

Гибкие потоки для ремонта вагонов и особенности имитационного моделирования их работы



В. В. Мямлин,
канд. техн. наук,
доцент кафедры вагонов
и вагонного хозяйства
Днепропетровского
национального
университета
железнодорожного
транспорта
им. акад. В. Лазаряна

Проходящие через Украину международные транспортные коридоры предъявляют высокие требования к железнодорожной инфраструктуре, в том числе возрастают потребности в ремонте грузовых вагонов. Вагоноремонтная отрасль Украины нуждается в инновационном скачке, основой для которого могут стать гибкие асинхронные потоки. Специалисты Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта разработали имитационную программу, позволяющую точно рассчитывать параметры вагоноремонтного производства еще на стадии проектирования.

В о времена Советского Союза Украина располагала мощной базой по ремонту грузовых вагонов, насчитывавшей около 40 вагоноремонтных предприятий. Многие из них использовали поточно-конвейерные методы ремонта. За прошедшие два десятилетия вагонное хозяйство не только не улучшилось, но и утратило свой быллой потенциал. Некоторым предприятиям уже более 70 лет, они используют отсталые технологии. Износ оборудования составляет около 60–75 %. Но из-за нехватки объектов ремонта даже существующие производственные мощности остаются незагруженными.

Большое количество незагруженных предприятий с изношенным оборудованием, стационарным методом ремонта, неполным ремонтным циклом и с невозможностью дальнейшего расширения из-за территориальной ограниченности не могут обеспечить качественного ремонта вагонов, увеличивая его себестоимость и время простоя вагонов в ремонте, что совершенно недопустимо.

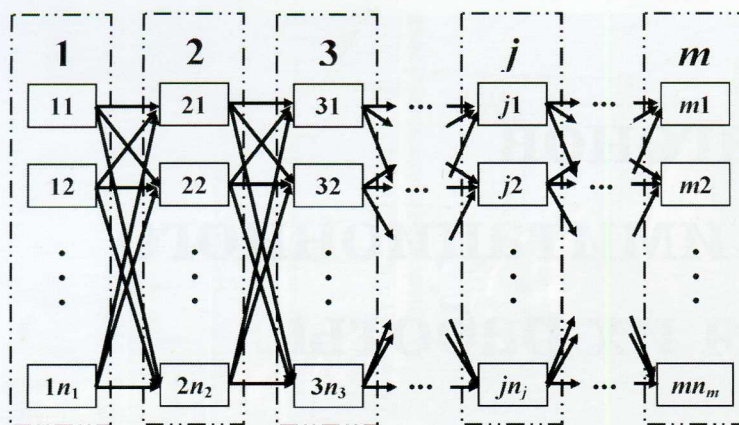
Целый ряд предприятий должен быть перепрофилирован на обслуживание основного производства, а полноценным ремонтом вагонов должны заниматься не более 15–20 вагонных депо, которые должны быть расширены, реконструированы, перевооружены. В тех депо, где это возможно, должны быть обязательно применены высокопроизводительные гибкие потоки. Не исключена и возможность постройки новых высокоэффективных ваго-

ноноремонтных предприятий, полностью основанных на гибких ремонтных потоках.

Известно, что при использовании индустриальных методов ремонта вагонов возникает большая проблема, заключающаяся в том, что трудоемкость ремонта вагонов даже одного и того же типа сильно различается. Получается так, что на некоторых позициях объемы регламентированных ремонтных работ на вагонах уже выполнены, а на отдельных еще нет. Таким образом, задерживается весь поток, что негативно сказывается на загрузке оборудования и исполнителей. Кроме того, увеличивается простой вагонов в ремонте и уменьшается пропускная способность поточной линии.

Этих недостатков лишены гибкие асинхронные потоки (см. рисунок). Они имеют более высокую пропускную способность, так как позволяют производить индивидуальное перемещение каждого вагона с любого модуля j -й позиции на любой модуль $(j+1)$ -й позиции, что намного снижает зависимость в перемещениях ремонтируемых вагонов друг от друга. Гибкие производственные системы имеют возможность на одних и тех же специализированных позициях в режиме непрерывного потока осуществлять ремонт вагонов даже разных типов.

Учитывая, что вагоноремонтное производство носит стохастический характер, оно практически не может быть точно рассчитано при помощи небольшого количества простых аналитических формул и нуждается в использовании



Структурная схема гибкого асинхронного мультифазного поликанального потока для ремонта вагонов

имитационного моделирования производственного процесса на ЭВМ. Для решения подобных задач необходимо максимально использовать современные методы моделирования, которые позволяют в короткие сроки исследовать различные варианты совершенствования работы поточных линий вагоноремонтных предприятий.

Для более глубокого анализа реальных ситуаций, с которыми могут столкнуться работники действующих предприятий, и для более точного расчета таких видов производств еще на стадии их проектирования, на кафедре «Вагоны и вагонное хозяйство» Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта была разработана имитационная программа «Гибкий вагоноремонтный поток». Программа используется и студентами при разработке курсовых и дипломных проектов по вагонному хозяйству.

При разработке программы использовалась среда приложений Microsoft Visual Studio 2010, а текст самой программы написан на алгоритмическом языке Visual Basic. Интерфейс программного обеспечения позволяет в понятной пользователю форме задавать исходные данные для моделирования работы различных структурных вариантов потоков. Данная имитационная программа позволяет производить расчет вагоноремонтных предприятий практически с любой структурой.

Под структурой потока понимается количество ремонтных позиций, количество модулей на каждой позиции и логика взаимоотношений между позициями. Разработанные программы могут быть использованы для моделирования работы и определения показателей эффективности поточных линий с целью изуче-

ния различных факторов, влияющих на эффективность работы поточных линий ремонта вагонов.

В отличие от обычной поточной линии для ремонта вагонов, представляющей собой многофазную одноканальную систему массового обслуживания (СМО), гибкий вагоноремонтный поток — это мультифазная поликанальная СМО. В некоторых работах такие СМО носят название сетей массового обслуживания [1].

Если в первом случае путь движения вагонов между позициями строго определен, то во втором случае маршрут движения ремонтируемых вагонов носит вероятностный характер. На каждой ремонтной позиции может находиться несколько ремонтных мест — модулей, количество которых зависит от времени выполнения ремонтных работ на данной позиции. Чем продолжительнее работы, тем больше модулей.

Таким образом, вагон с любого модуля j -й позиции может попасть на любой освободившийся модуль $(j+1)$ -й позиции.

Чтобы более полно разобраться с тем, как происходит процесс движения вагонов между ремонтными позициями и какие ситуации при этом могут возникать, попытаемся каждую позицию представить в виде агрегата.

