

На правах рукописи

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

ЦЕМБАЛИК СТЕПАН КАРПОВИЧ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО УЛУЧШЕНИЮ
ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАЗЕМНЫХ ВАГОННЫХ
ЗАМЕДЛИТЕЛЕЙ

05.22.08 - Эксплуатация железнодорожного
транспорта

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

Днепропетровск, 1972

НТБ
ДНУЖТ

На правах рукописи

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

ЦЫМБАЛЮК СТЕПАН КАРПОВИЧ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ПО УЛУЧШЕНИЮ ТЕХНИКО - ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК НАЖИМНЫХ ВАГОННЫХ ЗАМЕДЛИТЕЛЕЙ

05.22.08 --Эксплуатация железнодорожного
транспорта

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск ,1972

НТБ
ДНУЖТ

4835a

Днепропетровский институт инженеров железнодорожного транспорта направляет Вам автореферат кандидатской диссертации инженера Цымбалюка С.К.

Просим Вас и всех заинтересованных лиц Вашего учреждения принять участие в публичной защите диссертации или прислать свой отзыв (в 2-х экземплярах) .

Работа выполнена в Днепропетровском институте инженеров железнодорожного транспорта .

Научный руководитель -

доктор технических наук, профессор Ищенко Н.Р.

Официальные оппоненты :

доктор технических наук, профессор Долаберидзе А.М.,

кандидат технических наук Шейкин В.П.

Ведущее предприятие - Управление Приднепровской ордена Ленина железной дороги .

Автореферат разослан 14 февраля 1973 г.

Защита диссертации состоится "16" марта 1973 г. 14 час.

на заседании Ученого Совета Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта (г. Днепропетровск, 10, ул. Университетская, 2) .

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института .

Ученый секретарь Совета института Б.В. Гусев

НТБ
ДНУЖТ

Основным направлением в развитии железнодорожного транспорта, подчеркивается в Директивах пятилетнего плана развития народного хозяйства СССР на 1971 - 75 г.г., является дальнейшее увеличение пропускной и провозной способности железных дорог. Одним из главных факторов, способствующих развитию этого направления, является совершенствование сортировочной работы станций и узлов, всемерное улучшение их технологии производства с применением новейших достижений науки и техники и заменой в широких масштабах ручного труда машинным.

В настоящее время суточная переработка на некоторых крупных сортировочных горках уже достигла 10 - 11 тыс. учетных вагонов, а в ближайшем будущем она возрастет до 16 - 18 тыс. вагонов. В связи с этим, согласно генеральной схеме развития сортировочных станций сети дорог СССР, утвержденной НТС МПС, в ближайшие 10 лет предстоит соорудить 17 новых и реконструировать 127 существующих станций, завершить работы по механизации горок на всех основных и районных станциях, а 30 из них полностью автоматизировать.

Вопросами повышения перерабатывающей способности, снижения себестоимости переработки вагонов и улучшение условий труда на сортировочных станциях и горках занимаются многие коллективы и прежде всего ЦНИИ МПС, Гипротрансигнализация (ГТСС), ряда других проектных институтов и ВТУЗов страны.

В этом направлении известны работы многих видных советских ученых и специалистов транспорта, таких как: В.Н. Образцов, С.В. Земблинов, В.Д. Никитин, Н.О. Рогинский, А.М. Долаберидзе, А.М. Корнаков, К.А. Бернгардт, Н.Н. Шаболин, С.П. Бузанов, Н.Р. Ющенко, Е.М. Шафит, В.Е. Павлов, И.И. Страковский, А.М. Карпов, В.Н. Родимов.

НТБ
ДНУЖТ

Н. М. Фонарев, Н. И. Федотов, Г. А. Красовский, Ю. А. Муха, В. П. Шейкин, Л. Б. Тишков, В. Д. Ратников, М. А. Рыцарев и многие другие .

В настоящее время у нас на некоторых наиболее крупных сортировочных станциях уже осуществляется комплексная механизация и автоматизация сортировочного процесса, где внедряются автоматические горочные системы с применением новейших достижений науки и техники. Однако внедрение некоторых из этих систем идет еще медленно . Так, на сегодняшний день автоматизированы пока лишь 4 сортировочные горки . Торможение вагонов на всех немеханизированных и на парковых путях механизированных горок, а также почти на всех полупорках все еще осуществляется вручную большим штатом башмачников, труд которых весьма тяжелый и опасен. Ручное башмачное торможение нередко вредно сказывается на сохранности подвижного состава и перевозимых грузов, ограничивая при этом производительность горок .

Одной из главных причин медленного внедрения систем автоматического регулирования скорости отцепов (АРС) является большая стоимость, громоздкость и инерционность в работе осуществляющих вагонных замедлителей . Большинство из этих замедлителей, удовлетворяя в той или иной мере условиям тормозных позиций спускной части горок, выполняющих преимущественно интервальное торможение, оказались мало пригодными для парковых позиций, являющихся наиболее массовыми и осуществляющих прицельное торможение .

Поэтому задача создания облегченных высокоэффективных, недорогих и надежных в работе замедлителей, пригодных для использования на больших и малых горках, в том числе и в системах АРС, является весьма актуальной .

