вагонов с четной стороны с нарастающим итогом

Порядковый номер вагона	Потребное количество тормозных башмаков, необходимых для закрепления каждого вагона в отдельности	Количество тормозных башмаков, необходимых для закрепления подвижного состава с нарастающим итогом	Округление количества тормозных башмаков в большую сторону до целого значения
1	2	3	4
32	0,21	0,21	1
31	0,21	0,42	1
30	0,21	0,64	1
29	0,21	0,85	1
28	0,21	1,06	2
27	-0,09	0,97	1
26	-0,09	0,87	1
25	-0,09	0,78	1
24	-0,12	0,66	1
23	-0,17	0,48	1
22	-0,17	0,31	1
21	-0,17	0,14	1
20	-0,13	0,01	1
19	-0,12	-0,12	0
18	-0,13	-0,24	0
17	-0,17	-0,41	0
16	-0,17	-0,59	0
15	-0,14	-0,73	0
14	-0,11	-0,83	0
13	-0,11	-0,94	0
12	-0,11	-1,05	-1
11	-0,11	-1,16	-1
10	-0,12	-1,28	-1
9	-0,14	-1,42	-1
8	-0,14	-1,56	-1
7	-0,15	-1,71	-1
6	-0,16	-1,87	-1
5	-0,16	-2,02	-2
4	-0,13	-2,15	-2
3	-0,11	-2,26	-2
2	-0,11	-2,37	-2
1	-0,11	-2,48	-2

Сравним существующие нормы закрепления, с нормами, определенными при помощи авторского программного комплекса.

Для исключения несанкционированного движения подвижного состава в случае саморасцепа нормой закрепления подвижного состава примем максимальное значение из столбца 3 таблицы 3.11 и столбца 4 таблицы 3.12 для всей закрепляемой группы. С учетом данного условия следует, что для гарантированного закрепления данного состава из 128 разнородных осей необходима укладка 5 тормозных башмаков с нечетной стороны и 2 тормозных башмака с четной стороны.

При существующих условиях расчета в п.3.9.1 ТРА станции будут выбраны нормы закрепления (таблицы 3.6 - 3.7) для условных вагонов 6 тормозных башмаков только с нечетной стороны, для короткобазных вагонов, длина которых меньше длины условного вагона, 6 тормозных башмаков только с нечетной стороны.

Из этого следует, что при существующих способах определения норм закрепления подвижного состава, ответственный работник выберет либо нормы закрепления для условного, либо короткобазного подвижного состава. При этом группа вагонов, расположенных за точкой главного перелома продольного профиля пути, закреплена не будет, тогда, как с нечетной стороны будет произведена укладка дополнительного одного тормозного башмака, сверх нормы.

Следовательно, существующий способ определения норм закрепления подвижного состава применим в частном случае, когда составы состоят из одного рода вагонов (одинаковых по длине и по количеству осей).

Для совершенствования метода расчета норм закрепления, приведя его к универсальному, предлагается использовать алгоритм, расчета норм закрепления подвижного состава посредством обработки сил, действующий на подвижной состав. Рассчитаем при помощи предложенного алгоритма, записанного в Excel 2007 силы, действующие на состав. В случае различных величин уклонов элементов продольного профиля пути для определения Q_t рассчитываются уклоны, на которых располагается каждый вагон состава. При этом, отдельно

рассчитаем спрямленные уклоны, для вагонов, находящихся на стыке двух элементов продольного профиля пути. В данном примере каждый вагон располагается на элементах с одинаковыми величинами уклонов равных 2,4 ‰.

Для расчета норм закрепления определяем тангенциальная составляющая силы тяжести, силу трения при трогании с места для каждого вагона в отдельности. Составляющую силы воздушного напора вдоль пути, действующую на подвижной состав определяет для одного, вагона, двух и т.д., вплоть до всего состава в совокупности, при этом для упрощения пользования алгоритмом закрепления для скоростей ветра до 5 м/с направление ветра не учитывается, соответственно направление силы от воздушного напора при определении количества тормозных башмаков с двух сторон принимается по модулю, то есть силу, которую необходимо компенсировать действием тормозных башмаков.

Для расчета тангенциальной составляющей силы тяжести, действующей на каждый вагон в отдельности найдем величины спрямленных уклонов, на которых располагается каждый вагон. Определение произведем по формуле (3.21)

Расчет произведем, начиная с нечетной стороны. Расчет значений спрямленных уклонов сведен в прил.3.

Что бы подсчитать разницу в потребности башмаков, определенных базе основных формул, установленных приложением 17 [2] и при помощи расчета сил, действующих на состав, используем для примера состав со следующими характеристиками, представленными в таблицах 3.13-3.14.

Таблица 3.13 - Исходные данные состава

№ вагона по порядку	(м)	Вес вагона (брутто), тс	Оси
1-3	14	23	4
4	14	65	4
5	14	23	4
6-47	14	85	4
48-57	14	23	4

Таблица 3.14 - Данные продольного профиля пути

Номер отметки	Длина, м	Уклон, ‰	Отметка головки рельса, м
0	0	0,0	75,000
1	50	2,4	75,120
2	50	2,0	75,220
3	50	1,8	75,310
4	50	1,1	75,365
5	50	1,5	75,440
6	50	1,2	75,500
7	50	1,3	75,565
8	50	1,8	75,655
9	50	1,4	75,725
10	50	1,7	75,810
11	50	2,2	75,920
12	50	2,1	76,025
13	50	1,3	76,090
14	50	2,1	76,195
15	50	2,3	76,310
16	50	2,0	76,410
17	50	2,1	76,515

Как видно из исходных данных состав состоит из вагонов, характеристика которых соответствует условным вагонам, состав является однородным. Длина поезда принята равной 57 условным вагонам. Продольный профиль пути соответствует монотонному типу. Уклон согласно требованиям ИДП позволяет оставлять составы поездов без локомотива, закрепленным тормозными башмаками и не требует оборудования предохранительными устройствами.

Расчет проведем для скорости ветра равной 5 м/с и температуры 10 °С.

Расчет приведен в приложении В, таблицы В.3 – В.6.

В случае несовпадения фактических длин вагонов с длиной условного вагона будут неверными расчетные значения положения количества осей на том или ином участке продольного профиля пути. Весь процесс определения норм закрепления производится автоматизировано, после ввода данных планируемого к закреплению состава путем копирования и вставки пакета данных из информационной системы [27].

Расчет результирующей силы, действующей на состав произведен при следующих вариантах раскладки тормозных башмаков под вагоны:

- a) один тормозной башмак под первый вагон
- b) два тормозных башмаков под второй
- c) два тормозных башмаков под первый и один тормозного башмака под второй
- d) два тормозных башмаков под первый, два под второй
- e) два тормозных башмаков под первый, два под второй и один под третий
- f) два тормозных башмаков под первый, два под второй и два под третий
- g) один тормозной башмак под первый вагон и два тормозных башмака под четвертый вагон.

Переменными данными данного алгоритма являются:

- 1) данные продольного профиля путей. Вводятся в соответствующие вкладки табличного процессора MSExcel один раз при создании электронного журнала. И далее, при необходимости, в случае изменения данных продольных профилей путей. Данные продольных профилей путей вводятся разработчиком журнала/либо лицом, ответственным за работу с нормативной документацией на предприятии (с продольными профилями станционных путей);
- 2) данные состава, который необходимо закрепить. Вводятся исполнителем.

Расчет силы тормозного действия башмаков при трогании с места сведен в таблицу К.6.

Из таблицы В.6 приложения 6 наглядно видно, что минимальная результирующая сила, действующая на состав с нечетной стороны после закрепления состава вариантами а), b), c), d), e) имеет отрицательные величины, следовательно, данных норм закрепления не достаточно. В вариантах f) и g) результирующая сила имеет положительной значение (запас 0,07 и 0,21 тс соответственно), сле-

довательно, для удержания состава требуется укладка шести тормозных башмаков с нечетной стороны, уложенных последовательно по два тормозных башмака под первые три вагона, либо три тормозных башмака, уложенных также с нечетной стороны, но один тормозной башмак под первый вагон и два тормозных башмака под четвертый вагон. Укладка тормозных башмаков с четной стороны не требуется.

Для сравнения определим нормы закрепления данного состава по существующим правилам, действующим в данный момент на сети ОАО «РЖД». Рассматриваемый состав относится к категории разнородного, так как в обязательном порядке минимум один тормозной башмак, будет уложен под первый вагон, который является порожним, имеющим нагрузку на ось равную 5,75 т/ось (таблица 3.13). В данный состав с 6 по 47 включены груженые вагоны с нагрузками на оси равными 21,25 т/ось. Согласно исходным данным действующая на сети ОАО «РЖД» программа по расчету норм закрепления подвижного состава при условии оставления данного состава от нечетной горловины станции выдает данные, приведенные в таблице 3.15.

Таблица 3.15 - Данные расчета закрепления подвижного состава, выполненные при помощи автоматизированной программы, используемой в ОАО «РЖД»

Величина уклона, %	С какой стороны производится закрепление	Нормы закрепления		
		Количество тормозных башмаков	Количество осей	
			Норма по формуле (1.4)	Норма по формуле (1.5)
1,9/2,3	С нечетной стороны	1	50	18
1,6/2,0		2	116	44
1,7/1,7		3	168	76
1,7/1,6		4	216	108
1,8/1,6		5	242	134
-/1,7		6	-	152
-/1,7		7	-	178
-/1,7		8	-	204
-/1,8		9	-	218
-/1,8		10	-	242
-1,0/-1,0	С четной стороны	0	242	242

Из таблицы 3.15 определяем, что для закрепления 228 разнородных осей необходимо использовать 10 тормозных башмаков, уложенных с нечетной стороны. Для закрепления данного состава, используя вариант г), достаточно всего 3 тормозных башмаков.

В настоящее время применение существующей методики для расчета норм закрепления для перспективного подвижного состава – сочлененных вагонов с тремя тележками, одна из которых расположена в месте сочленения двух вагонов затруднено.

Для решения проблемы также предлагается определение норм посредством расчета сил, действующих на состав, но в отличие от вышеуказанной в данной работе методик расчет сил, действующих на состав с нарастающим предлагается производить отдельно для каждой оси подвижного состава, начиная от первой и оканчивая последней.

Но в предлагаемой методике затруднение вызывает расчет воздействия тангенциальной составляющей силы тяжести, которую необходимо определить для каждой оси отдельно. Для определения данной силы необходимо знать координату каждой оси на продольном профиле пути. Хотя данные сведения известны и определены для каждого вагона, эксплуатируемого на сети ОАО «РЖД», но не содержатся в информационных базах ОАО «РЖД». Для реализации данной методики необходимо внести в базы данных информацию о расстояниях каждой оси вагона относительно осей автосцепок. Для определения тангенциальной составляющей силы тяжести необходимо произвести определение расположения состава относительно элементов продольного профиля пути. Данную операцию можно выполнить путем разметки мест установки крайних вагонов на путях. Как вариант, возможно нанести ряд отметок на шейках рельс, которые можно привязать к длинам локомотивов, эксплуатируемых на станциях или использовать системы электронного машинного зрения и позиционирования. Расстояние до отметок от границ полезных длин путей будет равным длинам

локомотивов. При закреплении необходимо произвести установку подвижного состава путем совмещения оси крайней автосцепки с одной из отметок. Производится привязка размещения подвижного состава к продольному профилю пути. Имея информацию о координатах каждой оси вагона, определяются координаты расположения каждой оси закрепляемого подвижного состава относительно элементов продольного профиля пути, а затем производится определение величин уклонов пути, на которых располагается каждая ось закрепляемого состава.

Алгоритм модифицированного метода расчета, и его апробация [110]

Для формирования алгоритма определения норм закрепления помимо данных о расположении каждой оси эксплуатируемого подвижного состава необходимо сформировать электронный массив информации, который должен содержать сведения о характеристиках продольных профилей путей станций и закрепить данную информацию за каждой железнодорожной станцией в отдельности. Для повышения точности многовариантного способа определения норм закрепления подвижного состава составлена программа расчета в табличном процессоре MS Excel.

В алгоритме расчета принято условие, при котором воздействие силы воздушного напора вдоль пути будет независимо от его направления, то есть при определении количества тормозных башмаков, которые необходимо уложить с головы состава принято условие воздействия ветра с «хвоста» состава в «голову», а при определении количества тормозных башмаков с «головы», воздействие от воздушной среды принято с «головы» в «хвост». Фактическое направление ветра целесообразно учитывать при достижении его скорости до значений, указанных в приложении 17 [2].

Рассмотрим пример расчета норм закрепления для состава, характеристики которого приведены в таблице 3.16, на пути, имеющего характеристики продольного профиля, приведенные в таблице 3.17.

Таблица 3.16 - Параметры закрепляемого подвижного состава

Порядковый номер вагона	Род вагона	Длина вагона, м	Количество осей	Вес брутто, тс	Расстояние от оси автосцепки головного вагона до оси автосцепки последующих вагонов, м	Нагрузка брутто на оси вагонов, тс/ось
1	2	3	4	5	6	7
1	полувагон	13,92	4	40	13,92	10
2	полувагон	13,92	4	80	27,84	20
3	полувагон	13,92	4	80	41,76	20
4	сочлененный	19,54	6	120	61,3	20
5	сочлененный	19,54	6	120	80,84	20
6	сочлененный	19,54	6	115	100,38	19,2
7	цистерна 4	12,02	4	82	112,4	20,5
8	цистерна 8	21,12	8	140	124,42	17,5
9	цистерна 8	21,12	8	140	136,44	17,5

Таблица 3.17 - Данные продольного профиля приемоотправочного пути типа «гора»

Порядковый номер элемента профиля пути	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Длина элемента пути, м	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	46
Уклон элемента пути, ‰	1,50	2,20	20	1,60	1,70	2,30	1,90	2,40	1,40	-2,40	-2,39
Расстояние с нарастающим итогом, м	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	546

Принято условие расположения подвижного состава у границы полезной длины с нечетной стороны. Расчет координат каждой оси колесной пары рассматриваемых вагонов относительно осей автосцепок приведен в таблице 3.18.

Таблица 3.18 - Расстояние от осей автосцепок вагонов до осей колесных пар

Порядковый номер оси	Расстояние, м			
	Полувагон	Цистерна четырехосная	Цистерна восьмиосная	Сочлененный шестиосный вагон
1	2	3	4	5
1	1,71	1,185	1,14	1,825

Продолжение таблицы 3.18

1	2	3	4	5
2	3,56	3,035	2,99	3,675
3	10,36	8,985	5,265	8,845
4	12,21	10,835	7,115	10,695
5	-	-	14,93	15,865
6	-	-	16,78	17,715
7	-	-	18,13	-
8	-	-	19,98	-

На основе данных длин вагонов по осям автосцепок определяются координаты каждой оси автосцепки вагона, рассматриваемого состава. Далее производится определение уклонов, на которых находится каждая ось колесной пары вагонов через определение координаты их расположения на продольном профиле пути.

Далее, определяются значения Q_t для каждого вагона, производятся вычисления воздействия сил на подвижной состав отдельно для 1 вагона с головы, затем для 1 и 2, затем для 1, 2 и 3 и т.д., вплоть для всего состава с нарастающим итогом.

Производится выбор оси вагона, под которую планируется наиболее рационально уложить тормозной башмак, то есть, имеющую наибольшую нагрузку, учитывая требование об обязательном закреплении крайних вагонов. Получаются итоговые значения результирующих сил, действующих на состав.

Из полученных значений, для выполнения условия гарантированного удержания подвижного состава в случае саморасцепа, выбирается минимальное положительное значение. В случае, когда результирующая сила меньше нуля, то производится дополнительная укладка тормозных башмаков до тех пор, пока результирующее значение итоговой силы не станет положительным. Аналогично производятся вычисления необходимого количества тормозных башмаков, которые необходимо уложить с противоположной стороны.

Пример расчета приведен в таблицах 3.19-3.21.

Таблица 3.19 - Расчет расстояний между осью автосцепки головного вагона до осей каждой колесной пары последующих вагонов

Номер вагона	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	4	5	6	7	8
Расстояние каждой оси колесной пары, относительно оси сцепления крайней с головы состава автосцепки вагона, м	1,7	-	-	-	-	-	-	-	-
	3,6	-	-	-	-	-	-	-	-
	10,4	3,6	1,7	-	-	-	-	-	-
	12,2	10,4	3,6	1,8	-	-	-	-	-
	-	12,2	10,4	3,7	-	-	-	-	-
	-	-	12,2	8,8	3,7	1,8	-	-	-
	-	-	-	10,7	8,8	3,7	1,2	-	-
	-	-	-	15,9	10,7	8,8	3,0	1,1	-
	-	-	-	17,7	15,9	10,7	9,0	3,0	1,1
	-	-	-	-	17,7	15,9	10,8	5,3	3,0
	-	-	-	-	-	17,7	-	7,1	5,3
	-	-	-	-	-	-	-	14,9	7,1
	-	-	-	-	-	-	-	16,8	14,9
	-	-	-	-	-	-	-	18,1	16,8
	-	-	-	-	-	-	-	20,0	18,1
-	-	-	-	-	-	-	-	20,0	
Значение уклонов, на которых располагается каждая ось вагона рассматриваемого состава, ‰	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,5	1,5	-	-	-	-	-	-	-
	1,5	1,5	-	-	-	-	-	-	-
	1,5	1,5	1,5	1,5	-	-	-	-	-
	-	1,5	1,5	1,5	-	-	-	-	-
	-	-	1,5	2,2	2,2	2,2	-	-	-
	-	-	-	2,2	2,2	2,2	2	-	-
	-	-	-	2,2	2,2	2,2	2	2	-
	-	-	-	2,2	2,2	2,2	2	2	-
	-	-	-	-	2,2	2,2	2	2	2
	-	-	-	-	-	2,2	-	2	2
	-	-	-	-	-	-	-	2	2
	-	-	-	-	-	-	-	2	2
	-	-	-	-	-	-	-	2	1,6
	-	-	-	-	-	-	-	2	1,6
-	-	-	-	-	-	-	-	1,6	
Значение тангенциальной составляющей силы тяжести,	0,015			-	-	-	-	-	-
	0,015	0,030		-	-	-	-	-	-
	0,015	0,030	0,030	-	-	-	-	-	-
	0,015	0,030	0,030	0,030			-	-	-
	-	0,030	0,030	0,030	0,044		-	-	-
	-	-	0,030	0,044	0,044	0,042	-	-	-
	-	-	-	0,044	0,044	0,042	0,041	-	-
	-	-	-	0,044	0,044	0,042	0,041	-	-
	-	-	-	0,044	0,044	0,042	0,041	0,035	0,035

Продолжение таблицы 3.19

1	2	3	4	5	4	5	6	7	8
действующей на каждую ось, тс	-	-	-	-	0,044	0,042	0,041	0,035	0,035
	-	-	-	-	-	0,042	-	0,035	0,035
	-	-	-	-	-	-	-	0,035	0,035
	-	-	-	-	-	-	-	0,035	0,035
	-	-	-	-	-	-	-	0,035	0,028
	-	-	-	-	-	-	-	0,035	0,028
	-	-	-	-	-	-	-	-	0,028
Значение тангенциальной составляющей силы тяжести для вагона, тс	0,060	0,120	0,120	0,236	0,264	0,253	0,164	-	0,259

Таблица 3.20 - Расчет результирующих сил, действующих на закрепляемый грузовой состав с нечетной стороны до укладки тормозных башмаков

Тангенциальная составляющая силы тяжести, на каждый вагон в отдельности, тс	Тангенциальная составляющая силы тяжести, с нарастающим, тс	Сила трения состава при трогании с места, тс	Сила трения состава при трогании с места с нарастающим, тс	Количество осей	Количество осей с нарастающим итогом	Составляющая силы воздушного напора вдоль пути, тс	Среднеквадратических отклонений удельного сопротивления сил трения состава при трогании с места и силы тормозного действия башмаков при трогании с места, тс	Суммарная величина сил, действующая на состав, тс
0,06	0,1	0,066	0,066	4	4	0,0028	0,030000	-0,027
0,12	0,2	0,083	0,149	4	8	0,0028	0,090000	-0,124
0,12	0,3	0,083	0,232	4	12	0,0034	0,137477	-0,209
0,236	0,5	0,124	0,356	6	18	0,0039	0,187350	-0,371
0,264	0,8	0,124	0,481	6	24	0,0045	0,238118	-0,562
0,253	1,1	0,123	0,604	6	30	0,0052	0,285477	-0,740
0,164	1,2	0,083	0,687	4	34	0,0058	0,337114	-0,873
0,28	1,5	0,160	0,847	8	42	0,0063	0,377606	-1,034
0,259	1,8	0,160	1,007	8	50	0,0069	0,420761	-1,176

Примечание: Для закрепления данного состава с нечетной стороны необходима укладка 2 тормозных башмаков с нечетной стороны. После укладки результирующая сила примет значение, равное 1,73 ТС. Аналогично производится расчет сил, действующих с четной стороны. Расчет показал, что с четной стороны на состав действует сила, равная 0,25 ТС, следовательно, укладка тормозных башмаков с четной стороны не требуется.

Краткое изложение предлагаемых методов определения норм закрепления подвижного состава приведены в таблице 3.22.

3.4.2 Разработка новых электронных форм документации по расчету закрепления подвижного состава и автоматизация их учета

Разработаны четыре варианта автоматизированного определения норм закрепления подвижного состава:

1) **калькулятор**. Позволяет автоматизировано определять нормы закрепления подвижного состава без введения электронного журнала учета закрепления. Данный вариант можно использовать на мобильных устройствах, в которых имеется приложение Microsoft Excel (смартфонах) составителями поездов;

2) **электронный журнал**, в котором заложен алгоритм расчета, использующий данные п.3.9.1 (п.24) ТРА станции. Позволяет автоматизировать процесс определения норм закрепления и ведения учета закрепления подвижного состава. Данный способ не требует проверки и может использоваться в настоящее время [113];

3) **электронный журнал**, в котором заложен алгоритм расчета, аналогичный используемый программой расчета норм закрепления для ввода в п.3.9.1 (п.24) ТРА станции;

4) **электронный журнал**, в котором заложен алгоритм, определяющий нормы закрепления подвижного состава при помощи обработки сил, действующих на состав.

Калькулятор, как и электронный журнал учета закрепления, в котором заложен алгоритм расчета, использующий данные п.3.9.1 (п.24) ТРА станции, состоит из двух частей:

1 часть – листы журнала, защищенные паролем, в которые вносятся данные из ТРА станции. Данная часть защищена от изменения паролем и доступна для редактирования начальнику станции (инженеру по ТРА). Данные листы скрыты от работника, который производит определение норм закрепления подвижного состава;

2 часть – непосредственно рабочая часть, предназначена для работы оператора – работника станции, на которого возложены обязанности по определению норм закрепления подвижного состава (ДСП, оператор ОПЦ).

Достоинства автоматизированного способа определения норм закрепления подвижного состава:

1) **Универсальность**. Может быть использован для любой станции сети, на которой контроль над закреплением и учет тормозных башмаков выполняются разными работниками;

2) **Решение** проблем с отсутствием расчетов закрепления подвижного состава, состоящего из вагонов различных по длине и количеству осей;

3) **Сокращение времени**, требуемого для определения норм закрепления достигается путем использования данных из выпадающих списков и при помощи макрокоманд. Практически все данные, необходимые для заполнения журнала, выбираются из выпадающих списков использованием «мышки». Заполнение времени и даты закрепления производится автоматически, при помощи «макрокоманды». Использование клавиатуры требуется только для ввода количества осей закрепляемого подвижного состава.

4) **Использование Excel.** Данная программа уже используется в ОАО «РЖД». Не требуется использования каких-либо дополнительных программных продуктов, не используемых в ОАО «РЖД». Не требует дополнительных материальных затрат.

Следующие два положительных качества доступны только для электронного журнала, в котором содержится алгоритм расчета норм закрепления, аналогичный, который используется в программе расчета норм закрепления для п.3.9.1 (24) ТРА станции.