Согласно [1], существует два способа реализации моделирования многофазных систем: в квазирегулярном и вероятностном исполнении.

В квазирегулярной модели каждая фаза моделируется индивидуально с расчетом усредненных показателей, а затем рассчитываются общие показатели всей многофазной системы через показатели отдельных фаз.

Вероятностная модель позволяет проследить движения каждого отдельного требования в процессе прохождения

его через все фазы системы. Общие показатели всей системы рассчитываются путем усреднения данных, полученных в результате последовательного прохождения каждого требования через все фазы системы.

Один из возможных вариантов алгоритма моделирования работы поточной линии для ремонта вагонов с гибкими связями между позициями в квазирегулярном исполнении представлен в работе [2].

В данной работе использована вероятностная имитационная модель. Эта модель позволяет проследить судьбу каждого отдельного вагона в процессе перемещения его между позициями потока с запоминанием результатов и последующим расчетом усредненных показателей.

Процесс функционирования потока укрупненно выглядит следующим образом. Перед первой позицией имеется очередь из вагонов, ожидающих ремонта. Будем считать, что вагоны в очереди есть всегда.

В начальный момент времени все модули потока являются свободными. В момент начала моделирования один из операторов присваивает номер очередному вагону, поступившему на первую позицию потока, $i = i + 1$.

Введем следующие обозначения:

t_{ij}^n — момент времени начала ремонта i -го вагона на j -й позиции;

t_{ij}^k — момент времени окончания ремонта i -го вагона на j -й позиции;

t_{ij}^o — момент времени освобождения i -м вагоном j -й позиции.

В процессе перемещения вагонов между отдельными позициями потока в результате воздействия случайных факторов могут возникать различные непредвиденные ситуации, которые негативно сказываются на ходе производственного процесса.

Как показывают исследования, время ремонта вагонов на позициях хорошо подчиняется нормальному закону распределения. Поэтому чтобы смоделировать этот закон, необходимо для каждой ремонтной позиции указать среднее время ремонта и среднеквадратическое отклонение.

Окончание ремонта вагона на позиции еще не говорит о том, что вагон сразу же покинет эту позицию. Может случиться так, что все модули следующей позиции в этот момент будут еще заняты, и вагону некуда будет перемещаться. Поэтому вагон будет оставаться в модуле до тех пор, пока не освободится один из

модулей следующей позиции. Только на последней позиции вагон может покинуть модуль сразу же после окончания ремонта.

Как только будет освобожден любой из модулей первой позиции, в него сразу же поступает следующий вагон из очереди. Что касается других позиций, то для приема очередного вагона будет использоваться тот модуль, который освободился раньше остальных.

По окончании ремонта на последней позиции вагон сразу же покидает ее (будем считать, что место, куда поставить отремонтированный вагон, всегда есть).

Будем также считать, что ремонт вагона начинается сразу же в момент поступления его на позицию.

Перемещение вагона между позициями осуществляется трансбордерной тележкой. Процесс перемещения занимает некоторое время, зависящее от расстояния между модулями соседних позиций, времени выполнения технологических операций, связанных с установкой и съемом вагона с трансбордера, а также скорости его перемещения. Таким образом, покинув модуль очередной ремонтной позиции, вагон не сразу поступает в модуль следующей позиции, а спустя некоторое случайное время τ_j .

В самом начале моделирования происходит «разворачивание» потока. Первый вагон по позициям потока будет двигаться без каких-либо задержек, так как его движение ничем не ограничивается. Поэтому для получения более точных результатов необходимо снимать показатели начиная с того момента, когда на всех позициях уже будут находиться вагоны.

При моделировании жесткого потока необходимо получить случайные значения времени выполнения ремонтных работ по всем позициям (τ_j) и выбрать наибольшее из них, которое и будет определять величину такта ($\tau = \max \tau_j$).

При функционировании же гибких потоков может возникнуть огромное множество различных ситуаций, что требует разработки специального моделирующего алгоритма.

Буквенное обозначение операторов позаимствуем из классической работы [3]:

- П — оператор ввода-вывода информации;
- A — вычислительный оператор;
- P — логический оператор;
- Ф — оператор формирования случайной величины;

F — оператор формирования неслучайной величины;

H — оператор обнуления;

K — оператор подсчета (счетчик);

Я — оператор окончания вычислений.

Расположенный рядом с буквой индекс указывает порядковый номер оператора.

Опишем кратко работу алгоритма и его основные операторы.

Оператор P_1 осуществляет ввод необходимой исходной информации. В качестве исходных данных выступают следующие параметры:

T_m — интервал времени моделирования (равен годовому фонду рабочего времени потока), мин;

m — общее количество ремонтных позиций на потоке;

n_j — количество ремонтных модулей на каждой j -й позиции, $j = 1, 2, \dots, m$;

$f(\sigma_j)$ — законы распределения времени выполнения ремонтных работ на каждой j -й позиции, $j = 1, 2, \dots, m$;

$\phi(\tau_{tr})$ — закон распределения времени перемещения вагонов между ремонтными позициями.

Естественно, что в начальный момент времени все промежуточные и вспомогательные величины обнулены: $i = 0$; $j = 0$; $n = 0$; $k = 0$; $v = 0$; $t_j^u = 0$; $t_{j-1}^o = 0$; $t_j^o = 0$; $t_{(j-1)m}^k = 0$; $t_{j-1}^k = 0$; $t_{n(j+1)}^o = 0$.

Оператор K_2 осуществляет подсчет числа вагонов, поступивших в ремонт:

$$i = i + 1.$$

Оператор F_3 нумерует вагоны, поступившие в ремонт (заносит их в реестр).

Оператор H_4 обнуляет значение числа позиций $j = 0$.

Оператор A_5 осуществляет переход к моделированию следующей ремонтной позиции:

$$j = j + 1.$$

Оператор Φ_6 формирует случайное время перемещения вагона между ремонтными позициями τ_{tr} .