НТБ
ДНУЖТ

Опыт эксплуатации горочной тормозной техники как на зарубежных, так и на отечественных дорогах показывает, что в условиях АРС более приемлемыми являются нажимные замедлители. Вместе с тем, теоретические исследования и нормы проектирования по этим замедлителям являются еще недостаточно полными, что затрудняет создание новых оптимальных конструкций этих устройств .

В связи с изложенным настоящая работа посвящается вопросам теоретического и экспериментального исследования работы нажимных замедлителей с целью выявления возможностей улучшения их технико-эксплуатационных характеристик. При этом в свете современных требований, предъявляемых к замедлителям, комплексно рассматриваются вопросы эффективности и безопасности работы этих устройств, рационального выбора типа и рабочей длины их тормозных балок, облегчения и удешевления их конструкций, точности торможения и возможности установки их в кривых участках пути .

В первой главе работы «Развитие тормозной техники механизированных и автоматизированных сортировочных горок » - приводится краткий исторический обзор развития тормозной техники сортировочных горок зарубежных и отечественных железных дорог и дается анализ конструктивных и технико-эксплуатационных особенностей известных типов замедлителей .

В настоящее время подавляющее большинство эксплуатируемых замедлителей представляют балочные конструкции, работа которых основана на принципе механического трения колес вагона о тормозные балки. Балочные замедлители бывают весовые и нажимные. Более мощные из них - весовые, тормозной эффект

которых в 2-3 раза выше, чем известных нажимных замедлителей. Усилия нажатия весовых замедлителей зависят непосредственно от веса тормозных вагонов, благодаря чему у них отсутствуют опасность выжимания вагонов при торможении. Однако большинство этих замедлителей имеют сложные, громоздкие и металлоемкие конструкции, отличающиеся большой глубиной заложения и требующие массивных оснований и сложных водоотводных сооружений. Кроме того, из-за своей инерционности в работе, они не всегда обеспечивают необходимую точность торможения, обуславливаемую существующими системами АРС. А это, как известно, может приводить к нагонам следующих друг за другом отцепов на спуске горки, к чрезмерным соударениям отцепов на путях подгорочных парков или же к образованию между ними "окон", что связано с порчей вагонов и грузов, дополнительными затратами и снижением перерабатывающей способности горок.

В последние годы появилось несколько облегченных однорельсовых весовых конструкций замедлителей, таких как : Саксби R-58 (Франция), Тиссена K₈ (ФРГ), ЦНИИ-ЗВ (СССР) и др. Эти замедлители имеют улучшенные некоторые технико-эксплуатационные показатели, однако они не лишены и ряда недостатков, основными из которых являются неблагоприятное воздействие на экипажную часть подвижного состава, отсутствие возможности повторного включения замедлителей непосредственно под вагоном и др.

В связи с этим в ФРГ, например, с вводом систем АРС, обеспечивающих прицельное торможение, стали отказываться от весовых и внедрять нажимные замедлители типов "Вупперталь", "М", "НР" и др.

Нажимные замедлители нашли себе самое широкое применение на дорогах американских стран, а также на дорогах многих европейских и др. стран света .

Наряду с этим в последнее время в некоторых странах с развитым железнодорожным транспортом ведутся работы по созданию и внедрению на горках принципиально новых автоматических систем и технических средств, не включающих прицельного торможения. Среди них известными являются системы : гидро-элементов Доути (Англия), электродинамических замедлителей и ускорителей (ФРГ и Швейцария), ускорителей-замедлителей, выполненных на принципе линейного двигателя (Япония) и др. Однако эти системы, используя перечисленные технические средства, как следует из опубликованных данных, при выполнении одной и той же работы обходятся намного дороже, чем подобные им системы с применением балочных замедлителей в сочетании с осаживателями на путях парков . Кроме того, не все из известных новых систем обеспечивают необходимую надежность в работе. По этим причинам они еще не могут быть рекомендованы для широкого внедрения .

Таким образом, в настоящих условиях потребность в совершенствовании нажимных замедлителей не теряет своей актуальности .

Во второй главе - „Теоретические исследования работы нажимных замедлителей“ - вскрыты недостатки существующей методики определения работы сил нажатия балочных замедлителей и разработана новая методика, устранившая эти недостатки ; исследована работа нажимных замедлителей при взаимодействии их с различными тележками вагонов и установлена закономер-

ность изменения удельной тормозной мощности в зависимости от длины тормозных балок и определены граничные условия по оптимальному выбору рабочей длины тормозных балок ; разработана принципиальная схема силового механизма, обеспечивающего стабильность диаграммы работы сил нажатия, неизменяющуюся от положения и количества колес на замедлителе ; предложен метод проектной оценки наибольшей погрешности скорости выхода вагонов с тормозных позиций, основанный на использовании диаграммы работы замедлителей и известном времени отпуска тормоза .

