

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На правах рукописи

Шатунов Александр Васильевич

Нагруженность сцепы из двух платформ при ресурсо-
сберегающем способе транспортировки длинномерных
грузов

(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 1991

Работа выполнена в Днепропетровском ордена Трудового Красного
Знамени институте инженеров железнодорожного транспорта

Научный руководитель: действительный член Академия транспорта,
доктор технических наук, профессор
О.М. Савчук

Официальные оппоненты: доктор технических наук
Анисимов Петр Степанович
кандидат технических наук
Горбенко Анатолий Петрович

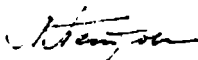
Ведущее предприятие Приднепровская ордена Ленина железная
дорога

Защита диссертация состоится "28" сентября 1992 г.
в 14 ч. 00 мин. на заседании специализированного Совета
Д П4.07.01 в Днепропетровском ордена Трудового Красного Знамени
институте инженеров железнодорожного транспорта по адресу:
320700, ГСП, Днепропетровск, ул. Академика Лазаряна, 2

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института
Автореферат разослан "28" сентября 1992

Отзыв на автореферат, заверенный печатью, просим направить
в Совет института

Ученый секретарь
специализированного Совета
кандидат технических наук
доцент



Л.В. Петрович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Техническое перевооружение железнодорожного транспорта является весьма сложной, дорогостоящей, но необходимой задачей. Однако в современный кризисный период выполнение некоторых ее программ по-видимому будет приостановлено. Поэтому весьма актуальным является решение вопросов, связанных с более интенсивным использованием существующего подвижного состава. Анализ показал, что значительные результаты могут быть получены при исследовании и разработке новых ресурсосберегающих способов транспортировки длинномерных грузов на открытом подвижном составе.

При выборе типа подвижного состава для перевозки того или иного груза, как правило, приходится решать весьма важный принципиальный вопрос: создавать специализированные или применять универсальные вагоны. Однозначного ответа не существует. Только технико-экономический расчет конкретного способа транспортировки груза в универсальном и специализированном подвижном составе позволяет решить этот вопрос.

5634a
В ряде случаев перевозка достаточно жестких длинномерных грузов производится сценами из трех вагонов, один из них (средний) загружен, а два других - порожние платформы - обеспечивают покрытие выступающих консолей груза. Такие перевозки крайне неэкономичны. Возникает необходимость организации перевозок таких грузов на сценах из двух вагонов с возможно полным использованием их грузоподъемности. Это становится возможным только с применением специальных опорно-крепёжных устройств. Проблема безопасной и рациональной перевозки длинномерных грузов на универсальном подвижном составе сопряжена с решением нескольких задач, из которых основными являются:

- исследование статической и динамической нагруженности элементов конструкции платформы и оценка ее прочности;
- разработка специальных опорно-крепёжных устройств;
- определение допустимой массы груза, возможные его габариты и способы перевозки.

В связи с этим становится актуальной разработка методики теоретических и экспериментальных исследований нагруженности и соответственно оценки прочности подвижного состава при транспортировке длинномерных грузов, а также разработка способов их размещения и крепления.

Цель работы . Проведение комплекса теоретических и экспериментальных исследований статической и динамической нагруженности сцепа вагонов с длинномерным грузом, определение динамических сил взаимодействия и на этой основе выработка рекомендаций и разработка способов транспортировки шпунтовых свай.

Научная новизна. 1. Разработана математическая модель исследования продольно-погибных колебаний в вертикальной плоскости системы штабель груза – сцеп платформ с реализацией комплекса программы на ЭЕМ, что позволило теоретически определить динамические показатели системы.

2. Проведен теоретический анализ прочности конструкции платформ при различных вариантах нештатных нагружений сцепа. Выбран наиболее целесообразный способ размещения груза, позволяющий при максимальной массе получить значения напряжений в элементах вагона не превышающих допускаемых, обеспечивающих их надежность и безопасность движения.

3. Разработан ресурсосберегающий способ транспортировки шпунтовых свай длиной 22 м на сцепах из двух универсальных платформ с применением неметаллоемких многооборотных опор.

Практическая ценность. Разработанная математическая модель оценки динамической нагруженности системы штабель груза – сцеп платформ дает возможность обеспечить разработки таких способов транспортировки длинномерных грузов, которые удовлетворяют требованиям безопасности движения поездов.