Оператор P_7 сравнивает минимальный момент окончания ремонта вагона на $(j-1)$ -й позиции с моментом освобождения j -й позиции:

$$t_{(j-1)m}^k \geq t_j^o,$$

если это условие выполняется, то оператор A_8 вычисляет время начала ремонта вагона на j -й позиции следующим образом:

$$t_j^u = t_{(j-1)m}^k + \tau_{tr},$$

в противном случае оператор A_9 осуществляет расчет:

$$t_j^u = t_j^o + \tau_{tr}.$$

Φ_{10} формирует величину времени выполнения ремонтных работ на j -й позиции σ_j ;

Оператор A_{11} определяет момент времени окончания ремонта вагона на j -й позиции:

$$t_j^k = t_j^u + \sigma_j.$$

Оператор F_{12} производит расчет минимального времени окончания ремонта вагона на j -й позиции:

$$t_{jm}^k = \min_n \{t_{jn}^k\}, n=1, 2, \dots, n_j.$$

Оператор P_{13} сравнивает минимальный момент окончания ремонта вагона на j -й позиции с моментом освобождения $(j+1)$ -й позиции:

$$t_{jm}^k \geq t_{j+1}^o,$$

если это условие выполняется, то оператор A_{14} вычисляет время освобождения j -й позиции:

$$t_j^o = t_{jm}^k,$$

в противном случае оператор A_{15} осуществляет следующий расчет:

$$t_j^o = t_{j+1}^o.$$

Оператор F_{16} производит расчет минимального момента освобождения модуля на j -й позиции:

$$t_j^o = \min_n \{t_{nj}^o\}, n=1, 2, \dots, n_j.$$

Оператор F_{17} определяет номер модуля с минимальным временем освобождения:

$$n = n \sim t_{nj}^o.$$

Оператор F_{18} вносит в реестр номер освободившегося модуля.

Оператор F_{19} вносит в реестр номер вагона, который находился в модуле.

Оператор P_{20} проверяет условие $j = 1$, если условие выполняется, то оператор F_{21} формирует базу данных, в которой для каждого i -го вагона хранится информация о моменте его поступления в ремонт t_{in}^u .

Оператор P_{22} проверяет условие $j = m$, если условие выполняется, то оператор F_{23} формирует базу данных, в которой для каждого i -го вагона хранится информация о моменте выпуска его из ремонта t_{im}^o .

Оператор A_{24} определяет время пребывания i -го вагона на j -й позиции:

$$\tau_{ij} = t_{ij}^o - t_{ij}^u.$$

Оператор A_{25} определяет момент окончания ремонта вагона j -й позиции:

$$t_{ij}^k = t_{ij}^u + \sigma.$$

Оператор P_{26} проверяет, все ли позиции потока были смоделированы при данном цикле, или нет:

$$j < m,$$

если условие выполняется, то управление передается оператору A_5 .

Оператор A_{27} определяет общее время пребывания i -го вагона в ремонте:

$$T_i = t_{im}^o - t_{il}^n.$$

Оператор A_{28} суммирует эти значения $\sum_i \tau_i$.

Оператор P_{29} проверяет, не было ли превышено нормативное время пребывания вагона в ремонте:

$$\tau_i \leq \tau_n,$$

в случае превышения нормативного времени простоя управление передается оператору K_{30} , который осуществляет подсчет таких вагонов, в противном случае — к оператору K_{31} .

Оператор K_{32} — счетчик числа вагонов, нарушивших регламент:

$$k = k + 1.$$

Оператор K_{33} производит подсчет количества вагонов, вышедших из ремонта:

$$v = v + 1.$$

Оператор P_{34} проверяет, не исчерпан ли интервал времени моделирования;

$$t_j^o < T_m,$$

если интервал времени не исчерпан, то управление передается оператору A_2 .

Оператор A_{35} определяет среднее время пребывания вагонов в ремонте:

$$T_{cp} = \sum_i T_i / i.$$

Оператор A_{36} определяет величину среднего такта потока:

$$\tau_{cp} = T_{cp} / m.$$

Оператор A_{37} тоже определяет величину среднего такта потока:

$$\tau_{cp} = T_m / i.$$

Оператор A_{38} определяет коэффициент загрузки каждой ремонтной позиции.

Кроме этого, для оценки эффективности работы гибкого потока используются и другие не менее важные показатели.

Оператор P_{39} осуществляет вывод необходимой информации на печать.

Оператор Y_{40} завершает процесс моделирования.

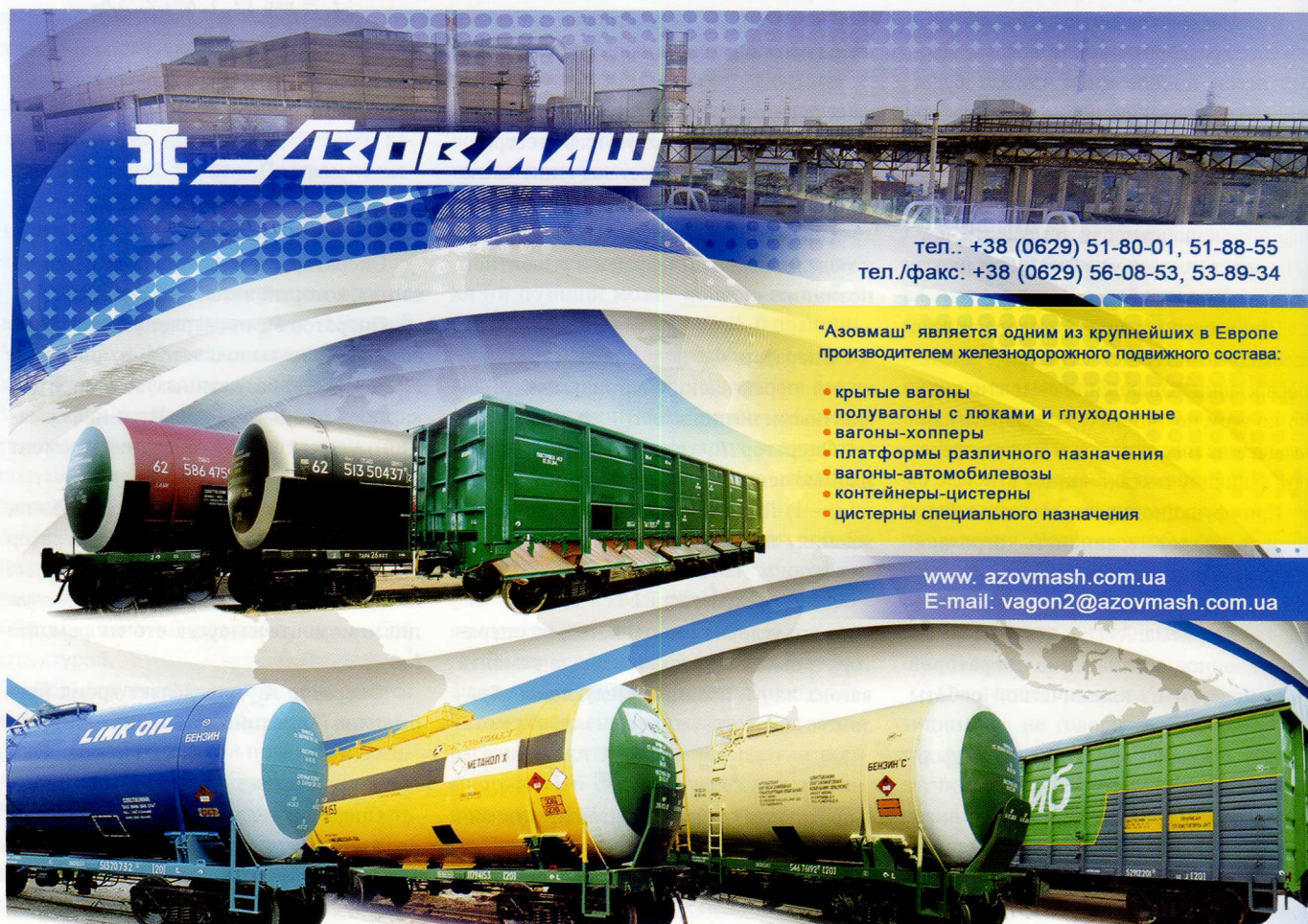
Если в течение заданного интервала моделирования, равного годовому фонду времени работы предприятия, программа ремонта вагонов не будет выполнена, это говорит о том, что про-