Погашаемая балочным замедлителем энергетическая высота движущегося вагона может быть определена из выражения

$$h_T = \frac{N_{\text{ср.к.}} \cdot i \cdot \varphi \cdot f \cdot l_p \cdot n}{Q_B} \text{ [м.э.в.]}; \quad (1)$$

где

- $N_{\text{ср.к.}}$ - среднее значение сил нажатия на движущееся колесо вагона, приведенное к единице длины тормозной балки (определяемое из площади диаграммы сил нажатия) ;
- Q_B - вес вагона ;
- $\varphi = \frac{z}{R}$ - коэффициент приведения (здесь z - радиус-вектор от мгновенного центра вращения до центра тяжести площадки трения обода колеса, а R - радиус колеса) ;
- i - число тормозных шин, приложенных к колесам вагонной оси ;
- f - коэффициент трения ;
- l_p - рабочая длина балки замедлителя ;
- n - число осей вагона .

Вопросами определения тормозной мощности замедлителей в исследованном влиянии различных факторов на увеличение вели-

чины n_T занимались такие зарубежные и советские ученые, как доктор Готтшалк, профессора А.М. Годыцкий-Цвирко и Н.О. Рогинский и др.

В результате этих исследований была разработана методика определения тормозной работы замедлителей; установлены влияния на эту работу толщины обода и величины радиуса колеса, рабочей ширины тормозной шины и уровня ее приложения к колесу; определены значения коэффициента трения и предельнодопускаемых сил нажатия.

Существенным недостатком принятой методики определения работы сил трения является то, что она построена на расчетных схемах, в которых колеса вагонов приняты за материальные точки. Натуральные же колеса имеют с тормозными балками определенную длину контакта, выражающуюся величиной трущихся сегментов колес, благодаря чему каждое колесо вступает раньше на замедлитель и покидает его позже, чем «колесо-точка». Кроме того, натуральные колеса, касаясь балок по всей длине трущихся сегментов или лишь передними или задними их кромками, определяют положения и моменты поворота балок, а также перераспределение сил нажатия балок на колеса, которые отличаются от тех, когда в расчетах принимаются колеса как материальные точки.

Для оценки в обоих случаях эффективности работы сил нажатия исследовались замедлители с различной длиной жестких балок во взаимодействии с одиночным колесом и сочлененных балок во взаимодействии с колесами двухосных тележек.

На основании известных и уточненных расчетных схем, определяющих соответствующие положения колес, балок и

контакта между ними, составлялись уравнения моментов, по которым по принятому «шагу» колеса вычислялись покомочные реакции колес и строились эпюры и диаграммы давлений^{х)}. Площади этих диаграмм выражают в определенном масштабе работу сил нажатия.

Один из примеров построения эпюр и диаграмм давлений (при взаимодействии 2-х элеваторной балки замедлителя с 2-х осной тележкой вагона) приведен на рис. I. Здесь положениями о, а, б, в, г, д изображены расчетные схемы, представляющие в последовательном порядке характерные начальные и конечные положения колес и балок, действия приложенных сил и реакций которых описаны тем или иным общим уравнением моментов. В положениях е и ж построены покомочные эпюры (сплошными линиями по реакциям передних кромок колес N_A и N_C , а пунктирными – по реакциям задних кромок N_B и N_D). В положении з приведены диаграммы давлений на длине тормозного пути тележки (сплошной линией для натуральных колес, а пунктирной – для «колес-точек», последняя заштрихована).

По площадям ряда построенных диаграмм давлений установлено, что работа сил нажатия, определяемая по существующей методике, действительно искажается, причем искажения являются тем большими, чем короче длина тормозных балок и чем выше уровень приложения их шин к колесам вагона.

Графические изображения недоучитываемой работы, по существующей методике (выраженные в процентах относительно работы натуральных колес) в зависимости от длины $m\ell_c$ жестких (граф. I) и сочлененных (граф. II) тормозных балок

х) Вычисления значений реакций проводились на ЭЦВМ «Напри».