5) **Простота использования.** Пользователям журнала не нужно знать основ программирования. Для начальника станции нужно лишь правильно ввести данные продольных профилей в соответствующие вкладки, для дежурного по станции необходимо выбрать данные из выпадающих списков и верно указать количество осей закрепляемого подвижного состава.

6) Данный журнал имеет **все возможные варианты расчета**, не зависимо от места расположения подвижного состава.

7) **Наличие возможности определения норм закрепления для составов, состоящих из разного рода вагонов.**

Дополнительные достоинства электронного журнала учета закрепления подвижного состава в возможности использования различного рода барьерных функций:

8) Возможность использования вывода предупреждающих сообщений, в случае расположения подвижного состава на уклонах более 2,5 ‰;

9) Окрашивание ячейки, в которую записываются количества убранных тормозных башмаков в яркий цвет при несовпадении количества уложенных тормозных башмаков, количеству убранных и т.д.

Принципиальная схема работы алгоритма отнесения состава к категории однородного/разнородного и определения норм закрепления состава с нечетной стороны приведена на рисунке 3.9. По аналогичному алгоритму производится

отнесение состава к категории однородного/разнородного при выборе раскладки тормозных башмаков с четной стороны.

Использование данного алгоритма позволяет исключить нарушения исполнителей при определении норм закрепления подвижного состава на этапе отнесения заданного состава к категории однородного/разнородного. К достоинствам предложенного алгоритма можно отнести возможность выбора исполнителем различных вариантов раскладки тормозных башмаков под вагоны, за счет чего возможно снижение количества тормозных башмаков, которые необходимо уложить под вагоны, что положительно сказывается как на эксплуатационных показателях, так и на снижении общего объема ручного труда, затрачиваемого на перенос тормозных башмаков.

Журнал, в котором заложен алгоритм расчета, аналогичный используемый программой расчета норм закрепления для ввода в п.3.9.1 (п.24) ТРА станции, как и журнал, в котором заложен алгоритм расчета норм закрепления на основе расчета сил, действующих на подвижной состав, состоит из **трех** частей:

1 часть – листы журнала, доступные разработчику алгоритма на изменение алгоритма;

2 часть – листы журнала, защищенные паролем, в которые вносятся данные элементов продольных профилей станционных железнодорожных путей, доступные для редактирования, к примеру, начальнику станции;

3 часть – листы журнала, предназначенные для работы оператора – работника станции, на которого возложены обязанности по определению норм закрепления подвижного состава (ДСП, ДСЦ, ДСПП, оператор ОПЦ и др.).

Принципиальные схемы порядка функционирования алгоритмов приведены на рисунках 3.9 – 3.10 и рисунках Г.1- Г.2 приложения Г.

Внешний вид электронного журнала учета тормозных башмаков, используемых для закрепления приведен на рисунке 3.11.

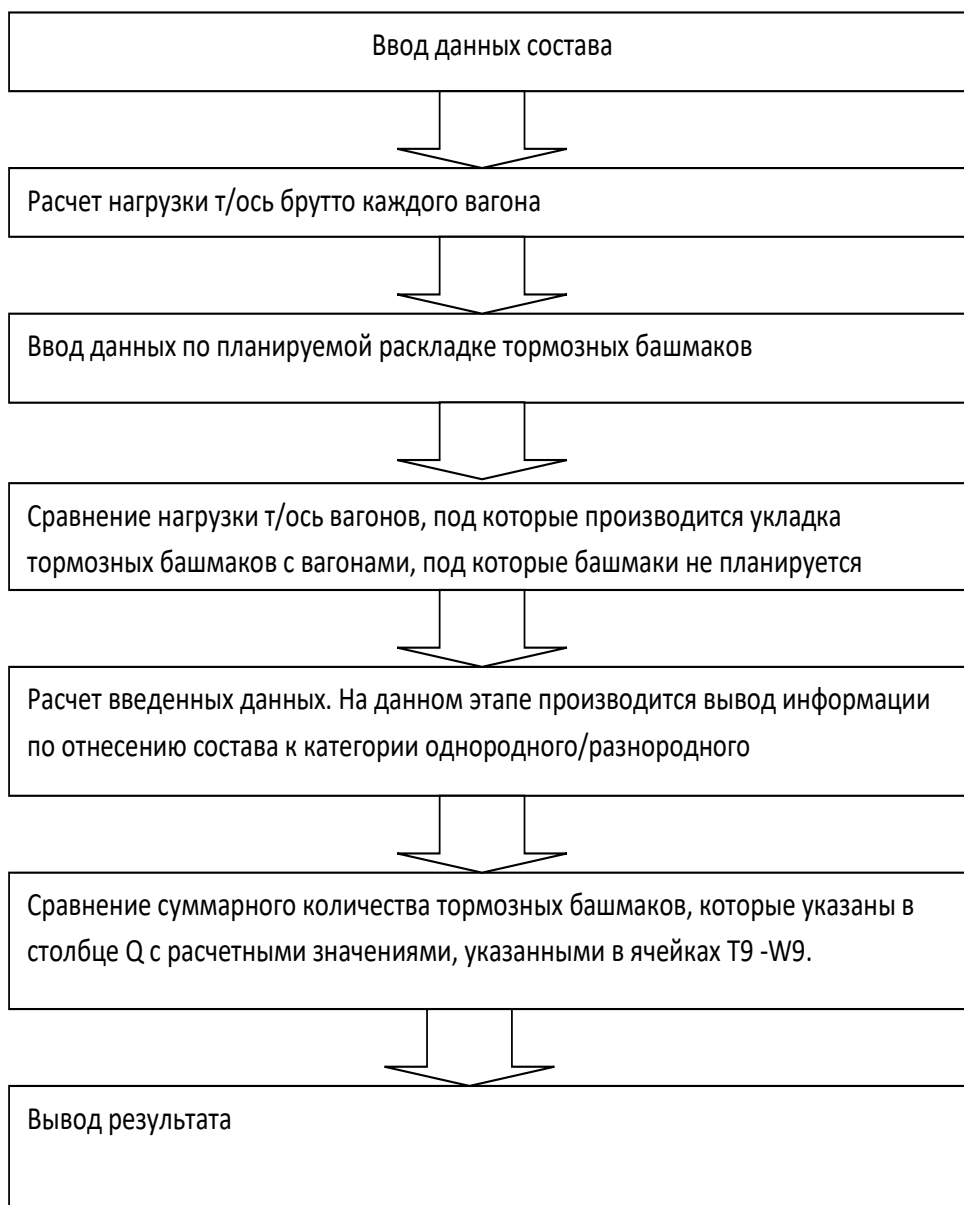


Рисунок 3.9 – Принципиальная схема работы алгоритма, производящего автоматизированное отнесение к категории однородного/разнородного [114]

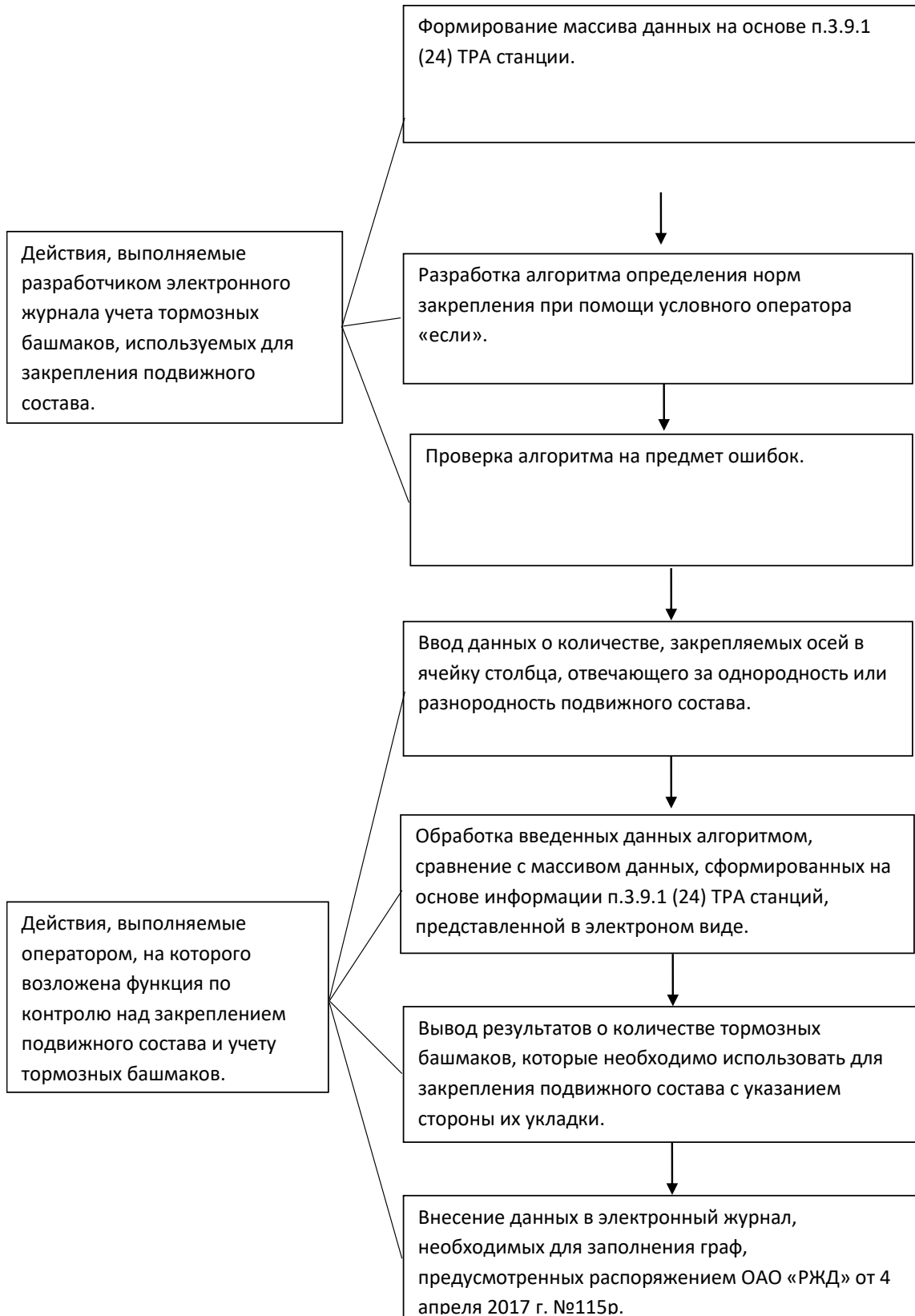
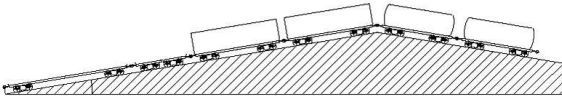
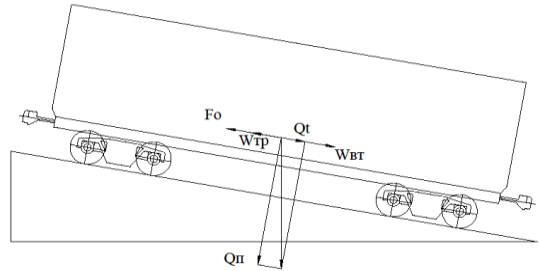
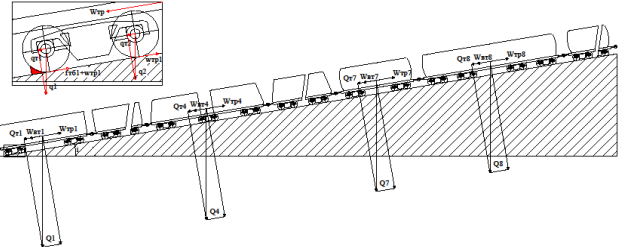


Рисунок 3.10 – Блок-схема работы электронного журнала учета тормозных башмаков, используемых для закрепления подвижного состава, в котором используются данные из п.3.9.1 (24) ТРА станций.

Таблица 3.21 – Ведомость разработанных методов расчета норм закрепления подвижного состава

I способ	II способ	III способ
<p>Схема расположения подвижного состава на приемоотправочном пути с профилем «гора»</p>  <p>Расчетные формулы определения норм закрепления</p> <p>- для однородного подвижного состава: $K = \frac{n}{200} (1,5 \cdot i + 1);$</p> <p>- для разнородного подвижного состава: $K = \frac{n}{200} (4 \cdot i + 1).$</p>	<p>Схема повагонного приложения сил, действующих на закрепляемый подвижной состав</p>  <p>Расчетные формулы определения норм закрепления:</p> $\sum F_o + \sum W_{TP} = W_{BT} + \sum Q_{\tau},$ <p>Значения сил определяются по формулам:</p> $\sum F_o = \sum_{i=1}^{k_6} f_{oj} \cdot q_{oj},$ $\sum W_{TP} = \sum Q_i \cdot w_{TP} \cdot 10^{-3},$ $W_{BT} = \frac{17,8 \cdot (C_x + (N-1) \cdot C_{xx}) \cdot S}{\sum Q_i \cdot (273+t)} \cdot v_{BT}^2,$ $\sum Q_{\tau} = \sum Q_i \cdot i \cdot 10^{-3},$ <p>Т. к. на практике условия закрепления отличаются от расчетных, то для надежности норм закрепления введем дополнительную поправку – среднеквадратичное отклонение удельного сопротивления сил трения состава при трогании с места и силы тормозного действия башмаков при трогании с места.</p> $\sum Q_i \cdot i \cdot 10^{-3} + \frac{17,8 \cdot (C_x + (N-1) \cdot C_{xx}) \cdot S}{Q_i \cdot (273+t)} v_{BT}^2 = \sum_{i=1}^{k_6} f_{oj} \cdot q_{oj} + \sum Q_i \cdot w_{TP} \cdot 10^{-3} -$ $t_x \sqrt{\sum_{i=1}^{k_6} \sigma_{fj}^2 \cdot q_{oj}^2 \cdot 10^6 + n' \cdot n \cdot \sigma_w^2 \cdot q_i^2},$	<p>Схема поосного приложения сил, действующих на закрепляемый подвижной состав</p>  <p>Расчетные формулы поосного определения норм закрепления:</p> $\sum F_o = \sum_{i=1}^{k_6} f_{oj} \cdot q_{oj},$ $\sum W_{TP} = \sum n \cdot q_i \cdot w_{TP} \cdot 10^{-3},$ $W_{BT} = \frac{17,8 \cdot (C_x + (N-1) \cdot C_{xx}) \cdot S}{\sum n q_i \cdot (273+t)} \cdot v_{BT}^2,$ $\sum Q_{\tau} = \sum n \cdot q_i \cdot i \cdot 10^{-3},$ <p>С учетом среднеквадратических отклонений удельного сопротивления сил трения при трогании состава с места и силы тормозного действия башмаков при трогании с места, уравнение равновесия (3) для поосного расчета примет вид:</p> $\sum n \cdot q_i \cdot i \cdot 10^{-3} + \frac{17,8 \cdot (C_x + (N-1) \cdot C_{xx}) \cdot S}{\sum n \cdot q_i \cdot (273+t)} v_{BT}^2 =$ $\sum_{i=1}^{k_6} f_{oj} \cdot q_{oj} + \sum n \cdot q_i \cdot w_{TP} \cdot 10^{-3} -$ $t_x \sqrt{\sum_{i=1}^{k_6} \sigma_{fj}^2 \cdot q_{oj}^2 \cdot 10^6 + n' \cdot n \cdot \sigma_w^2 \cdot q_i^2},$

	A	B	G	H	I	J	K	L	N	P	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	BN	BO	BS	BT	BV	BV	DN	DO	DP	DQ	DR	DS	DT	E1						
1	номер дуга (парка)	номер поста в	количество вагонов	количество осей	Сильный ветер	Штормовый ветер	количество уложенных тормозных башмаков с четной стороны для груза № 1	количество уложенных тормозных башмаков с нечетной стороны для груза № 2	количество уложенных тормозных башмаков с четной стороны для груза № 3	количество уложенных тормозных башмаков с нечетной стороны для груза № 4	номера уложенных / Башмаков со стороны для путей с четной стороны	Дата, время закрепления	Факторы и должность работника, закрепившего подвижной состав	количество уложенных / Башмаков со стороны для груза № 1	количество уложенных / Башмаков со стороны для груза № 2	количество уложенных / Башмаков со стороны для груза № 3	количество уложенных / Башмаков со стороны для груза № 4	Дата, время закрепления	Факторы и должность работника, закрепившего подвижной состав	количество уложенных / Башмаков со стороны для груза № 1	количество уложенных / Башмаков со стороны для груза № 2	количество уложенных / Башмаков со стороны для груза № 3	количество уложенных / Башмаков со стороны для груза № 4	Дата, время закрепления	Факторы и должность работника, закрепившего подвижной состав	количество уложенных / Башмаков со стороны для путей с четной стороны	количество уложенных / Башмаков со стороны для путей с нечетной стороны	Дата, время закрепления	Факторы и должность работника, закрепившего подвижной состав	количество уложенных / Башмаков со стороны для путей с четной стороны	количество уложенных / Башмаков со стороны для путей с нечетной стороны	Дата, время закрепления	Факторы и должность работника, закрепившего подвижной состав	количество уложенных / Башмаков со стороны для путей с четной стороны	количество уложенных / Башмаков со стороны для путей с нечетной стороны	Дата, время закрепления	Факторы и должность работника, закрепившего подвижной состав	количество уложенных / Башмаков со стороны для путей с четной стороны	количество уложенных / Башмаков со стороны для путей с нечетной стороны	Дата, время закрепления	Факторы и должность работника, закрепившего подвижной состав									
3	14:00 правильность закрепления проверена по докладу составителя поездов Петрова П.П. Замечаний нет.																																																	
4	Правильность закрепления подвижного состава проверена по докладу составителя поездов Петрова П.П. Замечаний нет. 02.09.2019 г. 20:00 дежурство принял ДСП Сидово С.С., 01.07.2019 г. 20:00 дежурство сдал ДСП Воронов И.А.																																																	
5	1	2	6	7	8	9	10	11	12	13	14	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26																													
6	1 путь от светофора Н1 (грузовые вагоны)	2222	50	200								1	2																																					
8	1 путь от светофора Н1 (грузовые вагоны)	2224	40	190							5	5	6	7	8	9																																		
9	3 путь от светофора Н3 (грузовые вагоны)	2226	30	120							1	13																																						
10	Правильность закрепления подвижного состава проверена по докладу составителя поездов Петрова П.П. Замечаний нет. 02.09.2019 г. 20:00 дежурство принял ДСП Сидово С.С., 01.07.2019 г. 20:00 дежурство сдал ДСП Воронов И.А.																																																	
11	посадки	№01:																																																
12	посадки	№02:																																																
13	посадки	№03:																																																
14	посадки	№04:																																																
15	неупакованные	№05:																																																
16	1 путь от светофора Н1 (грузовые вагоны)	2222	50	200								2																																						
17	3 путь от светофора Н3 (грузовые вагоны)	2226	30	120								1																																						
18	1 путь от светофора Н1 (грузовые вагоны)	2228	48	192																																														
19																																																		
20																																																		
21																																																		
22																																																		
23																																																		
24																																																		
25																																																		
26																																																		
27																																																		
28																																																		
29																																																		
30																																																		
31																																																		
32																																																		
33																																																		
34																																																		
35																																																		

Рисунок 3.11 – Внешний вид вкладки «рабочий лист электронного журнала учета тормозных башмаков, используемых для закрепления подвижного состава на путях станции Б. Наглядно отображены вспомогательные функции журнала: красным цветом подсвечено несоответствие количества уложенных тормозных башмаков с четной стороны, количеству, необходимому согласно п.3.9.1 ТРА станции Б. Желтым цветом подсвечены действующие записи о закреплении подвижного состава. Данное решение реализовано при помощи функций условного программирования

3.5 Выводы по главе

В третьей главе выполнено развитие методики расчета закрепления подвижного состава с вариативными параметрами на стационарных железнодорожных путях переменного профиля на основе уточненной имитационной модели. Сформирована авторская методика расчета, включающая три способа расчета:

- 1) расчет, на основе формул, приведенных в приложении 17 ИДП;
- 2) расчет посредством определения сил, действующих на подвижной состав (итерационный повагонный расчет);
- 3) расчет посредством определения сил, действующих на подвижной состав (итерационный поосный расчет).

Для реализации данных способов расчета созданы новые электронные формы документации по расчету закрепления подвижного состава и автоматизация их учета (журнал учета тормозных башмаков для станции, содержащий данные продольных профилей путей).

Предложенные варианты авторских алгоритмов позволяют производить расчеты норм закрепления для составов поездов, у которых количество вагонов в условных вагонах не совпадает с количеством физических вагонов, из которых составы состоят, что влечет за собой несовпадение участков путей, занимаемого конкретным составом и составом, состоящим из одного рода вагонов, одинаковых по количеству осей, а также отличной плотности расположения осей на том или ином участке пути.

Использование разработанных алгоритмов расчетов, основанных на формулах и правилах, приведенных в приложении 17 [2], не требует проведения дополнительных проверочных мероприятий, опытов и т.д., так как содержит в себе зарекомендованные временем правила безопасности, но с решением имеющихся проблем. В среде табличного процессора создана программа расчета норм закрепления.

Для дальнейшего развития и внедрения на сети дорог авторского алгоритма, производящего расчет норм закрепления, основанного на уточненном расчете сил, действующих на состав, необходимо создание базы данных, содержащей информацию о расположении осей вагонов относительно осей автосцепок, а также дополнительной работы по верификации коэффициентов, используемых в расчетах.

Применение авторской методики автоматизированного процесса расчета определения норм закрепления позволяет снизить влияние перечисленных в настоящей работе негативных факторов, и решить проблему отсутствия вариантов расчета при закреплении составов поездов, состоящих из разнородных по длине и массе вагонов на путях переменного профиля.

4 АПРОБАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ЭФФЕКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НОРМ ЗАКРЕПЛЕНИЯ

4.1 Направления совершенствования технологии станционных процессов за счет изменения порядка закрепления подвижного состава

В гл. 3 настоящей работы указан процесс определения норм закрепления подвижного состава при нахождении вагонов в фиксированной части пути, то есть от определенного места. Реализацию позиционирования подвижного состава на пути предлагается производить по отметкам, обозначающим расстояние от границ полезных длин путей, нанесенным на шейки рельс при помощи краски.

В случае отсутствия такой возможности (нечитаемость отметок после выпадения снега, либо на путях, где производится погрузка/выгрузка грузов, образующих пыль) предлагается алгоритм, производящий расчет норм закрепления подвижного состава в произвольном месте пути.

Принцип работы данного алгоритма аналогичен порядку, описанному в гл. 3 настоящей работы. Производится расчет норм закрепления подвижного состава, начиная от места его расположения у границы полезной длины пути и далее последовательно определяются нормы закрепления при сдвиге состава вдоль пути до момента расположения хвостовой части у противоположной границы рассматриваемого пути на минимальное значение. В качестве минимального значения – шага сдвига состава выбран размер диаметра колесной пары. Из полученного массива значений количества тормозных башмаков выбирается максимальное значение, которое принимается за норму.

Совершенствование технологии работы станций предлагается улучшить за счет изменения способа закрепления вагонов при производстве маневровой работы по подборке вагонов по местам подачи вагонов на пути необщего пользования, примыкающих к станциям.

В связи с передачей эксплуатационного вагонного парка в частные компании резко возрос объем маневровой работы на основных сортировочных, участковых и грузовых станциях сети ОАО «РЖД» из-за возникновения необходимости по производству дополнительной маневровой работы, связанной с подборкой вагонов перед подачей на пути необщего пользования по наименованию клиентов. Ранее такой проблемы не возникало. В связи с нехваткой мощностей сортировочных станций работа по подборке групп вагонов переведена на грузовые станции, не имеющих достаточного путевого развития и мощностей для производства маневровой работы [30].

В настоящий момент при сортировке вагонов на станциях, путем перестановки с одного пути на другой производится закрепление вагонов исходя из фактического количества вагонов, стоящих на пути.

