

# Особенности эксплуатации грузовых вагонов на железных дорогах Мьянмы



Николай ВОРОНИН  
Nikolai N. VORONIN

Николай ВОРОНИН (млад.)  
Nikolai N. VORONIN (Jr.)



Зин Эй МИН  
Zin Aye MIN

*Воронин Николай Николаевич* – доктор технических наук, профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.  
*Воронин Николай Николаевич (млад.)* – кандидат технических наук, доцент МИИТ, Москва, Россия.  
*Зин Эй Мин* – кандидат технических наук, Янгон, Республика Союз Мьянма.

**Features of Freight Cars Operation within the Railways of Myanmar**  
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 66)

**Возрастающие в период начавшихся в 2011 году серьезных политических и экономических реформ потребности в грузоперевозках потребовали от правительства Мьянмы системных преобразований на транспорте. Приняты долгосрочные программы модернизации железных дорог, укрепления их ресурсной базы, технического оснащения. В рамках ожидаемых перемен авторы статьи анализируют состояние вагонного парка в стране, особенности его эксплуатации. При этом как отдельная характерная проблема рассматривается износ пятникового узла на разных по типу и назначению грузовых вагонах.**

**Ключевые слова:** транспортная система, железная дорога, Мьянма, грузовые вагоны, пятник, подпятник, контактное давление, износ.

Республика Союз Мьянма является древнейшим государством в Юго-Восточной Азии. Его населяют в основном бирманцы (70%). В VIII веке они создали своё государство Паган, а в XVIII веке к нему присоединился еще ряд мелких государств. Мьянма граничит с Индией (1463 км) и Бангладеш (193 км) на западе, Китаем (2185 км) на северо-востоке, Лаосом (235 км) на востоке и Таиландом (1800 км) на юго-востоке. С юга и юго-запада берега страны омываются водами Бенгальского залива и залива Моутам (Мартабан), а также Андаманского моря. Площадь республики, включая прилегающие острова, составляет 676 тыс. км<sup>2</sup>, длина береговой линии – 1930 км.

Эта короткая политгеографическая справка не кажется лишней, когда ставится задача оценить в контексте прошлого и настоящего состояние транспортной системы страны и приоритетную роль в ней железных дорог. Их технический потенциал и перспективы развития.

## ПРЕДПОСЫЛКИ МОДЕРНИЗАЦИИ

Транспорт Мьянмы представлен всеми его видами, к которым относятся: железнодорожный, морской, речной, воздушный и автомобильный.

Начало строительства железных дорог в Бирме (так называлась страна в тот период) относят к 1877 году. Тогда Нижняя Бирма была колонией Великобритании и частью Британской Индии. Открытие железнодорожного сообщения состоялось на линии Рангун—Пром. Эта линия стала первой государственной железной дорогой (Irrawaddy Valley State Railway). Её протяженность составляла 262 км и проходила вдоль реки Иравади. Дорога, строившаяся в течение трёх лет, предназначалась для импортирования товаров из Индии. В 1884 году новая компания (Sittang Valley State Railway) добавила еще 267 км пути вдоль линии из Рангуна в город Тонгу через Пегу. Ветка использовалась для перемещения риса из долины в главный порт Рангун (в настоящее время — Янгон).

При соединении с Верхней Бирмой железную дорогу продлили на 354 км от Тонгу до Мандалая в 1889 году. После этого началось строительство участка от Сигаина до Мьичины со связующей точкой в Мандалае. С открытием трассы в 1891 году непрерывная 1165-километровая линия протянулась от Рангуна в Мьичину. При этом в Сигаине железная дорога подходила к реке Иравади, через которую вагоны переправлялись на пароме. Мост через реку был открыт только в 1934 году с двумя линиями. Одна из них предусматривалась для автомобильного транспорта, а другая — для железнодорожного. Мост оказался разрушен во время Второй мировой войны и восстановлен в 1954 году после объявления независимости Бирмы.

В 1942 году Бирма имела сеть с общей развернутой длиной путей 3313 км, но во время войны японскими оккупационными силами было разобрано 480 км. К концу вооруженного конфликта в эксплуатации находилось всего 1085 км линий, представлявших собой четыре изолированные сети. В 1961 году протяженность пригодных к работе путей достигла 3020 км и оставалась неизменной до октября 1970 года.