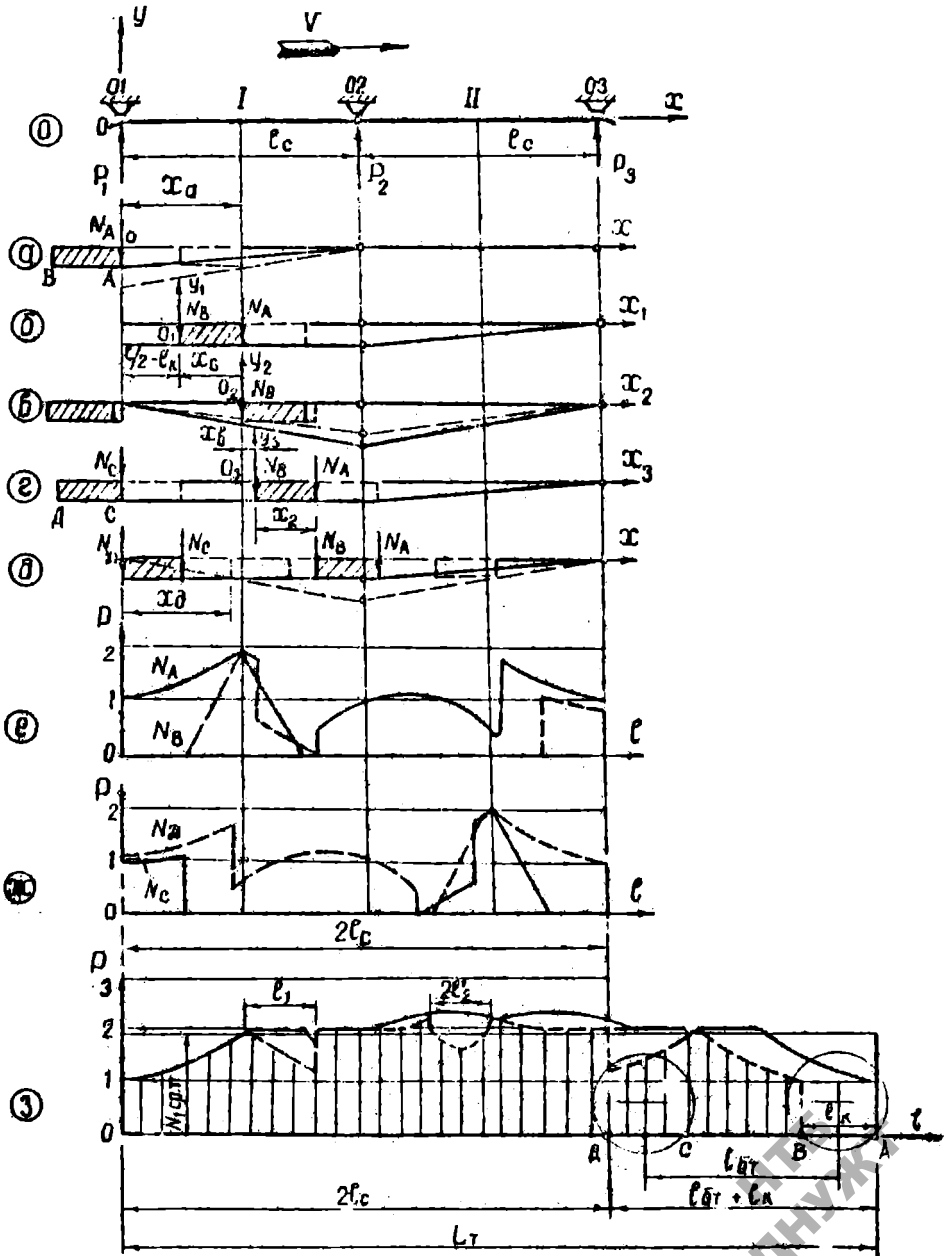


Рис. 1

приведены на рис.2 .

Здесь l_c - определенная длина звеньев балки, а
 $m = 1,2 \dots 6$ - число звеньев (для жестких балок
 - является условной частью ее длины) .

Уточненная методика устраняет указанные недостатки и позволяет более достоверно оценить тормозную работу проектируемых нажимных замедлителей.

Дальнейшее исследование работы нажимных замедлителей с колесами 2-х и 3-х осных тележек вагонов показали, что их удельная тормозная мощность повышается с уменьшением длины тормозных балок .Для этого были выведены общие уравнения (2) и (3), позволяющие определить средние усилия нажатия на колеса соответственно 2-х и 3-х осных тележек без построения большого количества диаграмм давлений

$$N_{(2)ср.к} = \frac{1,4 P l_c + [l_c (m-1) + l_{(2)} \delta_{т.} + l_{\kappa}] 2P}{m \cdot n_{т} \cdot l_c}; \quad (2)$$

$$N_{(3)ср.к} = \frac{1,4 P l_c + [l_c (m-1) + l_{(3)} \delta_{т.} + l_{\kappa}] 2P + K l_c (m-1) P}{m \cdot n_{т} \cdot l_c}; \quad (3)$$

Здесь P - усилие, приложенное к балке от одного цилиндра ;

$l_{(2)} \delta_{т.}$ и $l_{(3)} \delta_{т.}$ - базы 2-х и 3-х осных тележек ;

$n_{т}$ - число осей в тележке ;

l_{κ} - длина трущегося сегмента колеса ;

K - коэффициент , зависящий от площади диаграммы.

На основании уравнений (2), (3) и (1) определялись общие $h_{т}$ и удельные $X_{т}$ тормозные мощности замедлителей в зависимости от длины их балок, графики которых приведены на рис. 3 .

