

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ИМЕНИ М.И.КАЛИНИНА

На правах рукописи

Горячев Юрий Константинович

УДК 629.46.077-592.52

ПРОДОЛЫНЫЕ СИЛЫ В ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДАХ, ОБОРУДОВАННЫХ
ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЯМИ № 483, ПРИ РАЗЛИЧНЫХ
СХЕМАХ РАЗМЕЩЕНИЯ ЛОКОМОТИВОВ И СПОСОБАХ
УПРАВЛЕНИЯ ТОРМОЗАМИ

05.22.07 – Подвижной состав железных дорог и
тяга поездов

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск
1985

НТБ
ДНУЖТ

Работа выполнена в Днепропетровском ордена Трудового Красного Знамени институте инженеров железнодорожного транспорта имени М.И.Калинина.

Научный руководитель – Заслуженный работник высшей школы
УССР, доктор технических наук, профессор Е.П.Блохин.

Официальные оппоненты – доктор технических наук
П.Т.Гребенюк;
кандидат технических наук, доцент
А.М.Бабаев.

Ведущее предприятие – Приднепровская ордена Ленина железная дорога.

Защита диссертации состоится "22" ноября 1985 г.
в 15 ч. 00 мин. на заседании специализированного совета К II4.07.01 в Днепропетровском ордена Трудового Красного Знамени институте инженеров железнодорожного транспорта имени М.И.Калинина по адресу: 320700, ГСП, Днепропетровск, 10,
ул. академика Лазарина, 2, ДИИТ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан "15" октября 1985 г.

Л.В.Петрович

ДНУЖТ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

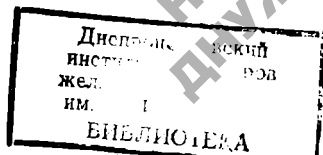
Актуальность темы. В директивных документах XXVI съезда КПСС, нашедших свое отражение в "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981-1985 годы и на период до 1990 года" отмечается, что основной задачей железнодорожного транспорта является его дальнейшее техническое перевооружение, увеличение провозной и пропускной способности железных дорог на грузонапряженных участках. В текущем пятилетии грузооборот должен быть увеличен на 14-15 процентов.

Рассматривая различные пути повышения провозной способности железных дорог СССР, отмечается, что увеличение длины и массы грузовых поездов - главный резерв освоения растущих перевозок, важнейший рычаг интенсификации и повышения эффективности работы железных дорог. В перспективе около 60% прироста перевозок предусматривается освоить за счет увеличения массы поездов.

Как известно, с увеличением длины и массы поезда возрастает нагруженность подвижного состава. Исследуя динамику поезда, прежде всего приходится принимать во внимание продольные силы, возникающие в упряжных приборах. Эти силы могут достигать опасных (с точки зрения прочности и устойчивости вагонов от их выжимания) значений особенно при нестационарных процессах, вызванных управлением движением поезда.

Наибольшее развитие наука о динамике поезда получила благодаря работам Н.Е.Жуковского и В.А.Лазаряна. Их идеи нашли отражение в исследованиях, выполненных Е.П.Блохиным, С.В.Вершинским, Л.А.Манапкиным, Н.А.Панькиным, Ю.М.Черкашиным и другими учеными.

Большой вклад в изучение вопросов торможения поездов с использованием теоретических и экспериментальных методов, совершенствование тормозной техники внесли О.Г.Бойцовский, П.Т.Гре-



бенек, В.Г.Иноземцев, В.М.Казаринов, Б.Л.Корвацкий, Д.Э.Карминский, Е.Н.Кузьмина, А.А.Львов, И.К.Матросов, Е.Л.Стамблер, А.И. Стукалов, В.Ф.Ясенцев и другие исследователи.

Известно, что возникающие при торможении поезда продольные силы в значительной степени зависят от характеристик воздухораспределителей: скорости распространения тормозной волны, времени наполнения тормозных цилиндров сжатым воздухом до наибольшего давления, величины и продолжительности начального скачка давления в тормозных цилиндрах. Наибольшее влияние на динамические силы в поезде оказывает скорость распространения тормозной волны. Поэтому внедрение на сети железных дорог новых перспективных воздухораспределителей автотормозов № 483, у которых скорость распространения тормозной волны близка к максимально возможной при пневматическом управлении ($300-330 \text{ м.с}^{-1}$) делает весьма актуальным изучение торможений длинносоставных грузовых поездов, оборудованных этими воздухораспределителями.

