

УДК 629.463.65.015.001.5

*Мямлин С.В., д.т.н., профессор (ДНУЖТ)*

*Недужая Л.А., к.т.н., доцент (ДНУЖТ)*

*Тен А.А., главный конструктор (ЗАО «Промтрактор - Вагон»)*

## **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ПОЛУВАГОНОВ**

**Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими заданиями.** Основными критериями динамических качеств, определяющих режим эксплуатации подвижного состава, как известно, являются его динамические показатели. Они должны учитывать современные тенденции мирового грузового вагоностроения [1] и соответствовать Нормативным документам [2]. С появлением новых конструкций грузовых вагонов особую важность приобретает задача, связанная с созданием тележек, оценкой их динамических качеств в зависимости от типа и конструкции, с учетом

осевых нагрузок и обеспечением динамических и ходовых качеств, удовлетворяющих условиям по воздействию на путь, устойчивости, величине рамных сил. Тележка должна быть универсальной, взаимозаменяемой по установочным размерам с существующими в эксплуатации, максимально унифицированной по комплектующим деталям, простой не только по конструкции, но и по технологии изготовления (чтобы обеспечить минимальные затраты при производстве и техническом содержании таких тележек), их эксплуатация должна быть экономически эффективной.

**Постановка задачи.** В связи с этим в данной работе выполнен анализ влияния различных конструкций тележек на основные динамические показатели безопасности движения грузовых вагонов, в данном случае полувагонов: коэффициент вертикальной динамики необрессорной части вагона ( $K_{дв}$ ), коэффициент горизонтальной динамики необрессорной части вагона ( $K_{дг}$ ) или по соотношению рамной силы и статической нагрузки на ось ( $H_p/P_{ст}$ ), коэффициент устойчивости при вкатывании гребня набегающего колеса на рельс ( $K_y$ ).

**Основная часть исследования.** Для этого рассмотрены конструкции тележек трех типов: известные типовые - модели 18-100, модели западноевропейской тележки Y25 и тележки модели 18-9771 с улучшенными динамическими характеристиками.

Одной из распространенных на территории Российской Федерации, стран СНГ и Балтии является двухосная тележка модели 18-100 (до 1972 г. именовалась ЦНИИ-ХЗ), которая включает клиновые гасители колебаний, две колесные пары с буксовыми узлами, две боковые рамы в виде стальной отливки с проемами для рессорных комплектов и букс, надрессорную балку замкнутого коробчатого сечения (отлита заодно с подпятником, опорами для размещения скользунов, гнездами для фрикционных клиньев и приливом для крепления кронштейна мертвой точки рычажной передачи тормоза), навесную рычажную тормозную передачу [3].

Среди двухосных тележек грузовых вагонов европейских железных дорог следует отметить французскую тележку типа Y25, которая имеет буксовое подвешивание, жесткую сварную H-образную раму и две колесные пары с буксами [3]. Опирающиеся на кронштейны букс рессорные комплекты состоят каждый из двух цилиндрических пружин разной высоты, что обеспечивает билинейную характеристику жесткости рессорного подвешивания. На каждой буксе установлен фрикционный гаситель колебаний переменного трения, который демпфирует вертикальные и боковые колебания. При этом создается возвращающий момент, ограничивающий влияние колесных пар. Тележка снабжена

упругими скользунами. Тормозная рычажная передача обеспечивает двухстороннее тормозное нажатие колодок на колесную пару.

Для более полной оценки динамических качеств грузовых вагонов с использованием различных конструкций тележек проведены теоретические исследования полувагона, поставленного на производство ЗАО «Промтрактор - Вагон» (г. Канаш, Чувашская Республика). В качестве ходовой части использовалась тележка модели 18-9771 (рисунок 1) - новая разработка завода [4], имеющая увеличенный межремонтный пробег 500 тыс. км. (таблица 1). Конструкция тележки позволяет уменьшить динамическое воздействие вагона на путь за счет пружин рессорного комплекта с увеличенным до 68 мм статическим прогибом, повысить устойчивость подвижного состава, снизить расходы на эксплуатацию и ремонт ходовой части за счет применения в узлах трения сменных износостойких элементов. Разработанная новая конструкция двухосной тележки для грузовых вагонов имеет ряд отличий от разработок других производителей железнодорожной техники и заключается в том, что:

- боковые рамы выполнены усиленной конструкции;
- боковые рамы и надрессорные балки выполнены в виде стальных отливок, изготовленных по вакуумно-пленочной технологии;
- пружины центрального рессорного подвешивания с увеличенным статическим прогибом;
- скользуны постоянного контакта;
- в узлах трения применяются сменные износостойкие накладки.