Приведенная в работе методика расчета и оценки напряженного состояния элементов рамы вагонов при нештатных схемах передачи нагрузки позволяет выбрать рациональные ресурсосберегающие способы перевозки длинномерных грузов.

Разработаны технические условия погрузки и крепления штабеля шпунтовых свай на сцепе из двух платформ с применением неметаллоемких многооборотных опор, которые внедрены на Приднепровской железной дороге в Днепропетровском металлургическом комбинате.

Выполнена конструкторская разработка многооборотных опор на уровне рабочих чертежей. При авторском участии изготовлено 280 опор, позволяющих выполнять перевозки на определенных маршрутах.

Реализация работы. Диссертационная работа выполнена по результатам ряда научно-исследовательских работ, проводимых кафедрой "Вагоны и вагонное хозяйство" ДИИТа в течение длительного времени при непосредственном участии автора. Внедрение способа тран-

спортпировки шпунтовых свай позволяет повысить степень использования грузоподъемности с 18% до 46% и сократить в три раза количество вагонов необходимых для перевозки годового объема производства шпунтовых свай Днепропетровского металлургического комбината. Экономический эффект на один отправленный sleep составляет более 600 руб. в ценах 1990 г.

Апробация работ. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались на научно-технической конференции ТашИИТа в 1989 г., научно-технической конференции БелИИЖТа и ДорНТО Белорусской железной дороги в Гомеле 1989 г., на научно-практической конференции ЛИИЖТа, Октябрьской железной дороги и Ленметрополитена 1989 г., на научно-технической конференции кафедр института и специалистов железных дорог Днепропетровск 1990 г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 работ, в том числе получено одно авторское свидетельство и одно положительное решение на предполагаемое изобретение.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Материал диссертации изложен на 169 страницах машинописного текста, содержит 33 иллюстрации и 20 таблиц. Список использованной литературы насчитывает 146 источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение посвящено обоснованию выбора темы и основных направлений исследований, здесь же изложена и цель диссертации.

В первой главе выполнен анализ способов перевозки длинномерных грузов, существующих опорно-крепежных устройств и литературных источников по этим вопросам.

Теоретические исследования динамических продольных нагружений вагона (сцела) в эксплуатации нашли отражение в работах ученых Е.П. Блохина, С.В. Вершинского, Б.Г. Кегляна, В.А. Лазаряна, Л.А. Манашкина, Л.Н. Никольского и др. Реализуемые при этом математические модели дают решения, хорошо согласующиеся с экспериментальными данными.

Вопросы вертикальной динамики подвижного состава приобретают особо важное значение в связи с тенденцией к интенсификации перевозочного процесса в условиях повышенных осевых нагрузок и скоростей движения поездов. Теоретические основы методов исследова-

ния базируются на общих методах решения задач динамики механических систем, развитие которых применительно к рельсовому троллею связано с работами известных ученых С.В. Вершинского, М.В. Винокурова, Н.Е. Куковского, В.А. Лазарина, В.Б. Медея, А.А. Попова и др.

Основы прикладных методов исследования собственных и вынужденных колебаний подвижного состава по теоретическим и экспериментальным исследованиям были разработаны в трудах А.П. Анисимова, М.Ф. Вериги, В.Д. Дановича, Н.Н. Кудрявцева, А.А. Львова, М.М. Соколова, В.Ф. Ушкалова, В.Д. Хусидова, И.И. Челнокова, Ю.М. Черкашина, др. и зарубежных авторов Де Потера, Рокардо У., Д. Суза, Мигема Г.К., Маузина А., Викенса, Бошмеля и др.

В области разработки схем размещения и крепления грузов на подвижном составе железных дорог занимались ученые и специалисты Г.П. Ефимов, Н.Г. Гончаров, Г.П. Гриневац, А.Д. Малов, Б.М. Хотия и др.

Широкое распространение при исследовании прочности подвижного состава получил метод конечных элементов, который нашел отражение в разработке конструкций подвижного состава.

На основании проведенного анализа определены задачи и цели теоретических и экспериментальных исследований, выполненных в диссертации.