Целью работы является:

- отыскание путей снижения динамической нагруженности подвижного состава при торможениях грузовых поездов существенно повышенной длины и массы, оборудованных воздухораспределителями автотормозов № 483;

- уточнение методики математического моделирования торможения поезда с рассредоточенными вдоль длины состава локомотивами, в том числе для случая торможения с посылкой по тормозной магистрали управляющего сигнала;

- выбор рациональной величины начальной разрядки тормозной магистрали вспомогательного локомотива при торможении соединенного поезда с посылкой управляющего сигнала;

- применение методов статистического моделирования для оценки наибольших ожидаемых продольных сил в длинносоставных поездах при различных способах управления рассредоточенными

по длине состава локомотивами.

Общая методика исследований. В работе с использованием ЭВМ проводятся теоретические исследования продольных усилий, базирующиеся на использовании численных методов интегрирования уравнений движения поезда как существенно нелинейной механической системы.

На основании анализа полученных решений осуществляется поиск рациональных средств и способов снижения уровня продольных динамических усилий в поездах при различных режимах торможения.

Результаты теоретических исследований сопоставляются с результатами экспериментов в реальных условиях. Используются методы статистического моделирования для получения зависимостей, позволяющих производить оперативную оценку наибольших ожидаемых сил в длинносоставных поездах с рассредоточенными вдоль их длины локомотивами.

Научная новизна:

- дана оценка продольным динамическим силам, возникающим в длинносоставных поездах, оборудованных воздухораспределителями усл. № 483; изучено влияние параметров этих воздухораспределителей на уровень продольных сил;

- уточнена методика математического моделирования процесса торможения. При вычислении тормозных сил в поезде с рассредоточенными вдоль состава локомотивами учтены особенности, связанные со способами управления тормозами и видом соединения (сквозная или автономная) тормозных магистралей в том числе для торможения с посылкой по тормозной магистрали управляющего сигнала;

- теоретически обоснована и проверена в реальных условиях возможность торможения соединенных поездов со стороны только вспомогательных локомотивов;

- исследовано влияние на уровень продольных сил и длин

тормозных путей: одновременности включения тормозных средств головного и вспомогательных локомотивов; способа соединения (сквозная или автономная) тормозных магистралей в соединенных поездах; глубины разрядки тормозных магистралей в каждой из частей соединенного поезда;

- показана возможность применения методов статистического моделирования для оценки наибольших ожидаемых сил в длинносоставных поездах с рассредоточенными по длине состава локомотивами.

Практическая ценность и внедрение результатов работы.

Путем расчетов оценены продольные динамические силы в поездах повышенной длины и массы при различных схемах размещения локомотивов и способах торможения, в том числе при торможении с посылкой управляющего сигнала. Даны рекомендации по выбору параметров устройства, обеспечивающего автономное автоматическое торможение соединенного поезда (заявка № 3728459/27-II (049031) от 12.04.84 г., положительное решение от 09.10.84 г.).

Получены формулы, позволяющие оперативно производить оценку наибольших ожидаемых продольных сил в поездах с рассредоточенными локомотивами, не прибегая к проведению дорогостоящих опытов в реальных условиях или расчетов на ЭВМ.

Результаты работы использованы при разработке новой "Инструкции по эксплуатации тормозов" № ЦТ-ЦВ-ЦНИИ/3969 в разделе 5.

"Особенности подготовки автотормозов и управления ими в грузовых поездах весом более 6 тью. тонн и длиной более 350 осей".

По результатам исследований разработаны также: "Временная инструкция по подготовке тормозов, вождению и пропуску поездов массой 8400 т с одним электровозом ВЛ80"; режимные карты по вождению поездов массой 8400 т для участков Верховцево-Днепропетровск-Н.Д.-Узел, Верховцево-Новомосковск-Павлоград; режимные карты по вождению соединенных поездов массой 8400..10000 т для

участков Павлоград-Красноармейск, Н.Д.-Узел-Чаплино-Н.Д.-Узел и Н.Д.-Узел-Красноармейск-Н.Д.-Узел. Приказом начальника Приднепровской железной дороги № 110/Н от 17.II.83 г. поезда массой 6400 т введены в регулярное обращение.