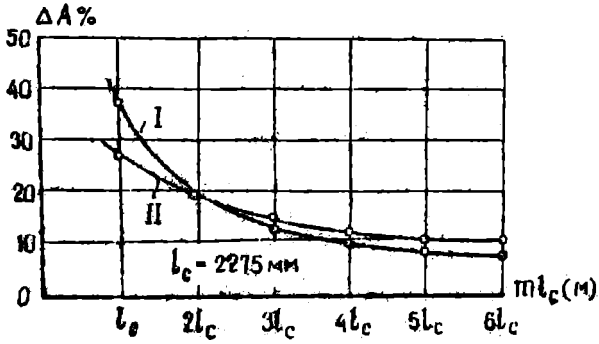


Рис. 2

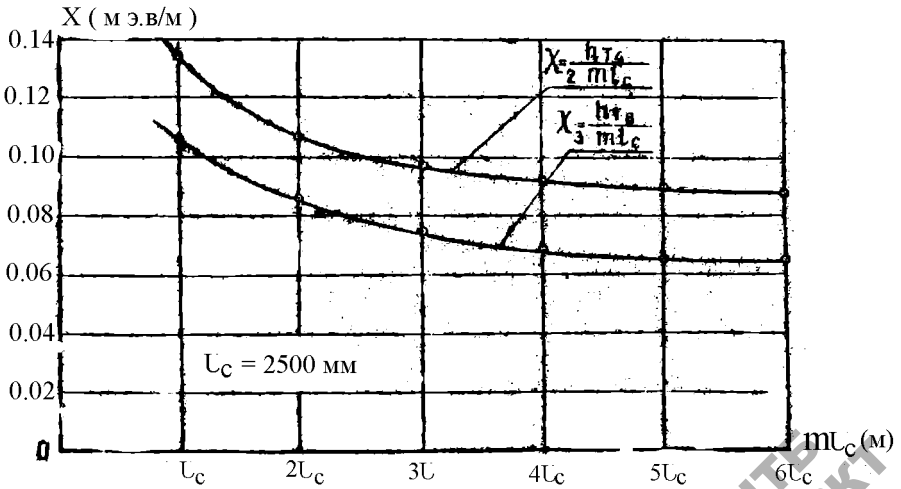


Рис. 3

В результате было установлено, что наиболее рациональными являются замедлители с короткими жесткими балками, оптимальная рабочая длина которых вытекает из условий минимального числа поворота и наиболее полного прилегания балок к колесам различных тележек вагонов. Ниже приведены эти условия :

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho_p \geq 2 (\rho_{(2)} \delta_T - \rho_k); \\ \rho_p \leq \rho_{(3)} \delta_T - \rho_k. \end{array} \right. \quad (4)$$

Уменьшение длины тормозных балок заметно снижает и металлоемкость конструкции (расход металла приходящийся на единицу погашаемой энергетической высоты) .

Так, при равной силовой основе тормозная мощность трех индивидуальных замедлителей с общей рабочей длиной балок 7,5 м почти равна тормозной мощности 5-ти звенного замедлителя с сочлененными балками, рабочая длина которых равна 12,5 м .

Последующие исследования замедлителя с короткими жесткими балками показали, что его эффективность может быть еще повышена на 15±20 % за счет изменения механизма сил нажатия балок на колеса, который обеспечил бы стабильность диаграммы работы на всем пути торможения, независимо от количества и положения колес на замедлителе. Для практической реализации такой диаграммы работы разработана и исследована принципиальная схема силового механизма. Последняя не допускает взаимного перекоса спаренных балок, благодаря чему уменьшается опасность выжимания вагонов. Это в свою очередь, позволяет несколько повысить предел допускаемых сил нажатия, а, следовательно, еще повысить тормозную эффективность замедлителя до 15% .

Используя выделенные резервы повышения тормозной мощности и применяя подъемные конструкции замедлителей в пределах установленных габаритов, можно довести удельную тормозную мощность наклонных замедлителей до 0,18-0,25 м.э.в./м, т.е. в 2-3 раза увеличить ее по сравнению с χ_T известных замедлителей этого типа.

Что касается замедлений тормозных вагонов на коротких замедлителях, то они, являясь постоянными на длине всего тормозного пути вагона $\rho_T = 2 (\rho_p + \rho_{\delta.T} + \rho_k)$, остаются сравнительно небольшими. В связи с этим, как показывают исследования диаграмм работы, наибольшая погрешность скорости выхода вагонов (ΔU) с этих замедлителей (при времени отпуска тормоза 0,5 сек) не превышает 0,3 м/сек, что не противоречит требованиям существующих систем АРС. Следует отметить, что постоянство тормозной характеристики позволяет ввести некоторое упреждение на подачу команды на отпуск тормоза и тем самым еще уменьшить ΔU .

Таким образом, наклонные замедлители со стабильными характеристиками работы вполне отвечают современным требованиям, предъявляемым к этим устройствам.

В третьей главе - "Разработка и исследование новых образцов вагонных наклонных замедлителей" - в соответствии с исследованиями, приведенными в главе II, решены задачи синтеза механизмов и конструирования опытных образцов замедлителей с короткими жесткими балками. Решения этих задач выполнены на уровне изобретений.

Одна из разработанных конструкций представляет собой модификацию клещевидного подъемного замедлителя и условно названа МКП-71.

Этот замедлитель отличается от своего прототипа тем, что подъем балок при торможении у него осуществляется за счет частичного отбора мощности от основных силовых цилиндров путем тросо-блочной системы, связывающей по раствору приводные рычаги с подвижной их осью и неподвижным ходовым рельсом. При этом тросо-блочная система обеспечивает автоматическое регулирование усилий нажатия замедлителя, исключая выжимание вагонов. Стабильность тормозной характеристики этого замедлителя обеспечивается с помощью уравнительных коленчатых валов, присоединяемых к балкам посредством шарнирных поводков. Проведенные исследования структуры и кинематики механизма замедлителя определяют степень подвижности его в соответствии с заданными условиями работы и позволяют установить основные параметры его рычажной передачи и величины передаваемых ею усилий.