Во второй главе рассмотрены способы транспортировки длинномерных грузов как специализированным подвижным составом, так и на сцепках универсальных вагонов с применением опорно-крепёжных устройств. Анализ соответствия принципиальных схем крепёжных устройств их требованиям позволяет отметить, что развитие конструкции идет в направлении не только повышения их прочности, надежности, обеспечения беспрепятственного прохождения кривых участков пути и работы ударно-тяговых приборов вагонов сцепа, но и в направлении придания турникетным опорам демпфирующих и возвращающих свойств с целью уменьшения воздействия продольных инерционных сил на груз.

Предложен способ транспортировки шпунтовых свай на сцепе из двух платформ с применением комплекта, разработанных с участием автора, многооборотных металлических опор. Конструкция опоры представляет собой балку коробчатого сечения, на консолях которой снизу, перпендикулярно продольной оси, жестко закреплены нижние упо-

ры (уголки). На верхней плоскости опорной балки имеются верхние упоры, удерживающие груз от поперечного смещения. На платформы сцепа устанавливаются две опорные балки, по одной на каждую. При этом одна из них закрепляется неподвижно с упором в стоечную скобу, а вторая — подвижная в пределах зазоров П — образного выреза в нижних упорах и отсечной скобой платформы. Кроме этого нижние упоры балки охватывают поперечно пол платформы таким образом, что образуются зазоры, позволяющие балке совершать ограниченные угловые перемещения в случае прохода сцепа по кривой.

Крепление груза на сцепе осуществляется обвязками, размещенными в плоскости неподвижной опоры по нормали к продольной оси сцепа. Спецификой же крепления является отсутствие обвязок у подвижной опоры, что обеспечивает передачу тяговых и тормозных усилий между платформами сцепа через их упряжь. Изменение базы сцепа при работе поглощающих аппаратов во время маневров, прохождение горба горки не нарушает крепления груза, т.к. подвижный конец штабеля компенсирует ход аппаратов платформы, а размещение обвязок в плоскости опоры не вызывает их растяжения при относительных перемещениях пола и груза на переломах профиля пути.

В третьей главе обоснована методика расчета рамы платформы при действии нештатных нагрузок. Напряженное состояние элементов рамы определено с помощью метода конечных элементов.

Так как конструкция платформы и принятый вариант загрузки симметричны относительно продольной и поперечной осей симметрии, то расчет выполнен для четвертой части рамы, которая разбита на конечные элементы в виде стержней, соединенных в местах эксцентриситета жесткими элементами с постановкой по осям симметрии соответствующих опорных закреплений. Расчетная схема содержит 83 элемента и 72 узла. Вертикальная статическая сила, перевозимого груза, прикладывается в виде сосредоточенной нагрузки на боковую и хребтовую балки. Численные значения этих нагрузок определены по теореме трех элементов. Установлено, что 66% внешних нагрузок воспринимается хребтовой балкой, а 34% — двумя боковыми.

Расчет напряженного состояния элементов рамы платформы выполнен для четырех вариантов загрузки. Оценка напряженного состояния элементов производилась по I и III расчетным режимам.

В результате расчетов установлено, что ограничивающим статическую загрузку платформы модели ИЗ-4012 является напряженное

состояние хребтовой балки. Общая масса груза, перевозимого на сцепе из двух платформ, должна быть не более 91, 72 т.

По остальным элементам рамы платформы имеются определенные резервы прочности. На первый взгляд представляется целесообразным перераспределить нагрузки между хребтовой и боковой балками, чтобы уменьшить напряжение в первой и увеличить во второй. Были выполнены расчеты о распределении нагрузки по хребтовой балке 66%; 46% и 36% и соответственно по двум боковым – 34%; 54% и 64%. Расчеты показали, что напряжения в хребтовой балке уменьшаются незначительно, тогда как в поперечной средней балке рамы она могут превысить допустимые. Следовательно, применение других схем нагружений нецелесообразно т.к. приводит к перераспределению напряжений в недопустимых пределах.

В четвертой главе приведены математическая модель и результаты расчета продольно-изгибных колебаний штабеля шпунтовых свай, расположенного на сцепе из двух платформ. Расчетная схема колебания штабеля шпунтовых свай в вертикальной продольной плоскости симметрии представлена на рис. I.