Апробация работы. Основные материалы диссертационной работы докладывались и обсуждались на: Научно-технической конференции по проблемам развития железнодорожного транспорта (г.Днепропетровск 1974 и 1977 гг.); научном семинаре кафедры теоретической механики Киевского Государственного Университета (г.Киев, 1980); научно-технических конференциях молодых ученых и специалистов железнодорожного транспорта (г.Днепропетровск, 1978 и 1981 гг.); заседаниях кафедры теоретической механики ДИИТа (г.Днепропетровск, 1977, 1980, 1981, 1984 гг.); Всесоюзной конференции "Проблемы механики железнодорожного транспорта" (г.Днепропетровск, 1984 г.).

Публикации. Основные положения диссертации вошли в 12 научно-исследовательских отчетов по ТИР и опубликованы в 6 статьях.

Структура работы обусловлена необходимостью совершенствования и дополнения известной математической модели, ее апробации и решения конкретных задач, поставленных практикой вождения дачно-носоставных, в том числе и соединенных поездов.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и приложений. Работа содержит 98 страниц машинописного текста, 69 рисунков, 39 таблиц, 12 приложений, список литературы из 90 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении приводятся обоснование и краткий обзор основных достижений в области вождения тягловесных поездов, формулируются постановка задачи и цель исследований.

В первой главе дается общая характеристика работ, посвящен-

ных торможению поездов массой 6-8 тыс. тонн. Показано, что совершенствование тормозного оборудования и средств амортизации вагонов приводят к снижению уровня продольных сил.

Приводятся результаты экспериментальных исследований торможений длинносоставных поездов, проведенных (с участием автора) ДИИТом совместно с ВНИИЖТом в 1979-1984 гг. на Приднепровской железной дороге.

Опыты проводились с поездами массой 9-10 тыс. тонн, все вагоны которых были оборудованы новыми экспериментальными воздухо-распределителями усл. № 483 и его модификацией усл. № 483 и, разработанными во ВНИИЖТе.

В процессе испытаний исследовались как средний так и грузовой режимы работы воздухораспределителей при различных (РТ, ПСТ, ЭТ и остановочных ступень) видах торможения.

Основная цель испытаний состояла в определении допустимой по уровню сил массы поезда, а также в разработке дополнительных мер, которые могли бы быть использованы при разработке рациональных режимов вождения длинносоставных поездов.

Записанные в процессе испытаний осциллограммы представлялись в виде диаграмм распределения максимальных значений продольных сил по длине поезда. Измеренные продольные силы сопоставлялись с допускаемыми по "Нормам расчета вагонов на прочность".

Проведенные поездные динамические испытания позволили уточнить что:

- применение воздухораспределителей усл. № 483 в поездах массой 10 тыс. тонн приводит к снижению уровня продольных усилий по сравнению со значениями сил, имеющими место в поездах аналогичной длины и массы, оборудованных воздухораспределителями усл. № 270-005;

- нагруженность вагонов в продольном направлении при торможении была наименьшей в случае серийных воздухораспределителей

усл. № 483, работающих на среднем режиме;

- при регулировочных торможениях в отдельных опытах продольные силы достигали в случаях серийных воздухораспределителей $1,2 \pm 1,3$ мН на среднем режиме и $1,5 \pm 1,6$ мН - на груженом;

- тормозные пути в случаях серийных воздухораспределителей усл. № 483, работающих на груженом режиме и модифицированных, работающих на среднем режиме, близки друг к другу. Наибольшие усилия при экстренных торможениях в указанных случаях были одного порядка:

- применение У и УА положений ручки крана машиниста оказывает существенное влияние на уровень продольных сил и длины тормозных путей. Так, при служебных и экстренных торможениях, использование положения УА вместо У приводит к снижению до 1,5 раз уровня продольных сил, однако длины тормозных путей при этом увеличиваются в среднем на 25-35%.

Результаты поездных испытаний позволяют сделать вывод о том, что внедрение нового воздухораспределителя автотормозов № 483 является прогрессивным решением, хотя и не до конца решающим проблему снижения уровня продольных сил, так как в длинно-составных поездах более 9 тысяч тонн эти воздухораспределители не обеспечивают допустимый уровень продольных динамических усилий. Это обстоятельство приводит к необходимости отыскивать другие пути снижения динамической нагруженности подвижного состава.