Проведенным анализом технологии работы грузовых станций, имеющих продольные профили «гора», установлено, что накопление вагонов производится от границ полезных длин путей со стороны одной из горловин. То есть изначально производится закрепление группы вагонов с одной из сторон у границы полезной длины пути и далее производится прицепка вагонов к ранее закрепленным. При существующей технологии закрепления подвижного состава в процессе добавления либо отцепки вагонов происходит изменение необходимого количества тормозных башмаков, которые необходимо для закрепления стоящей группы вагонов. При отставновке вагонов на путь, на котором уже стоят закрепленные вагоны, требуется объединение групп вагонов, вследствие чего возникает необходимость укладки/уборки тормозных башмаков. Так как производство маневровых передвижений на станциях в соответствии с ТРА станции производится с включенными и опробованными тормозами, а по требованиям сохранности тормозных башмаков также требуется закрепление вагонов с условием наката колесными парами на полоза тормозных башмаков, возникает затруднение в маневровой работе, когда изменяется количество тормозных башмаков, требуемых для закрепления стоящих

вагонов на пути после произведенной прицепки или отцепки вагонов. Чтобы произвести уборку тормозных башмаков в случае уменьшения необходимого количества тормозных башмаков после прицепки или, наоборот, в случае увеличения, возникает необходимость включения автотормозов у вагонов, к которым производится прицепка перестановленных вагонов, что влечет за собой значительное увеличение времени, затрачиваемое на включение и опробование автотормозов у стоящих вагонов, а также времени, которое необходимо для выполнения операции на укладку и уборку тормозных башмаков.

Для ускорения производства маневровой работы на станциях предлагается использование технологии закрепления подвижного состава, аналогичной, которая применяется при закреплении на сортировочных станциях. То есть, для каждого пути определяется максимальное количество тормозных башмаков с обеих сторон, которое необходимо для закрепления вагонов. Это необходимо для того, чтобы в процессе расформирования и формирования составов не были нарушены нормы, необходимые для закрепления подвижного состава, в меньшую сторону. Составы, которые необходимо расформировать предварительно закрепляются по максимальной норме, далее производится переформирование состава путем перестановки вагонов на смежные пути. Отставляемые вагоны на смежные пути, также закрепляются по максимальному количеству тормозных башмаков, которое может использоваться для закрепления подвижного состава на данных путях. В процессе добавления вагонов, вплоть до полной вместимости пути не требуется изменение количества тормозных башмаков, а требуется лишь перенос тормозных башмаков, уложенных со стороны заезда маневрового локомотива. Данная технология позволит сократить время, которое затрачивается на откачку тормозной магистрали всего количества вагонов, стоящих на пути для протаскивания вагонов с тормозных башмаков в случае изменения их количества, а также времени, необходимого для укладки дополнительного количества тормозных башмаков до необходимой нормы.

Проведен расчет сокращения времени, требуемого на расформирование одного однородного состава на примере грузовой станции Новомихайловская. По результатам расчета установлено экономия времени равная 35 минутам. Экономия времени на расформирование разнородного подвижного состава будет еще более значительная, так как для закрепления разнородного подвижного состава требуется большее количество тормозных башмаков и, следовательно, большее количество операций, связанных с уборкой и укладкой тормозных башмаков.

Например, из анализа технологии работы станции Новомихайловская установлено, что накопление вагонов производится от границ полезных длин путей со стороны четной горловины. То есть изначально производится закрепление группы вагонов от нечетных выходных светофоров и далее производится прицепка вагонов к ранее закрепленным. Основное количество укладываемых тормозных башмаков производится со стороны четной горловины (от трех до шести тормозных башмаков, в зависимости от пути для закрепления однородного подвижного состава и от 6 до 13 при закреплении разнородного подвижного состава), при этом со стороны нечетной горловины в зависимости от номера пути требуется укладка не более одного тормозного башмака. При существующей технологии закрепления подвижного в процессе добавления вагонов происходит увеличение необходимого количества тормозных башмаков, которые необходимо для закрепления стоящей группы вагонов после произведенной прицепке. Так как продольные профили путей главных и приемоотправочных путей станции Новомихайловская, за исключением 3 и 4 пути имеют продольный профиль «гора», то расчеты норм закрепления подвижного состава произведены исходя из условия их расположения в определенном месте пути, то есть расчет норм закрепления в произвольном месте для таких путей отсутствует. В связи с этим при отставновке вагонов на путь, на котором уже стоят закрепленные вагоны, требуется объединение групп вагонов, вследствие чего возникает необходимость укладки/уборки тормозных башмаков с четной горло-

вины станции. Так как производство маневровых передвижений на станции Новомихайловская в соответствии с ТРА станции производится с включенными и опробованными тормозами, а по требованиям сохранности тормозных башмаков также требуется закрепление вагонов с условием наката колесными парами на полоза тормозных башмаков, возникает затруднение в маневровой работе, когда изменяется количество тормозных башмаков, требуемых для закрепления стоящих вагонов на пути после произведенной прицепки или отцепки вагонов. Чтобы произвести уборку тормозных башмаков в случае уменьшения необходимого количества тормозных башмаков после прицепки или, наоборот, в случае увеличения, возникает необходимость включения автотормозов у вагонов, к которым производится прицепка перестановленных вагонов, что влечет за собой значительное увеличение времени, затрачиваемое на включение и опробование автотормозов у стоящих вагонов, а также времени, которое необходимо для выполнения операции на укладку и уборку тормозных башмаков.

Для ускорения производства маневровой работы на станции Новомихайловская предлагается использование технологии закрепления подвижно состава, аналогичной, которая применяется при закреплении на сортировочных станциях. То есть, для каждого пути определяется максимальное количество тормозных башмаков с обеих сторон, которое необходимо для закрепления вагонов. Это необходимо для того, чтобы в процессе расформирования и формирования составов не были нарушены нормы, необходимые для закрепления подвижного состава в меньшую сторону. Составы, которые необходимо расформировать предварительно закрепляются по максимальной норме, далее производится переформирование состава путем перестановки вагонов на смежные пути. Отставляемые вагоны на смежные пути, также закрепляются по максимальному количеству тормозных башмаков, которое может использоваться для закрепления подвижного состава на данных путях. В процессе добавления вагонов, вплоть до полной вместимости пути не требуется

изменение количества тормозных башмаков со стороны четной горловины, а требуется лишь перенос одного тормозного башмака, необходимого для закрепления состава со стороны нечетной горловины. Данная технология позволит сократить время, которое затрачивается на откачку тормозной магистрали всего количества вагонов, стоящих на пути для протаскивания вагонов с тормозных башмаков в случае изменения их количества, а также времени, необходимого для укладки дополнительного количества тормозных башмаков до необходимой нормы.

В процессе добавления вагонов на смежных путях возникает необходимость изменения количества тормозных башмаков от одного до пяти раз при формировании однородных составов поездов и от одного до одиннадцати раз при формировании разнородных составов поездов, так как требуется укладка до 6 или 13 тормозных башмаков со стороны четной горловины в зависимости от однородности формируемого поезда. Аналогичные значения количества случаев, при которых требуется перезакрепление вагонов справедливо и для составов расформируемых поездов. При этом при формировании поезда путем добавления на путь вагонов к уже стоящим на пути вагонам, закрепленным по максимальной норме, требуется произвести их закрепление только один раз, когда закрепляется первая группа вагонов, отставленная ранее на свободный путь.

В таблице 4.1 приведены значения максимального количества тормозных башмаков, используемых для закрепления составов на путях станции Новомихайловская.

Таблица 4.1 - Сводная таблица максимального количества тормозных башмаков, используемых для закрепления составов на путях станции

Условие закрепления составов на путях станции Новомихайловская	Количество башмаков со стороны			
	Предуг.		Звер.	
	Одн.	Разн.	Одн.	Разн.
1	2	3	4	5
I путь со стороны станции Предугольная	3	6	1	1
I путь со стороны станции Зверевская	3	6	1	1

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
II путь со стороны станции Предугольная	3	6	1	1
II путь со стороны станции Зверевская	3	6	1	1
4 путь	4	8	1	1
5 путь со стороны станции Предугольная	3	6	1	1
5 путь со стороны станции Зверевская	4	7	1	1
6 путь со стороны станции Зверевская (с учетом занятия секции 8-18)	4	9	1	1
6 путь со стороны станции Предугольная (с учетом занятия секции 8-18)	4	8	1	1
6 путь со стороны станции Предугольная	4	8	1	1
6 путь со стороны станции Зверевская	4	9	1	1
7 со стороны станции Зверевская (с учетом занятия секции 6-28)	5	10	1	1
7 со стороны станции Предугольная (с учетом занятия секции 6-28)	5	10	1	1
7 путь со стороны станции Зверевская	4	8	1	1
7 путь со стороны станции Предугольная	4	7	1	1
3 путь	4	7	1	1
I путь со стороны станции Предугольная (для хоппер-дозаторов)	3	6	1	1
I путь со стороны станции Зверевская (для хоппер-дозаторов)	3	6	1	1
II путь со стороны станции Предугольная (для хоппер-дозаторов)	3	6	1	1
4 путь (для хоппер-дозаторов)	4	8	1	1
5 путь со стороны станции Предугольная (для хоппер-дозаторов)	3	6	1	1
5 путь со стороны станции Зверевская (для хоппер-дозаторов)	4	7	1	1
6 путь со стороны станции Предугольная (для хоппер-дозаторов)	4	7	1	1
6 путь со стороны станции Зверевская (для хоппер-дозаторов)	4	7	1	1
7 путь со стороны станции Предугольная (для хоппер-дозаторов)	4	7	1	1
7 путь со стороны станции Зверевская (для хоппер-дозаторов)	4	8	1	1
7 со стороны станции Зверевская для хоппер-дозаторов (с учетом занятия секции 6-28)	6	13	1	1
7 для хоппер-дозаторов со стороны станции Предугольная (с учетом занятия секции 6-28)	6	13	1	1
6 со стороны станции Зверевская для хоппер-дозаторов (с учетом занятия секции 8-18)	6	11	1	1
6 для хоппер-дозаторов со стороны станции Предугольная (с учетом занятия секции 8-18)	5	10	1	1
3 путь (для хоппер-дозаторов)	4	7	1	1

Так как станция преимущественно работает с полувагонами и производится переформирование составов порожних поездов, а также накопление вагонов производится путем постановки первой группы вагонов от четной горловины, то для упрощения дальнейших расчетов видоизменим таблицу 4.1 с учетом данных условий. Результаты сведем в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 - Сводная таблица максимального количества тормозных башмаков, используемых для закрепления составов из однородных вагонов на путях станции при закреплении барьерной группы с четных сторон путей

Условие закрепления составов на путях станции Новомихайловская	Количество башмаков со стороны	
	Предуг.	Звер.
	Одн.	Одн.
I путь со стороны станции Предугольная	3	5
II путь со стороны станции Предугольная	3	5
4 путь	3	6
5 путь со стороны станции Предугольная	3	5
6 путь со стороны станции Предугольная	3	6
7 путь со стороны станции Предугольная	3	6
3 путь	3	5
Итого:	21	7
Среднее количество операции по закреплению вагонов в процессе формирования одного поезда на путях станции	$21/7=3$	$7/7=1$

Приведем пример работы существующей технологии закрепления на примере формирования состава по I пути. Для сравнения необходимы значения норм закрепления подвижного состава, рассчитанные для I пути станции, которые приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Нормы закрепления подвижного состава для I пути станции Ново-михайловская

Условие закрепления составов на I пути станции Ново-михайловская	Сторона укладки тормозных башмаков	Количество тормозных башмаков формула (1.4)	Количество осей однородного подвижного состава	Количество тормозных башмаков формула (1.5)	Количество осей различного подвижного состава
I путь со стороны станции Предугольная	со стороны Предугольной	1	80	1	30
I путь со стороны станции Предугольная	со стороны Предугольной	2	150	2	80
I путь со стороны станции Предугольная	со стороны Предугольной	3	194	3	104
		-	-	4	148
		-	-	5	194
I путь со стороны станции Предугольная	со стороны Зверевской	1	194	1	194

Из таблицы 4.3 наглядно видно, что при формировании однородных составов по I пути при закреплении первоначального количества вагонов менее 80 осей двумя тормозными башмаками, по одному с каждой стороны и последовательного прибавления к стоящей группе вагонов дополнительного количества вплоть до полной вместимости требуется произвести три операции по закреплению из них одна при закреплении первой группы вагонов, и две операции в процессе добавления вагонов к уже стоящей группе. В случае использования предлагаемой технологии работы требуется закрепить первую группу вагонов в случае ее размера от 8 до 80 осей сразу тремя тормозными башмаками со стороны станции Предугольная и одним тормозным башмаком со стороны станции Зверевская и в процессе добавления вагонов требуется производить только перенос тормозного башмака, уложенного со стороны станции Зверевская без необходимости откачивания тормозной магистрали у вагонов, ранее отставленных на путь после объединения их к с прицепляемыми.

Для подсчета разницы между существующей технологией и предлагаемой, на основе показателей технологического процесса работы станции Новомихайловская построен график расформирования и формирования двух поездов на трех путях станции. В процессе расформирования и формирования двух поездов разница во времени маневровой работы составляет 70 минут, следовательно, на один поезд будет затрачено на $70/2=35$ минут времени на маневровые передвижения.

Проанализирована работа станции, связанная с приемом поездов. Всего за 2020 год на станцию Новомихайловскую произведен прием 1823 поездов. В это значение не вошли локомотивы, принятые на станцию резервом.

Умножив, полученную разницу во времени на количество принятых поездов за 2020 год получим итоговую экономию времени за весь год $35/60 \cdot 1823 = 1063$ часа, что составляет порядка 44 суткам. Данное время высвобождается из работы маневрового локомотива и составителя поездов, следовательно, при существующем объеме маневровой работы можно произвести остановку маневрового локомотива от движения и тем самым сэкономить на фонде оплаты труда, либо высвобожденное время позволит увеличить производство полезной маневровой работы.

4.2 Порядок ведения электронного журнала учета закрепления подвижного состава на примере сортировочных, участковых и грузовых станций

Окно экрана, в котором работает исполнитель, ответственный за определение норм закрепление подвижного состава приведен на рисунке 3.11 и рисунке 3.12. При вводе данных состава поезда во вкладку «исходные данные» путем копирования и вставки значений в столбцы с «L» по «N» начиная со строки 9 (см. рисунок 3.12), заполнении номера пути, на котором будет производиться закрепление подвижного состава, номера поезда, стороне размещения состава в соответствующие

ячейки J4 – L4, при помощи авторского алгоритма производится расчет необходимого количества тормозных башмаков, которые требуются для закрепления состава с заданными характеристиками. Результаты расчета выводятся в виде числовой информации, соответствующей количеству тормозных башмаков в ячейках T8 – W8. Затем, исполнитель в столбцах Q и R производит внесение цифровой информации соответствующей количеству тормозных башмаков, которые планируется уложить под определенные вагоны. В столбце Q напротив номеров вагонов вносится информация о планируемой раскладке тормозных башмаков под определенные вагоны. В приведенном на рисунке 3.12 примере, исполнитель планирует укладку четыре тормозных башмаков, по два под первый и второй под второй с нечетной стороны и 2 под хвостовой вагон с четной стороны. При помощи авторского алгоритма производится анализ введенной информации. В ячейках U10 – W10 выводится информация, что при данной раскладке тормозных башмаков, данный состав относится к категории разнородного, и в ячейке Q8 выводится информация, что данного количества тормозных башмаков недостаточно для закрепления заданного состава с нечетной стороны. Для наглядности ячейка Q8 окрашивается в яркую предупреждающую окраску. При раскладке тормозных башмаков, приведенной на рисунке Г.3 и Г.4 приложения Л в ячейке Q8 выводится слово «верно», предупреждающая окраска ячейки снимается. В случае размещения состава на уклоне, превышающем 2,5 ‰ в объединенных ячейках T9-W9 выводится соответствующая информация.

Возможность использования различных вариантов раскладки тормозных башмаков приведены на рисунках Г.3 и Г.4 приложения Л. При различной раскладке тормозных башмаков под разные вагоны, наглядно видно, что один и тот же состав можно закрепить и по нормам как для однородного состава и как разнородного. На рисунке Г.3 приложения Г видно, что при выборе варианта укладки тормозных башмаков под первый и второй вагоны из-за загрузки второго вагона менее 15 т/ось брутто норма закрепления с нечетной стороны составляет 5 башмаков, но

если использовать вариант раскладки тормозных башмаков, приведенный на рисунке Г.4 приложения Г – два башмака под первый и один под третий вагоны, то этот же состав можно закрепить 3 тормозными башмаками с нечетной стороны, так как при выбранной раскладке данный состав относится к категории однородного, о чем в ячейке T11 выводится соответствующая информация.

Принцип действия алгоритма определения однородности основан на использовании правил, приведенных в приложении 17 [2].

Вид интерфейса разработанной программной страницы по определению норм закрепления приведен на рисунке 3.12.

	J	L	M	N	O	Q	R	T	U	V	W						
1	исходные данные состава поезда из АСУ станции																
2	номер пути	сторона расположения	расстояние от горловины	температура t	скорость ветра V _{вт}	от определенного места											
3						выбор вагонов, под которые производится укладка тормозных башмаков и количество тормозных башмаков											
4	06	34		0	10							количество тормозных башмаков, необходимых для закрепления подвижного состава согласно формулам ИДП					
5	01 02 03 04 05 06																
6								однородный	разнородный	однородный	разнородный						
7						с нечетной	с четной	с нечетной		с четной							
8	П/Н	длина	вбрутто	оси		Недостаточно	Верно	3	5	1	2						
9	1	13,92	80	4		2											
10	2	13,92	30	4		2			разнородный	однородный							
11	3	13,92	30	4													
12	4	13,92	80	4													
13	5	13,92	30	4													
14	6	13,92	30	4													
15	7	19,62	30	4													
16	8	19,62	30	4													
17	9	19,62	30	4													
18	10	19,62	30	4													
19	11	19,62	30	4													
20	12	19,62	30	4													
21	13	19,62	30	4													
22	14	19,62	30	4													
23	15	19,62	30	4													
24	16	19,62	30	4													
25	17	19,62	30	4													
26	18	19,62	80	4													
27	19	19,62	30	4													
28	20	13,92	30	4													
29	21	13,92	30	4													
30	22	13,92	30	4													
31	23	13,92	30	4													
32	24	13,92	30	4													
33	25	13,92	30	4													
34	26	13,92	30	4													
35	27	13,92	30	4													
36	28	12,02	30	4													
37	29	12,02	30	4													
38	30	12,02	30	4													
39	31	12,02	30	4													
40	32	12,02	80	4			2										

Рисунок 3.12 – Интерфейс листа, предназначенного для определения норм закрепления

4.3 Рекомендации по выбору эффективных технико-эксплуатационных параметров устройств закрепления для подвижных единиц и норм их закрепления

Из таблицы В.1, приведенной в приложении В видно, что при помощи УТС-380, установленных под вагон с нагрузкой на ось 5,5 т/ось, при расположении состава на пути, имеющего уклон 5 ‰ можно закрепить только 61 вагон. При закреплении большего количества вагонов, силы, способствующие приведению состава в движение превысят силы, которые удерживают состав в статическом положении. При закреплении вагонов большего количества возникает вероятность перекатывания колесной пары через УТС-380.

Для закрепления данного состава на заданном пути требуется дополнительная укладка двух тормозных башмаков под любой вагон с 1 по 53. На примере данные тормозные башмаки уложены под первый вагон, при этом запас сил, удерживающих состав, по результатам расчет составил 0,55 тс, в случае укладки тормозного башмака под 2 вагон, имеющий нагрузку 22,5 т/ось, то запас сил составит 2,52 тс.

Использование данной модели позволяет производить определение достаточности закрепляющего воздействия упоров, а также расчет необходимого количества тормозных башмаков, требуемых для закрепления состава, при условии, когда закрепляющей силы недостаточно для удержания подвижного состава.

Распределение сил, действующих на состав, приведенный в таблице 3.16, стоящий на пути, характеристика которого приведены в таблице 3.17 до укладки тормозных башмаков при скорости ветра 5 м/с, 25 м/с приведено на рисунках 4,1 – 4.2. Распределение результирующих сил, действующих на состав, после укладки тормозных башмаков по вариантам а), b), c), d), e), f), g), приведено на рисунке 4.3

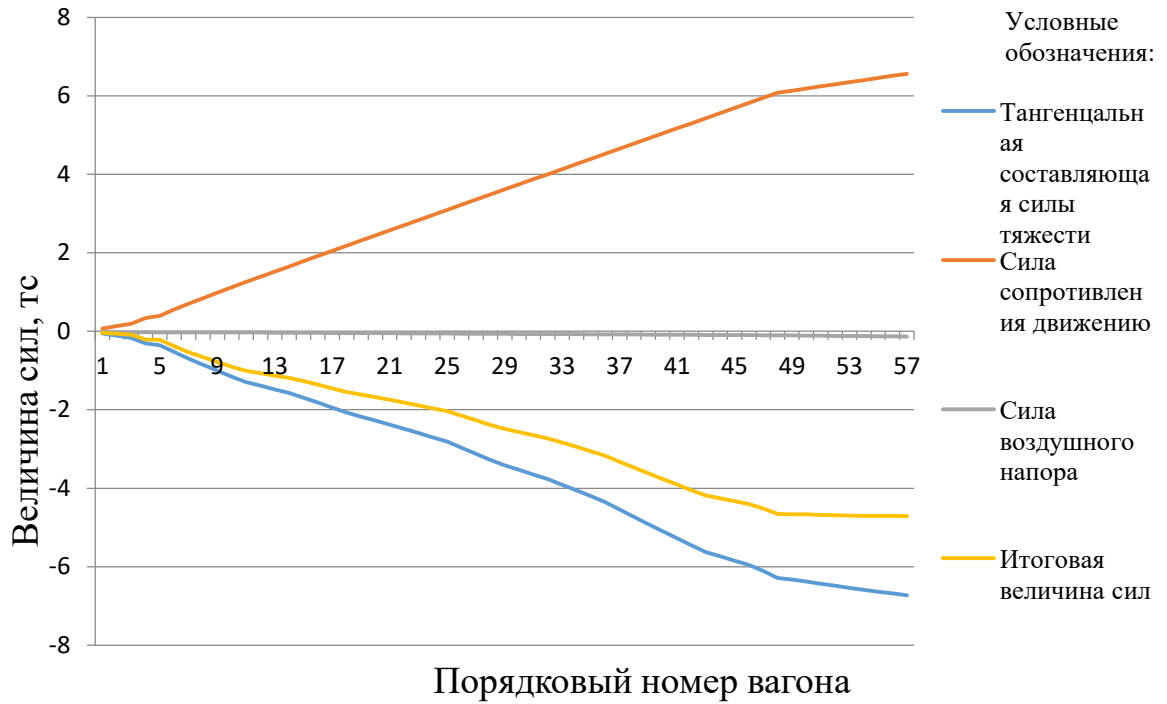


Рисунок 4.1 – Распределение сил, действующих на состав, стоящий на пути, до укладки тормозных башмаков при скорости ветра 5 м/с