Рисунок 1. - Тележка модели 18-9771

Расчеты динамических показателей качества произведены учеными Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна (ДИИТ) и специалистами ЗАО «Промтрактор - Вагон» при движении груженных полувагонов по прямолинейному участку пути в диапазоне скоростей 40 - 120 км/ч, по кривым радиусом 300 м с возвышением наружного рельса 150 мм в диапазоне скоростей 40 - 80 км/ч, по кривым радиусом 600 м с возвышением наружного рельса 150 мм в диапазоне скоростей 40 - 100 км/ч с использованием программного комплекса «DYNRAIL» «Wagon Dynamics (Single Wagon) 10.12.2007» [5, 6] на основе Нормативных документов [2]. Во всех случаях в качестве возмущений использовались динамические неровности рельсовых нитей (рисунок 2), специально сгенерированные по статистическим характеристикам реальных участков железной дороги.

Параметры горизонтальных неровностей задаются аналогично вертикальным. Отличие между вертикальными и горизонтальными неровностями состоит лишь в том, что в перечне возможных типов горизонтальных неровностей отсутствуют стыковые [5].

Некоторые результаты выполненных теоретических исследований приведены на графиках (рисунок 3 - 5) и таблицах 2 – 4.

Таблица 1.- Результаты выполненных теоретических исследований.

Основные параметры и размеры	Значение
1 Максимальная расчетная статическая нагрузка от колесной пары на рельсы, кН(тс)	230,5 (23,5)
2 Конструкционная скорость, км/ч	120
3 База тележки, мм	1850
4 Масса одной тележки в сборе, не более, кг	4900
5 Расстояние от уровня головок рельсов до уровня опорной поверхности подпятникового места в свободном состоянии, мм	811
6 Расстояние между продольными осями боковых скользунов, мм	1524
7 Расстояние между продольными осями рессорных комплектов, мм	2036
8 Статический прогиб рессорного подвешивания под максимально допустимой нагрузкой брутто, мм, не более	68
9 Статический прогиб рессорного подвешивания под тарой, мм, не менее (при нагрузке от колесной пары на рельсы 60 кН)	12
10 Коэффициент относительного трения фрикционных гасителей колебаний в рессорном подвешивании: - под максимальной нагрузкой брутто - под тарой	0,08-0,12 0,10-0,16
11 Диаметр подпятникового места не более, мм	304
12 Глубина подпятникового места, мм, не более	30
13 Габарит вписывания по ГОСТ 9238	02-ВМ