Одним из средств снижения уровня продольных динамических усилий является рассредоточение локомотивов вдоль длины состава. Однако в этом случае возникает проблема согласованного управления тормозными средствами локомотивов и прилегающих к ним составов. Анализ существующих в СССР и за рубежом систем управления тормозными средствами локомотивов и опыт их работы, позволяет отметить, что основным их недостатком являются сложность в изготовлении и невысокая надежность в работе. Поэтому в настоящее

время целесообразна разработка и широкое внедрение относительно простых и надежных в работе систем управления.

Во второй главе на базе разработанной в ДИИТе методики математического моделирования строится, учитывающая специфику рассматриваемых воздухораспределителей, математическая модель движения длинносоставного грузового поезда с локомотивами, развешенными не только в головной, но и в других частях состава. Моделируются различные способы включения тормозных средств головного и вспомогательного локомотивов при регулировочных и остановочных (ступенью, ПСТ, ЭТ) видах торможения.

В качестве расчетной схемы поезда принята цепочка твердых тел, соединенных деформируемыми элементами, структура которых учитывает упругие и диссипативные свойства поглощающих аппаратов автоцепки и конструкций вагонов, зазоры в междвагонных соединениях. Движение поезда описывается системой обыкновенных дифференциальных уравнений, порядок которой равен удвоенному числу экипажей в поезде ($2N$). Задача об определении продольных усилий S_j решается путем численного интегрирования уравнений движения при заданных начальных и некоторых дополнительных условиях. Результирующая внешняя сила, действующая на j -й экипаж, в общем случае учитывает составляющие силы тяжести от уклона пути, силу основного сопротивления поступательному движению и тормозную силу при пневматическом торможении.

Сила основного сопротивления поступательному движению задается зависящей от типа экипажа и его скорости.

Продольный профиль пути предполагается состоящим из прямолинейных участков с равенством уклонов Δi_k , сопрягающихся в вертикальной плоскости круговыми кривыми радиуса R_k .

Сила, тормозящая экипаж при пневматическом торможении, предполагается зависящей от скорости движения и величины сил нажатия на тормозные колодки. Математическая модель позволяет моделиро-

вать неодновременность "срабатывания" тормозных цилиндров по длине поезда и учитывать изменение параметров, характеризующих изменение тормозных сил во времени в различных частях состава.

При вычислении тормозных сил в поезде учитываются особенности, связанные со способами управления тормозами и характером соединения (сквозная или автономная) тормозных магистралей. Естественно, что моделируя торможение поезда с рассредоточенными вдоль состава локомотивами следует принимать во внимание направление бега (распространение) волны разрядки тормозных магистралей. Так включение тормозных средств локомотивов соединенного двояного поезда может привести, например, к тому, что в одно и то же время, либо с разрывом во времени, одна тормозная волна, вызванная включением тормозных средств головного локомотива, будет распространяться навстречу другой, вызванной включением тормозов второго (вспомогательного) локомотива, от которого будет так же разрядиться тормозная магистраль находящегося за ним состава. Направление движения этих волн будет зависеть от того как соединены тормозные магистрали двояного поезда и какой способ управления тормозами принят. Включение тормозных средств вспомогательных локомотивов при этом может происходить или синхронно с головным или с некоторым запаздыванием (опережением).

Все это следует учитывать при вычислении тормозных сил в поезде с использованием ЭВМ.

При интегрировании уравнений применяются многошаговые формулы второго порядка типа Адамса-Башфорта и Адамса-Мултона. С целью наиболее эффективного сокращения затрат машинного времени на этапе вычисления используется прием понижения порядка системы дифференциальных уравнений путем надлежащего объединения экипажей в группы.

Достоверность математической модели проверяется путем сопоставления результатов численного интегрирования с данными

опытов в реальных условиях.

Полученные результаты показали, что используемая математическая модель поезда достаточно точно и полно отображает процессы, протекающие в реальных условиях и может быть принята для изучения торможений длинносоставных поездов при различных схемах рассредоточения локомотивов по длине состава и способах управления ими.

Однако определение в каждом конкретном случае наибольшей продольной силы в поезде с помощью цифровых вычислительных машин требует больших затрат машинного времени и не может быть выполнено оперативно.

Потребность в оперативной оценке этих сил возникает, например, при оборудовании локомотива бортовой системой управления движением, использующей информацию о нагруженности поезда.