Предварительные расчеты показывают, что при рабочей длине тормозных балок, равной около 2,5 м. и диаметре пневмоцилиндров $\varnothing 320$ мм погашаемая энергетическая высота по торможению 4-х осных полногрузных вагонов может быть доведена до 0,45-0,5 мэв. При этом общий вес металлоконструкций замедлителя составит около 9 т.

Вторая конструкция зажимного замедлителя, предназначенного в первую очередь для парковых тормозных позиций, является принципиально новой. Это рычажно-надвижной замедлитель (РНЗ - 70), представляющий собой плоский уравнительный механизм, расположенный в горизонтальной плоскости. Он состоит из жестких тормозных балок, соединенных поперно посредством поперечных тяг и рычагов, приводимых также от пневмоцилиндров. Тормозные балки опираются на направляющие с участками наклонных профилей, перемещаясь по которым, они (при взаимном сближении) при-

поднимаются на установленную высоту .

Рычажная передача замедлителя выполнена с переменным передаточным числом, изменяющимся за рабочий поворот рычага от 3 до 10 . Это позволяет при сравнительно малых усилиях на штоках цилиндров получить большие конечные усилия на балках. Увеличенный при этом ход поршней, с целью увеличения быстрогодействия отпуска замедлителя и уменьшения расхода сжатого воздуха разделен на два этапа, соответствующих подъему-опусканию балок и торможению-отпуску. „Нормальным" положением замедлителя является верхнее . Опускание балок осуществляется лишь при пропуске локомотивов. Работа в два этапа осуществляется , благодаря применению специально разработанных 2-х ходовых цилиндров .

По механизму замедлителя выполнены необходимые структурные и кинематические исследования, в результате чего установлен работоспособность его по заданным условиям, а также выявлен закон изменения передаточного числа рычажной системы .

По этому замедлителю с помощью Приднепровской ж.д. на Днепропетровских стрелочном и теплоэлектромонтажном заводах был изготовлен и испытан на ст. Нижнеднепровск-Узел опытный образец сварной конструкции .

Замедлитель имеет следующие характеристические данные .

1. Вес металлоконструкции $\sim 4,5$ т .

2. Длина общая - 3,5 м , рабочая длина балок - 2,7 м .

3. Глубина заложения конструкции ниже подошвы рельса 150 мм .

4. Логашаемая энергетическая высота при торможении 4-осных полнотрузных вагонов $\sim 0,3$ м.э.в.

5. Замедлитель позволяет установку в кривых участках пути, радиусом до 180 м .

В дальнейшем с целью обеспечения работы замедлителя по стабильной тормозной характеристике, была проведена его модернизация, новая модель которого названа РНЗ-71 .

Отличительной особенностью конструкции этой модели является то, что ее приводные рычаги, относящиеся к одной и той же паре балок, соединены продольной тягой. В результате такого соединения механизм замедлителя приобрел свойство параллелограмма, исключая взаимный перекос спаренных балок, благодаря чему и обеспечивается постоянство сил нажатия. При этом число силовых цилиндров в два раза уменьшилось (при соответствующем увеличении их мощности), благодаря чему упростилась сама конструкция и ее обслуживание .

На базе опытного образца предыдущей модели был изготовлен новый опытный образец и испытан, как и первый, на станции Нижнеднепровск-Узел. Тормозная мощность этого замедлителя при весе и габаритах таких же, как у прототипа, составляет 0,45 мдт.

В четвертой главе - «Экспериментальные исследования опытных образцов созданных замедлителей» - приводятся: объем, м. годика и результаты испытаний опытных образцов замедлителей.

При испытаниях опытного образца замедлителя РНЗ-70 основными задачами являлись - определение погашаемой энергетической высоты при торможении четырех и шести-осных вагонов в различных погодных условиях и выявление рабочих напряжений в основных узлах и деталях конструкции .

Испытания проводились горочно-испытательной лабораторией ДИИТа с участием автора по сокращенной программе и ме-

тодике, применяемой лабораторией в подобных испытаниях .

При этом применялась типовая и разработанная в лаборатории измерительная аппаратура, с помощью которой на осциллографической ленте были записаны процессы изменения скорости движущегося вагона, изменения давления воздуха в тормозных цилиндрах, отметки пути и времени и кривые изменения напряжений в основных узлах и деталях конструкции. Спытывались с выделяемыми полногрузными 4-х и 6-ти -осными полувагонами при различных скоростях скатывания в благоприятных и неблагоприятных погодных условиях . Торможение осуществлялось на IV ступени торможения.