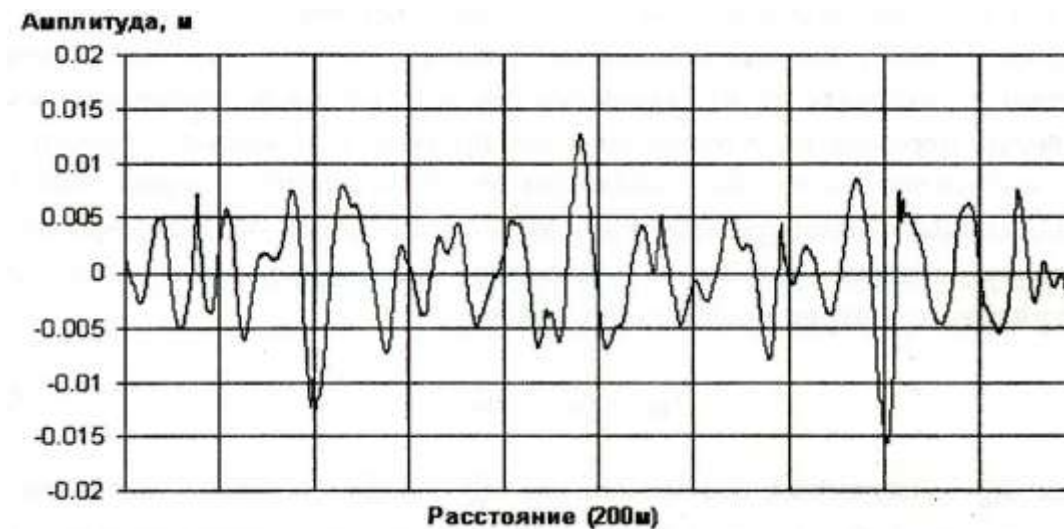


Рисунок 2 - Вертикальные неровности рельсовой нити

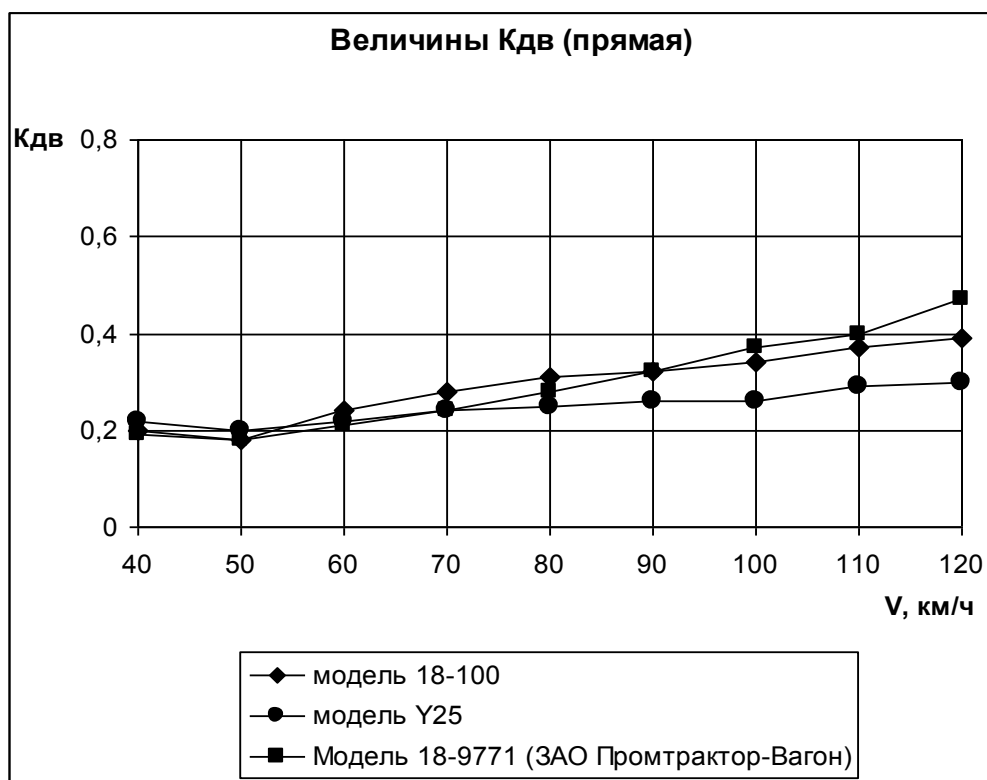


Рисунок 3 - Величины  $K_{дв}$  (прямая)