В работе рассматривается вопрос о возможности применения методов статистического моделирования для оценки наибольших ожидаемых сил в длинносоставных поездах при некоторых способах управления тормозными средствами рассредоточенных по длине состава локомотивов и различных (РТ, ПСТ, ЭТ) видах торможения.

В третьей главе приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований торможений длинносоставных поездов массой 8-12 тыс. тонн с рассредоточенными по длине состава локомотивами при различных (РТ, ПСТ, ЭТ) видах торможения и способах управления тормозными средствами локомотивов.

Исследуется вопрос о возможности снижения уровня продольных динамических усилий при одновременном сохранении или уменьшении длин тормозных путей за счет рассредоточения локомотивов по длине и отыскания рациональных способов управления их тормозами.

Сопоставляются продольные усилия и длины тормозных путей при торможении длинносоставных поездов при следующих схемах формирования поездов: локомотивы в голове состава; один локомотив

в голове, а другой в середине поезда; локомотивы расположены по концам состава.

Показано, что расседоточение локомотивов по длине состава - рациональный путь снижения (на 30-40%) уровня продольных сжимающих усилий и длин тормозных путей (на 9-16%), по сравнению с одиночными поездами аналогичной длины и массы.

Приводятся результаты опытов с поездами, имеющими локомотивы по концам. Исследуются различные виды остановочных и служебных торможений, выполненных с использованием положений У и УА ручки крана машиниста при синхронном и несинхронном (по волне разрядки тормозной магистрали) управлении тормозами поезда.

Делается вывод о возможности безопасного вождения грузовых поездов массой 10-12 тыс. тонн при синхронном управлении тормозными средствами головного и хвостового локомотива в случае оборудования поездов вбздухораспределителями усл. № 483.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования торможений соединенных поездов массой 10-12 тыс. тонн позволили установить, что вид соединения тормозных магистралей поезда (сквозная или автономная) не оказывает заметного влияния на величины продольных сжимающих усилий, однако тормозные пути несколько увеличиваются в случае автономных магистралей.

Особого внимания заслуживает торможение поезда из его середины в случае сквозной магистрали. Продольные сжимающие силы при этом в три-четыре раза ниже, чем при синхронном включении тормозов обоих локомотивов поезда, имеющего автономные тормозные магистрали.

В случае разобщенных тормозных магистралей и синхронном - вручную управлении тормозами всех частей соединенного поезда возможно запаздывание с включением тормозных средств второго или первого локомотива, что опасно либо по условиям выдавливания вагонов из колеи, либо разрыва упряжи.

В работе исследуются также остановочные торможения ступенью, при которых тормозные магистрали соединенного строенного поезда разряжаются рассредоточенными вдоль состава локомотивами на разные величины. Такая ситуация может быть вызвана отклонениями в параметрах тормозных кранов или несогласованными действиями самих машинистов. Предполагается, что глубина разрядки тормозных магистралей локомотивов может иметь значения 0,07; 0,08 или 0,09 МПа.

Рассмотрено "одновременное" и "по волне" включение тормозов головного и вспомогательных локомотивов. При этом предполагается, что в первом случае включение тормозных средств головного и вспомогательных локомотивов происходит синхронно, но с различной для каждой части поезда глубиной разрядки тормозной магистрали. Различная глубина разрядки тормозных магистралей имеет место и при управлении тормозами "по волне", при этом тормозные средства вспомогательного локомотива включаются в момент прихода волны разрядки тормозной магистрали со стороны головного локомотива. Во всех рассмотренных вариантах сравнивались значения продольных сил и длины тормозных путей для поездов с автономными и экзосной магистралями. Сопоставление полученных результатов показало, что если глубина разрядки тормозной магистрали в головной части бо́льшая, чем в последующих, то возникает продольные сжимающие силы, превышающие нормативные как при "одновременном" так и "по волне" торможениях. В остальных случаях, когда глубина разрядки тормозной магистрали в головной части поезда меньшая, чем, в последующих, уровень сил не превосходит установленный "Нормами расчета вагонов на прочность".

Сопоставление результатов теоретических и экспериментальных исследований длинносоставных поездов с рассредоточенными вдоль длины состава локомотивами показало, что во всех рассмотренных случаях синхронное торможение обеспечивает минимальный уровень сил и длины тормозных путей. Однако реализация этого способа на

практике затруднительна (дорогие, ненадежные и сложные устройства), а при ручном управлении – приводит в некоторых случаях к появлению опасных для прочности и устойчивости от выжимания вагонов из колеи продольных сил. Поэтому целесообразна разработка и создание простых и надежных систем, а также отыскание способов, обеспечивающих автономное автоматическое управление тормозами соединенного поезда.