Расчет энергетической высоты , погашаемой замедлителем, производился по формуле

$$h_T = \Delta H + \frac{V_n^2 - V_k^2}{2g'} - \rho_T (\omega_0 \pm \omega_{cp}) \cdot 10^{-3}. \quad (6)$$

Здесь

- ΔH - разность отметок положения центра тяжести отцепа в момент его входа на замедлитель и выхода из него ;
- V_n и V_k - начальная и конечная скорости отцепа на замедлителе ;
- g' - ускорение центра тяжести отцепа с учетом вращающихся масс ;
- ρ_T - длина тормозного пути ;
- ω_0 - основное удельное сопротивление отцепа, определяемое на основании осциллографической записи его движения в пределах контрольного участка пути ;
- ω_{cp} - удельное сопротивление воздушной среды, определяемое на основании измерений скорости и направления ветра метеостанцией типа М-49 .

Обработка осциллограмм показала, что большинство опытных данных, по тормозной мощности замедлителя, полученных при благоприятных погодных условиях, соответствуют расчетным данным^{х)}.

Рабочие напряжения в испытываемых узлах и деталях замедлителя измерялись с помощью тензодатчиков .

Значения экспериментальных величин напряжений не превышают допускаемых и хорошо согласуются с расчетными .

Математическая обработка опытных данных величин h_T показала, что в неблагоприятную погоду (дождь с гололедом) замедлитель может терять до 15 % своей мощности. При этом наибольший диапазон рассеивания значений h_T имеет место при торможении 4-осных полувагонов с подшипниками скольжения.

Значительное влияние на увеличение диапазона рассеивания величин h_T и значений коэффициента вариации имеют колебания рабочего давления воздуха в цилиндрах, достигающие ± 1 атм. Так, например, действительный коэффициент вариации σ при торможении 4-осных полувагонов в неблагоприятную погоду составил 13,6 % . Если же привести полученные значения h_T к среднему давлению 6,5 атм (оно же и расчетное), то σ^* уменьшается до 9 % .

Очевидно, что в условиях АРС при таких больших колебаниях давления воздуха следует так проектировать замедлители, чтобы нормальную работу по торможению полногрузных отцепов проводить на III ступени торможения, а IV – использовать лишь как резервную, в случае неблагоприятной погоды .

Испытания опытного образца замедлителя модели РНЗ-71 проводились аналогично предыдущему образцу . При этом были произведены опыты лишь по определению значений h_T в неблагоприятных погодных условиях .

х) Обработка результатов испытаний проводилась на ЭЦВМ "Проминь"

Результаты испытаний полностью подтвердили теоретические выводы. Тормозная мощность замедлителя РНЗ-71 по сравнению с РНЗ-70 увеличилась более, чем на 50 %. Вместе с тем, конструкция образца РНЗ-71 явилась проще в изготовлении и монтаже и удобнее в обслуживании.

В пятой главе - «Технико-экономическая эффективность предлагаемых замедлителей» - определена сравнительная экономическая эффективность оозданных образцов замедлителей МДП-71 и РНЗ-71 относительно отечественных конструкций КВ1-62м, Т-50 и ЦМ1-3В.

С этой целью определены стоимости конструкций каждого из рассматриваемых замедлителей и расходы на их строительномонтажные работы, а также общие капитальные затраты при оборудовании ими тормозных позиций 32-путного подгорочного парка (из расчета потребной тормозной мощности $h_n = 1,2$ м.э.в. на каждый путь). Кроме того, определены также и эксплуатационные расходы. По всем видам этих расходов установлены приведенные годовые расходы, рассчитываемые по формуле

$$Z_n = Z_a + Z_m + Z_9 + Z_{ш}(1 + \xi_1) + m E_n [C_k (1 + \xi_2) + C_{с-м} (1 + \xi_3)] (1 + \xi_4), \quad (7)$$

где

- Z_a - амортизационные отчисления ;
- Z_m - расходы на материалы, запчасти и инструмент ;
- Z_9 - расходы на электроэнергию ;
- $Z_{ш}$ - расходы на содержание штата ;
- E_n - нормативный коэффициент эффективности ;
- C_k - стоимость конструкции одного замедлителя ;
- $C_{с-м}$ - стоимость строительномонтажных работ, приходящихся на один замедлитель, включая воздухопроводную сеть и водоотводы ;

m - число замедлителей ;

\sum_1 - коэффициент начислений на зарплату ;

\sum_2, \sum_3 и \sum_4 - коэффициент , соответственно учиты-
вающие транспортные, заготовительные,
накладные и нетрудоемкие расходы.

Конечные результаты экономических показателей сведены
в таблицу .

Т и п замедлителя	Число замед- лите- лей	Затраты в тыс.руб.				Расход метал- ла в т
		капи- таль- ные	эксплуа- тацион- ные	Приведенные		
				при $E_n = 12\%$	в % к РНЗ-71	
РНЗ-71	32x3	343	66,8	108	100	480
МКП-71	32x3	546	96,6	164,1	152	865
КВ1-62м	32x2	1385	222	388,3	359	1025
Т-50	32x2	846,6	156,2	258	239	1470
ЦНИИ-3В	32x4	697,7	145,1	228,8	212	510

Из этих данных следует, что вариант оборудования парка замедлителями типа РНЗ-71 является самым выгодным из всех остальных и по сравнению с вариантами замедлителей КВ1-62м , Т-50 и ЦНИИ-3В позволяет снизить приведенные годовые расходы соответственно в 3,6 , 2,4 и 2,1 раза . Внедрение таких замедлителей уже в ближайшие годы позволит исключить ручной труд башмачников и значительно повысить перерабатывающую способность больших и малых сортировочных горков .