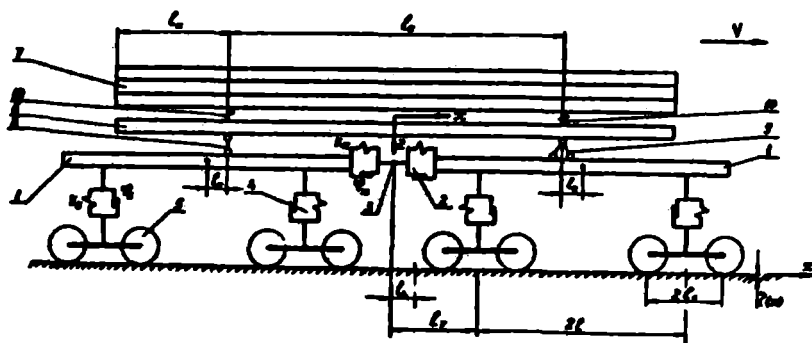


Рис. I Математическая модель

Каждая платформа рассматривается как система из трех твердых тел: рамы - 1, двух тележек - 5 с рессорными комплектами - 4 между ними, имеющими жесткость K_x и коэффициент относительного трения ψ_x . Рамы платформы соединены между собой автосцепками - 3 через поглощающие аппараты - 2 с жесткостью K_x и коэффициентом относительного трения ψ_x .

На платформах размещен штабель свай, состоящий из нижнего - 6 и верхнего - 7 ярусов. Нижний ярус уложен на жесткие опоры, одна из которых - шарнирно-подвижная - 8, а вторая шарнирно-неподвижная - 9. Опоры - 10 верхнего яруса рассматриваются как упругие с жесткостью K_u .

В процессе движения сцепки оба яруса совершают продольно-изгибные колебания. Предполагается, что эти колебания не связаны между собой.

На систему наложены следующие связи:

- перемещения всех тел первой платформы с неподвижной опорой и балок штабеля вдоль оси пути одинаковы;
- перемещения кузова и тележек второй платформы вдоль оси пути одинаковы;
- колесные пары движутся без проскальзывания;
- подпрыгивания и продольная качка тележек определяются подпрыгиванием колесных пар, т.е. путь предполагается жестким;
- подпрыгивание и продольная качка нижнего яруса определяется вертикальными перемещениями точек кузова в местах опоры.

С учетом наложенных связей и приняв во внимание обобщенные координаты балок штабеля как упругих тел, рассматриваемая механическая система имеет двадцать степеней свободы.

Собственные частоты колебаний верхнего яруса на двух упругих опорах как стержня с распределенной равномерно по длине погонной массой, определяются из решения характеристического уравнения

$$\varphi_0''(L_0)\varphi_1''(L_0) - \varphi_1''(L_0)\varphi_0''(L_0) = 0,$$

записанного в обобщенных функциях А.И. Крылова $\varphi_i(x)$ и полученного путем решения дифференциального уравнения изгиба стержня длиной L_0 с сосредоточенными включениями в жесткость. Этим частотам соответствуют собственные формы, определяемые выражением для фундаментальной функции

$$W_k(x) = \varphi_0(x) - \frac{\varphi_0''(L_0)}{\varphi_1''(L_0)} \varphi_1(x).$$

Предельный переход $K_{\text{ш}} \rightarrow \infty$ дает возможность определить частоты и формы колебаний свободного нижнего яруса длиной $L_{\text{ш}}$ как стержня на жестких опорах.

При продольных колебаниях характеристическое уравнение задачи имеет вид

$$\cos \tilde{\lambda}_{\text{кв}} \cdot \tilde{\lambda}_{\text{кв}} = 0.$$

Дифференциальные уравнения колебания системы составлены с использованием уравнения Лагранжа II рода.

Система дифференциальных уравнений имеет динамические связи между координатами и приведена к нормальной форме Коши

$$M \ddot{Q} = \vec{F},$$

где M — диагональная матрица кинетической энергии;
 Q — вектор обобщенных координат;
 F — вектор обобщенных сил.