В четвертой главе рассматривается способ управления тормозами соединенного поезда, позволяющий осуществлять близкое к синхронному торможение поезда и использовать такой надежный канал связи как тормозную магистраль поезда.

Приводятся результаты теоретических и экспериментальных исследований торможений соединенных поездов с посылкой по тормозной магистрали поезда управляющего сигнала, информирующего о начале торможения и задающего момент включения тормозных средств рассредоточенных по длине состава локомотивов.

Данный способ управления тормозными средствами, например соединенного составного поезда, состоит в следующем. Машинист головного локомотива перед началом торможения снижает давление воздуха в тормозной магистрали своей части поезда на величину, не превышающую порога чувствительности тормозных устройств подвижного состава (например, на $0,02 \pm 0,04$ МПа), посылая тем самым управляющий сигнал. В момент времени $t = T$ (T – время распространения тормозной волны по длине первого состава), когда тормозная волна достигает вспомогательного локомотива, происходит включение (автоматически или вручную) тормозных средств вспомогательного локомотива и разрядка его тормозной магистрали на величину P_n . В этот же момент времени тормозная магистраль первого локомотива дополнительно разряжается (автоматически или вручную) до величины P_{m1} , соответствующей задаваемому (РТ, ПСТ, ЭТ) виду торможения. Если $P_{m1} > P_n$, то по истечении времени T автоматичес-

чески происходит дополнительная (до уровня, задаваемого головным локомотивом) разрядка тормозной магистрали вспомогательного локомотива после чего давление воздуха в тормозных магистралях обеих частей поезда автоматически уравнивается ($P_{M2} = P_{M1}$).

Расчеты показали, что уровень продольных динамических усилий в поезде существенно зависит от соотношения P_H и P_{M1} . Поэтому, большое внимание уделено поиску такого значения P_H , которое бы удовлетворяло по уровню продольных сил всем возможным видам торможений (РТ, ПСТ, ЭТ).

Исследования позволили установить, что при выборе начальной ступени разрядки тормозной магистрали вспомогательного локомотива, можно руководствоваться следующим: для снижения повреждаемости конструкции подвижного состава необходимо снизить уровень и частоту воздействий на них продольных сил; с целью уменьшения тормозного пути величина начальной ступени разрядки тормозной магистрали вспомогательного локомотива должна быть по возможности наибольшей, но такой, чтобы при часто встречающихся видах торможения (полное служебное и особенно регулировочное торможения) нагруженность подвижного состава продольными силами была наименьшей. При одновременном включении тормозных средств головного и вспомогательных локомотивов наибольшие силы в поезде определяются только соотношением величин начальной ступени разрядки вспомогательных локомотивов и разрядкой, задаваемой головным локомотивом. Уровень продольных сил существенно не изменяется от последующей дополнительной разрядки тормозных магистралей вспомогательных локомотивов и примыкающих к ним составов. Дополнительная разрядка оказывает влияние только на величину тормозного пути.

Эффективность предлагаемого способа управления тормозами соединенных поездов определялась путем сопоставления максимальных продольных сил и величин тормозных путей, при всех видах

4843a

(РГ, ПСТ, ЭТ) торможений в случаях синхронного (с одинаковой разрядкой тормозных магистралей и темпом во всех частях соединенного поезда) управления и "по волне" (система пневматической синхронизации ЦНИИ МПС). При постановке численных экспериментов рассматривались различные виды торможений соединенных сдвоенных (массой 8 тыс. тонн) и строенных (массой 12 тыс. тонн) поездов в диапазоне 20-60 км/час. Данные расчетов подтверждают справедливость основных положений, заложенных в основу данного способа управления тормозными средствами соединенного поезда, так как уровень продольных сил при всех рассмотренных видах торможения не превосходит допустимый, хотя и выше, чем при синхронном торможении.