пускная способность принятой структуры потока не отвечает заданным требованиям, поэтому структура потока должна быть изменена. Для увеличения пропускной способности потока необходимо к самой загруженной позиции добавить еще один ремонтный модуль, изменив таким образом его структуру, и снова произвести моделирование. Так надо делать до тех пор, пока не будет достигнута необходимая пропускная способность потока.

Таким образом, разработан новый инструментальный, который еще на стадии проектирования позволяет исследовать работу и оценить показатели будущего вагоноремонтного предприятия. ■

Литература:

1. Лифшиц А.Л., Мальц Э.А. Статистическое моделирование систем массового обслуживания. М.: Сов. радио, 1978. 248 с.
2. Мямлин В.В. Разработка машинных методов и алгоритмов проектирования поточных линий для ремонта вагонов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.: МИИТ, 1989. 24 с.
3. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. М.: Наука, 1978. 400 с.



Азовмаш

тел.: +38 (0629) 51-80-01, 51-88-55
тел./факс: +38 (0629) 56-08-53, 53-89-34

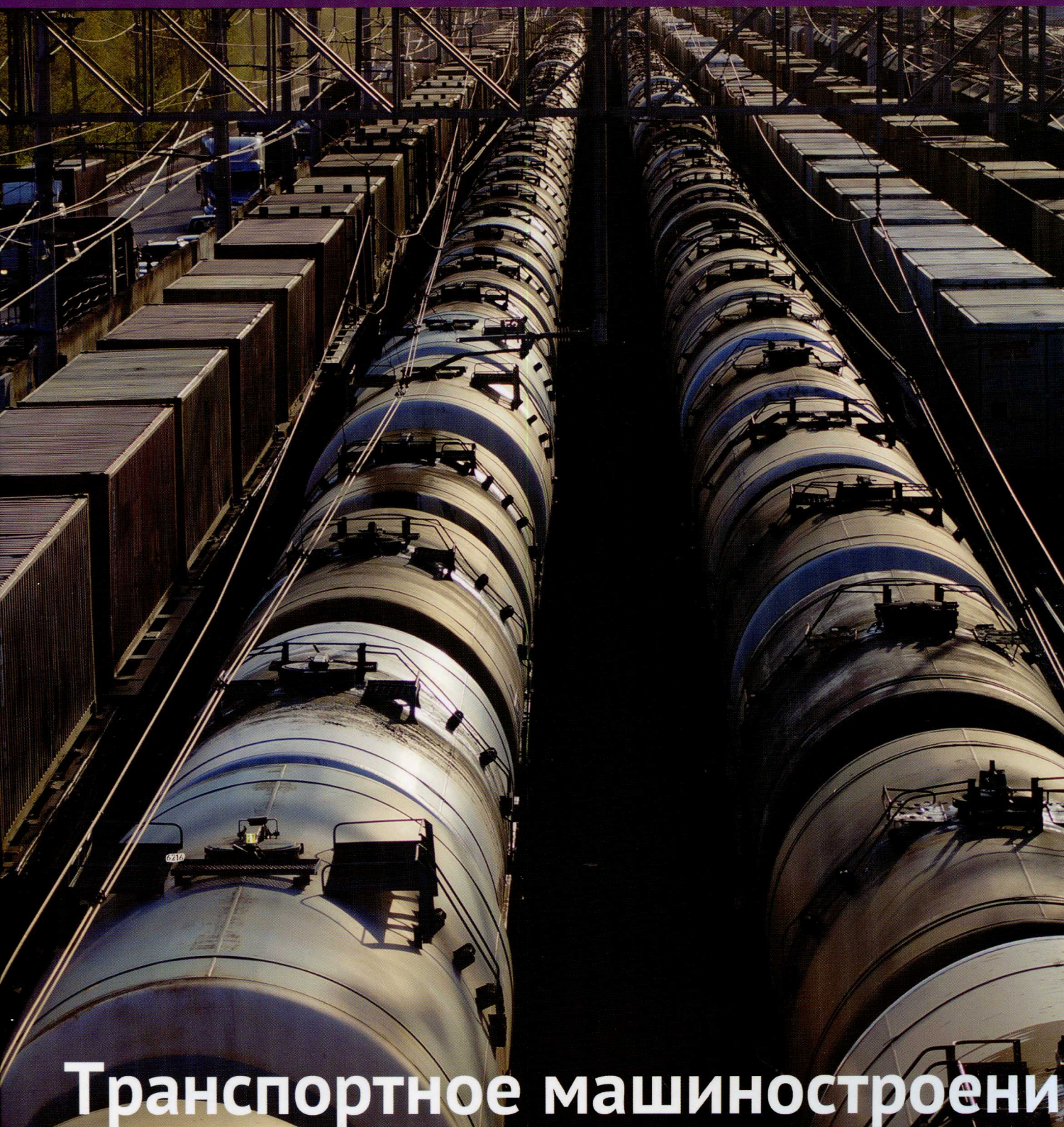
«Азовмаш» является одним из крупнейших в Европе производителей железнодорожного подвижного состава:

- крытые вагоны
- полувагоны с люками и глухонные
- вагоны-хoppers
- платформы различного назначения
- вагоны-автомобилевозы
- контейнеры-цистерны
- цистерны специального назначения