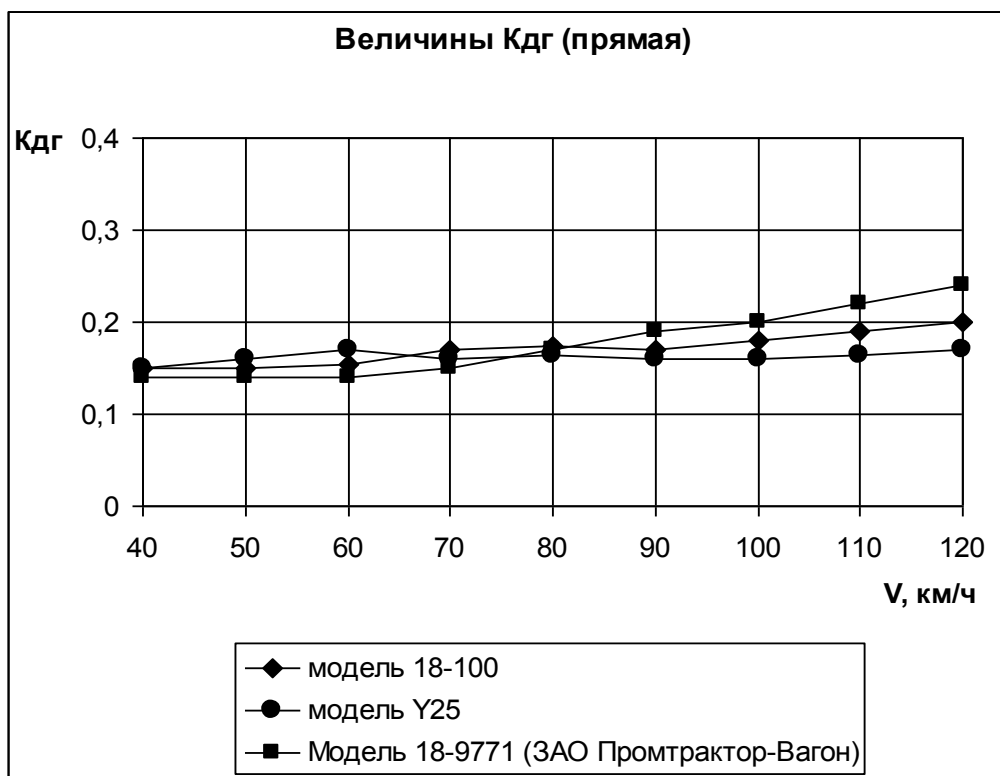


Рисунок 4 - Величины  $K_{дг}$  (прямая)

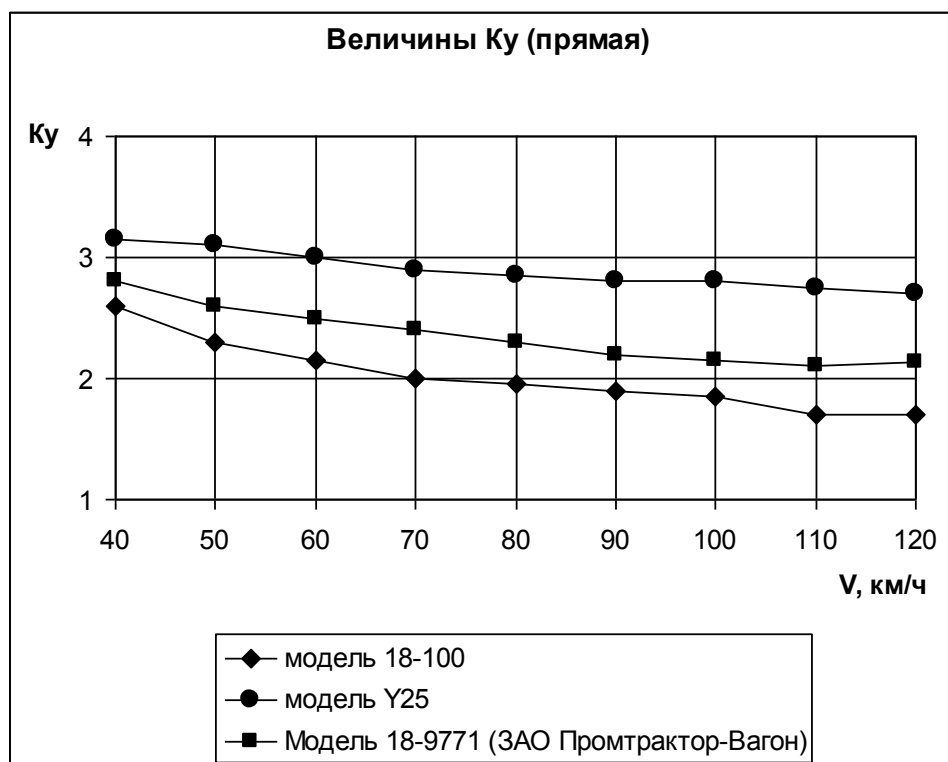


Рисунок 5(а)- Величины  $K_u$  (прямая)