При проведении теоретических исследований динамических показателей платформ сцепа в качестве возмущений использовались случайные вертикальные геометрические неровности пути. На основании математической модели движения сцепа, загруженного длинномерным грузом и алгоритма исследований, разработана программа расчетов применительно к ЭВМ серии ЕС и ПЭМ. Для интегрирования уравнений движения сцепа использовался комбинированный метод. Начало решения (разгон) производился с использованием одношагового метода (Рунге-Кутты) и продолжение решения — с использованием многошагового (итерационного) метода (Адамса-Башфорта). В процессе исследований изучались коэффициенты вертикальной динамики, ускорения, прогибы в рессорных комплектах платформ, а также частоты колебаний пакета длинномерного груза. При движении сцепа, загруженного шпунтовыми сваями, коэффициент вертикальной динамики обрессоренных частей тележек не превышает допустимого $[0,65]$. Частоты изгибных колебаний штабеля на жестких и упругих опорах в зависимости от базы сцепа представлены на рис.2. При длине консоли порядка 0,23 от общей длины груза частоты изгибных колебаний не зависят от жесткости опор. Отклонение в одну или в другую сторону приводит к росту частоты на упругих опорах и снижению — на жестких. Что касается таких параметров штабеля как жесткость и масса, то частота изгибных колебаний с их ростом увеличивается в первом случае и уменьшается — во втором.

В пятой главе проведена оценка достоверности результатов теоретических исследований на основе комплекса натурных испытаний

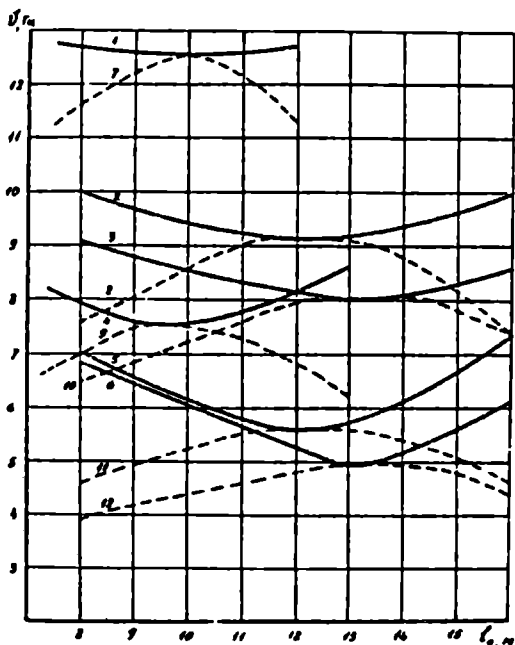


Рис. 2 График зависимости частоты изгибных колебаний пакета длинномерного груза от базы сцепа

— упругие опоры; - - - - - жесткие опоры;

1, 4, 7, 9 — штабель длиной 18 м; 2, 5, 8, 11 — штабель длиной 20 м;

3, 6, 10, 12 — штабель длиной 22 м; 1, 2, 5, 7, 8, 11 — жесткость пакета $2,6EJ$; 3, 4, 6, 9, 10, 12 — жесткость сцепа EJ .

сцепа из двух платформ, загруженного шпунтовыми сваями. Учитывая сложность в организации и проведении испытаний, последние разделены на шесть основных этапов:

- испытания по опытной загрузке и установке крепления;
- испытания по прохождению сцепом сортировочной горки;
- статические испытания, тарировка;
- испытания на соударения;
- поездные (ходовые) испытания;
- опытные перевозки.

Объектом исследования является сцеп из двух четырехосных платформ модели 13-4012, загруженный 31 шпунтовой свайей типа

ЛБ длиной 22 м, оборудованный датчиками для записи соответствующих статических и динамических процессов. Места установки датчиков в основном определялись ОСТ 24.050.37-84, а также теоретическими исследованиями. На первом этапе осуществляли опытную загрузку шпунтовых свай с обработкой формирования штабеля и его крепления на платформах сцепа. Данные испытания показали технологичность и безопасность проведения такелажных работ. Дополнительных затрат по изменению технологии не требуется. Испытания по прохождению груженым сцепом сортировочной горки проводились для определения возможных перераспределений вертикальных нагрузок на тележки, напряжений и перемещений элементов платформы и груза, а также применения многооборотных опор, высота которых меньше расчетной на 30%. Установлено, что вертикальные силы незначительны и не превышают 7,5% от статических. Следовательно, принятая высота опор обеспечивает удовлетворительное прохождение сцепом горба горки.