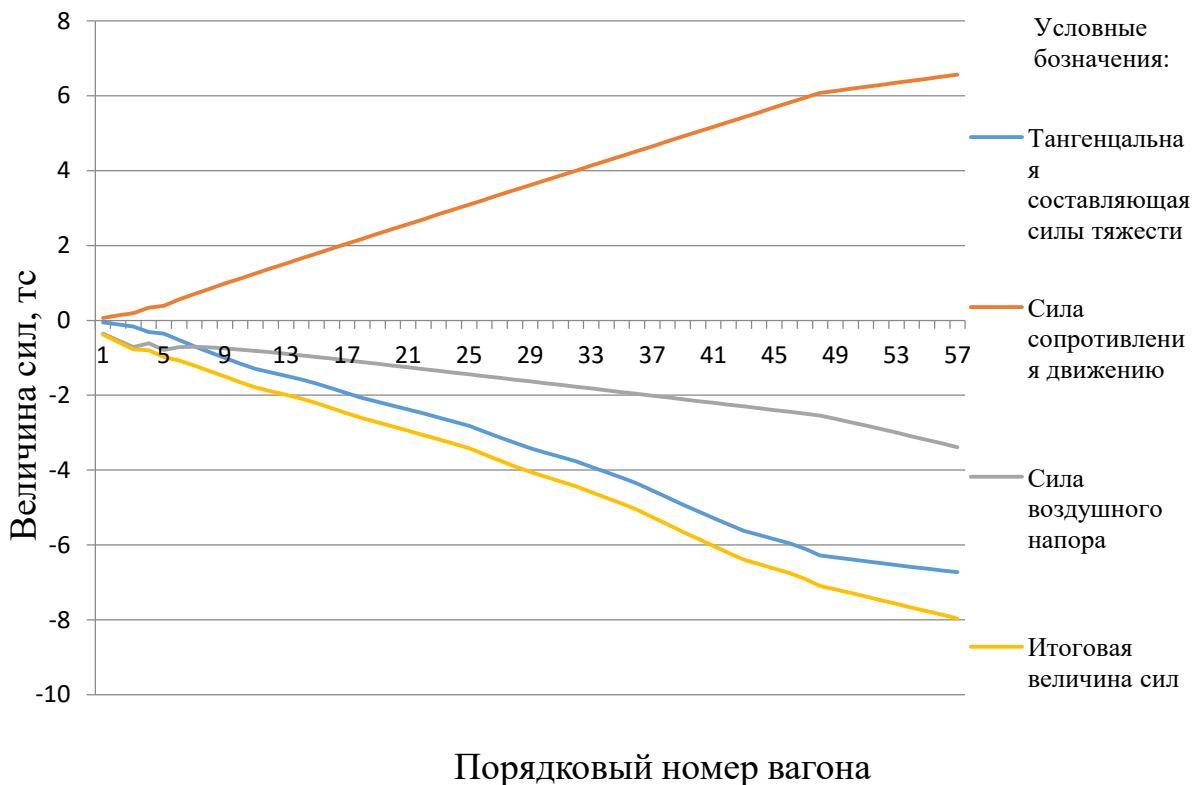


Рисунок 4.2 – Распределение сил, действующих на состав, стоящий на пути, до укладки тормозных башмаков при скорости ветра 25 м/с

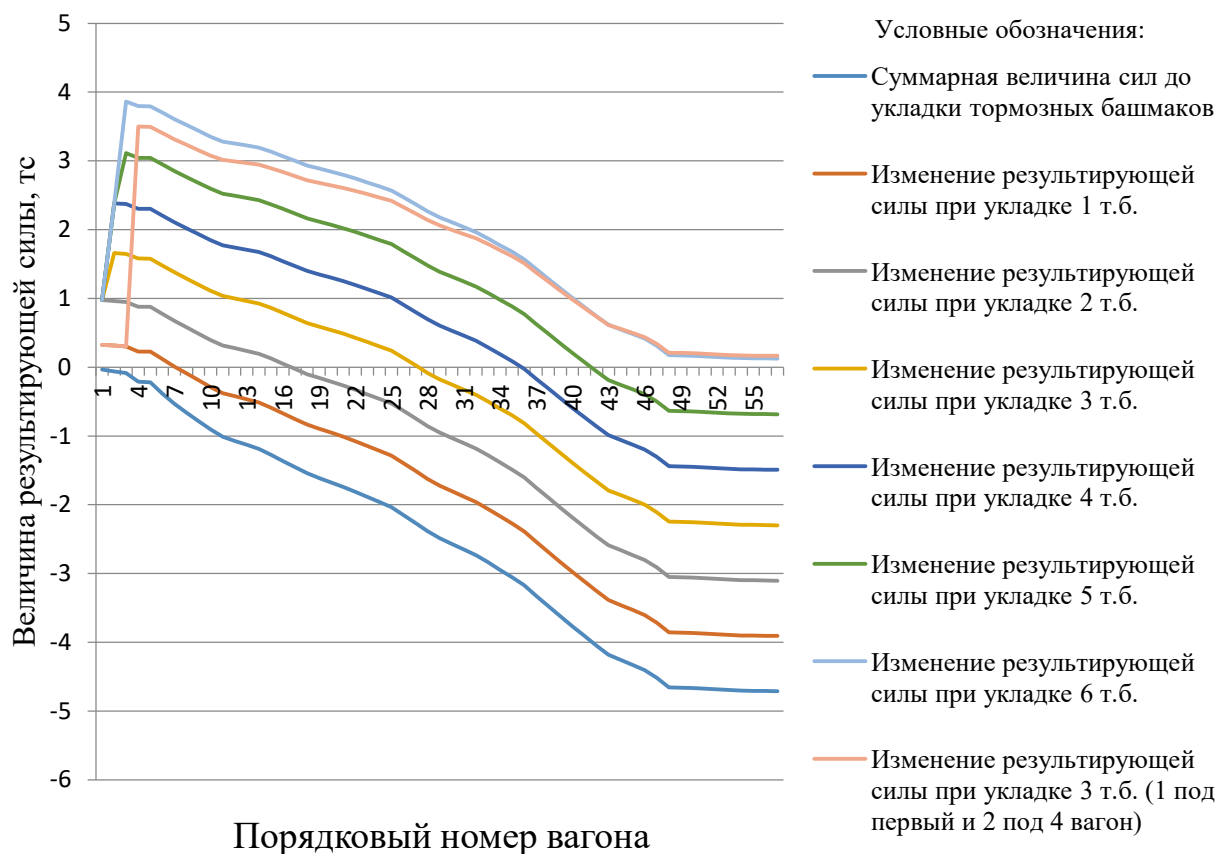


Рисунок 4.3 – Распределение результирующей сил, действующей на состав, после укладки тормозных башмаков по вариантам а), б), с), д), е), ф), г)

Для использования данного алгоритма на сети ОАО «РЖД» необходимо провести дополнительные исследования коэффициента тормозного действия башмака при трогании с места. Также возможно более точное определение составляющей силы воздушного напора вдоль пути, действующего на состав, посредством увязки коэффициентов воздушного сопротивления и площади поперечного сечения вагонов с базой номеров вагонов, действующих на сети.

Предложенный алгоритм определения норм закрепления позволяет определять минимальные нормы закрепления, необходимые для удержания подвижного состава. В случае интеграции в информационные системы, действующие на сети ОАО «РЖД» позволяет попутно решить проблемы:

1) снижает количество тормозных башмаков, используемых для закрепления подвижного состава, что положительно скажется на снижении затрат, связанных с закупкой, хранением и эксплуатацией тормозных башмаков, снижением простоя вагонов и локомотивов, связанного с выполнением операций по закреплению подвижного состава, а также сократит использование ручного труда;

2) решает проблемы по ограничению запрета в ПТЭ на расчет норм закрепления подвижного состава в произвольном месте пути на продольном профиле типа «гора». При продольном профиле данного типа расчет должен производиться от определенных мест (точек пути, обычно отступ от границ полезной длины путей на длину локомотива). Это значительно ухудшает эксплуатационные показатели в случае наличия уклонов более 2,5 ‰ в начале и конце пути, так как согласно ПТЭ, на этих уклонах имеется запрет оставления подвижного состава, что влечет к запрету использования частей путей, либо ведет к увеличению маневровой работы по перезакреплению подвижного состава, когда после накопления длина составов превысит протяженности этих участков. В данном случае перезакрепление требуется для наиболее полного использования полезной длины путей, что увеличивает простой вагонов, вследствие производства «лишних» маневровых передвижений, а также времени, необходимого на снятие и повторное закрепление подвижного состава. Имеющийся способ снижения вышеуказанного недостатка существующим способом определения норм закрепления ведет к увеличению вариантов расчетов, что увеличивает риск ошибки при определении норм закрепления (чем больше вариантов расчета, тем больше риск, увеличивается «путаница»). Расчет в произвольном месте пути не требуется, исключается, при введении графы в электронном журнале расстояния, которое отступается от границы пути с четной или нечетной горловины, в зависимости от стороны оставления подвижного состава;

3) уменьшает риск расположения подвижного состава на уклонах, превышающих 2,5 ‰. Существующий способ определения норм закрепления подвижного состава не позволяет определять величины спрямленных уклонов, на которых

он располагается. Существующая технология нанесения отметок на шейки рельс участков, имеющих уклоны более 2,5 ‰ не решает проблему, так как выделяются участки только с такими уклонами, но при расположении состава с занятием участка, имеющего уклон более 2,5 ‰ и соседнего участка, не дает гарантию расположения состава на участке со спрямленным уклоном менее 2,5 ‰. Электронный журнал позволяет определять спрямленный уклон участка пути, занятый подвижным составом;

4) устраняет проблему, выраженную в ограниченном количестве расчетов вариантов закрепления подвижного состава существующим способом. Количество вариантов закрепления зависит от типа подвижного состава, его месторасположения (в произвольном месте, от границ полезных длин с отступом на длину локомотива, с занятием части горловины), типа локомотивов, обращающихся на участках, наличия элементов продольного профиля пути с уклонами, превышающими 2,5 ‰, расположенных у границ полезных длин путей. Даже, не беря в расчет последнего ограничения, касающегося величин уклонов, а учитывая, что на условной станции обращается два типа локомотива (может быть гораздо больше тепловозы, электровозы, 2-х секционные, 3-х секционные и т.д.), имеется необходимость наличия расчетов для закрепления подвижного состава двух типов (в зависимости от их длин) от горловин, а также в произвольном месте, то выходит, что для выполнения вышеуказанных условий необходимо иметь 12 вариантов расчетов закрепления подвижного состава на одном и том же пути. А если брать дополнительные условия, то вариантов расчетом может быть гораздо больше, что влечет за собой увеличение риска ошибки в определении норм закрепления;

5) при расчете тормозных башмаков при помощи определения сил, действующих на состав, достигается уменьшение необходимого количества тормозных башмаков, которые требуются для закрепления подвижного состава, по сравнению с количеством, получаемым при расчете существующими способами;

б) снижается риск нарушений норм закрепления, возникающий при определении однородности и разнородности подвижного состава. Определение однородности или разнородности производится автоматически, в случае расчета норм закрепления при помощи расчета сил, действующих на состав;

7) дополнительно можно использовать логический контроль над сроками действия продольных профилей.

Согласно правилам, приведенным в приложении 17 [2] отнесение составов к категории однородных производится при условии:

а) в случае закрепления одиночных вагонов, либо закрепления составов или групп вагонов однородных по весу (брутто): грузовых груженых или порожних вагонов независимо от их рода, пассажирских вагонов, моторвагонного железнодорожного подвижного состава; рефрижераторных вагонов при условии, что в группе (секции) все вагоны груженые или все порожние (в том числе порожняя секция с машинным отделением); сплотов локомотивов в недействующем состоянии;

б) в случае закрепления смешанных (разнородных по весу) составов или групп груженых и порожних вагонов, или груженых вагонов с различной нагрузкой на ось, при условии, что тормозные башмаки укладываются под вагоны с нагрузкой не менее 15 т (брутто) на ось, или при отсутствии таких вагонов — под вагоны с меньшей нагрузкой на ось, но максимальной для закрепляемой группы.

Отнесение состава к соответствующей категории производится при условии в случае укладки тормозных башмаков под порожние вагоны смешанного состава, состоящего из разнородных по весу вагонов, либо под вагоны с нагрузкой менее 15 т на ось брутто, которые не являются самыми тяжелыми в группе, либо под вагоны с неизвестной нагрузкой на ось.

На данном этапе существует вероятность допущения исполнителем критической ошибки – вместо отнесения состава к категории разнородного исполнитель может ошибочно отнести состав к категории однородного. В случае возникновения дан-

ной ошибки многократно повышается вероятность несанкционированного движения подвижного состава по причине недостаточности количества уложенных тормозных башмаков под состав и вследствие этого нехватки удерживающей силы, действующей от воздействия тормозных башмаков на состав. Количество тормозных башмаков, необходимых для закрепления однородного и разнородного состава поезда, состоящего из одного и того же числа осей на одном и том же пути в некоторых случаях отличается на порядок. Ошибки возникают по причине невнимательности исполнителя, либо его слабой теоретической подготовки.

Для уменьшения вероятности ошибки предлагается использовать автоматизированный процесс определения однородности/разнородности подвижного состава при помощи авторского алгоритма, записанного в среде табличного процессора MSExcel.

Для работы используется информация, получаемая из [11].

4.4 Расчет экономического эффекта от развития метода расчета закрепления подвижного состава с варьируемыми параметрами (на примере Ростовского ЦОРС)

Внедрение на предприятии системы безопасности (или модернизация существующей) создает положительный эффект, который выражается не в увеличении доходной части баланса предприятия, а в снижении размеров потерь или уменьшении вероятности неблагоприятных событий, что необходимо учитывать при определении эффективности вложений средств в этой сфере.

Нарушения безопасности движения, связанные с несанкционированным движением подвижного состава зависят от величины последствий. В случае последующего столкновения с другим подвижным составом сюда входит стоимость утра-

ченного груза, стоимости исключенного подвижного состава в случае невозможности его восстановления, стоимости аварийно-восстановительных работ, а также прибыль, которая недополучена, в результате задержки движения поездов на участке. В случае человеческих жертв ущерб не поддается оценки. Одной из причин несанкционированного движения подвижного состава являются ошибки на этапе определения норм закрепления подвижного состава, так называемый «человеческий» фактор.

Экономический эффект от внедрения средств автоматизации может быть лишь косвенным, так как внедренные средства автоматизации не являются прямым источником дохода, а являются либо вспомогательным средством организации получения прибыли, либо помогают минимизировать затраты.

Оценить экономический эффект от использования программы можно двумя способами: простым и сложным (более трудоемкий способ, но более точный). Простой способ — это некоторое упрощение сложного способа с учетом различных «оговорок». Например, если материальные затраты не меняются после внедрения программы, то их можно исключить из расчета, тем самым его упростив. Полная оценка по сложному алгоритму, как правило, проводится квалифицированными специалистами по итогам обследования бизнес-процессов предприятия. Но если необходимо быстро и приблизительно оценить эффективность внедрения средства автоматизации, то использовать оценочные значения затрат. Конечно, при использовании оценок затрат, а не их фактических значений, экономический эффект будет посчитан не точно, но тем не менее позволит оценить выгодность и необходимость автоматизации.

Главный экономический эффект от внедрения средств автоматизации заключается в улучшении экономических и хозяйственных показателей работы предприятия, в первую очередь за счет повышения оперативности управления и снижения трудозатрат на реализацию процесса управления, то есть сокращения расходов на

управление. Для большинства предприятий экономический эффект выступает в виде экономии трудовых и финансовых ресурсов, получаемой от:

- снижения трудоемкости расчетов;
- снижение трудозатрат на поиск и подготовку документов;
- экономии на расходных материалах (бумага, дискеты, картриджи);

В случае внедрения электронного журнала учета закрепления подвижного состава кроме вышеперечисленных преимуществ повышается уровень безопасности движения за счет снижения влияния «человеческого» фактора.

При подсчете экономического эффекта от внедрения в данной работе не будут учитываться потери, связанные с несанкционированным движением подвижного состава. А лишь расходы, связанные с внедрением журнала и высвобождение времени, связанного с этапом определения норм закрепления подвижного состава и ведения журнала учета закрепления подвижного состава в «бумажном» варианте.

Подсчитаем экономический эффект от внедрения электронного журнала учета закрепления подвижного состава на станции Лихая.

Для этого используем данные по заработной плате ДСП, статистические данные по времени, затрачиваемому на ведение журнала учета закрепления подвижного состава в электронном виде и на «бумажном» носителе, а также времени, затрачиваемому на определение норм закрепления, используя табличные данные из п.3.9.1 ТРА станции.

Экономия времени на ведение журнала учета закрепления в электронном виде по сравнению с ведением журнала учета закрепления на бумажном носителе и определения норм закрепления из таблиц п.3.9.1. ТРА определена статистически и составляет в среднем 25 секунд на оформление записи о закреплении подвижного состава и около 5 секунд, итого экономия времени на оформление записей закрепления и раскрепления поезда составляет 30 секунд.

Согласно статистическим данным на станцию Лихая в 2017 году без учета пассажирских поездов прибыло 24688 поездов. Итого экономия времени за 2017 год составило:

$$24688 \cdot 30 = 740640 \text{ сек} = 12344 \text{ минут} = 205,7 \text{ часа} = 8,57 \text{ сут} = 0,023 \text{ года.}$$

Именно данное время высвобождается в работе ДСП, снижая его физическую и эмоциональную загрузку, позволяя более точно спланировать оперативную работу на станции и тем самым, также снизить ошибки при планировании, которые также имеют свою долю от недополучено прибыли, за счет нерационального использования инфраструктуры. За счет особенностей психофизиологических особенностей человека, величина ошибок увеличивается с увеличением его загрузки. Но для упрощения расчета экономического эффекта последний фактор (недополученная прибыль из-за ошибок в планировании) в расчете учитывать не будем.

Согласно данным за 2017 год средняя заработная плата ДСП в месяц составила 52765 руб. За год составляет: $52765 \cdot 12 = 633180$ руб. за год

Учитывая, что за сутки работает 2 смены и что на станции Лихая имеется три поста под управлением ДСП получаем: $633180 \cdot 2 \cdot 3 = 3799080$ руб. за год

Умножая экономию времени, связанную с ведением журнала учета закрепления в электронном виде на среднегодовую заработную плату ДСП получаем:

$$3799080 \cdot 0,023 = 89223 \text{ руб. экономии за год}$$

Итого, внедрение электронного журнала учета тормозных башмаков на примере станции Лихая позволит экономить до 8,5 суток рабочего времени ДСП в год.

Для расчета экономического эффекта от использования электронного журнала учета закрепления подвижного состава, использующего алгоритм, аналогичный алгоритму, который используется для расчета данных, которые заносятся в п.3.9.1 ТРА станции время на разработку журнала учитывать не будем, так как в данном случае журнал является универсальным, пригодным для использования для любого пути, то есть журнал разрабатывается единожды. В данном случае, также не будем учитывать затраты на ввод данных продольных профилей, необходимых

для расчета норм закрепления, так как для заполнения п.3.9.1 ТРА ввод данных продольных профилей путей, на которых должно производиться закрепление подвижного состава также необходим.

Применение методики определения норм закрепления, основанной расчете сил, действующих на состав поезда, позволяет сократить количество используемых тормозных башмаков за счет более точного определения их количества без завышения. Исходя из вышесказанного, можно произвести расчет экономии при уменьшении норм на 1 тормозной башмак.

Для расчета используем расходные ставки из [27], приведенные в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Расходные ставки

Измеритель	Ставка, руб.
1 час простоя поездного локомотива (в среднем)	2602,06
1 час занятия 1 км станционных путей ОАО «РЖД»	32,11

Проведенным хронометражем установлено, что время укладки одного тормозного башмака в зависимости от удаленности стеллажа составляет 10 секунд. Учитывая, что за 2017 года на 16 рассматриваемых станциях прибыло 240908 поездов произведем расчет возможной экономии:

$$240908 \cdot (2602,06 + 32,11) \cdot 10 / 60 = 1762757 \text{ руб.}$$

Таким образом, в случае обоснования снижения норм закрепления только на 1 тормозной башмак позволяет экономить в год 1762757руб. на 16 рассматриваемых станциях.

За счет изменения технологии закрепления подвижного состава на станциях с большим объемом маневровой работы, экономический эффект складывается из уменьшения времени на выполнение операций по закреплению/раскреплению составов, сокращения загрузки дежурных по станции, содержания меньшего количества тормозных башмаков, рациональному использованию полезной длины путей, снижению вероятности нарушений безопасности движения.

Эффективность развития метода определения норм закрепления приведена в таблице 4.5.

Таблица 4.5 - Эффективность развития метода определения норм закрепления

№ пп	Показатели	Метод расчета норм закрепления подвижного состава	
		Существующий	Авторский
1	Вероятность несанкционированного движения подвижного состава с сопутствующим ущербом при его возникновении	-	↓
2	Влияние «человеческого» фактора на процесс учета тормозных башмаков и контроля над нормами закрепления	-	↓
3	Определенные нормы для расчета закрепления составов, состоящих из разнородных вагонов, различных по длине и количеству осей, типам обращающихся локомотивов и т.п.	НЕТ	ДА
4	Качество учета использования тормозных башмаков	-	↑
5	Количество проверочных мероприятий (инвентаризаций, проверок журналов учета, поиск ошибок)		↓
6	Ограничения, связанные с отсутствием расчета норм закрепления в произвольном месте пути	ДА	НЕТ
7	Возможность логического контроля над сроками действия продольных профилей путей	НЕТ	ДА
8	Дополнительные капитальные вложения в реализацию проекта	-	НЕТ
9	Улучшение условий работы управленческого персонала (снижение загрузки ДСП)	-	- 8 % (57 мин за смену)
10	Обеспечение возможности перехода на безбумажную технологию	НЕТ	ДА
11	Экономия времени на закрепление подвижного состава (на примере станции Лихая при годовом прибытии 25 тыс груз. поездов), сут/год	-	29

4.5 Выводы по главе

На основе выполненных исследований на рабочем месте маневровых диспетчеров железнодорожной станции Лихая внедрен электронный журнал контроля над нормами закрепления на путях необщего пользования, примыкающих к станции Лихая. В основе данных журналов лежит массив данных, построенный на основе информации из инструкций о порядке обслуживания и организации движения на путях необщего пользования, примыкающих к станции Лихая. Разработан авторский алгоритм, позволяющий извлекать из массива необходимые данные для закрепления подвижного состава на основе информации введенной в журнал маневровыми диспетчерами станции Лихая. Журнал выполнен в среде табличного процессора MSExcel. Внедрение журнала позволило исключить факты нарушений норм закрепления подвижного состава, которые до внедрения журнала допускались, в том числе в меньшую сторону, что подтверждается проведенными техническими ревизиями станции Лихая.

В 2018 году на станциях Чапаевка – Ростовская, Божковская, Новомихайловская, Звереве, Сулин, Лесостепь, Кадамовка, Усть-Донецкая внедрен в опытную эксплуатацию электронный журнал учета тормозных башмаков, используемых для закрепления подвижного состава на путях вышеуказанных станций. В основе журналов лежат массивы данных из п.3.9.1 (24), 3.9.2 (25) ТРА станций, которые после оцифровывания внесены в отдельные, защищенные от изменения вкладки табличных процессоров MSExcel. Форма журнала полностью соответствует требованиям распоряжения ОАО «РЖД» ЦД-115р от 04.04.2015 г. В журнале помимо контроля над нормами закрепления реализован контроль над номерным учетом тормозных башмаков. Данная функция не позволяет допускать нарушения в учете тормозных башмаков, которые допускались ранее дежурными по станции. Частыми нарушениями являлись использования тормозных одних и тех же тормозных башмаков для закрепления одновременно на разных путях, либо нарушение учета в виде одновременного учета тормозных башмаков, использованных для закрепления подвижного

состава на путях станции и одновременное их нахождение в местах постоянного хранения. В случае внесения информации о закреплении подвижного состава алгоритмом, заложенных в журнале производился их подсчет и сравнение с нормами, предусмотренными ТРА станции. В случае несоответствия строка, отвечающая за закрепление подвижного состава имеет предупреждающую яркую окраску, которая снимается при соответствии внесенного количества тормозных башмаков пономерно, количеству, согласно ТРА станций. Также в журнале внедрена функция приема и сдачи дежурства, с автоматизированным переносом действующей информации в новую смену, а также реализована функция записи тормозных башмаков, хранящихся в местах постоянного хранения согласно данным п.3.9.2 (25) ТРА станции на момент приема и сдачи дежурства. Данная функция позволила сократить время, затрачиваемое ДСП на оформление приема и сдачи дежурства в журнале учета тормозных башмаков до 10 мин. При помощи хронометража установлено значительное сокращение времени, которое требуется ДСП на заполнение журнала учета тормозных башмаков в электронном виде по сравнению со временем, затрачиваемым на ведение журнала на бумажном носителе в течение дежурства до 2 минут на одну операцию, связанную с записью информации о закреплении, либо уборке тормозных башмаков. Внедрение данного журнала позволило исключить не только наиболее грубые нарушения правил безопасности движения, заключающиеся в нарушении норм закрепления подвижного состава в сторону уменьшения, но и исключить нарушение порядка учета инвентаря строго учета – тормозных башмаков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований диссертационной работы позволяют сделать следующие выводы:

1. Выполнено исследование современного состояния отечественного и зарубежного научного опыта в области организации технологии транспортных процессов по закреплению подвижного состава на путях железнодорожных станций и обеспечения безопасности перевозок.