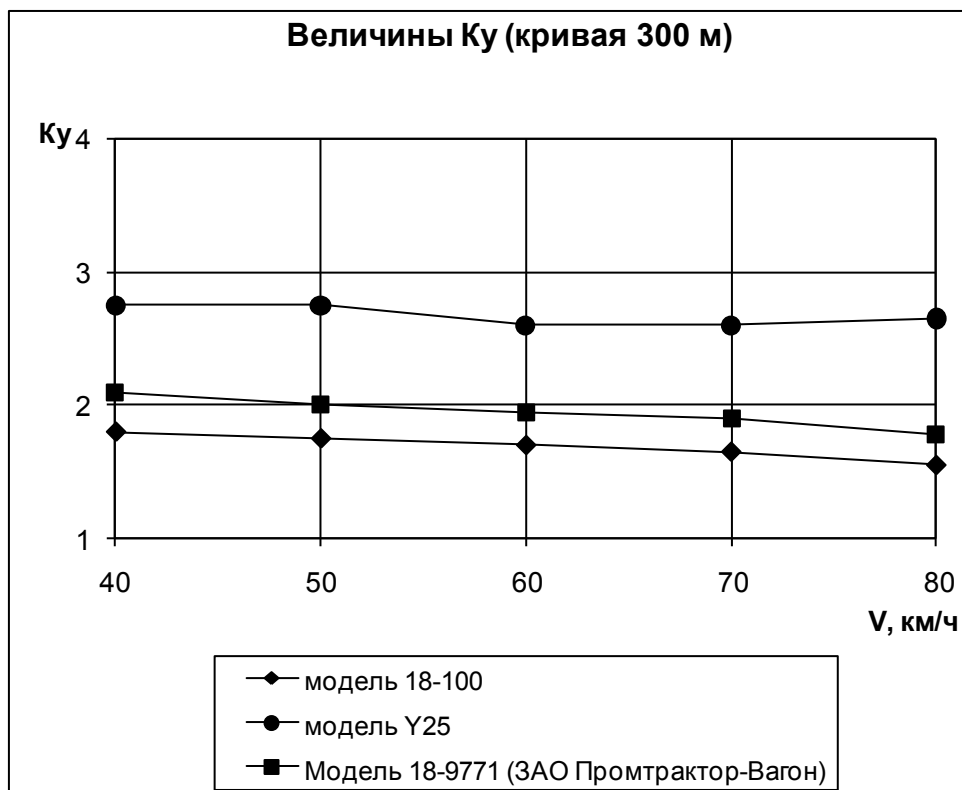


Рисунок 5(б) - Величины  $K_y$  (кривая R = 300 м)

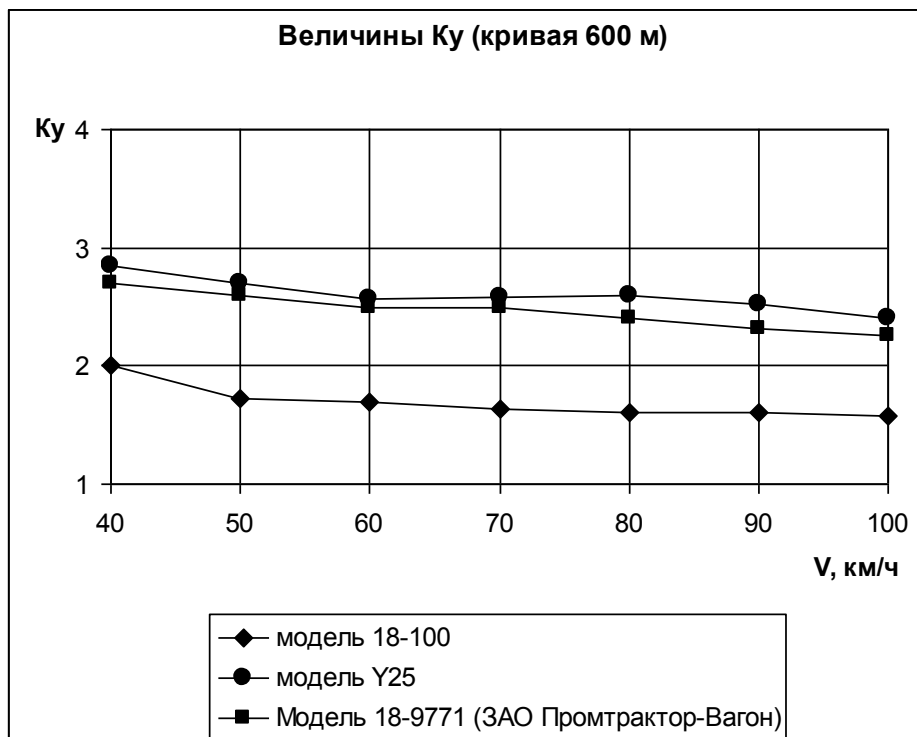


Рисунок 5(в) - Величины  $K_y$  (кривая R = 600 м)

**Выводы.** Анализ результатов теоретических исследований позволяет сделать вывод о том, что для всех моделей тележек величины динамических показателей качества полувагонов  $K_{дв}$ ,  $K_{дг}$  и  $K_y$  отличаются в пределах требований Нормативных документов и не превосходят максимально допустимых значений. Значения коэффициента вертикальной динамики необрессорной части вагона ( $K_{дв}$ ) и коэффициента горизонтальной динамики необрессорной части вагона ( $K_{дг}$ ) для всех трех моделей тележек на прямом участке пути (рис. 3, 4) во всем рассмотренном диапазоне скоростей практически не отличаются между собой. Некоторое превышение значений  $K_{дв}$  и  $K_{дг}$  новой тележки со скорости 90 км/ч (табл. 2) объясняется тем, что она рассчитана на осевую нагрузку 23,5 тс. Необходимо отметить, что для всех участков пути наибольшие в рассмотренном диапазоне скоростей величины  $K_{дв}$  и  $K_{дг}$  не превышают предельно допустимых значений [0,8] и [0,38] соответственно.