Проведенные теоретические исследования позволили разработать в НИЛ динамики и прочности подвижного состава ДДИТа реальное устройство, осуществляющее автономное автоматическое управление тормозами соединенных поездов. Работа устройства была проверена в эксплуатационных условиях в соединенных сдвоенных поездах массой 8 и 10 тыс. тонн. Опытные поездки проводились на Приднепровской железной дороге. Участки испытаний содержали площадки, уклоны и переломы продольного профиля. В процессе испытаний сопоставлялись следующие способы управления тормозами: с помощью системы автономного автоматического управления; синхронно - вручную по командам, передаваемым с головного локомотива и с использованием системы пневматической синхронизации управления тормозами ЦНИИ МПС. Исследовались полные служебные и экстренные торможения поезда, имевшего в момент начала торможения скорости движения 30 и 50 км/час, а также регулировочные торможения на начальных скоростях 50 и 60 км/час.

В процессе обработки результатов испытаний были получены распределения максимальных сил и длины тормозных путей, которые сопоставлялись с данными теоретических исследований. Наибольшие

силы в сопоставляемых случаях отличались в пределах 10%.

Таким образом торможение соединенных поездов с посылкой управляющего сигнала, позволяющее осуществлять автономное автоматическое (или вручную) включение тормозных средств рассредоточенных по длине состава локомотивов, и, обеспечивающее безопасный уровень продольных динамических усилий при различных видах (РТ, ПСТ, ЭТ) торможения, может быть рекомендовано при пождении соединенных поездов.

Следует заметить, что такая автономная система управления тормозами может быть совмещена с дистанционной, обеспечивая при этом минимальное (до 5) число команд и повышая надежность всей системы.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На базе ранее разработанной в ДИИТе методики математического моделирования движения поезда как нелинейной механической системы исследованы переходные режимы движения длинносоставных поездов при различных видах торможения, схемах размещения локомотивов по длине состава и способах управления их тормозными средствами. Показано, что в рассматриваемых случаях используемая математическая модель достаточно полно отображает процессы, протекающие в реальных условиях.

2. Обосновано применение методов статистического моделирования для оценки наибольших ожидаемых продольных сил в длинносоставных поездах, оборудованных воздухораспределителями авто-тормозов № 483 при различных схемах размещения локомотивов вдоль длины состава и некоторых способах управления их тормозными средствами.

3. Показано, что:

- независимо от вида (РТ, ПСТ, ЭТ) торможения рассредоточение локомотивов по длине состава приводит к существенному сни-

жению уровня продольных динамических усилий по сравнению с одиночными поездами аналогичной длины и массы;

- в длинносоставных поездах с постановкой локомотивов в голове и хвосте состава необходимо осуществлять только синхронное включение тормозов. Неодновременность включения тормозов локомотивов может привести к возникновению аварийных ситуаций, при которых станет реальным разрыв упряжки поезда или выдавливание вагонов из колеи;

- в соединенных сдвоенных поездах со сквозной тормозной магистралью весьма эффективным является торможение поезда вспомогательным локомотивом из середины состава. Уровень продольных сил в этом случае в $2,5 \pm 3$ раза ниже чем при синхронном включении тормозов обоих локомотивов с автономными тормозными магистралями;

- различная для каждой части соединенного поезда с автономными магистралями глубина разрядки тормозной магистрали существенно влияет на уровень продольных сил.

4. Посылка по тормозной магистрали соединенного поезда управляющего сигнала позволяет осуществлять близкое к синхронному автономное автоматическое включение тормозных средств локомотивов. Независимо от вида (РТ, ПСТ, ЭТ) торможения уровень продольных динамических усилий в этом случае не превышает установленный Нормами.

При этом установлено, что:

- величину начальной разрядки тормозной магистрали (P_n) у вспомогательного локомотива соединенного сдвоенного поезда, удовлетворяющую всем возможным видам торможений (РТ, ПСТ, ЭТ) можно принять равной $0,09 \text{ МПа}$;

- одновременное с головным включением тормозных средств вспомогательного локомотива существенно влияет на величину наибольшей в поезде продольной силы. Допустимое опережение (запаздывание) не должно превышать $\pm 0,5 \tau$ для сдвоенных поездов и $\pm 0,1 \tau$ для строенных (τ - время распространения тормозной

вожны по длине одного из соединяемых поездов).