Статические испытания проводились на Днепровском металлургическом комбинате железнодорожным краном типа ВДК-300 грузоподъемностью 60 т и гидравлическими домкратами путем пятикратного обсаживания платформы. Статические напряжения в хребтовой и боковой балках согласуются с теоретическими, отклонение не превышает 12%, а их значения составляют половину от допускаемых. Испытания по определению статических сил, при которых происходит разрушение сварных швов нижних упоров многооборотных опор показали, что сила составляет 750 ... 800 кН. Это обеспечивает пятикратный запас прочности.

Ударные испытания проводились на прямом горизонтальном участке пути в неподвижную группу из четырех груженых полувагонов с массой брутто 388 т как одной стороной, так и другой стороной сцепа. Продольные силы у платформы с подвижной опорой меньше чем с неподвижной. Так при скорости соударений 7,5 км/ч отклонение составляет порядка 5 ... 19%. В середине сцепа продольная сила в 2 ... 3 раза ниже, чем в голове сцепа. Прочностная оценка хребтовой и боковой балок рамы платформы по I расчетному режиму в сравнении с теоретическими подтверждает достоверность измеряемых величин. Так отклонения не превышают 5% для хребтовой балки и 7% - для боковой.

Для оценки динамических качеств сцепа платформы, загруженного по разработанной автором схеме шпунтовыми сваями, на участке Ново-московск-Павлоград Придн. ж.д. проводились ходовые испытания в

течение трех лет. Характеристика верхнего строения пути участка: рельсы типа Р 65 длиной 25 м, уложенные на деревянные шпалы с щебеночным балластом. Отличную бальность имело 69% длины порегона, хорошую - 24% и удовлетворительную - 7%. Минимальный радиус кривой 640 м. Скорость движения опытного поезда до 100 км/ч. В качестве динамических показателей сцепа платформ с длинномерным грузом были приняты: коэффициенты вертикальной динамики (измеренные по напряжениям в надрессорных балках тележек), горизонтальной динамики, запас устойчивости колес от схода с рельсов, ускорения груза и вагона. Измерялись также прогибы рессорных комплектов тележек, частоты и амплитуды колебаний пакета шпунтовых свай, напряженная в хребтовой и боковой балках рамы вагона. Испытания показали, что коэффициент динамики зависит от скорости движения и плана пути (на кривых выше, чем в прямых). Максимальные значения коэффициента получены при скорости движения 100 км/ч, но их величина не превышает 0,55, что свидетельствует об удовлетворительных ходовых качествах опытного сцепа при вертикальных колебаниях.

Коэффициент горизонтальной динамики сцепа определялся по трем сечениям его длины для 1-ой, 4-ой, 8-ой колесных пар. Средние значения коэффициентов, замеренные на платформе с подвижной опорой, имеют несколько меньшие значения, чем для колесных пар с неподвижной опорой. Для набегавших колесных пар как в середине сцепа, так и по его концам значения этих коэффициентов практически одинаковы. Так при скорости движения 80 км/ч они находятся в пределах 0,11... 0,14. Максимальные значения зарегистрированы на кривых, они не превышают 0,25. Следовательно, колебания вагонов в горизонтальной плоскости не лимитируют перевозку шпунтовых свай на сцепе из двух платформ.

Коэффициент устойчивости колеса на рельсах определялся экспериментально-расчетным путем по формуле

$$\eta = \frac{2,03P_1 - 0,669P_2 + 0,95}{N_p} \geq 1,5,$$

где P_1 и P_2 - суммарные статические и динамические силы, действующие на шейки оси одной колесной пары, тс;

N_p - рамная сила, тс.

Постоянные коэффициенты в формуле обусловлены стабильными параметрами конструкции ходовых частей платформ. Установлено, что при движении сцепа со скоростями до 100 км/ч минимальные значения коэффициента запаса устойчивости не ниже 1,5. При этом в диапазоне

скоростей движения 70 ... 90 км/ч коэффициент самый минимальный, а вне этого диапазона увеличивается. В кривых участках пути и стрелочных переводах он приближается к предельно допустимым значениям, тогда как на прямых имеется запас. Для набегавших колесных пар коэффициент устойчивости мало зависит от места нахождения колесной пары в сцепе при скоростях движения 85 ... 100 км/ч, а при меньших скоростях наблюдается разброс значений. Полученные результаты свидетельствуют об обеспечении безопасности движения сцепа при скоростях до 100 км/ч.