2. Выполнен анализ характеристик грузовых поездов, влияющих на нормы закрепления. Рассмотрена классификация существующих типов продольных профилей железнодорожных путей. Проведен анализ существующих продольных профилей приемоотправочных путей рассмотренных для примера станций с распределением их по типам. Проведено сравнение характеристик прибывающих и отправляемых поездов с продольными профилями приемоотправочных путей станций. В результате анализа установлено, что на рассматриваемых станциях преобладающим типом продольного профиля является продольный профиль с типом «гора» - 45%. К монотонному типу отнесено 23%, 20% - к пилообразному и 12% - к вогнутому. Установлено, что 48% грузовых поездов, в которых количество физических вагонов отличается от количества условных, закреплено именно на путях с продольным профилем «гора».

3. Исследованы технико-технологические параметры устройств закрепления и установлена необходимость развития метода расчета норм закрепления для подвижного состава различного по длине, по количеству осей и по весу на станционных путях переменного профиля.

4. Выявлены недостатки существующей технологии определения норм закрепления подвижного состава: неприменимость норм закрепления, рассчитанных для составов, состоящих из одного рода вагонов, одинаковых по количеству осей и длинам по осям автосцепок для реальных составов, в которых количество вагонов

отличается от количества однородных; негативное влияние «человеческого» фактора на процесс определения норм закрепления, выраженного в ошибках отнесения составов поездов к категориям однородного/разнородного, ухудшает данную ситуацию наличие нескольких видов расчетов норм для одного и того же пути; противоречия норм закрепления подвижного состава, рассчитанных при помощи программы действующей на сети ОАО «РЖД» для продольных профилей путей, отнесенных к типу «гора» с переломом, приходящимся на площадку, а не на точку; завышенное количество тормозных башмаков, которые требуются для закрепления подвижного состава в случае укладки тормозных башмаков под легко-весные вагоны, с нагрузкой на ось близкой к 15 т/ось брутто, но меньшей данной величины и наличии в закрепляемой группе более тяжелых вагонов; затруднения в эксплуатационной работе, налагаемое требованием [1] в части отсутствия расчета для расположения подвижного состава в произвольном месте пути.

5. Разработаны имитационные модели вариантов закрепления подвижного состава в соответствии с выбранными способами расчета и уточненными формулами расчета сил.

6. Предложено развитие метода расчета норм закрепления подвижного состава по уточненным схемам приложения сил. Разработана методика, включающая три способа расчета для обеспечения многовариантности закрепления подвижного состава от горловин станций и в произвольном месте приемоотправочных путей, которая позволяет повысить уровень безопасности перевозок, сократить время на закрепление подвижного состава и производство маневровой работы по изменению норм закрепления: 1-й способ – способ определения норм закрепления при помощи алгоритма, производящего расчет на основе норм закрепления, рассчитанных действующей на сети ОАО «РЖД» программы. Данный способ позволяет снизить человеческий фактор при пользовании табличными данными, записанными на бумажном носителе; 2-й способ (итерационный повагонный расчет) основан на опре-

делении норм закрепления, исходя из характеристик закрепляемого состава и продольного профиля пути, на котором производится закрепление. Данный способ позволяет рассчитать нормы закрепления индивидуально для каждого состава в зависимости от условий его расположения на пути, тем самым решается проблема обеспечения безопасности, возникающая при использовании норм закрепления, рассчитанных для идеальных составов, одинаковых по количеству осей и длинам, имеющих такое же количество осей или вагонов, но отличных по длине; 3-й способ (итерационный поосный расчет) основан на расчете норм закрепления посредством расчета величин сил, действующих на состав. Использование данного способа позволит дополнительно к вышеуказанному уменьшить требуемое количество тормозных башмаков для закрепления подвижного состава, в котором производится укладка тормозных башмаков под вагоны с загрузкой близкой к значению 15 т/ось брутто, но меньшей величины и не являющимися самыми тяжелыми в составе.

7. Разработан алгоритм и интерфейс электронного журнала учета тормозных башмаков, позволяющий в автоматизированном режиме учитывать тормозные башмаки, определять нормы закрепления, а также выполнять процесс соотнесения составов к категории однородного/разнородного, что позволяет исключить факты нарушения норм закрепления, допускаемые на этапе их определения и решить проблему отсутствия норм закрепления для составов поездов, состоящих из вагонов различных по длине и количеству осей.

8. Выполнена оценка эффективности реализации разработанной методики расчета норм закрепления подвижного состава на путях с вариативными параметрами на полигоне Северо-Кавказской железной дороги, которая позволяет повысить качество учета использования тормозных башмаков, снять ограничения, связанные с отсутствием расчета норм закрепления в произвольном месте пути, обеспечить возможность логического контроля над сроками действия продольных профи-

лей путей, снизить сменную загрузку дежурных по станции на 8 % (57 мин), получить экономию годового времени на закрепление подвижного состава (на примере станции Лихая) на 29 суток.

Рекомендации и перспективы дальнейших исследований по теме:

Выполненные в диссертационной работе теоретические и методологические исследования могут служить научной основой для изучения направлений по повышению безопасности как грузовых, так и пассажирских перевозок. Их реализация в транспортном процессе обеспечит повышение эффективности транспортных процессов по закреплению различных видов подвижного состава и развития систем цифровизации на основе ведения электронного журнала учета тормозных башмаков, автоматизации определения однородности/разнородности закрепляемых грузовых и пассажирских поездов при использовании рационального количества тормозных башмаков и обеспечения соответствующего уровня безопасности движения.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АУБТ - автоматическое устройство балочного типа

БДУ - балочное заграждающее устройство

Д – Дирекция управления движением – Структурное подразделение Центральной дирекции управления движением – филиала ОАО «РЖД»;

ЖУТБ - журнал учета тормозных башмаков

ИДП - Инструкция по движению поездов и маневровой работе на железнодорожном транспорте Российской Федерации

Минтранс России – Министерство транспорта РФ;

ОАО «РЖД» – открытое акционерное общество «Российские железные дороги»;

ПС – подвижной состав;

ПТЭ – Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации

РФ – Российская Федерация

СКЖД – Северо-Кавказская железная дорога – филиал ОАО «РЖД»;

Событие - нарушение правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта

ТРА - Техническо-распорядительный акт

УЗ - устройства закрепления

УТС - упор тормозной, стационарный

ЦД – Центральная дирекция управления движением – филиал ОАО «РЖД»

ЦОРС – центр организации работы железнодорожных станций

МПС – Министерство путей сообщения

СССР – Союз Советских Социалистических республик

ФРГ – Федеративная Республика Германии

ДСП – дежурный по железнодорожной станции

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации – Приказ Минтранса России от 21.12.2010 №286.
2. Инструкция по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах РФ ПРИЛОЖЕНИЕ № 8 к Правилам технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации Инструкция по движению поездов и маневровой работе на железнодорожном транспорте Российской Федерации. Введена Приказом Минтранса России от 04.06.2012 № 162
3. ПРИЛОЖЕНИЕ № 7 к Правилам технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации Инструкция по сигнализации на железнодорожном транспорте Российской Федерации Введена Приказом Минтранса России от 04.06.2012 № 162
4. Козырев С.В. Методические указания по расчету и применению норм закрепления подвижного состава тормозными башмаками на станционных путях/ (Введен в действие 31.01.2005 г. №ЦДТ-32)»
5. Бузанов С.П., Казаков А.А., Порошев И.И Устройство для ограждения пассажиров, находящихся на платформе /. Авторское свидетельство SU 253109 А1, 30.09.1969. Заявка № 1165141/27-11 от 30.06.1967.
6. Устройство для управления закрепляющим элементом состава на пути Цыбуля Н.А., Гуков А.И., Сологуб Н.К. Авторское свидетельство SU 1791236 А1, 30.01.1993. Заявка № 4758635 от 16.11.1989.
7. Ковалев В.И., Осьмилин А.Т. Управление эксплуатационной работой на железнодорожном транспорте/Москва, 2009 – 263 с.
8. "Руководство по эксплуатации упора тормозного стационарного для закрепления составов УТС – 380 от 13.07.98 №791.00.000 РЭ"

9. Технические условия ТУ-32-01124323-72-94 «Башмак тормозной горючий повышенной работоспособности», утвержденные заместителем начальника главного управления перевозок МПС РФ В.А.Горбуновым 17.01.1994 г.
10. Якунин В.И., Тони О.В., Гапанович В.А., Зиннер В.И., Розенберг Е.Н., Розенберг И.Н., Лемешко В.Г., Шаров В.А. / Способ управления многоуровневой системой обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте и система для его осуществления Патент на изобретение RU 2397902 С1, 27.08.2010. Заявка № 2009117763/11 от 13.05.2009.
11. Сетевой ресурс ОАО «РЖД» - SpavkaVersion 2.3.171114.1206 U ЦИТ Транс 1992-2011
12. Сетевой ресурс ОАО «РЖД» - <http://astra-51.msk.oao.rzd/>
13. Бураков В.А., Сычев Е.И. Повышение безопасности движения поездов на основе совершенствования и развития станционной техники/ Москва 2006 – 136 с.
14. РАСПОРЯЖЕНИЕ ОАО «РЖД» от 19 декабря 2011 г. N 2737р «О ПОРЯДКЕ УЧЕТА, МАРКИРОВКИ (КЛЕЙМЕНИЯ), ВЫДАЧИ И ХРАНЕНИЯ ТОРМОЗНЫХ БАШМАКОВ НА ИНФРАСТРУКТУРЕ ОАО "РЖД"
15. Распоряжение ОАО «РЖД» от 04.04.2017 №ЦД-115р «Об утверждении и вводе в действие «Правил учёта, маркировки (клеймения), выдачи и хранения тормозных башмаков».
16. Глушко М.И. Монография «Развитие тормозных средств подвижного состава, Москва 2009 – 208 с.
17. Рудановский В.М. «О надежности закрепления подвижного состава на станционных путях» Труды ЦНИИМПС №464 1972 г. – 134 с.
18. "Правила технического обслуживания тормозного оборудования и управления тормозами железнодорожного подвижного состава", утвержденные 7 мая 2014 года на 60-ом заседании Совета по железнодорожному транспорту СНГ

19. Карвацкий Б.Л. Конструирование и расчет тормозных приборов [Саратов]: Отд. кадров Ряз.-Ур.ж. д., 1930 (тип. № 2 Крайполиграфтреста)
20. Гапанович В.А., Золотарев Ю.Ф., Ольгейзер И.А., Розенберг Е.Н., Соколов В.Н., Шабельников А.Н. Система закрепления составов на путях железнодорожной станции Патент на изобретение RU 2618656 С1, 05.05.2017. Заявка № 2016107405 от 01.03.2016.
21. Карен А.А. Интересные факты: Гудок №21 10.02.2015 [электронный ресурс] <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1254024&archive=2015.02.10>
22. Инструкция по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах Союза ССР, №3802, утвержденная Ф.И. Шулешко 31 июля 1979 г.
23. «Положение о классификации, порядке расследования и учета транспортных происшествий и иных событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта», утвержденным приказом Министерства транспорта РФ от 18 декабря 2014г. N344
24. Постановление Правительства Российской Федерации от 21 мая 2007 г. N304 "О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера" (Собрание законодательства Российской Федерации, 2007, N22, ст. 2640; 2011, N 21, ст. 2971)
25. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zdmira.com/archive/2020/10>
26. Программа «расчет норм закрепления ТРА» версия 4.7, интранет <http://10.17.227.90:8080/downloads/index.aspx>
27. Акулиничев В. М., Кудрявцев В.А., Корешков А.П. Математические методы в эксплуатации железных дорог: учебное пособие для вузов ж.-д. трансп. / Транспорт, 1981. – 223 с.
28. Вентцель Е. С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей / Москва: Наука, 1967. -365 с.

29. Саврухин А.В., Неклюдов А.Н., Терехов А.В. Гарантии безопасности и состояние ПСМир транспорта. 2011. Т. 9. № 5 (38). С. 142-146.
30. Единый сетевой технологический процесс железнодорожных грузовых перевозок. – М.: ОАО «РЖД», 2012.
31. Красковского Е. Я., Уздина М. М. История железнодорожного транспорта России. Том. 1. 1836–1917 / под ред.– Санкт-Петербург, 1994. – 336 с.
32. Смехова Н. Г., Купоров А. И., Кожевников Ю. Н. Себестоимость железнодорожных перевозок: учебник для вузов ж.-д. трансп. / [и др.] Москва: Маршрут, 2003. – 494 с.
33. Носов В.А. Комбинаторика и теория графов: учебное пособие для вузов - М.: Мир, 1989. – 112 с.
34. Персианов В. А., Скалов К. Ю., Усков Н. Ю. Моделирование транспортных систем / Москва: Транспорт, 1972. – 208 с.
35. Персианов, В. А. Проблемные вопросы развития железнодорожного транспорта / Вестник транспорта № 7. – 2002. – С. 2–9.
36. Правила и технические нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм. – Москва: Техинформ, 2001. – 256 с.
37. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года: [утверждена Распоряжением Правительства РФ от 17 июня 2008 г. № 877-р]. – Текст: электронный // Министерство транспорта Российской Федерации: официальный сайт – URL: <https://www.mintrans.ru/documents/1/1010>.
38. Транспорт России: Всероссийская транспортная еженедельная информационно-аналитическая газета – Текст: электронный // URL: <http://www.transportrussia.ru>
39. Хейт Ф. Математическая теория транспортных средств / – Москва: Мир, 1966 – 288 с.
40. Замышляев А.М., Николаев А.В., Порохин Ю.Ф., Розенберг И.Н., Савицкий А.Г., Старшов И.П., Шаронов Е.А., Шнейдерман Е.Р. Устройство, загряздающее

балочное Патент на изобретение RU 2436694 С1, 20.12.2011. Заявка № 2010129454/11 от 16.07.2010.

41. Акулиничев В. М., Правдин Н. В., Болотный В. Я., Савченко И. Е. Железнодорожные станции и узлы: учебник для вузов ж-д транспорта / Москва: Транспорт, 1992. – 479 с.

42. Пачес Н.И., Плюснин В.А., Чернин М.А. Устройство для закрепления подвижного состава Патент на изобретение RU 2122502 С1, 27.11.1998. Заявка № 95114707/28 от 15.08.1995

43. Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука [Текст]: Пер. с англ. / Р. Шеннон; Под ред. Е.К. Масловского. – М.: Мир. – 1978. – 418 с.

44. Шабельников А.Н., Одикадзе В.Р. Моделирование процесса скатывания отцепов в системе ГАЦ МН / Железнодорожный транспорт. 2012. № 3. С. 26-29.

45. Фигурин В.А., Оболонкин В.В. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст] /Минск: Новое знание. – 2000. 208 с.

46. Фельдман М.Г. Справочник проектировщика железнодорожных станций [Текст]: пособие/ ред. – М.: 1954. – 272 с.

47. Забродин Е.Д., Смирнов В.И., Четчуев М.В. Технические средства обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте Санкт-Петербург, 2012. Том Часть I, 101 с.

48. Правдин Н.В., Бессоненко С.А. Расчет закона распределения вероятностей удельного сопротивления движению отцепов на сортировочной горке / Транспорт. Наука, техника и управление. ВИНТИ. № 3, 2006. с. 3–10

49. Никитин А.И. Факторы, влияющие на оптимальный профиль вытяжных путей / Наука и молодежь XXI века: материалы науч.-техн. конф., 27-29 окт. 2002 г., г. Новосибирск / СГУПС. – Новосибирск, 2003. – с. 11–13.

50. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог /Утв. ОАО «РЖД» 10.11.2010 №128. с. 180.
51. Ермаков С.М., Бродский В.З., Жиглявский А.А. и др. Математическая теория планирования эксперимента/. - М.: Наука, 1983. 391 с.
52. Александровская. Л. Н. Безопасность и надежность технических систем / – М.: Логос, 2008. – 376 с.
53. Болотный В. Я. Совершенствование схем и технологии работы железнодорожных станций / – М.: Транспорт, 1986. – 280 с.
54. ГОСТ 32700–2014. Железнодорожный подвижной состав. Методы контроля сцепляемости: межгосударственный стандарт. – Введ. 2015–06–01 /ОАО «Научно-исслед. ин-т ж.-д. трансп.». – М.: Стандартинформ, 2015. – 5 с.
55. ГОСТ 33211–2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам: межгосударственный стандарт. – Введ. 2016–07–01 /ОАО «Научно-исслед. ин-т ж.-д. трансп.». – М.:Стандартинформ, 2016. – 54 с.
56. Карейша С. Д. Железнодорожные станции / – М.: Транспечать НКПС, 1930. – 305 с.
57. Лапицкий Х. М. Сопротивление среды при скатывании вагонов с сортировочной горки / Транспортное строительство. – 1967. – № 4.– С. 41–42.
58. Лоу А. М., Кельтон В. Д. Имитационное моделирование / –3-е изд. – СПб.: ГПП Печ. Двор, 2004. – 846 с.
59. Максимов В. Н. Силы, действующие на вагон на сортировочных горках / Вестник ВНИИЖТа. – 1963. – № 4. – С. 36–40.
60. Полякова Л. С., Кашарин Д. В. Метеорология и климатология /– Новочеркасск: НГМА, 2004. – 107 с.
61. Савицкий Г. А. Ветровая нагрузка на сооружения /М.: [б. и.], 1972. – 111 с.
62. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем / – М.: Наука, 1988. – 402 с.

63. Веников В.А., Веников Г.В. Теория подобия и моделирования [Текст] / – М.: Высшая школа, 1984. – 439 с.
64. Сайт «Инновационный дайджест». Статья «Правила технической эксплуатации железных дорог» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rzd-expo.ru/history/pravila_ekspluatatsii/
65. Сайт РУТ (МИИТ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://miit.ru/science/scientific-schools>
66. Сайт базы патентов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://patentdb.ru/author/1151814>
67. Прасол А.А. Сайт НИИАС, «Безопасность движения – абсолютный приоритет работы железнодорожного транспорта» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://2017.niias.ru/en/press-centre/129-bezopasnost-dvizheniya-absolyutnyj-prioritet-raboty-zheleznodorozhnogo-transporta>
68. Вережкина О. И., Кривеня Д. С., Боева А. С. Перспективные направления инновационного развития технических средств обеспечения безопасности движения на железнодорожном транспорте / Сборник научных трудов «Транспорт: наука, образование, производство». – 2018. – Т. 4. – С. 30-35.
69. Кобзев В.А., Бересток Н.О. Безопасность движения поездов: эволюция форм и методов контроля Наука и техника транспорта. 2019. № 4. С. 57-59.
70. Лисенков В.М. «Безопасность технических средств в системах управления движением поездов»- М.: Транспорт, 1992.-192с.
71. Журнал «Железные дороги мира», 2020. №10
72. Гунбин А.А., Старостина Т.И., Нормы закрепления вагонов/Хроники объединенного фонда электронных ресурсов / Наука и образование. 2014. Т. 1. № 2 (57). С. 23.
73. Боровиков В.П. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере/– 2-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 668 с.

74. Лapidус Б.М., Мишарин А.С., Н.А.Махутов, Фомин В.М., Зайцев А.А., Мачрет Д.А. О научной платформе стратегии развития железнодорожного транспорта в России до 2050 года / Бюллетень объединенного ученого совета ОАО «РЖД». - №2. – С. – 1-20.
75. Сотников Е.А. Железные дороги мира из XIX в XXI век/ Е.А.Сотников. - М.:Транспорт, 1993. – 200 с.
76. Сотников Е.А., Левин Д.Ю., Алексеев Г.А. История развития системы управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте (отечественный и зарубежный опыт) / – М.: Техинформ, 2007. 237 с.
77. Станции и узлы: учеб. Для трансп. Втузов / В.Н. Образцов [и др.]; ред. В.И. Образцов. – М: Трансжелдориздат, 1949. – 540 с.
78. Устройство закрепления вагонов УЗ-220 / Компания «Путь-СПб» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://put-spb.ru/rus/product/hand_tools/uz220.php
79. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Статистический анализ данных на компьютере /– М.: Инфра-М, 1998. – 528 с.
80. Кобзев В.А. Технические средства сортировочных горок, обеспечивающие безопасность движения учебное пособие: для студентов специальности 190701 "Организация перевозок и управление на транспорте (железнодорожный транспорт)" / Москва, 2009.
81. Савочкин С.В., Карасев С.В. Описание бизнес-процессов закрепления подвижного состава / Актуальные направления научных исследований: от теории к практике. 2016.№ 1 (7). С. 221-223.
82. Савочкин С.В., Карасев С.В. Проектирование устройства закрепления подвижного состава с подвижным упором / Актуальные направления научных исследований: от теории к практике. 2016. № 1 (7). С. 223-226.

83. Петров А.С., Обухов А.Д. Современные устройства и технологии обеспечения безопасности движения на сортировочной станции при закреплении подвижного состава / В сборнике: Актуальные проблемы развития транспорта. материалы III Международной студенческой научно-практической конференции. Федеральное агентство железнодорожного транспорта; Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II, Нижегородский филиал. 2016. С. 21-25.

84. Глушко М.И. Закрепление подвижного состава/ Вагоны и вагонное хозяйство. 2016. № 2 (46). С. 45-48.

85. Мамаева А.Д. Технические средства для закрепления подвижного состава в современных условиях/ В сборнике: Наука XXI века: актуальные вопросы, инновации и векторы развития. Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции. Под общей редакцией А.И. Вострецова. 2020. С. 34-37.

86. Малахов А.И., Хашишвили Ю.А. О технических средствах для закрепления подвижного состава на станционных путях / Вестник Липецкого государственного технического университета. 2020. № 1 (42). С. 49-53.

87. Маслюкова Ю.В., Карасёв С.В. Оценка технических и технологических особенностей использования домкратовидных устройств для закрепления подвижного состава на станционных путях общей сети ОАО "РЖД" Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2017. Т. 1. С. 180-184.

88. Марков Д.П., Воронин И.Н., Шипулин Н.П., Маршев В.И., Забавина М.В., Гузанов В.В., Куминов А.В., Сухов А.В. Стояночные тормозные башмаки для закрепления подвижного состава на станционных путях полигонные испытания / Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2016. Т. 75. № 5. С. 308-317.

89. Смирнов В.И., Видюшенков С.А. О равновесном уклоне станционного профиля / Известия Петербургского университета путей сообщения. 2020. Т. 17. № 4. С. 575-582.
90. Коваленко Н.А., Бородин А.А., Тарасов К.А. Факторы, определяющие величину и нормы закрепления "барьерных групп" / Мир транспорта. 2019. Т. 17. № 6 (85). С. 242-257.
91. Марков Д.П., Сапожников С.А., Маршев В.И., Воронин И.Н., Забавина М.В. О закреплении составов стояночными тормозными башмаками / Железнодорожный транспорт. 2015. № 12. С. 28-30.
92. Стрелков М. В. Исследование вопросов предотвращения ухода со станционных путей вагонов, оборудованных роликовыми подшипниками / М. В. Стрелков: автореф. дис. канд. техн. наук, специальность: 05.22.08. – Л.: ЛИИЖТ, 1976. – 20 с.
93. Гунбин А.А., Старостина Т.И. Нормы закрепления вагонов. Хроники объединенного фонда электронных ресурсов / Наука и образование. – 2014. – Т. 1. – №2 (57). – С. 23.
94. Конарев Н.С. Железнодорожный транспорт: энциклопедия / гл. ред. – М.: Большая российская энциклопедия, 1994. – 559 с.
95. Кобзев В.А. Развитие технических средств обеспечения безопасности станционных процессов: учеб.пособие / – М.: МИИТ, 2008 – 76 с.
96. Инструкция по проектированию станций и узлов на железных дорогах Союза ССР: ВСН 56- 78 / Минтрансстрой СССР, МПС СССР. – М.: Транспорт, 1978. – 171 с.
97. Методические указания по проектированию трехэлементного профиля на железнодорожных станциях. – М.: Всесоюзн. научн.-исслед. ин-т трансп. стр-ва, 1984. – 57 с.