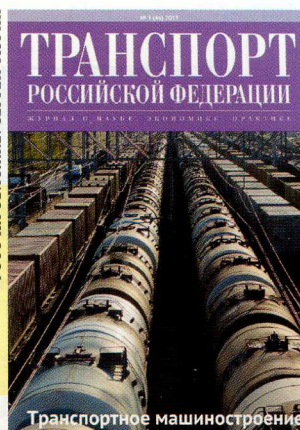
www.azovmash.com.ua
E-mail: wagon2@azovmash.com.ua

ТРАНСПОРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЖУРНАЛ О НАУКЕ, ЭКОНОМИКЕ, ПРАКТИКЕ



Транспортное машиностроение



ПРОЕКТИРОВАНИЕ

- Ю. П. БОРОНЕНКО, Т. М. БЕЛГОРОДЦЕВА, Н. А. КУКУШИНА.**
Выбор конструктивных решений сочлененных грузовых вагонов для колеи 1520 мм3

- И. В. ТУРУТИН, Е. А. РУДАКОВА.**
Конструкция тележек моделей 18-9889 и 18-9890 для инновационных четырех- и шестиосных грузовых вагонов10

- ОАО «ВНИКТИ» — институт подвижного состава в Коломне13

- Н. А. АТАМАНЧУК, Л. В. ЦЫГАНСКАЯ.**
Направления совершенствования конструкций вагонов-цистерн для перевозки нефтепродуктов14

- А. И. БОНДАРЕНКО.**
Выбор параметров вагона-платформы для перевозки колесной техники18

- К. В. КОЖОКАРЬ.**
Особенности разработки скоростного сочлененного вагона-платформы для перевозки контейнеров21

ИСПЫТАНИЯ

- Ю. С. РОМЕН, А. М. ОРЛОВА, М. С. ТИХОВ, А. В. ЗАВЕРТАЛЮК.**
Установление условий обращения вагонов с увеличенной осевой нагрузкой25

- В. М. БУБНОВ, С. В. МЯМЛИН, Н. Б. МАНКЕВИЧ.**
Воздействие на путь грузовых вагонов на тележках модели 18-1711 с разной конструкцией клина рессорного подвешивания36

- RAFAL MELNIK.**
Comparison of simulation analysis results and experiment results for monitoring system of rail vehicle's suspension flexible parts39

- H. L. CASTAÑEDA, R. R. MARTINOD, G. G. BETANCUR.**
Analysis of two stage suspension railway vehicles based on oma method42

НАУКА

- А. В. САИДОВА, А. М. ОРЛОВА.**
Прогноз износа профилей колес с использованием динамических моделей51

- А. В. ЖЕБАНОВ, Т. А. КОМАРОВА, В. И. МОИСЕЕВ.**
Совершенствование методов расчета охлаждения загустевающих нефтепродуктов при железнодорожных перевозках в цистернах54

- В. В. МЯМЛИН.**
Гибкие потоки для ремонта вагонов и особенности имитационного моделирования их работы57

- С. В. БЕСПАЛЬКО, В. И. БОГАЧЕВ.**
Исследования о распространении изменения давления жидкого груза в котле железнодорожной цистерны при гидроударе61

БЕЗОПАСНОСТЬ

- Ю. С. РОМЕН, Л. А. МУГИНШТЕЙН, Л. И. НЕВЕРОВА.**
Влияние продольных сил в поездах на опасность схода вагонов в зависимости от их загрузки64

- Е. Н. КОВТУН, О. М. МАРКОВА, В. В. МАЛЫЙ.**
Динамические характеристики грузовых вагонов при торможении поезда на криволинейных участках пути69

Транспорт Российской Федерации

Журнал о науке, экономике, практике

Учредители

Петербургский государственный университет путей сообщения,
ООО «Т-ПРЕССА», Российская академия транспорта

Издатель

ООО «Т-ПРЕССА»

При поддержке Межведомственного Северо-Западного координационного совета при РАН по фундаментальным и прикладным исследованиям, Учреждения Российской академии наук Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН

Генеральный директор

Людмила Карпичева

Главный редактор

Валерий Ковалев

Заместитель главного редактора

Игорь Киселев

Руководитель проекта

Марина Леонова

Научный редактор

Юрий Бороненко

Арт-директор

Сергей Тюрин

Корректор

Светлана Зинченко

Референт

Людмила Филиппова

Отдел рекламы

Мария Кремлевская, Надежда Качанова,
Наталья Шестопалова

Отдел распространения и доставки

Людмила Пряхина

Техническая поддержка

Антон Лычагин

Свидетельство о регистрации

ПИ № ФС77— 34452 от 03.12.08 г.
выдано Федеральной службой по надзору
в сфере связи и массовых коммуникаций.

«Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, экономике, практике» включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, утвержденный решением Президиума Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки от 19 февраля 2010 года № 6/6

При перепечатке опубликованных материалов
ссылка на журнал «Транспорт Российской Федерации.
Журнал о науке, экономике, практике» обязательна.

Адрес редакции:

190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9
Тел./факс: (812) 310-40-97
rt@rostransport.com
www.rostransport.com

Редакция журнала не несет ответственности
за содержание рекламных материалов.

Установочный тираж 15 000 экз.

Подписано в печать 28.06.2013 г.
Отпечатано: Типография «ПремиумПресс» (ООО «Росбалт»)
(197374, Санкт-Петербург, ул. Оптиков, д. 4)
Заказ №

Редакционный совет

Олерский В. А. — председатель редакционного совета
журнала, заместитель министра транспорта

Окулов В. М. — заместитель министра транспорта

Касьянов А. И. — руководитель Федеральной службы
по надзору в сфере транспорта

Кельбах С. В. — председатель правления ГК «Автодор»

Нерадько А. В. — руководитель Федерального агентства
воздушного транспорта

Ефимов В. Б. — президент Союза транспортников России

Гапанович В. А. — старший вице-президент ОАО «РЖД»

Лapidус Б. М. — генеральный директор ОАО ВНИИЖТ

Ковалев В. И. — главный редактор журнала

Редакционная коллегия

Ковалев В. И. — председатель редакционной коллегии,

Сапожников В. В. — заместитель председателя редакционной
коллегии, Ученый секретарь ПГУПС

Белозеров В. Л. — председатель дорожного совета профсоюза
Октябрьской ж. д., член Общественной палаты РФ

Белый О. В. — директор Института проблем транспорта
им. Н. С. Соломенко РАН

Гарюгин В. А. — начальник ГУП «Петербургский метрополитен»

Дунаев О. Н. — председатель комитета Торгово-промышленной
палаты РФ по логистике

Дудкин Е. П. — заведующий кафедрой «Промышленный транс-
порт» ПГУПС

Зубарев Е. В. — советник генерального директора ОАО «Северо-
Западное пароходство», президент Ассоциации владельцев судов
Санкт-Петербурга

Киселев И. П. — проректор ПГУПС

Костылев И. И. — президент ГМА им. адм. С. О. Макарова

Кравченко П. А. — научный руководитель Института безопасно-
сти дорожного движения СПбГАСУ

Куклев Е. А. — директор центра экспертизы и научного сопро-
вождения проектов при Санкт-Петербургском государственном
университете гражданской авиации

Смулов М. Ю. — ректор Санкт-Петербургского государственного
университета гражданской авиации.