Частота колебаний штабеля груза и рессорных комплектов практически совпадают и составляют порядка 3,5 Гц. Ускорения рамы платформы измерялись вблизи шкворневого узла, а пакета шпунтовых свай в плоскости его центра тяжести. Значения этих ускорений для вагона выше чем для груза. Максимальные значения ускорений вагона составляют 0,63g и 0,42g для вертикальных и поперечных соответственно, что не превышает допускаемых.

Напряженное состояние крестовой и боковой балок рамы платформы оценивалось по III расчетному режиму в сравнении с теоретическими данными. Полученные результаты согласуются между собой. Расхождение не превышает 12% для средних и 4% для максимальных значений, что свидетельствует о достоверности полученных данных. Значения коэффициента вертикальной динамики, прогибов рессорных комплектов, ускорений оценивались в сравнении теоретических и экспериментальных исследований. Сопоставив эти показатели можно отметить приемлемую их сходимость.

Опытные перевозки сцепов проводились в трех направлениях: Днепрпетровск Придн.ж.д. - Рени Молд.ж.д.; Днепродзержинск Придн.ж.д. - Ильичевск Од.ж.д.; Днепродзержинск Придн.ж.д. - Камыш Бурун Придн.ж.д. в поездах массой 2000 ... 5500 т. В целом опытные перевозки подтвердили безопасность движения вагонов, надежность подвижного состава и элементов крепления пакета шпунтовых свай на сцепе из двух платформ.

В шестой главе приведен расчет экономической эффективности применяемого способа транспортировки шпунтовых свай на сцепе из двух платформ в сравнении с существующим. Экономический эффект состоит из трех частей:

- сокращение пробегов вагонов, достигнутое вследствие уплотненной погрузки;

- сокращение одноразового реквизита для крепления пакета шпунтовых свай;

- сокращение тарифной стоимости перевозок.

Расчетами установлено, что разработанный и исследованный в диссертации способ транспортировки шпунтовых свай на сцепе из двух платформ позволит высвободить при отправке каждого сцепа две платформы и два полувагона, сэкономить $0,73 \text{ м}^3$ лесоматериалов, 58кг проволоки или в денежном выражении около 600 руб в ценах 1990 г.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненный комплекс теоретических исследований и натуральных экспериментов позволил решить актуальную и практически важную задачу определения нагруженности платформ сцепа при транспортировке длинномерного груза и разработать технические условия для реализации ресурсосберегающих технологий.

Впервые предложена и обоснована транспортировка шпунтовых свай на сцепе из двух платформ с применением многосборных металлических опор. Разработаны оригинальная конструкция опоры, способ крепления длинномерного груза постоянного сечения, которые признаны изобретениями. Испытания опор на разрушение выявили достаточный запас их прочности в условиях эксплуатации.

Исследовано напряженное состояние элементов рамы платформы при нештатных нагрузках, что позволило сопоставить нагруженность при различных схемах погрузки, установить наиболее целесообразное размещение груза, а также его общую массу для случая перевозки шпунтовых свай на сцепе из двух платформ.

Разработана математическая модель исследования продольно-изгибных колебаний в вертикальной плоскости системы штабель груза – сцеп платформ. Комплекс программ реализован на ЭВМ серия ЕС и на персональном компьютере.

Исследованы частоты изгибных колебаний груза при различной жесткости опор и длине консоли штабеля. Установлено, что при длине консоли $0,22 \dots 0,24$ от общей длины груза жесткость опор практически не влияет на частоту изгибных колебаний груза. Изменение значений длины консоли вне указанного интервала приводят к росту частоты на упругих опорах и снижению – на жестких.

Проведен комплекс экспериментальных исследований для оценки работоспособности сцепа платформ, нагруженного шпунтовыми сваями.

Результаты эксперимента подтвердили достоверность теоретических исследований. Напряженное состояние несущих элементов рамы платформы, определенное теоретически, согласуется с данными эксперимента, отклонение не превышает 12%.