5. Результаты выполненных исследований использованы при разработке:

- "Инструкции по эксплуатации тормозов" № ЦТ-ЦВ-ЦИИ / 3969 от 16 марта 1981 г. в разделе 5: "Особенности подготовки авто-тормозов и управлении ими в грузовых поездах весом более 6 тыс. тонн и длиной более 350 осей";

- "Временной инструкции по подготовке, вождению и пропуску поездов массой 8400 т с одним электровозом ВЛ8" и режимных карт по вождению поездов для участков Верховцево-Днепропетровск-Н.Д.-Узел, Верховцево-Новомосковск-Павлоград;

- режимных карт по вождению соединенных сдвоенных поездов массой 8400-10000 тонн для участков: Павлоград-Красноармейск; Н.Д.-Узел-Чаплино-Н.Д.-Узел; Н.Д.-Узел-Красноармейск-Н.Д.-Узел; Кривой Рог-Главный-Верховцево, а также при выборе рациональных параметров устройства автономного автоматического управления автотормозами соединенного сдвоенного поезда (заявка № 3728459/27-II (04903I) от 12.04.84 г., положительное решение от 09.10.84 г.).

6. Приказом Начальника Приднепровской железной дороги № 110/Н от 17 ноября 1983 г. поезда массой 8400 т введены в регулярное обращение. По данным расчетов, выполненных Приднепровской железной дорогой и ДИИТом экономический эффект составляет 107 руб. на один поезд на направлении Верховцево-Красноармейск. (акт о внедрении от 30 марта 1984 г.).

При планируемом на 1986-1990 гг. вождении соединенных сдвоенных поездов массой 10000 тонн по участку Кривой Рог-Верховцево-Н.Д.-Узел-Красноармейск годовой экономический эффект, при пропуске только двух таких поездов в сутки, составит 80110 руб. (Технический акт от 29 декабря 1984 г.).

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Влияние размещения локомотивов на продольные усилия при торможении поезда массой 10 тысяч тонн. - В сб.: Проблемы динамики и прочности железнодорожного подвижного состава. - Днепропетровск, ДИИТ, 1982, с.19-22 (соавтор Стамблер Е.А.).
2. Об усилиях, возникающих в соединенном поезде массой 12 000 тонн при торможении. - В сб.: Вопросы улучшения технического содержания вагонов и совершенствования ходовых частей. - Днепропетровск, ДИИТ, 1982, с.34-38.
3. Применение статистических моделей для оценки наибольших ожидаемых сил в длинносоставных тяжеловесных поездах. - В сб.: Вопросы улучшения технического содержания вагонов и совершенствования ходовых частей. - Днепропетровск, ДИИТ, 1984, с.66-73 (соавторы Блохин Е.П., Манашкин Л.А.).
4. О выборе рационального способа управления тягой вспомогательных локомотивов объединенных поездов. - В сб.: Проблемы механики наземного транспорта, вып.199/25. Днепропетровск: ДИИТ, 1978, с.38-47 (соавторы Блохин Е.П., Захаров А.Г., Итин М.Е.).
5. Влияние расположения локомотивов и способов управления ими на продольные усилия в тяжеловесном поезде, движущемся с заданной скоростью. - Рукопись депонирована в ЦНИТЭИ МПС, № 1982/83 - 12 с. (соавторы Итин М.Е., Кедра Н.М., Маслова Л.Г., Уроулик Л.В.).
6. О некоторых способах управления тягой и тормозами поездов массой до 10 тысяч тонн. - В сб.: Проблемы механики железнодорожного транспорта. (Тезисы докладов Всесоюзной конференции). Днепропетровск, 1984, с.23 (соавторы Захаров В.Н., Итин М.Е., Колотов А.Н.).

Горячев Юрий Константинович

ПРОДОЛЬНЫЕ СИЛЫ В ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДАХ, ОБОРУДОВАННЫХ
ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЯМИ № 483, ПРИ РАЗЛИЧНЫХ
СХЕМАХ РАЗМЕЩЕНИЯ ЛОКОМОТИВОВ И СПОСОБАХ
УПРАВЛЕНИЯ ТОРМОЗАМИ

05.22.07 - Подвижной состав железных дорог и тяга
поездов

Подписано к печати 9.10.85. БТ 20469.

Формат 60x80 1/16. Бумага для множительных аппаратов. Рота-
принт. Усл.печ.л. 1,1. Уч.-изд.л.1 . Тираж 100 экз. Заказ
№ 1022.

Бесплатно.

Участок оперативной полиграфии ДИИТа.

320700, ГСП, Днепропетровск, 10, ул.акад.В.А.Лазаряна, 2

Сканировала Камянская Н.А.

НТБ
ДНУЖТ