Усанов Б. П. — советник губернатора Санкт-Петербурга

Бороненко Ю. П., Белгородцева Т. М., Кукушина Н. А. Выбор конструктивных решений сочлененных грузовых вагонов для колеи 1520 мм // Транспорт РФ. № 3 (46). С. 3–9.

Рассматриваются технико-экономические параметры зарубежных сочлененных вагонов-платформ для перевозки крупнотоннажных контейнеров и сравниваются с параметрами российских длиннобазных платформ. На основе сравнительного анализа выбираются конструктивные решения сочлененных вагонов для эксплуатации на сети железных дорог Российской Федерации.

Ключевые слова: сочлененный вагон, конструкция, технико-экономические параметры.

Контактные данные: boron49@yandex.ru

Турутин И. В., Рудакова Е. А. Конструкция тележек моделей 18-9889 и 18-9890 для инновационных четырех- и шестиосных грузовых вагонов // Транспорт РФ. № 3 (46). С. 10–12.

Описана конструкция трехэлементных тележек грузовых вагонов для осевых нагрузок 27 и 20 тс. Представлены инновационные решения конструкции тележек: упруго-фрикционная связь между адаптером подшипника и боковой рамой, пространственные фрикционные клинья, две пары боковых скользящих постоянных контакта для использования под вагонами сочлененного типа, тормозная система со сдвоенными тормозными колодками.

Ключевые слова: тележки грузовых вагонов, пространственный клин, скользящий постоянный контакт, сдвоенные тормозные колодки.

Контактные данные: turutin-nvc@yandex.ru

Атаманчук Н. А., Цыганская Л. В. Направления совершенствования конструкций вагонов-цистерн для перевозки нефтепродуктов // Транспорт РФ. 2013. № 3 (46). С. 14–17.

Увеличение вместимости и грузоподъемности вагонов-цистерн является актуальной задачей для повышения эффективности перевозки наливных грузов. Рассмотрены варианты конструктивных и технических решений, позволяющих увеличить указанные показатели. После анализа выбрана наиболее рациональная конструктивная схема, соответствующая современным требованиям, предъявляемым к вагонам-цистернам и позволяющая повысить их производительность.

Ключевые слова: вагон-цистерна, светлые нефтепродукты, увеличение грузоподъемности, максимальные напряжения, котел переменного сечения.

Контактные данные: atam88@mail.ru

Бондаренко А. И. Выбор параметров вагона-платформы для перевозки колесной техники // Транспорт РФ. № 3 (46). С. 18–20.

Рассмотрены варианты конструкций вагонов для перевозки колесной техники, применяющиеся на железных дорогах России и Западной Европы. Предложена конструктивная схема вагона-платформы, позволяющая повысить эффективность такого вида перевозок.

Ключевые слова: вагон-платформа, автомобильные полуприцепы, контейнерные перевозки, перевозка колесной техники.

Контактные данные: alex.bondarenko89@gmail.com

Кожокар К. В. Особенности разработки скоростного сочлененного вагона-платформы для перевозки контейнеров // Транспорт РФ. № 3 (46). С. 21–24.

Увеличение конструкционной скорости и снижение массы тары конструкции являются основными задачами при создании современного подвижного состава. Для этого рассмотрены варианты конструктивных и технических решений, выбрана конструктивная схема рамы, соответствующая современным требованиям, предъявляемым к грузовым вагонам. Разработана тормозная система, позволяющая обеспечить необходимую эффективность для скоростного вагона-платформы.

Ключевые слова: вагон-платформа, перевозка контейнеров, увеличение конструктивной скорости, тормозная эффективность.

Контактные данные: kris.kozhokar@gmail.com

Ромен Ю. С., Орлова А. М., Тихов М. С., Завертало А. В. Установление условий обращения вагонов с увеличенной осевой нагрузкой // Транспорт РФ. 2013. № 3 (46). С. 25–35.

Описаны испытания для установления допускаемых скоростей движения по условиям взаимодействия подвижного состава и пути в прямой, пологой и крутой круговых кривых и на стрелочных переводах с измерениями динамических и силовых процессов. Рассмотрена совокупность величин вертикальных и поперечных сил, действующих в системе колесо – рельс и в элементах конструкции пути.

Ключевые слова: условия обращения вагонов, испытания, осевые нагрузки.

Контактные данные: a-orlova@yandex.ru

Бубнов В. М., Мямлин С. В., Манкевич Н. Б. Воздействие на путь грузовых вагонов на тележках модели 18-1711 с разной конструкцией клина рессорного подвешивания // Транспорт РФ. № 3 (46). С. 36–38.

Описаны результаты испытаний воздействия на железнодорожные пути и стрелочные переводы грузовых вагонов с разной конструкцией клина рессорного подвешивания. Анализ результатов тестирования показывает, что тележки грузовых вагонов модели 18-1711 с разной конструкцией клиньев рессорного подвешивания соответствуют нормативным требованиям и могут быть унифицированы с тележками модели 18-100 по форме контактных поверхностей клиновой системы рессорного подвешивания.

Ключевые слова: тележка грузовых вагонов, рессорное подвешивание, пространственный и плоский клин, унификация, контактные поверхности, клиновая система.

Контактные данные: bubnov@azovmash.com

Мелник Р. Сравнение результатов расчетов и эксперимента для системы мониторинга гибких частей подвешивания рельсового экипажа // Транспорт РФ. № 3 (46). С. 39–41.

Предложена система мониторинга изломов пружин в подвешивании рельсовых экипажей. Тестирование системы производилось с использованием математического моделирования в программном комплексе VI-RAIL и путем испытаний пассажирского и грузового вагонов.

Ключевые слова: грузовой вагон, изломы пружин, математическое моделирование, программный комплекс VI-RAIL.

Контактные данные: monit@it.pw.edu.pl

Кастаньеда Х., Мартинод Р., Бетанкур Г. Анализ железнодорожных экипажей с двухступенчатым подвешиванием на основе ОМА метода // Транспорт РФ. № 3 (46). С. 42–50.