98. Малыгин, Е.А. Технические средства и технологии безопасности транспортного процесса: курс лекций: в 2 ч. Ч. 2 / Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2012. – 213 с.

99. Бородулин, В.И. Разработка и обоснование характеристик фрикционно-рельсовой системы торможения подвижного состава на станционных путях: дис. канд. техн. наук: 05.22.07 / Самара: СамГУПС, 2010. – 139 с.

100. Козаченко Д.Н., Березовый Н.И., Баркалов И.В. Исследование эффективности использования технических средств закрепления подвижного состава на станционных путях / Вагонный парк. – 2011. – № 4. – С. 4–6.

101. Несветова Е.А. Технические средства обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте. Хабаровск: Издательство ДВГУПС, 2015. 104 с.

102. Апатцев В.И., Ефименко Ю.И. Железнодорожные станции и узлы. М.: ФГБОУ «УМЦ ЖДТ», 2014. 855 с.

103. Д.П. Марков [и др.] О закреплении составов стояночными тормозными башмаками / Железнодорожный транспорт. 2015. № 12. С. 38–40.

104. Вершинский С. В., Данилов В. Н., Хусидов В. Д. Динамика вагона: Учебник для вузов / Под ред. С. В. Вершинского. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1991. – 360 с.

105. Исаев К. С., Шейкин В. П., Сорокодумов В. М., Бобылев М. Ф. Упоры для механизированного закрепления подвижного состава / Автоматика, телемеханика и связь. – 1996. – № 1. – С. 25–27

106. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://myrailway.ru/wagon/>

107. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.aldonco.com/>

108. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nolancompany.com/>

109. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.safetrack.se/>

110. Ильин А.М., Числов О.Н. Совершенствование методологических и технико-технологических решений по закреплению перспективных видов подвижного

состава на станционных железнодорожных путях // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения, 2022. – № 1 (60). – С. 38-49.

111. Числов О.Н., Ильин А.М., Боева А.С. Повышение надежности закрепления подвижного состава на станционных путях // Железнодорожный транспорт, № 10, М.: Транспорт, 2020. – Стр. 24 – 29.

112. Числов О.Н., Ильин А.М. Многовариантная верификационная методика расчета норм закрепления подвижного состава на железнодорожных путях станций // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2020. № 3(79). С. 115-123.

113. Числов О.Н., Ильин А.М. Развитие автоматизированной методики расчета норм закрепления подвижного состава на станционных железнодорожных путях // Сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции «Транспорт и логистика: инновационная инфраструктура, интеллектуальные и ресурсосберегающие технологии, экономика и управление», ФГБОУ ВО РГУПС. Ростов н/Д, 2018. Стр. 247-251.

114. Числов О.Н., Ильин А.М., Вережкина О.И. Расчет норм закрепления составов поездов на станционных приемоотправочных путях в условиях переменных параметров подвижного состава и продольного профиля // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов: междунар. сб. науч. ст. / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, УО «БелГУТ». - Гомель, 2019. – с. 129-136. ISSN 978-985-554-707-6

115. Ильин А.М., Боева А.С. Использование искусственного интеллекта в сфере повышения безопасности движения поездов // Труды РГУПС. 2019. №3. С.11-20. ISSN 1818-5509

116. М.В. Забавина, Д.П. Марков, С.А. Сапожников, Ж.Г. Воробьева, И.Н. Воронин, В.И. Маршев Расширенные эксплуатационные испытания железнодорожных тормозных горочных башмаков новой конструкции / ISSN 2223 – 9731 Вестник ВНИИЖТ 4/2015. – Стр.33-38

117. М. В. Забавина, Д.П. Марков, С.А. Сапожников, Ж.Г. Воробьёва, И.Н. Воронин, В.И. Маршев Железнодорожные тормозные горючие башмаки: история и перспектив / ISSN 2223 – 9731 Вестник ВНИИЖТ 5/2014 Стр.38-43

ПРИЛОЖЕНИЕ А

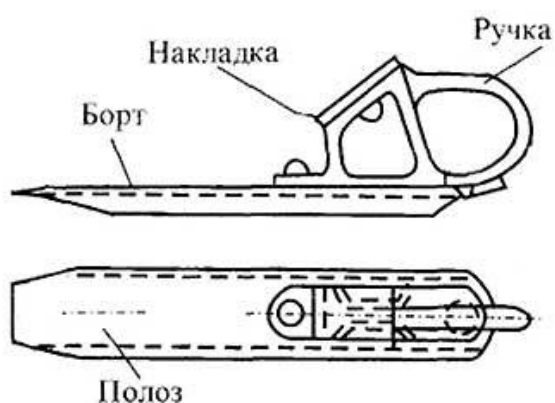


Рисунок – А.1 - Тормозной башмак

В процессе эксплуатации тормозные башмаки, используемые в станционных процессах, выходят из строя из-за следующих неисправностей:

1. разгиб бортов, трещины и деформация (коробление) полоза при прохождении башмакобрасывателей;
2. трещины или отрыв заходной части полоза (носки);
3. трещины и отрыв бортов в результате наезда гребней колес (только на тормозных позициях, расположенных на кривых участках пути);
4. ослабление заклепок опорной колодки;
5. изгиб, излом и трещины ручек и опорной колодки, возникающих при перекатывании колеса через башмак.

Среднестатистический срок службы тормозных башмаков на сортировочных горках составляет от одной недели до двух месяцев (в среднем один месяц).

В 1989 г. был утвержден новый сборочный чертеж тормозного башмака 8739.00 СБ и технические условия. Произведено изменение марки стали, из которой изготавливался тормозной башмак. Стала использоваться сталь Ст4пс или Ст5пс. Изменены геометрические параметры тормозного башмака. Уменьшена длина полоза на 15мм и увеличена его толщина до 8мм. С 1989 г., вплоть до 1994г. конструкция тормозного башмака не претерпевала изменений. В 1994 г. были

утверждены технические условия ТУ 32-01124323-72-94 «Башмак тормозной горочный повышенной работоспособности», которые предусматривали изменение длины его (500мм) и, вследствие этого возросла и его масса (7,4кг). Тормозные башмаки, изготавливаемые по ТУ 32-01124323-72-94 «Башмак тормозной горочный повышенной работоспособности» применяются до сих пор на железных дорогах для регулирования скорости движения отцепов на сортировочных горках, а также для закрепления подвижного состава на станционных путях.

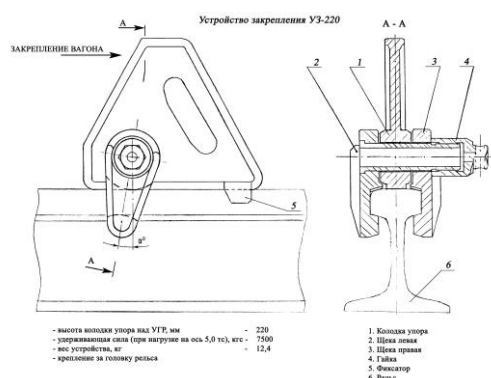


Рисунок А.2 – Схема УЗ-220

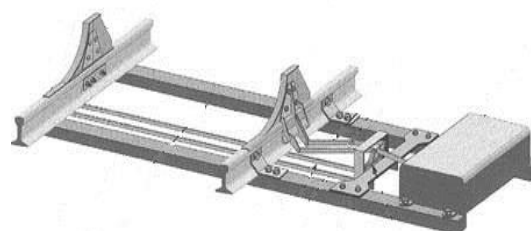


Рисунок А.3 – UTC – 380

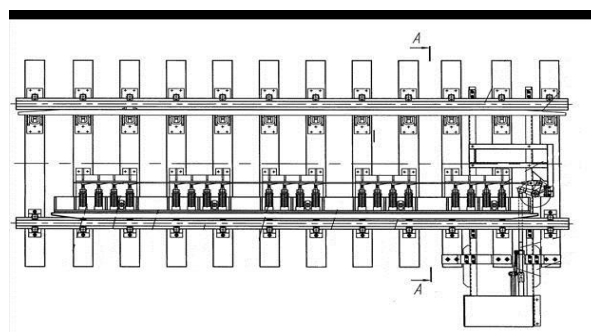
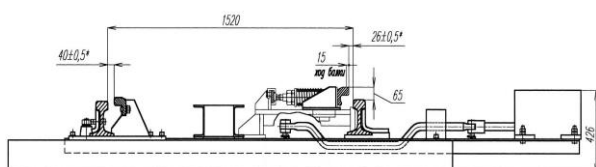


Рисунок А.4 – БЗУ-ДУ

Преимущества автоматических устройств балочного типа (АУБТЗ) для закрепления вагонов по сравнению с устройствами точечного типа:

- отсутствие «человеческого» фактора (безлюдные);
- отсутствие приводов, кабеля и пультов управления;
- постоянное нахождение в рабочем положении;

- одновременное закрепление вагонов и составов в двух направлениях;
- не требует точной остановки первого или последнего вагона относительно закрепляющего устройства;
- не повреждаются при наезде и проезде вагонов и локомотивов и отпуске автотормозов составов;
- возможность регулирования силой закрепления;
- стабильность силы закрепления независимо от загрузки вагонов;
- автоматизм закрепления, исключающий дополнительные затраты труда;
- автоматически переводятся в режим торможения при случайном приведении вагонов и составов в движение под действием среды, ударов или вибрации от проходящих по соседним путям поездов;
- удовлетворение энерго и ресурсосбережениям;
- возможность изготовления в мастерских ПЧ из старогодних элементов;
- отсутствие возможности совершения диверсий.



Рисунок А.5 – Тормозной башмак RS-1 Рисунок А.6 – Тормозной башмак RS-3



Рисунок А.7 – Стальной противооткатный упор с сигнальным указателем



Рисунок А.8 – Спаренный стальной противооткатный упор с сигнальным указателем



Рисунок А.9 – Спаренный стальной противооткатный упор с цепным натяжителем



Рисунок А.10 – Блокиратор колеса с креплением к рельсу 4016-01



Рисунок А.11 – Вагонный упор CS-2

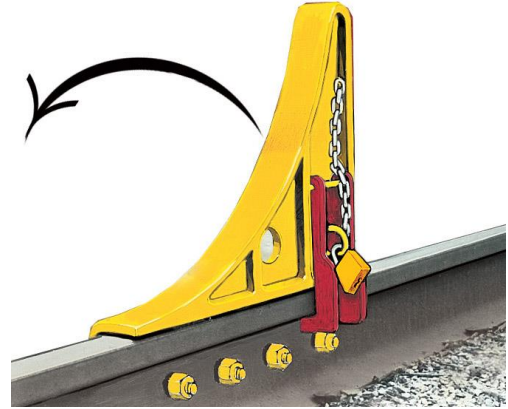


Рисунок А.12 – Вагонный упор CS-3X



Рисунок А.13 – Вагонный упор CS-60

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

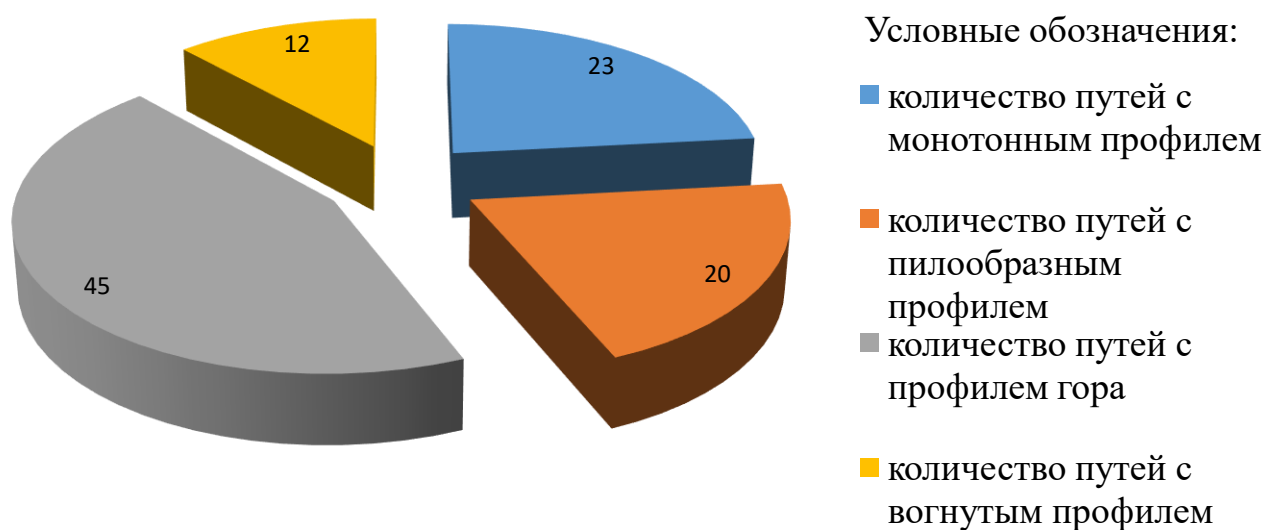


Рисунок Б.1 – Соотношение типов продольных профилей приемоотправочных железнодорожных путей на 16 рассматриваемых станциях в процентах от общего количества

Таблица Б.1 - Анализ распределения длин поездов с количеством физических вагонов, входящих в составы рассматриваемых поездов

Наименование станции	Разъезд 9 км		Белореченская		Гуково	
	Количество прибывших поездов	С разницей более 1 вагона	Количество прибывших поездов	С разницей более 1 вагона	Количество прибывших поездов	С разницей более 1 вагона
Монотонный	4663	3746	3783	2880	440	72
пилообразный	4486	3796	213	153	222	39
гора	7125	6066	6127	4527	213	26
вогнутый	2769	2313	1422	1051	550	90
Итого:	19043	15921	11545	8611	1425	227
Кавказская		Каменоломни		Краснодар - Сортировочный		

Количество прибывших поездов	С разницей более 1 вагона	Количество прибывших поездов	С разницей более 1 вагона	Количество прибывших поездов	С разницей более 1 вагона
6999	5497	2974	1843	12075	10408
2658	2083	729	366	5275	4396
6245	5187	3569	2433	2924	2403
4087	3219	1413	950	0	0
19989	15986	8685	5592	20274	17207
Лихая		Марцево		Минеральные Воды	
Количество прибывших поездов	С разницей более 1 вагона	Количество прибывших поездов	С разницей более 1 вагона	Количество прибывших поездов	С разницей более 1 вагона
4352	2512	28	12	328	285
2773	2095	1447	662	1281	1086
17563	13131	3718	2042	4922	4182
0	0	0	0	973	747
24688	17738	5193	2716	7504	6300
Морозовская		Новоросийск		Прохладная	
Количество прибывших поездов	С разницей более 1 вагона	Количество прибывших поездов	С разницей более 1 вагона	Количество прибывших поездов	С разницей более 1 вагона
6473	5196	6042	4455	0	0
396	305	290	252	2439	2004
2973	2555	1855	1368	2695	2244
1614	1408	2039	1663	2577	2212
11456	9464	10226	7738	7711	6460
Сальск		Тимашевская		Тихорецкая	
Количество прибывших поездов	С разницей более 1 вагона	Количество прибывших поездов	С разницей более 1 вагона	Количество прибывших поездов	С разницей более 1 вагона
0	0	2281	1497	6539	5702
7071	6002	6629	5252	3892	3335
9648	8383	15537	12761	11811	10068
1034	830	0	0	649	568
17753	15215	24447	19510	22891	19673

Батайск		Итого:			
Количество прибывших поездов	С разницей более 1 вагона	Количество прибывших поездов	Доля, %	С разницей более 1 вагона	Доля, %
6258	4552	63235	26,25	48657	25,45
2226	1848	42027	17,45	33674	17,61
17365	14648	114290	47,44	92024	48,14
2229	1770	21356	8,86	16821	8,80
28078	22818	240908	100	191176	100

Таблица Б.2 - Анализ распределения количества поездов, длина которых в условных вагонах отличается от количества физических вагонов, входящих в составы с типами продольных профилей путей, на которых произведен прием рассматриваемых поездов.

Тип продольного профиля	Количество поездов, у которых разница между количеством физических вагонов и условных составляет 1 и более штук	Количество поездов у которых количество физических вагонов совпадает с количеством условных вагонов	Количество прибывших	Процентное соотношение случаев несовпадения условных длин поездов с количеством физических вагонов, входящих в их составы
Монотонный	48657	14578	63235	25,45
пилообразный	33674	8353	42027	17,61
гора	92024	22266	114290	48,14
вогнутый	16821	4535	21356	8,80
Итого:	191176	49732	240908	100

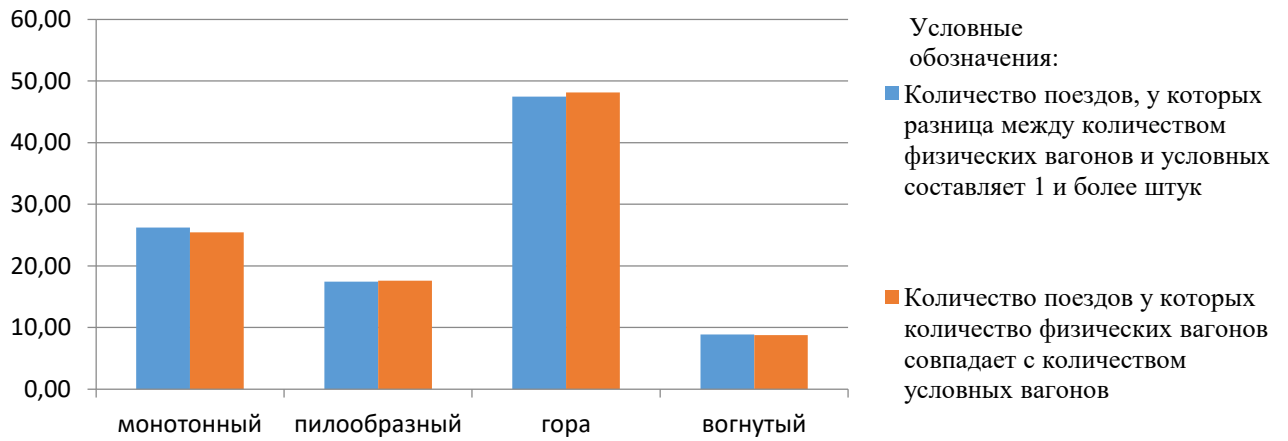


Рисунок Б.2 – Диаграмма, показывающая соотношение закрепленных составов поездов на приемоотправочных путях 16 рассматриваемых станций с разницей между условной и физической длиной поездов более 1 вагона

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1 - Пример результатов работы модели, созданной на базе MS Excel для расчета величин сил, действующих на состав, закрепленный при помощи УТС-380, позволяющей учесть все возможные данные типы продольного профиля пути, подвижного состава, а также физических свойств окружающей среды

Порядковый номер вагона	Длина вагона по осям автоцепки, м	Вес вагона брутто, тс	Тангенциальная составляющая силы тяги, тс	Тангенциальная составляющая силы тяги, с нарастающим, тс	Удельное сопротивление состава при трогании с места, тс	Сила трения состава при трогании с места, тс	Сила трения состава при трогании с места с нарастающим, тс	Составляющая силы воздушного напора вдоль пути, тс	Среднеквадратических отклонений удельного сопротивления сил трения состава при трогании с места и силы тормозного действия башмаков при трогании с места, тс	Суммарная величина сил, действующая на состав при установке УТС-380 до укладки тормозного башмака, тс	Среднеквадратических отклонений удельного сопротивления сил трения состава при трогании с места и силы тормозного действия башмаков при трогании с места после укладки тормозного башмака, тс	Суммарная величина сил, действующая на состав при укладке дополнительного тормозного башмака под 1 вагон, тс
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	14	22	0,11	0,11	2,24	0,05	0,05	0,06	0,02	25,10	0,50	25,45
2	14	90	0,45	0,56	0,95	0,09	0,14	0,04	0,10	24,68	0,50	25,11
3	14	90	0,45	1,01	0,95	0,09	0,23	0,04	0,15	24,27	0,52	24,73
4	14	90	0,45	1,46	0,95	0,09	0,32	0,05	0,20	23,85	0,54	24,34
5	14	90	0,45	1,91	0,95	0,09	0,41	0,05	0,25	23,44	0,56	23,96
6	14	90	0,45	2,36	0,95	0,09	0,50	0,06	0,30	23,02	0,58	23,57
7	14	90	0,45	2,81	0,95	0,09	0,59	0,07	0,35	22,6	0,61	23,17
8	14	90	0,45	3,26	0,95	0,09	0,68	0,08	0,40	22,18	0,64	22,77
9	14	90	0,45	3,71	0,95	0,09	0,77	0,08	0,45	21,77	0,67	22,38
10	14	90	0,45	4,16	0,95	0,09	0,86	0,09	0,50	21,35	0,70	21,98
11	14	90	0,45	4,61	0,95	0,09	0,95	0,10	0,54	20,94	0,74	21,57
12	14	90	0,45	5,06	0,95	0,09	1,04	0,11	0,59	20,52	0,77	21,17

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
13	14	90	0,45	5,51	0,95	0,09	1,13	0,11	0,64	20,11	0,81	20,77
14	14	90	0,45	5,96	0,95	0,09	1,22	0,12	0,69	19,69	0,85	20,36
15	14	90	0,45	6,41	0,95	0,09	1,31	0,13	0,74	19,27	0,89	19,95
16	14	90	0,45	6,86	0,95	0,09	1,40	0,14	0,78	18,86	0,93	19,54
17	14	90	0,45	7,31	0,95	0,09	1,49	0,14	0,83	18,45	0,97	19,14
18	14	90	0,45	7,76	0,95	0,09	1,58	0,15	0,88	18,03	1,01	18,73
19	14	90	0,45	8,21	0,95	0,09	1,67	0,16	0,93	17,61	1,05	18,32
20	14	90	0,45	8,66	0,95	0,09	1,76	0,17	0,98	17,19	1,09	17,91
21	14	90	0,45	9,11	0,95	0,09	1,85	0,17	1,02	16,79	1,14	17,5
22	14	90	0,45	9,56	0,95	0,09	1,94	0,18	1,07	16,37	1,18	17,09
23	14	90	0,45	10,01	0,95	0,09	2,03	0,19	1,12	15,95	1,22	16,68
24	14	90	0,45	10,46	0,95	0,09	2,12	0,20	1,17	15,53	1,27	16,26
25	14	90	0,45	10,91	0,95	0,09	2,21	0,20	1,22	15,12	1,31	15,86
26	14	90	0,45	11,36	0,95	0,09	2,30	0,21	1,26	14,71	1,36	15,44
27	14	90	0,45	11,81	0,95	0,09	2,39	0,22	1,31	14,29	1,40	15,03
28	14	90	0,45	12,26	0,95	0,09	2,48	0,23	1,36	13,87	1,45	14,61
29	14	90	0,45	12,71	0,95	0,09	2,57	0,23	1,41	13,46	1,49	14,21
30	14	90	0,45	13,16	0,95	0,09	2,66	0,24	1,45	13,05	1,54	13,79
31	14	90	0,45	13,61	0,95	0,09	2,75	0,25	1,50	12,63	1,58	13,38
32	14	90	0,45	14,06	0,95	0,09	2,84	0,26	1,55	12,21	1,63	12,96
33	14	90	0,45	14,51	0,95	0,09	2,93	0,26	1,60	11,8	1,67	12,56
34	14	90	0,45	14,96	0,95	0,09	3,02	0,27	1,65	11,38	1,72	12,14
35	14	90	0,45	15,41	0,95	0,09	3,11	0,28	1,69	10,97	1,76	11,73
36	14	90	0,45	15,86	0,95	0,09	3,20	0,29	1,74	10,55	1,81	11,31
37	14	90	0,45	16,31	0,95	0,09	3,29	0,29	1,79	10,14	1,86	10,9
38	14	90	0,45	16,76	0,95	0,09	3,38	0,30	1,84	9,72	1,90	10,49