Из сравнения величин коэффициента устойчивости от всползания колеса на рельс ( $K_y$ ) на всех участках пути для рассмотренных моделей тележек видно, что  $K_y$  для новой тележки находится (рис. 5, а, б, в) в допускаемых пределах (табл. 2, 3, 4) и удовлетворяет требованиям Норм [2] для грузовых вагонов [1,45].

Аналогичные исследования проводились и для других типов тележек и моделей грузовых вагонов [7].

Таблица 2.- Значения  $K_{дв}$ ,  $K_{дг}$ ,  $K_y$  для различных моделей тележек на прямом участке пути при скорости  $V = 120$  км/ч

Динамические показатели безопасности движения	Тележка модели 18-100	Тележка модели Y25	Тележка модели 18-9771
$K_{дв}$	0,39	0,30	0,37
$K_{дг}$	0,20	0,17	0,24
$K_y$	1,70	2,70	2,15

Таблица 3.- Значения  $K_{дв}$ ,  $K_{дг}$ ,  $K_y$  для различных моделей тележек на кривой радиусом  $R = 300$  м при скорости  $V = 80$  км/ч

Динамические показатели безопасности движения	Тележка модели 18-100	Тележка модели Y25	Тележка модели 18-9771
$K_{дв}$	0,70	0,60	0,52
$K_{дг}$	0,30	0,27	-
$K_y$	1,55	2,65	1,79

В целом проведенные теоретические исследования свидетельствуют о том, что тележка модели 18-9771 по сравнению с тележками моделей



18-100 и Y25 по динамическим показателям является лучше, но в то же время имеется резерв по их улучшению.

Таблица 4 - Значения Кдв, Кдг, Ку для различных моделей тележек  
на кривой радиусом  $R = 600$  м при скорости  $V = 90$  км/ч

Динамические показатели безопасности движения	Тележка модели 18-100	Тележка модели Y25	Тележка модели 18-9771
Кдв	0,44	0,39	0,43
Кдг	0,24	0,19	-
Ку	1,60	2,52	2,41

Анализ величин коэффициентов вертикальной и горизонтальной динамики, коэффициентов устойчивости подтверждает, что скользуны постоянного контакта улучшают ходовые качества грузовых вагонов, снижая нагрузки, передаваемые от подвижного состава на железнодорожное полотно.

Таким образом, полученные результаты наглядно подтверждают не только возможность совершенствования конструктивной схемы тележек грузовых вагонов, но и правильность конструкторских решений, так как динамические показатели вагонов на новой тележке несколько лучше, чем на типовых. При этом есть резервы улучшения динамических характеристик грузовых вагонов на новых тележках за счет выбора рациональных параметров рессорного подвешивания.

### Список литературы

1. Тен А. А., Мямлин С. В. Особенности проектирования тележек грузовых вагонов // Тезисы докладов 70 Междунар. науч. - техн. конф. «Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта». – Днепропетровск: ДНУЖТ. - 2010. - С. 82 – 83.
2. Нормы расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС 1520 мм (несамоходных) и изменения и дополнения. – М.: ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. – 352 с.
3. Вагоны. Конструкция, теория и расчет (под. ред. Шадура Л.А.) [Текст]. М.: Транспорт, 1980 г. – 440 с.
4. Тележка двухосная грузового вагона [Текст]: пат. 88627 Рос. Федерация: МПК В61F 3/02 / Тен А.А.; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество «Промтрактор - Вагон». № 2009128488/22; заявл. 22.07.2009; опубл. 20.11.2009, Бюл. №32. – 3 с.: ил. 1.
5. Мямлин С.В. [Текст] Моделирование динамики рельсовых экипажей. Днепропетровск: «Новая идеология», 2002. – 240 с.
6. Свидетельство о регистрации авторского права на произведение №7305. Компьютерная программа «Dynamics of Rail Vihscles» («DYNRAIL») / Мямлин С.В.; зарегистр. 20.03.2003.
7. Мямлин, С. В. Оценка динамических качеств различных конструкций тележек грузовых вагонов [Текст] / С. В. Мямлин, Л. А. Недужая, Е. А. Письменный, А. И. Яловой // Сб. науч. статей. – СПб.: ПГУПС, 2005. – С. 229 – 235.