Показаны разработанные в рамках метода анализа эксплуатационных режимов (Operational Modal Analysis) математические модели применительно к городскому рельсовому транспорту, которые позволили провести многовариантные исследования.

Ключевые слова: EMA, IRF, LSCE, многочастичная модель, метод анализа эксплуатационных режимов (OMA), испытания железнодорожной техники, уравнивательная диаграмма

Контактные данные: lcasta@eafit.edu.co

Саидова А. В., Орлова А. М. Прогноз износа профилей колес с использованием динамических моделей // Транспорт РФ. № 3 (46). С. 51–53.

Целью исследования является обоснованный выбор коэффициента износа для сильной и слабой стадий в модели Арчарда и коэффициента трения на гребне и поверхности катания колеса для расчета износа профилей колес с использованием динамических моделей. Представлены результаты ресурсных пробеговых испытаний вагона на Экспериментальном кольце ОАО «ВНИИЖТ», измерений твердости колес в области поверхности катания и гребня, математического моделирования износа колес в программном комплексе «MEDYNA».

Ключевые слова: тележка, износ колес, моделирование износа, коэффициент износа, коэффициент трения, твердость колес.

Контактные данные: av-saidova@yandex.ru

Жебанов А. В., Комарова Т. А., Моисеев В. И. Совершенствование методов расчета охлаждения загустевших нефтепродуктов при железнодорожных перевозках в цистернах // Транспорт РФ. 2013. № 3 (46). С. 54–56.

Рассмотрен режим охлаждения при перевозке вязких нефтепродуктов (мазут, масла) в железнодорожных цистернах с учетом атмосферных осадков, воздействующих на цистерны. Учтена естественная конвекция горячей жидкости внутри котла цистерны.

Ключевые слова: цистерна, вязкие нефтепродукты, железнодорожные перевозки, зимние условия, теплообмен с окружающей средой.

Контактные данные: moiseev_v_i@list.ru

Мямлин В. В. Гибкие потоки для ремонта вагонов и особенности имитационного моделирования их работы // Транспорт РФ. 2013. № 3 (46). С. 57–60.

Показаны преимущества гибких потоков для ремонта вагонов, которые учитывают вероятностный характер ремонтного производства и позволяют избежать влияния многих негативных факторов, присущих жестким поточным линиям. Приведен алгоритм имитационного моделирования работы таких потоков, в котором показаны особенности их моделирования как мультифазных поликанальных систем массового обслуживания.

Ключевые слова: ремонт вагонов, гибкий поток, алгоритм моделирования.

Контактные данные: minimax1992@gmail.com

Беспалько С. В., Богачев В. И. Исследования о распространении изменения давления жидкого груза в котле железнодорожной цистерны при гидроударе // Транспорт РФ. 2013. № 3 (46). С. 61–63.

Рассмотрен уровень значений гидродинамического давления, вызванного гидроударом, который возникает в котлах цистерн при определенных динамических процессах. Сформирована математическая модель гидроудара, которая внедряется в математическую модель колебаний вагона-цистерны с учетом колебаний жидкого груза.

Ключевые слова: гидроудар, колебания жидкого груза, вагон-цистерна.

Контактные данные: bespalco@hotmail.ru

Ромен Ю. С., Мугинштейн Л. А., Неверова Л. И. Влияние продольных сил в поездах на опасность схода вагонов в зависимости от их загрузки // Транспорт РФ. 2013. № 3 (46). С. 64–68.

Рассмотрено влияние продольных сил в поездах, движущихся со скоростями выше 50 км/ч, на сходы при включении в состав порожних вагонов. Оценена продольно-поперечная устойчивость движения системы вагонов в поезде.

Ключевые слова: продольные силы, устойчивость от схода, влияние загрузки.

Контактные данные: uromen@mail.ru

Ковтун Е. Н., Маркова О. М., Малый В. В. Динамические характеристики грузовых вагонов при торможении поезда на криволинейных участках пути // Транспорт РФ. 2013. № 3 (46). С. 69–74.

В работе исследуется движение грузового поезда по криволинейным участкам пути в режиме торможения. Рассмотрено влияние скорости движения, радиуса кривизны кривой, наличия и положения в составе порожних вагонов и ряда других параметров на безопасность движения поезда.

Ключевые слова: грузовой вагон, поезд, торможение, безопасность движения.

Контактные данные: olgamarkova2002@mail.ru

Boronenko Yu. P., Belgorodtseva T. M., Kukushina N. A. Choosing coupled freight wagons design solutions for 1520 mm gauge // Transport of the Russian Federation. #3 (46). P. 3–9.

The paper looks at technical and economic parameters of foreign-made coupled freight platforms designed for transportation of large-tonnage containers, and compares them to the parameters of Russia's long-base platforms. Coupled platform design solutions are chosen for operation on the Russian Federation's rail network on the basis of comparative analysis.

Keywords: coupled platform, design, technical and economic parameters.

Contact: boron49@yandex.ru

Turutin I. V., Rudakova Ye. A. Design of models 18-9889 and 18-9890 bogies for innovative four- and six-axle freight wagons // Transport of the Russian Federation. #3 (46). P. 10–12.

Description of the design of three-piece bogies for 27t per axle and 20t per axle load is given. Innovations concern the design of interconnection between the adapter and the side frame, application of a spatial wedge, two pairs of constant-contact side bearings to accommodate articulated vehicles, and brake system with double brake shoes to provide efficiency up to 140 km/h design speed for 20t per axle vehicles, and up to 100 km/h for 27t per axle vehicles.

Keywords: three-piece bogies, spatial wedge, contact side bearings, double brake shoes.

Contact: turutin-nvc@yandex.ru

Atamanchuk N. A., Tsyganskaya L. V. Directions for perfecting the design of tank wagons for petroleum transportation // Transport of the Russian Federation. #3 (46). P. 14–17.

Increasing holding and carrying capacity of tank wagons is a vital task in improving efficiency of transportation of liquid cargo. The paper looks at the various design and technical solutions which allow to increase said indicators. The most rational design scheme, corresponding to today's demands for tank wagons and allowing to increase their productivity, is chosen after an analysis.

Keywords: tank wagon, light petroleum products, increasing carrying capacity, maximum stress, variable cross-section barrel.

Contact: atam88@mail.ru

Bondarenko A. I. Choosing platform wagon parameters for transportation of wheeled vehicles // Transport of the Russian Federation. #3 (46). P. 18–20.

The paper looks at various designs of wagons for transportation of wheeled vehicles used in the railways of Russia and Western Europe, and proposes a structural scheme of a platform wagon which allows to increase efficiency of such transportation.