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
39	14	90	0,45	17,21	0,95	0,09	3,47	0,31	1,88	9,31	1,95	10,07
40	14	90	0,45	17,66	0,95	0,09	3,56	0,32	1,93	8,89	1,99	9,66
41	14	90	0,45	18,11	0,95	0,09	3,65	0,32	1,98	8,48	2,04	9,25
42	14	90	0,45	18,56	0,95	0,09	3,74	0,33	2,03	8,06	2,09	8,83
43	14	90	0,45	19,01	0,95	0,09	3,83	0,34	2,08	7,64	2,13	8,42
44	14	90	0,45	19,46	0,95	0,09	3,92	0,35	2,12	7,23	2,18	8
45	14	90	0,45	19,91	0,95	0,09	4,01	0,35	2,17	6,82	2,23	7,59
46	14	90	0,45	20,36	0,95	0,09	4,10	0,36	2,22	6,4	2,27	7,18
47	14	90	0,45	20,81	0,95	0,09	4,19	0,37	2,27	5,98	2,32	6,76
48	14	90	0,45	21,26	0,95	0,09	4,28	0,38	2,31	5,57	2,37	6,34
49	14	90	0,45	21,71	0,95	0,09	4,37	0,39	2,36	5,15	2,41	5,93
50	14	90	0,45	22,16	0,95	0,09	4,46	0,39	2,41	4,74	2,46	5,52
51	14	90	0,45	22,61	0,95	0,09	4,55	0,40	2,46	4,32	2,51	5,1
52	14	90	0,45	23,06	0,95	0,09	4,64	0,41	2,50	3,91	2,55	4,69
53	14	90	0,45	23,51	0,95	0,09	4,73	0,42	2,55	3,49	2,60	4,27
54	14	90	0,45	23,96	0,95	0,09	4,82	0,42	2,60	3,08	2,65	3,86
55	14	90	0,45	24,41	0,95	0,09	4,91	0,43	2,65	2,66	2,69	3,45
56	14	90	0,45	24,86	0,95	0,09	5,00	0,44	2,70	2,24	2,74	3,03
57	14	90	0,45	25,31	0,95	0,09	5,09	0,45	2,74	1,83	2,79	2,61
58	14	90	0,45	25,76	0,95	0,09	5,18	0,45	2,79	1,42	2,83	2,21
59	14	90	0,45	26,21	0,95	0,09	5,27	0,46	2,84	1	2,88	1,79
60	14	90	0,45	26,66	0,95	0,09	5,36	0,47	2,89	0,58	2,93	1,37
61	14	90	0,45	27,11	0,95	0,09	5,45	0,48	2,93	0,17	2,98	0,95
62	14	90	0,45	27,56	0,95	0,09	5,54	0,48	2,98	-0,24	3,02	0,55

Таблица В.2 - Расчет сил, действующих на состав из вагонов с однородной нагрузкой, расположенные на пути с уклоном 1,5 ‰, закрепленных при помощи АУБТ

Порядковый номер вагона	Суммарная величина сил, действующая на состав при закреплении одним устройством АУБТ состава, состоящего из вагонов весом 22 т брутто и скорости ветра до 5 м/с, тс	Суммарная величина сил, действующая на состав при закреплении одним устройством АУБТ состава, состоящего из вагонов весом 22 т брутто и скорости ветра 15 м/с, тс	Суммарная величина сил, действующая на состав при закреплении двумя устройствами АУБТ состава, состоящего из вагонов весом 90 т брутто и скорости ветра 5 м/с, тс
1	2	3	4
1	2,80	2,68	2,70
2	2,80	2,61	2,60
3	2,80	2,55	2,50
4	2,79	2,48	2,40
5	2,79	2,42	2,30
6	2,79	2,35	2,20
7	2,78	2,29	2,10
8	2,78	2,22	2,00
9	2,78	2,16	1,90
10	2,78	2,09	1,80
11	2,77	2,03	1,70
12	2,77	1,96	1,60
13	2,77	1,90	1,51
14	2,76	1,83	1,41
15	2,76	1,77	1,31
16	2,76	1,70	1,21
17	2,75	1,64	1,11
18	2,75	1,57	1,01
19	2,75	1,51	0,91
20	2,74	1,44	0,81
21	2,74	1,37	0,71
22	2,74	1,31	0,61
23	2,73	1,24	0,51
24	2,73	1,18	0,41
25	2,73	1,11	0,31
26	2,72	1,05	0,22
27	2,72	0,98	0,12
28	2,72	0,92	0,02
29	2,72	0,85	-0,08

Продолжение таблицы В.2

1	2	3	4
30	2,71	0,79	-0,18
31	2,71	0,72	-0,28
32	2,71	0,66	-0,38
33	2,70	0,59	-0,48
34	2,70	0,53	-0,58
35	2,70	0,46	-0,68
36	2,69	0,40	-0,78
37	2,69	0,33	-0,88
38	2,69	0,27	-0,98
39	2,68	0,20	-1,07
40	2,68	0,14	-1,17
41	2,68	0,07	-1,27
42	2,67	0,01	-1,37
43	2,67	-0,06	-1,47
44	2,67	-0,13	-1,57
45	2,66	-0,19	-1,67
46	2,66	-0,26	-1,77
47	2,66	-0,32	-1,87
48	2,66	-0,39	-1,97
49	2,65	-0,45	-2,07
50	2,65	-0,52	-2,17
51	2,65	-0,58	-2,26
52	2,64	-0,65	-2,36
53	2,64	-0,71	-2,46
54	2,64	-0,78	-2,56
55	2,63	-0,84	-2,66
56	2,63	-0,91	-2,76
57	2,63	-0,97	-2,86
58	2,62	-1,04	-2,96
59	2,62	-1,10	-3,06
60	2,62	-1,17	-3,16

Таблица В.3 - Значения элементов спрямленных уклонов, на которых находятся каждый вагон, закрепляемого состава

Поряд- ковый номер вагона	Длина ва- гона, м	Значение уклонов элемента продольного профиля, ‰																Итого- вое зна- чение уклона, ‰
		2,4	2	1,8	1,1	1,5	1,2	1,3	1,8	1,4	1,7	2,2	2,1	1,3	2,1	2,3	2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	14	2,40																2,40
2	14	2,40																2,40
3	14	2,40																2,40
4	14	2,23																2,23
5	14		2,00															2,00
6	14		2,00															2,00
7	14		2,00															2,00
8	14		1,83															1,83
9	14			1,80														1,80
10	14			1,80														1,80
11	14			1,60														1,60
12	14				1,10													1,10
13	14				1,10													1,10
14	14				1,10													1,10
15	14				1,39													1,39
16	14					1,50												1,50
17	14					1,50												1,50
18	14					1,46												1,46
19	14						1,20											1,20
20	14						1,20											1,20
21	14						1,20											1,20
22	14						1,26											1,26
23	14							1,30										1,30
24	14							1,30										1,30
25	14							1,30										1,30
26	14								1,80									1,80
27	14								1,80									1,80
28	14								1,80									1,80
29	14								1,63									1,63
30	14									1,40								1,40

Продолжение таблицы В.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
31	14									1,40								1,40
32	14									1,40								1,40
33	14									1,66								1,66
34	14										1,70							1,70
35	14										1,70							1,70
36	14										1,84							1,84
37	14											2,20						2,20
38	14											2,20						2,20
39	14											2,20						2,20
40	14											2,13						2,13
41	14												2,10					2,10
42	14												2,10					2,10
43	14												1,99					1,99
44	14													1,30				1,30
45	14													1,30				1,30
46	14													1,30				1,30
47	14													1,76				1,76
48	14														2,10			2,10
49	14														2,10			2,10
50	14														2,10			2,10
51	14															2,30		2,30
52	14															2,30		2,30
53	14															2,30		2,30
54	14															2,17		2,17
55	14																2,00	2,00
56	14																2,00	2,00
57	14																2,00	2,00

Таблица В.4 – Расчет тангенциальной составляющей силы тяжести, действующей, сила трения состава при трогании с места, силы воздушного напора и среднеквадратического отклонения удельного сопротивления сил трения состава при трогании с места

№ вагона	Уклон, %	Вес вагона, тс	Тангенциальная составляющая силы тяжести, тс	Тангенциальная составляющая силы тяжести, с нарастающим, тс	Удельное сопротивление состава при трогании с места, тс	Сила трения состава при трогании с места, тс	Сила трения состава при трогании с места с нарастающим, тс	Количество осей каждого вагона	Количество осей с нарастающим	Составляющая силы воздушного напора вдоль пути, тс	Среднеквадратическое отклонение удельного сопротивления сил трения состава при трогании с места, тс	Среднеквадратическое отклонение удельного сопротивления сил трения состава при трогании с места, с нарастающим, тс
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	2,40	23	0,06	0,06	2,20	0,05	0,05	4	4	0,01	0,00003	0,00003
2	2,40	23	0,06	0,12	2,20	0,05	0,10	4	8	0,02	0,00007	0,00010
3	2,40	23	0,06	0,18	2,20	0,05	0,15	4	12	0,03	0,00010	0,00020
4	2,23	65	0,14	0,32	1,20	0,08	0,23	4	16	0,02	0,00106	0,00125
5	2,00	23	0,05	0,37	2,20	0,05	0,28	4	20	0,03	0,00017	0,00142
6	2,00	85	0,17	0,54	0,99	0,08	0,36	4	24	0,03	0,00271	0,00413
7	2,00	85	0,17	0,71	0,99	0,08	0,44	4	28	0,03	0,00316	0,00729
8	1,83	85	0,16	0,87	0,99	0,08	0,52	4	32	0,03	0,00361	0,01090
9	1,80	85	0,15	1,02	0,99	0,08	0,60	4	36	0,03	0,00406	0,01497
10	1,80	85	0,15	1,17	0,99	0,08	0,68	4	40	0,03	0,00452	0,01948
11	1,60	85	0,14	1,31	0,99	0,08	0,76	4	44	0,03	0,00497	0,02445
12	1,10	85	0,09	1,4	0,99	0,08	0,84	4	48	0,03	0,00542	0,02987
13	1,10	85	0,09	1,49	0,99	0,08	0,92	4	52	0,04	0,00587	0,03574
14	1,10	85	0,09	1,58	0,99	0,08	1,00	4	56	0,04	0,00632	0,04206
15	1,39	85	0,12	1,7	0,99	0,08	1,08	4	60	0,04	0,00677	0,04883
16	1,50	85	0,13	1,83	0,99	0,08	1,16	4	64	0,04	0,00723	0,05606
17	1,50	85	0,13	1,96	0,99	0,08	1,24	4	68	0,04	0,00768	0,06374
18	1,46	85	0,12	2,08	0,99	0,08	1,32	4	72	0,04	0,00813	0,07186

Продолжение таблицы В.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
19	1,20	85	0,10	2,18	0,99	0,08	1,40	4	76	0,05	0,00858	0,08044
20	1,20	85	0,10	2,28	0,99	0,08	1,48	4	80	0,05	0,00903	0,08947
21	1,20	85	0,10	2,38	0,99	0,08	1,56	4	84	0,05	0,00948	0,09896
22	1,26	85	0,11	2,49	0,99	0,08	1,64	4	88	0,05	0,00993	0,10889
23	1,30	85	0,11	2,6	0,99	0,08	1,72	4	92	0,05	0,01039	0,11928
24	1,30	85	0,11	2,71	0,99	0,08	1,80	4	96	0,06	0,01084	0,13012
25	1,30	85	0,11	2,82	0,99	0,08	1,88	4	100	0,06	0,01129	0,14140
26	1,80	85	0,15	2,97	0,99	0,08	1,96	4	104	0,06	0,01174	0,15315
27	1,80	85	0,15	3,12	0,99	0,08	2,04	4	108	0,06	0,01219	0,16534
28	1,80	85	0,15	3,27	0,99	0,08	2,12	4	112	0,06	0,01264	0,17798
29	1,63	85	0,14	3,41	0,99	0,08	2,20	4	116	0,07	0,01310	0,19108
30	1,40	85	0,12	3,53	0,99	0,08	2,28	4	120	0,07	0,01355	0,20462
31	1,40	85	0,12	3,65	0,99	0,08	2,36	4	124	0,07	0,01400	0,21862
32	1,40	85	0,12	3,77	0,99	0,08	2,44	4	128	0,07	0,01445	0,23307
33	1,66	85	0,14	3,91	0,99	0,08	2,52	4	132	0,07	0,01490	0,24797
34	1,70	85	0,14	4,05	0,99	0,08	2,60	4	136	0,07	0,01535	0,26333
35	1,70	85	0,14	4,19	0,99	0,08	2,68	4	140	0,08	0,01580	0,27913
36	1,84	85	0,16	4,35	0,99	0,08	2,76	4	144	0,08	0,01626	0,29539
37	2,20	85	0,19	4,54	0,99	0,08	2,84	4	148	0,08	0,01671	0,31210
38	2,20	85	0,19	4,73	0,99	0,08	2,92	4	152	0,08	0,01716	0,32925
39	2,20	85	0,19	4,92	0,99	0,08	3,00	4	156	0,08	0,01761	0,34687
40	2,13	85	0,18	5,1	0,99	0,08	3,08	4	160	0,09	0,01806	0,36493
41	2,10	85	0,18	5,28	0,99	0,08	3,16	4	164	0,09	0,01851	0,38344
42	2,10	85	0,18	5,46	0,99	0,08	3,24	4	168	0,09	0,01897	0,40241
43	1,99	85	0,17	5,63	0,99	0,08	3,32	4	172	0,09	0,01942	0,42183
44	1,30	85	0,11	5,74	0,99	0,08	3,40	4	176	0,09	0,01987	0,44169
45	1,30	85	0,11	5,85	0,99	0,08	3,48	4	180	0,10	0,02032	0,46201
46	1,30	85	0,11	5,96	0,99	0,08	3,56	4	184	0,10	0,02077	0,48279
47	1,76	85	0,15	6,11	0,99	0,08	3,64	4	188	0,10	0,02122	0,50401
48	2,10	23	0,05	6,16	2,20	0,05	3,69	4	192	0,10	0,00159	0,50560
49	2,10	23	0,05	6,21	2,20	0,05	3,74	4	196	0,11	0,00162	0,50722
50	2,10	23	0,05	6,26	2,20	0,05	3,79	4	200	0,11	0,00165	0,50887
51	2,30	23	0,05	6,31	2,20	0,05	3,84	4	204	0,11	0,00169	0,51056
52	2,30	23	0,05	6,36	2,20	0,05	3,89	4	208	0,12	0,00172	0,51227
53	2,30	23	0,05	6,41	2,20	0,05	3,94	4	212	0,12	0,00175	0,51403
54	2,17	23	0,05	6,46	2,20	0,05	3,99	4	216	0,13	0,00179	0,51581

Продолжение таблицы В.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
55	2,00	23	0,05	6,51	2,20	0,05	4,04	4	220	0,13	0,00182	0,51763
56	2,00	23	0,05	6,56	2,20	0,05	4,09	4	224	0,13	0,00185	0,51948
57	2,00	23	0,05	6,61	2,20	0,05	4,14	4	228	0,14	0,00188	0,52137

Таблица В.5 – Расчет силы тормозного действия башмаков при трогании с места при различных вариантах укладки тормозных башмаков

Варианты укладки тормозных башмаков	Общее количество тормозных башмаков, уложенных с нечетной стороны	Сила тормозного действия башмаков при трогании с места, тс	Среднеквадратическое отклонение силы тормозного действия башмаков при трогании с места, тс	Среднеквадратическое отклонение удельного сопротивления сил трения состава при трогании с места и силы тормозного действия башмаков при трогании с места, тс	Минимальная результирующая сила, действующая на состав с нечетной стороны, тс	Минимальная результирующая сила, действующая на состав с четной стороны, тс
a)	1	0,86	0,029756	2,23	-3,98	0,07
b)	2	1,73	0,059512	2,29	-3,17	0,07
c)	3	2,59	0,089268	2,34	-2,36	0,07
d)	4	3,46	0,119024	2,40	-1,55	0,07
e)	5	4,32	0,14878	2,46	-0,75	0,07
f)	6	5,19	0,178536	2,51	0,07	0,07
g)	3	7,24	0,842568	0,53	0,21	0,07

Таблица В.6 - Минимальные результирующие силы, действующие на состав после укладки тормозных башмаков

Варианты укладки тормозных башмаков	Общее количество тормозных башмаков, уложенных с нечетной стороны	Минимальная результирующая сила, действующая на состав с нечетной стороны, тс	Минимальная результирующая сила, действующая на состав с четной стороны, тс
1	2	3	4
a)	1	-3,90937	0,06494

Продолжение таблицы В.6

1	2	3	4
b)	2	-3,10518	0,06494
c)	3	-2,29956	0,06494
d)	4	-1,49262	0,06494
e)	5	-0,68443	0,06494
f)	6	0,12491	0,06494
g)	3	0,16399	0,06494

Таблица В.7 - Основные характеристики, подвижного состава, используемые для расчета норм закрепления, обращающегося на инфраструктуре ОАО «РЖД», в том числе подвижного состава перспективного типа

Тип вагона	Грузо-подъемность, т	Масса тары вагона, т	Статическая осевая нагрузка	Габарит	База вагона, мм	Длина вагона по соям автоцепки, мм	Количество осей, шт.	Модель тележки
Основные типы вагонов парка ОАО "РЖД"								
4-осный цельнометаллический полувагон с разгрузочными люками в полу и торцевыми дверями. Модель 12-1000-01	65	22,4	21,85	1-Т	8650	13920	4	18-101
4-осный крытый вагон. Модель 11-066	68	22	22,75	1-Т	10000	14730	4	18-101
4-осная цистерна нефтебензиновая с универсальным сливным прибором. Модель 15-011	60	23,2	20,8	1-Т	7800	12020	4	18-101
4-осная платформа для перевозки крупнотоннажных контейнеров. Модель 13-1223	72	21,7	23,5	1-Т	14720	19620	4	18-101
8-осная цистерна для бензина и светлых нефтепродуктов. Модель 15-871	120	48,8	21,1	1-Т	13790	21120	8	18-101
4-осная вагон-платформа для перевозки труб большого диаметра. Модель 13-1163	63,3	30,7	23,5	1-Т	20000	26220	4	18-101
вагон пассажирского парка	-	62	-	1-Т	17000	23600	4	КВЗ-ЦНИИ
Экспериментальные вагоны								
Вагон - хоппер для перевозки минеральных удобрений и зерна 19-6978-01 сочлененного типа	113,5	35,8	25	1-Т	-	19540	6	18-9855
Вагон - цистерна для перевозки СУГ 19-9541-01 сочлененного типа	90	57,9	25	1-Т	-	24040	6	18-9855

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

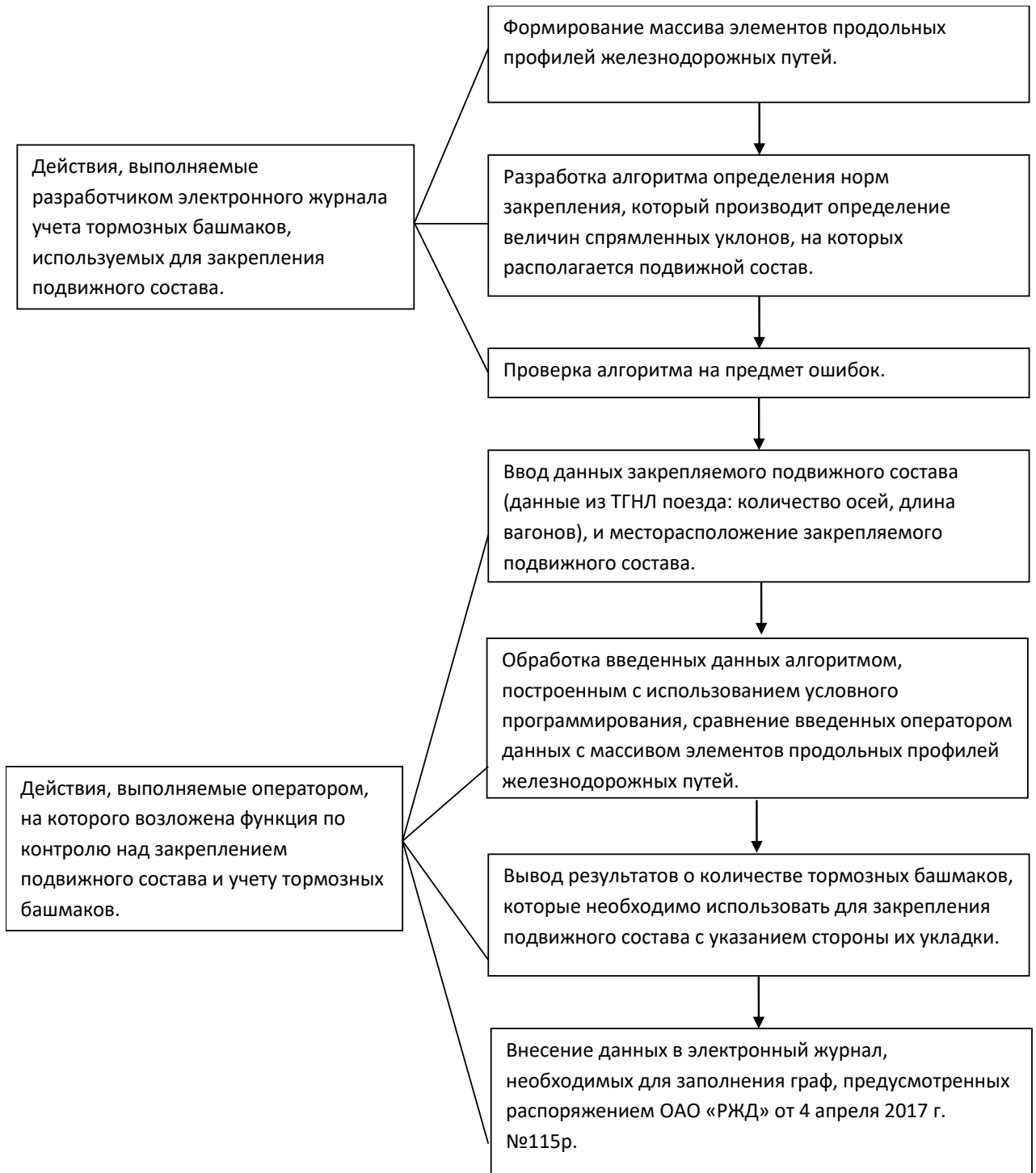


Рисунок Г.1 – Блок-схема работы электронного журнала учета тормозных башмаков, используемых для закрепления подвижного состава, в котором используются алгоритм, производящий обработку внесенных данных элементов продольных профилей железнодорожных путей и данных закрепляемого подвижного состава, использующий в расчете формулы, приведенные в приложении 17 ИДП