НТБ
ДНУЖТ

Общие итоги и выводы

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования по изучению характера и определению эффективности работы нажимных замедлителей вместе с новыми конструктивными решениями позволили прийти к следующим выводам и результатам.

1. Осуществляемая в нашей стране комплексная механизация и автоматизация сортировочного процесса испытывает острую потребность в исследованиях и разработках по дальнейшему совершенствованию горочной техники .

Основные затраты, расходуемые на техническое оснащение сортировочных горок, приходится на долю вагонных замедлителей. Эти расходы становятся особенно значительными при оборудовании современными замедлителями парковых тормозных позиций. Вследствие большой стоимости, инерционности в работе и других недостатков существующих замедлителей в настоящее время еще в большом объеме продолжает оставаться тяжелый и опасный ручной труд балмачников .

В создавшихся условиях для практики значительный интерес представляют нажимные замедлители как более простые по конструкции, более дешевые в эксплуатации и менее инерционные в работе .

2. Исследования характера взаимодействий и принципа определения механической работы нажимных замедлителей при торможении ими различных вагонов показали, что существующая методика , принимающая колеса за материальные точки, допускает существенные погрешности . Последние являются тем значительней, чем короче балка замедлителя и чем выше уровень приложения их сил к колесам вагона .

3. В диссертации с целью более достоверного определения результатов работы балочных замедлителей разработана новая методика, учитывающая влияние на эффективность торможения длины трущихся степеней колес, положения прилегаемых к ним шин и характера перераспределения сил нажатия.

4. На основе разработанной методики установлена закономерность изменения удельной тормозной мощности нажимных замедлителей в зависимости от рабочей длины их тормозных балок и определены граничные условия по выбору оптимальной длины этих балок.

5. В соответствии с результатами выполненных исследований и требованиями, предъявляемыми к современным замедлителям, решены задачи синтеза двух различных механизмов, обеспечивающих работу замедлителей по стабильным характеристикам, независимым от количества и положения колес на них, что позволяет значительно улучшить технико-эксплуатационные показатели этих замедлителей.

Выполненные структурные и кинематические исследования разработанных механизмов подтверждают их работоспособность по заданным условиям и позволяют установить взаимосвязь их метрических и силовых параметров.

6. Экспериментальные испытания опытных образцов рычажно-надвижного замедлителя подтвердили правильность теоретических выводов и работоспособность выполненных конструктивных решений.

7. Приведенные годовые расходы, связанные с механизацией тормозных позиций в подгорочных парках при оборудовании замедлителями РНЗ-71 по сравнению с применением для этих целей замедлителями КВ1-62М, Т-50 и ЦНИИ-3В снижается соответственно

НТБ
ДНУЖТ

в 3,6, 2,4 и 2,1 раза.

8. Техническая комиссия специалистов Приднепровской ж.д. дала замедлителю РИЗ-71 положительную оценку и рекомендовала его для внедрения на сортировочных станциях дороги.

Технико-экономический совет дороги одобрил выводы комиссии и принял решение изготовить опытную партию этих замедлителей.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Цымбалюк С.К. К вопросу расчета наклонных замедлителей. Материалы областной научно-технической конференции в ДИИТе, Д., 1970.
2. Ющенко Н.Р., Цымбалюк С.К. О расчете эффективности работы замедлителей наклонного типа. Труды ДИИТа, вып. II9, Д., 1971.
3. Ющенко Н.Р., Цымбалюк С.К., Третьяк Б.А. О конструктивном улучшении кледевидных замедлителей и повышении эффективности их работы. Труды ДИИТа, вып. II9, Д., 1971.
4. Цымбалюк С.К., Ющенко Н.Р., Кулаев К.В., Третьяк Б.А., Сазонов Н.С. Плоский двухрельсовый наклонный рычажный вагонный замедлитель. Авторское свидетельство № 307932, I3.IV-1971.
5. Цымбалюк С.К., Ющенко Н.Р., Москожан В.А. Кледевидный подъемный вагонный замедлитель. Авторское свидетельство № 329057, 23.XI-71.
6. Цымбалюк С.К., Ющенко Н.Р., Третьяк Б.А. Плоский двухрельсовый наклонный рычажный вагонный замедлитель. Авторское свидетельство № 336140, 18.I-1972.

Отдельные разделы исследований докладывались на областной научно-технической конференции ДИИТа, на технико-экономическом совете Управления Приднепровской ж.д., на семинаре эксплуатационного факультета института.

НТБ
ДНУЖТ

БТ. 01483 Подписано к печати 14/XII- 1972 г. Зак .217 .т.150

ПОМ треста “Днепрогеофизика” ул. В.Дубинина ,8 .

Сканировала Камянская Н.А.

НТБ
ДНУЖТ