Keywords: platform wagon, motor semi-trailer, piggy-back transportation, transportation of wheeled vehicles.

Contact: alex.bondarenko89@gmail.com

Kozhokar K. V. Peculiarities of designing a high-speed coupled flat wagon for container transportation // Transport of the Russian Federation. #3 (46). P. 21–24.

Increasing design speed and cutting dead weight are the main tasks in building modern rolling stock. Design and technical solutions conducive to that are evaluated, and a structural scheme of a frame, which corresponds to today's specifications for freight wagons, is proposed. Braking system allowing for braking efficiency required for high-speed flat wagon is designed.

Keywords: flat wagon, container transportation, increasing design speed, braking efficiency.

Contact: kris.kozhokar@gmail.com

Romen Yu. S., Orlova A. M., Tikhov M. S., Zavertalyuk A. V. Setting out conditions for interchange of vehicles with increased axle loading // Transport of the Russian Federation. #3 (46). P. 25–35.

The paper describes tests to determine permitted movement speeds by interaction conditions between rolling stock and the rail for straight, flat and steep circular curves, and at track switches, with measurements of dynamic and power processes. Totality of values of vertical and lateral forces, which exist in the wheel - rail system and in track elements, is looked at.

Keywords: interchange of vehicles, tests, axle loading.

Contact: a-orlova@yandex.ru

Bubnov V. M., Myamlin S. V., Mankevich N. B. Effect on the railway from freight cars on bogies model 18-1711 with different wedge designs of spring hanging // Transport of the Russian Federation. #3 (46). P. 36–38.

The paper describes the results of tests by effect on the railway and turnouts from freight cars with different wedge designs of spring hanging. Analysis of test results showing freight car bogie design model 18-1711 with spatial and flat wedge shape requirements in effect on the upper arrangement of railway track and prove the possibility of unification of bolster beams of indicated freight car bogie with model 18-100 regarding contact surfaces for wedge systems of spring hanging.

Keywords: freight cars bogie, wedge designs, spring hanging, spatial and flat wedge, unification, contact surfaces for wedge systems.

Contact: bubnov@azovmash.com

Melnik R. Comparison of simulation analysis results and experiment results for monitoring system of rail vehicle's suspension flexible parts // Transport of the Russian Federation. #3 (46). P. 39–41.

The aim of the paper is to present results of an experiment and a simulation in order to obtain some information on dynamical responses of damaged suspension in rail vehicles. The experiment was done on passenger and freight cars. The faults introduced to suspension include reduction of stiffness in primary suspension and loss of damper in secondary suspension. Obtained results from the experiment were compared to simulation results.

Keywords: freight car, springs fracture, simulation analysis, VI-RAIL software system.

Contact: monit@it.pw.edu.pl

Castaneda H. L., Martinod R. R., Betancur G. G. Analysis of two-stage suspension railway vehicles based on OMA method // Transport of the Russian Federation. #3 (46). P. 42–50.

This work presents the results of the research process focused on the methodology developed for Operation Modal Analysis (OMA) applied to urban railway systems, studying the dynamical performance of a railway vehicle with a two-stage suspension.

Keywords: EMA, IRF, LSCE, multi-body model, OMA, railway testing, stabilization diagram.

Contact: lcasta@eafit.edu.co

Saidova A. V., Orlova A. M. Dynamic-model forecast for wheel-profile wear // Transport of the Russian Federation. #3 (46). P. 51–53.

The research sought to justify the choice of wear factor for Archard equation, and traction coefficient to calculate wheel-profile wear using dynamic models. The paper also presents results of wagon endurance tests carried out at the VNIIZhT JSC (Railway Research Institute) experimental track, of wheel hardness measurements, and of wheel wear simulation in MEDYNA software system.

Keywords: bogie, wheel wear, wear simulation, wear factor, traction coefficient, wheel hardness.

Contact: av-saidova@yandex.ru

Zhebanov A. V., Komarova T. A., Moiseyev V. I. Perfecting calculation methods for cooling thickening oil products transported in tank wagon by rail // Transport of the Russian Federation. #3 (46). P. 54–56.

The paper looks at cooling regime during transportation of semi-liquid oil products (heating oil, lube oil) in tank wagons, accounting for elements' influence on the tank wagons and for natural convection of hot liquid inside the tank-wagon barrel.

Keywords: tank wagon, semi-liquid oil products, rail transportation, winter conditions, heat exchange with the environment

Contact: moiseev_v_i@list.ru

Myamlin V. V. Flexible flows for repair of cars, and simulation algorithm characteristics of their operation // Transport of the Russian Federation. #3 (46). P. 57–60.

Advantages of the flexible flows for repair of cars, which take into account the probabilistic nature of repair operations and allow to avoid the impact of many negative factors inherent in the rigid mass-production lines, and the simulation algorithm of the operation of such flows, which shows the features of their simulation as multi-phase, multi-channel queuing systems, is presented.

Keywords: repair of cars, flexible flow, simulation algorithm

Contact: minimax1992@gmail.com

Bespalko S. V., Bogachev V. I. Studies into distribution of changes in the pressure of liquid loads in the tank wagon barrel in case of hydraulic shock // Transport of the Russian Federation. #3 (46). P. 61–63.

The paper looks into the value levels of hydraulic pressure caused by hydraulic shock which occurs in tank-wagon barrels during some dynamic processes, and forms a simulation model of hydraulic shock, which is introduced into the simulation model of vibration of tank wagon, accounting for surging of the liquid load.

Keywords: hydraulic shock, surging of liquid loads, tank wagon.

Contact: bespalco@hotmail.ru

Romen Yu. S., Muginshteyn L. A., Neverova L. I. Influence of axial forces in trains on derailment hazards, depending on the wagons' load // Transport of the Russian Federation. #3 (46). P. 64–68.

The paper looks at the influence of axial forces in trains which travel at speeds of over 50 km/h on derailment, in cases when unloaded wagons are included, and evaluates transverse-longitudinal stability of the train wagon system's movement.

Keywords: axial forces, derailment safety, load influence.

Contact: uromen@mail.ru

Kovtun Ye. N., Markova O. M., Maly V. V. Dynamic characteristics of freight cars during braking on curved track sections // Transport of the Russian Federation. #3 (46). P. 69–74.

The paper looks at the movement of a freight train on curved rail track section in braking regime, and at the influence of parameters such as movement speed, curve radius, presence and location of unloaded cars in the train on the train's movement safety.

Keywords: freight car, train, braking, traffic safety.

Contact: olgamarkova2002@mail.ru