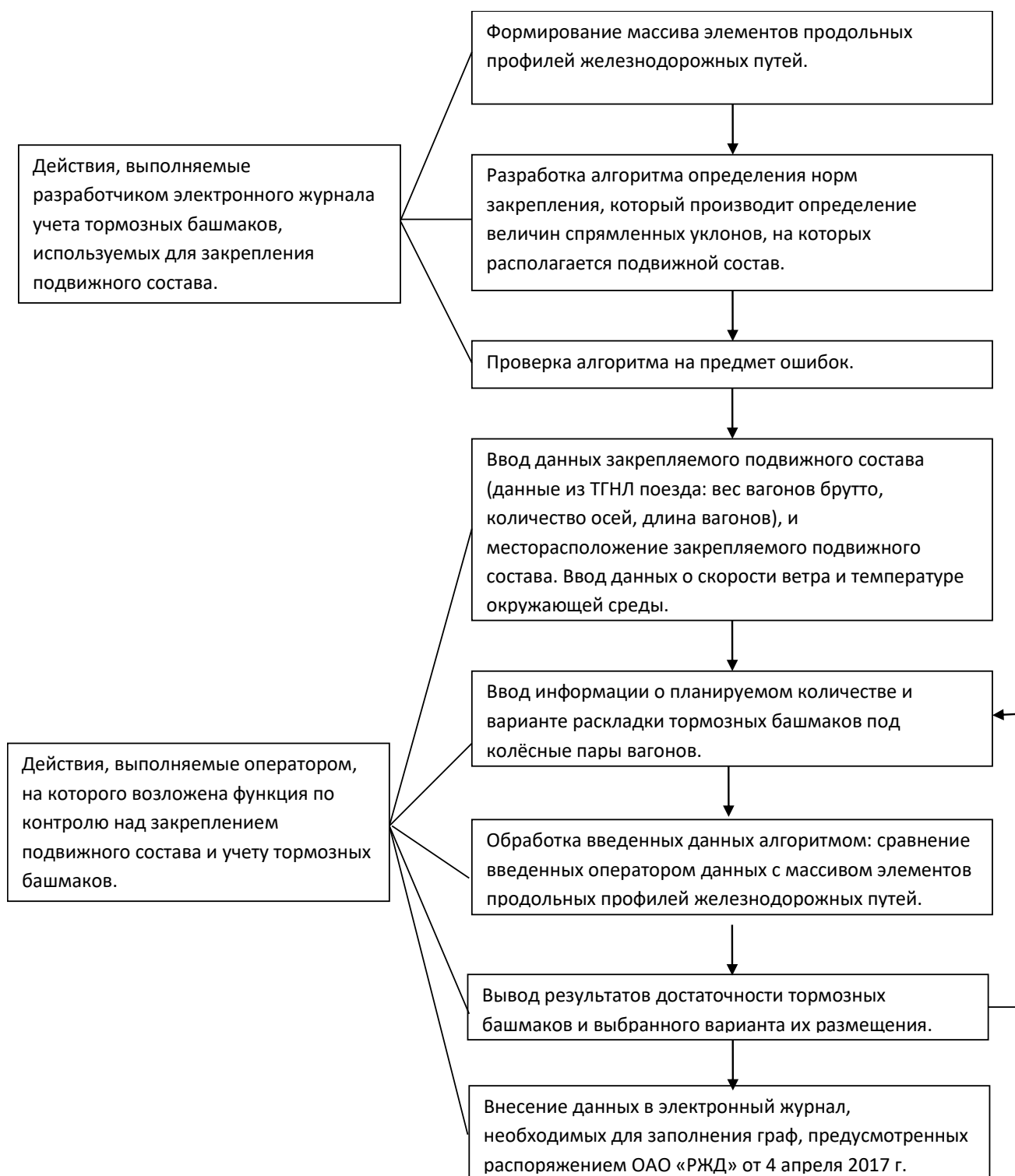


Рисунок Г.2 – Блок-схема работы электронного журнала учета тормозных башмаков, используемых для закрепления подвижного состава, в котором используются алгоритм, производящий обработку внесенных данных элементов продольных профилей железнодорожных путей и данных закрепляемого подвижного состава

	J	L	M	N	O	Q	R	T	U	V	W	
1	исходные данные состава поезда из АСУ станции											
2	номер пути	сторона располо жения	расстоя ние от горлови ны	темпера тура t	скорость ветра V _{вт}	выбор вагонов, под которые производится укладка тормозных башмаков и количество тормозных башмаков	от определенного места					
3							количество тормозных башмаков, необходимых для закрепления подвижного состава согласно формулам ИДП					
4	06	неч		0	10							
5		неч чет										
6							с нечетной	с четной	с нечетной	с четной		
7							Верно	Верно	3	5	1	2
8	П/Н	длина в брутто	оси									
9	1	13,92	80	4		2						
10	2	13,92	30	4		2			разнородный	однородный		
11	3	13,92	30	4		1						
12	4	13,92	80	4								
13	5	13,92	30	4								
14	6	13,92	30	4								
15	7	19,62	30	4								
16	8	19,62	30	4								
17	9	19,62	30	4								
18	10	19,62	30	4								
19	11	19,62	30	4								
20	12	19,62	30	4								
21	13	19,62	30	4								
22	14	19,62	30	4								
23	15	19,62	30	4								
24	16	19,62	30	4								
25	17	19,62	30	4								
26	18	19,62	80	4								
27	19	19,62	30	4								
28	20	13,92	30	4								
29	21	13,92	30	4								
30	22	13,92	30	4								
31	23	13,92	30	4								
32	24	13,92	30	4								
33	25	13,92	30	4								
34	26	13,92	30	4								
35	27	13,92	30	4								
36	28	12,02	30	4								
37	29	12,02	30	4								
38	30	12,02	30	4								
39	31	12,02	30	4								
40	32	12,02	80	4			2					

Рисунок Г.3 – Интерфейс листа, предназначенного для определения норм за-
крепления подвижного состава

	J	L	M	N	O	Q	R	T	U	V	W					
1	исходные данные состава поезда из АСУ станции															
2	номер пути	сторона располо жения	расстоян ие от горлови ны	темпера тура t	скорость ветра V _{вт}	выбор вагонов, под которые производится укладка тормозных башмаков и количество тормозных башмаков	от определенного места									
3							количество тормозных башмаков, необходимых для закрепления подвижного состава согласно формулам ИДП									
4												06	неч		0	10
5																
6							с нечетной	с четной	с нечетной	с четной						
7							Верно	Верно	3	5	1	2				
8	П/Н	длина в брутто	оси				Верно	Верно	3	5	1	2				
9	1	13,92	80	4		2										
10	2	13,92	30	4				однородный		однородный						
11	3	13,92	30	4												
12	4	13,92	80	4		1										
13	5	13,92	30	4												
14	6	13,92	30	4												
15	7	19,62	30	4												
16	8	19,62	30	4												
17	9	19,62	30	4												
18	10	19,62	30	4												
19	11	19,62	30	4												
20	12	19,62	30	4												
21	13	19,62	30	4												
22	14	19,62	30	4												
23	15	19,62	30	4												
24	16	19,62	30	4												
25	17	19,62	30	4												
26	18	19,62	80	4												
27	19	19,62	30	4												
28	20	13,92	30	4												
29	21	13,92	30	4												
30	22	13,92	30	4												
31	23	13,92	30	4												
32	24	13,92	30	4												
33	25	13,92	30	4												
34	26	13,92	30	4												
35	27	13,92	30	4												
36	28	12,02	30	4												
37	29	12,02	30	4												
38	30	12,02	30	4												
39	31	12,02	30	4												
40	32	12,02	80	4			2									

Рисунок Г.4 – Интерфейс листа, предназначенного для определения норм
закрепления подвижного состава

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Макрокоманды, используемые программе формирования электронного журнала учета тормозных башмаков (по данным п.3.9.1 (24) ТРА станций)

Макрокоманда для вставки строк приема и сдачи дежурств, а также для вставки строк, содержащих информацию о проведении проверок правильности закрепления и сохранности тормозных башмаков по 4-х часовым периодам:

```
Private Sub Worksheet_Change(ByVal Target As Range)
```

```
    Dim lr As Long
```

```
    If Target.Cells.Count > 1 Then Exit Sub
    If Not Intersect(Target, Range("A4")) Is Nothing Then
```

```
        lr = Target.Row
```

```
        arr = Array(Range("A" & lr))
        With Sheets("рабочийлист")
            lr = .Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Row
            If .Cells(lr, 1) = Date Then
                .Cells(lr, 1).Resize(1, 1) = arr
            Else: .Cells(lr + 0, 1).Offset(1, 0).Resize(1, 1) = arr
            End If
        End With
```

```
    End If
```

```
    If Target.Cells.Count > 1 Then Exit Sub
    If Not Intersect(Target, Range("A3")) Is Nothing Then
```

```
        lr = Target.Row
```

```
        arr = Array(Range("A" & lr))
        With Sheets("рабочийлист")
            lr = .Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Row
            If .Cells(lr, 1) = Date Then
                .Cells(lr, 1).Resize(1, 1) = arr
            Else: .Cells(lr + 0, 1).Offset(1, 0).Resize(1, 1) = arr
            End If
        End With
```

```
    End If
```

Макрокоманда, предназначенная для переноса действующих записей закрепления подвижного состава на момент приема и сдачи дежурств:

```
    If Target.Cells.Count > 1 Then Exit Sub
    If Not Intersect(Target, Range("HG6:HG1000")) Is Nothing Then
```

```
Ir = Target.Row
```

```
arr = Array(Range("A" &lr), Range("B" &lr), Range("C" &lr), Range("D" &lr), Range("E" &lr), Range("F" &lr), Range("G" &lr), Range("H" &lr), Range("I" &lr), Range("J" &lr), Range("K" &lr), Range("L" &lr))
```

```
With Sheets("рабочийлист")
```

```
Ir = .Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Row
```

```
If .Cells(lr, 1) = Date Then
```

```
.Cells(lr, 1).Resize(1, 12) = arr
```

```
Else: .Cells(lr + 0, 1).Offset(1, 0).Resize(1, 12) = arr
```

```
End If
```

```
End With
```

```
End If
```

```
If Target.Cells.Count > 1 Then Exit Sub
```

```
If Not Intersect(Target, Range("HG6:HG1000")) Is Nothing Then
```

```
Ir = Target.Row
```

```
arr = Array(Range("Q" &lr), Range("R" &lr), Range("S" &lr), Range("T" &lr), Range("U" &lr), Range("V" &lr), Range("W" &lr), Range("X" &lr), Range("Y" &lr), Range("Z" &lr), Range("AA" &lr), Range("AB" &lr), Range("AC" &lr))
```

```
With Sheets("рабочийлист")
```

```
Ir = .Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Row
```

```
If .Cells(lr, 1) = Date Then
```

```
.Cells(lr, 1).Resize(1, 13) = arr
```

```
Else: .Cells(lr + 0, 1).Offset(0, 16).Resize(1, 13) = arr
```

```
End If
```

```
End With
```

```
End If
```

```
If Target.Cells.Count > 1 Then Exit Sub
```

```
If Not Intersect(Target, Range("HG6:HG1000")) Is Nothing Then
```

```
Ir = Target.Row
```

```
arr = Array(Range("AD" &lr), Range("AE" &lr), Range("AF" &lr), Range("AG" &lr), Range("AH" &lr), Range("AI" &lr), Range("AJ" &lr), Range("AK" &lr), Range("AL" &lr), Range("AM" &lr), Range("AN" &lr), Range("AO" &lr), Range("AP" &lr), Range("AQ" &lr), Range("AR" &lr), Range("AS" &lr), Range("AT" &lr), Range("AU" &lr), Range("AV" &lr), Range("AW" &lr), Range("AX" &lr), Range("AY" &lr), Range("AZ" &lr), Range("BA" &lr), Range("BB" &lr), Range("BC" &lr), Range("BD" &lr), Range("BE" &lr))
```

```
With Sheets("рабочийлист")
```

```
Ir = .Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Row
```

```
If .Cells(lr, 1) = Date Then
```

```
.Cells(lr, 1).Resize(1, 28) = arr
```

```
Else: .Cells(lr + 0, 1).Offset(0, 29).Resize(1, 28) = arr
```

```
End If
```

End With

End If

If Target.Cells.Count > 1 Then Exit Sub

If Not Intersect(Target, Range("HG6:HG1000")) Is Nothing Then

Ir = Target.Row

arr = Array(Range("BF" & Ir), Range("BG" & Ir), Range("BH" & Ir), Range("BI" & Ir), Range("BJ" & Ir))

With Sheets("рабочийлист")

Ir = .Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Row

If .Cells(Ir, 1) = Date Then

.Cells(Ir, 1).Resize(1, 5) = arr

Else: .Cells(Ir + 0, 1).Offset(0, 57).Resize(1, 5) = arr

End If

End With

End If

If Target.Cells.Count > 1 Then Exit Sub

If Not Intersect(Target, Range("HG6:HG1000")) Is Nothing Then

Ir = Target.Row

arr = Array(Range("BN" & Ir), Range("BO" & Ir))

With Sheets("рабочийлист")

Ir = .Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Row

If .Cells(Ir, 1) = Date Then

.Cells(Ir, 1).Resize(1, 2) = arr

Else: .Cells(Ir + 0, 1).Offset(0, 65).Resize(1, 2) = arr

End If

End With

End If

If Target.Cells.Count > 1 Then Exit Sub

If Not Intersect(Target, Range("HG6:HG1000")) Is Nothing Then

Ir = Target.Row

arr = Array(Range("BT" & Ir), Range("BU" & Ir), Range("BV" & Ir), Range("BW" & Ir), Range("BX" & Ir), Range("BY" & Ir), Range("BZ" & Ir), Range("CA" & Ir), Range("CB" & Ir), Range("CC" & Ir), Range("CD" & Ir), Range("CE" & Ir), Range("CF" & Ir), Range("CG" & Ir), Range("CH" & Ir))

With Sheets("рабочийлист")

Ir = .Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Row

If .Cells(Ir, 1) = Date Then

.Cells(Ir, 1).Resize(1, 15) = arr

```

Else: .Cells(lr + 0, 1).Offset(0, 71).Resize(1, 15) = arr
End If
End With

```

```
End If
```

```

If Target.Cells.Count > 1 Then Exit Sub
If Not Intersect(Target, Range("HG6:HG1000")) Is Nothing Then

```

```
lr = Target.Row
```

```

arr = Array(Range("CI" &lr), Range("CJ" &lr), Range("CK" &lr), Range("CL" &lr),
Range("CM" &lr), Range("CN" &lr), Range("CO" &lr), Range("CP" &lr), Range("CQ" &lr),
Range("CR" &lr), Range("CS" &lr), Range("CT" &lr), Range("CU" &lr), Range("CV" &lr),
Range("CW" &lr), Range("CX" &lr), Range("CY" &lr), Range("CZ" &lr), Range("DA" &lr),
Range("DB" &lr), Range("DC" &lr), Range("DD" &lr), Range("DE" &lr), Range("DF" &lr),
Range("DG" &lr), Range("DH" &lr), Range("DI" &lr), Range("DJ" &lr))
With Sheets("рабочийлист")
lr = .Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Row
If .Cells(lr, 1) = Date Then
.Cells(lr, 1).Resize(1, 28) = arr
Else: .Cells(lr + 0, 1).Offset(0, 86).Resize(1, 28) = arr
End If
End With

```

```
End If
```

```

If Target.Cells.Count > 1 Then Exit Sub
If Not Intersect(Target, Range("HG6:HG1000")) Is Nothing Then

```

```
lr = Target.Row
```

```

arr = Array(Range("DN" &lr), Range("DO" &lr))
With Sheets("рабочийлист")
lr = .Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Row
If .Cells(lr, 1) = Date Then
.Cells(lr, 1).Resize(1, 2) = arr
Else: .Cells(lr + 0, 1).Offset(0, 117).Resize(1, 2) = arr
End If
End With

```

```
End If
```

Макрокоманда для автозаполнения времени и даты укладки и уборки тормозных башмаков:

```

For Each cell In Target
If Not Intersect(cell, Range("BO6:BO1000")) Is Nothing Then
With cell.Offset(0, -1)
.Value = Now

```

```
.Value = Now
End With
End If
Next cell
```

```
For Each cell In Target
If Not Intersect(cell, Range("DO6:DO1000")) Is Nothing Then
With cell.Offset(0, -1)
.Value = Now
.Value = Now
End With
End If
Next cell
```

```
For Each cell In Target
If Not Intersect(cell, Range("FJ6:FJ1000")) Is Nothing Then
With cell.Offset(0, -1)
.Value = Now
.Value = Now
End With
End If
Next cell
```

```
For Each cell In Target
If Not Intersect(cell, Range("HE6:HE1000")) Is Nothing Then
With cell.Offset(0, -1)
.Value = Now
.Value = Now
End With
End If
Next cell
```

```
EndSub
```

Макрокоманда для записи местоположения тормозных башмаков согласно п.3.10 ТРА на прием и сдачу дежурства:

```
Private Sub Workbook_Open()
Worksheets("рабочийлист").Protect Password:="Vfhwtdj", UserInterfaceOnly:=True
Worksheets("дляраспечатки").Protect Password:="Vfhwtdj", UserInterfaceOnly:=True
End Sub
```

```
Sub Башмаки()
Dim LastRow As Long, i As Long, FreeRow As Long
FreeRow = Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Row + 1
With Sheets("длякопирования")
LastRow = .Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Row
For i = 2 To LastRow
If .Cells(i, 1).Value <> "" Then
LastRow = i
Else
```

```

        Exit For
    End If
Next
    Range(Cells(FreeRow, 80), Cells(FreeRow + LastRow - 1, 1)).Value = Range(.Cells(1,
1), .Cells(LastRow, 80)).Value
End With

'Application.ScreenUpdating = False
'Sheets("длякопирования").Select
' Range("Данные").Select
' Selection.Copy
' LastRow = Worksheets("рабочийлист").Range("A10000").End(xlUp).Row
' Worksheets("рабочийлист").Cells(LastRow + 1, 1).PasteSpecial Paste:=xlPasteVal-
ues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
' :=False, Transpose:=False
'Sheets("рабочийлист").Select
'ActiveCell.Select
'Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
'Selection.NumberFormat = "0.00"
' Application.ScreenUpdating = True
End Sub

```

Макрокоманда, предназначенная для записи формул в ячейках на их текущие значения:

```

Private Sub Worksheet_Change(ByVal Target As Range)

    Dim lr As Long

    If Target.Cells.Count > 1 Then Exit Sub
    If Not Intersect(Target, Range("TM6:TM300")) Is Nothing Then

        lr = Target.Row

        Worksheets("дляраспечатки").Range("A" &lr).Value = Work-
sheets("дляраспечатки").Range("A" &lr).Value
        Worksheets("дляраспечатки").Range("B" &lr).Value = Work-
sheets("дляраспечатки").Range("B" &lr).Value
        Worksheets("дляраспечатки").Range("C" &lr).Value = Work-
sheets("дляраспечатки").Range("C" &lr).Value
        Worksheets("дляраспечатки").Range("D" &lr).Value = Work-
sheets("дляраспечатки").Range("D" &lr).Value
        Worksheets("дляраспечатки").Range("G" &lr).Value = Work-
sheets("дляраспечатки").Range("G" &lr).Value
        Worksheets("дляраспечатки").Range("CO" &lr).Value = Work-
sheets("дляраспечатки").Range("CO" &lr).Value
        Worksheets("дляраспечатки").Range("FW" &lr).Value = Work-
sheets("дляраспечатки").Range("FW" &lr).Value
        Worksheets("дляраспечатки").Range("FX" &lr).Value = Work-
sheets("дляраспечатки").Range("FX" &lr).Value

```

```

Worksheets("дляраспечатки").Range("FY" &lr).Value = Work-
sheets("дляраспечатки").Range("FY" &lr).Value
Worksheets("дляраспечатки").Range("JG" &lr).Value = Work-
sheets("дляраспечатки").Range("JG" &lr).Value
Worksheets("дляраспечатки").Range("MO" &lr).Value = Work-
sheets("дляраспечатки").Range("MO" &lr).Value
Worksheets("дляраспечатки").Range("MP" &lr).Value = Work-
sheets("дляраспечатки").Range("MP" &lr).Value
Worksheets("дляраспечатки").Range("MQ" &lr).Value = Work-
sheets("дляраспечатки").Range("MQ" &lr).Value
Worksheets("дляраспечатки").Range("PY" &lr).Value = Work-
sheets("дляраспечатки").Range("PY" &lr).Value
Worksheets("дляраспечатки").Range("PZ" &lr).Value = Work-
sheets("дляраспечатки").Range("PZ" &lr).Value
Worksheets("дляраспечатки").Range("TI" &lr).Value = Work-
sheets("дляраспечатки").Range("TI" &lr).Value
Worksheets("дляраспечатки").Range("TJ" &lr).Value = Work-
sheets("дляраспечатки").Range("TJ" &lr).Value
Worksheets("дляраспечатки").Range("TK" &lr).Value = Work-
sheets("дляраспечатки").Range("TK" &lr).Value

```

End If

End Sub

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

УДОСТОВЕРЕНИЕ

НА РАЦИОНАЛИЗАТОРСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ №_2 от 30.01.2017г_

На основании «Положения о рационализаторской деятельности Открытого акционерного общества «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД»), утвержденного распоряжением от 03.03.2014г № 552р

«Повышение уровня безопасности движения поездов и производства маневровой работы путем совершенствования порядка определения норм закрепления подвижного состава при помощи электронного журнала учета закрепления подвижного состава»

признано рационализаторским.

Автор (ы):

Ильин Александр Михайлович

Принято к использованию в цехе движения

наименование подразделения ДС Лихая

Дата начала использования: 30.01.2017г

Дата регистрации заявления: 27.01.2017г

Руководитель ДС Лихая

наименование Структурного подразделения

(Гончаров А.А.)

подпись

расшифровка подписи



УДОСТОВЕРЕНИЕ

НА РАЦИОНАЛИЗАТОРСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ № 1

На основании «Положения о рационализаторской деятельности
Открытого акционерного общества «Российские железные дороги»
(ОАО «РЖД»), утвержденного распоряжением от 03.03.2014 г.
№552р

**«Повышение безопасности движения, при помощи
использования автоматизированного способа расчета норм
закрепления подвижного состава и ведения журнала учета
тормозных башмаков, используемых для закрепления
подвижного состава в электронном виде в режиме реального
времени»**

наименование предложения

признано рационализаторским.

Автор: Ильин А.М.

Принято к использованию: на железнодорожных станциях и структурных
подразделениях Северо-Кавказской дирекции управления движением

наименование подразделения

Начальник Ростовского центра организации
работы железнодорожных станций

подпись

Т.Э. Мамаев

расшифровка подписи





«УТВЕРЖДАЮ»

Начальник Северо-Кавказской дирекции управления движением – структурного подразделения Центральной дирекции управления движением – филиала ОАО «РЖД»
В.В.Петрук



«24» *декабря* 2018 г.

А К Т

об использовании результатов научной работы Ильина Александра Михайловича на тему «Совершенствование системы безопасности движения поездов на основе развития методики закрепления подвижного состава с варьируемыми параметрами»

Комиссия в составе исполняющего обязанности главного инженера Северо-Кавказской дирекции управления движением (по безопасности движения) И.А.Сарапулова и начальника железнодорожной станции Лихая А.А.Гончарова составили настоящий акт о том, что результаты научных исследований Ильина Александра Михайловича на тему «Совершенствование системы безопасности движения поездов на основе развития методики закрепления подвижного состава с варьируемыми параметрами» имеют практическую значимость и использованы при разработке автоматизированного программного комплекса – электронного журнала учета закрепления подвижного состава на путях станции Лихая и путях необщего пользования, примыкающих к станции Лихая. Применение электронного журнала учета закрепления позволило повысить качество работ по определению норм закрепления путем минимизации ошибок на этапе определения норм закрепления, а так же сократить затраты времени работников станции Лихая на ведение журнала учета закрепления.

И.о. главного инженера Северо-Кавказской дирекции управления движением (по безопасности движения)

И.А.Сарапулов

Начальник железнодорожной станции Лихая

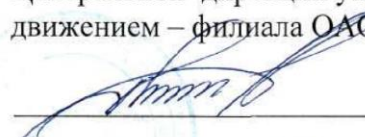
А.А.Гончаров



**ФИЛИАЛ ОАО «РЖД»
СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ
ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА**

«УТВЕРЖДАЮ»

Главный инженер Северо-Кавказской
дирекции управления движением –
структурного подразделения
Центральной дирекции управления
движением – филиала ОАО «РЖД»

 А.И.Колобов

« 24 » декабря 2021 г.

А К Т

**об использовании результатов диссертационной работы
на соискание ученой степени кандидата технических наук
Ильина Александра Михайловича**

Комиссия под председательством начальника технического отдела Северо-Кавказской дирекции управления движением – филиала ОАО «РЖД» И.А.Сарапулова составила настоящий акт о том, что результаты научных исследований Ильина Александра Михайловича на тему «Повышение безопасности станционных транспортных процессов на основе развития методики расчета закрепления подвижного состава с варьируемыми параметрами» имеют практическую значимость и использованы при разработке автоматизированного программного комплекса – электронного журнала учета закрепления подвижного состава.

Применение разработанной методики расчета и новой формы электронного журнала учета закрепления позволило повысить качество работ по учету тормозных башмаков и определению норм закрепления разнородного подвижного состава на станционных путях с переменным профилем путем минимизации ошибок на расчетном этапе, исключая нарушения требований по закреплению.

Начальник технического отдела
Северо-Кавказской дирекции
управления движением –
структурного подразделения
Центральной дирекции
управления движением – филиала
ОАО «РЖД»



И.А.Сарапулов