Динамические показатели (коэффициенты вертикальной и горизонтальной динамики, коэффициент устойчивости колеса на рельсе, ускорения вагона и груза) удовлетворяют безопасности движения сцепа, загруженного шпунтовыми сваями, в диапазоне скоростей движения до 100 км/ч. Сопоставив с показателями, полученными теоретически, можно отметить приемлемую их сходимость.

На основании исследований разработаны и внедрены на Приднепровской железной дороге местные технические условия погрузки и крепления шпунтовых свай на сцепе из двух платформ, с применением многооборотных металлических опор. Применение способа транспортировки шпунтовых свай позволяет повысить степень использования грузоподъемности платформы с 18% до 48% в сравнении с применявшимся ранее способом и сократить в три раза количество вагонов для перевозки определенного объема длинномерного груза. Экономический эффект на один отправленный сцеп составляет более 600 руб. в ценах 1990 г.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Бабаев А.М., Шатунов А.В. Результаты испытаний на соударения сцепов платформ. // Совершенствования конструкций и обслуживание вагонов: Межвуз. сб. научн. тр. / Днепропетровск, ДИИТ, 1989, С. 37-40.

2. Бабаев А.М., Каблукнов В.А., Шатунов А.В. Резервы грузоподъемности вагонов при перевозке шпунтовых свай. в кн.: Пути технического перевооружения и модернизации железнодорожного транспорта: Тез., докл. конф. - Гомель; БелЛИИТ, 1989, С.33.

3. Бабаев А.М., Шатунов А.В. Устройство для крепления грузов на платформе транспортного средства /Запорожье МТИИТИ, 1989 - 4с. (информ. листок) МТИИТИ :# 89-069.

4. Бабаев А.М., Васильев Е.Б., Гречаниченко Е.Г., Шатунов А.В. Расчет прочности платформ от действия ненормированных нагрузок/ ДИИТ. - Днепропетровск, 1990. - 13 с. - Деп. в ЦНИИТЭИ МПС, 12.03.90, № 5188.

5. Бабаев А.М., Шатунов А.В., Анализ ускорений платформ со

шпунтом и прогибов рессорных комплектов //Совершенствование технического обслуживания, ремонта и конструкции вагонов: Межвуз. сб. научн. тр./Гомель: БелЛИЖТ, 1991. С. 13-17.

6. Бабаев А.М., Савчук О.М., Шатунов А.В. Испытания сцепа платформ, загруженного шпунтом //Вопросы совершенствования конструкции и технического содержания вагонов: Межвуз. сб. научн. тр./Днепропетровск: ДИИТ, 1991. С. 27-31.

7. А.с. 1539099 СССР, МКИ I36OP 7/08, 7/12. Бабаев А.М., Шатунов А.В. Устройство для крепления грузов на платформе транспортного средства. № 4324933/27-II; Заявл. 03.II.87; Опубл. 30.01.90. Бюл. № 4.

8. Заявка № 44 04185/II от 07.04.88. Способ крепления длинномерных грузов постоянного сечения на сцепках платформ. А.М. Бабаев, В.М. Ковдья, К.П. Медведовская, А.В. Шатунов. Полож. решение 17.04.91.

9. Бабаев А.М., Шатунов А.В. Ходовые качества сцепов вагонов несущих шпунт //Ремонт и техническое обслуживание вагонов: Межвуз. сб. научн. тр./ Гомель: БелЛИЖТ. 1988. С. 17-19.

Шатунов Александр Васильевич

Нагруженность сцепки из двух платформ при ресурсосберегающем способе транспортировки длинномерных грузов
(05.22.07 - подвижной состав железных дорог и тяга поездов)

Подписано к печати 22.01.92. Формат 60x84^I/16. Бумага для множительных аппаратов. Печать офсетная. Усл.печ.л.0,6.Уч.-изд.л.1,1. Тираж 100 экз. Заказ № 90. Бесплатно.

Редакционно-издательский отдел, участок оперативной полиграфии Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта.

Адрес института и участка оперативной полиграфии:

320700, ГСН, Днепропетровск, 10, ул. Акад. В.А.Лазаряна,2.

17

Днепропетровский
институт инженеров
жел. дор. транспорта
им. М.И.Кавинина
БИБЛИОТЕКА