Государственные железные дороги Мьянмы в новом уже качестве были созданы 1 апреля 1989 года. К 2000 году протяженность их составила 5068 км, а к концу 2008-го — 5128 км с учетом двухпутного участка Янгон—Мандалай. Особенностью железнодорожной сети остается то, что она связана с портом Янгон и не имеет выхода на такие соседние государства, как Китай, Таиланд и Индия.

Фактором развития железнодорожной инфраструктуры любого государства являются объёмные показатели, характеризующие уровень погрузки и грузооборота не только во внутреннем сообщении, но и международном. Последнее зависит от той внешнеторговой деятельности, которую ведет государство и которая демонстрирует значимость продаваемого национального продукта в мировом разделении труда. Поэтому объёмы экспорта и импорта товара, а также их транзит во многом определяют потребности в развитии транспортного потенциала страны.

Анализ показывает, что внешнеторговый товарооборот в основном обеспечивает железнодорожная система. И существующие здесь взаимозависимости заставили руководство Мьянмы с особым вниманием отнестись к перспективам роста именно этой отрасли. Причем следует подчеркнуть, что рассматривать их пришлось как раз в тот момент, когда в 2011 году были начаты серьезные реформы, предполагающие борьбу с коррупцией, стабилизацию курса национальной валюты, изменения условий налогообложения и порядка использования иностранных инвестиций. То есть переоценка возможностей железных дорог имела фон в целом многообещающий, но одновременно и очень обязывающий для объявленных в интересах страны долгосрочных программ модернизации железнодорожной системы, ее технического переоснащения.

## РЕСУРС ВАГОННОЙ ТЕХНИКИ

Вагонный парк является совокупностью сложных и важных технических средств, обеспечивающих основное назначение железнодорожного транспорта — перевозку пассажиров и грузов для народного хозяйства страны. От параметров, конструкции





Рис. 1. Крытый вагон.



Рис. 2. Полувагон.



Рис. 3. Платформа под лесоматериалы.



Рис. 4. Платформа.

и технического состояния вагонов во многом зависит эффективность и безопасность перевозочной работы. По своему назначению они делятся на две группы – пассажирские и грузовые [4].

Грузовые вагоны в зависимости от вида перевозимых грузов подразделяются на следующие типы: цистерны, полувагоны, крытые, платформы, хопперы, думпкары, рефрижераторы и т.п.

Крытые вагоны на железных дорогах Мьянмы (рис. 1) предназначены для перевозки зерновых и прочих сыпучих грузов, нуждающихся в защите от атмосферных осадков, а также транспортировки тарно-упаковочных и высокоценных грузов. Вагон имеет закрытый кузов, обычно оборудованный дверями и люками.

Полувагоны (рис. 2) рассчитаны на перевозки навалочных грузов (руда, уголь, флюсы, лесоматериалы и т.п.), контейнеров, различных машин и др. Вагон такого типа имеет открытый сверху кузов, часто оборудованный разгрузочными люками, а иногда и дверями.

Платформы на железных дорогах используются для перевозки длинных и громоздких грузов: к ним относятся лесоматериалы, прокат, строительные материалы и полуфабрикаты, контейнеры, автомаши-

ны и т.д. (рис. 3 и 4). Многие из платформ имеют настил пола на раме и откидные борта.

Цистерны (рис. 5) перевозят жидкие и газообразные грузы: нефть, керосин, бензин, масла, кислоты, сжиженные газы и т.п. Кузовом такого вагона является котёл.

Вагоны специального назначения предназначены для грузов, требующих особых условий перевозки. К этой группе относятся определенные типы цистерн для кислот, газов и прочих специфических грузов, вагоны-хопперы для зерна, минеральных удобрений и схожих с ними наполнителей (рис. 6), а также вагоны для технических нужд железных дорог (вагоны-мастерские, вагоны восстановительных и пожарных поездов и др.)

Доля 4-осных вагонов всех типов составляет 76,6%, в том числе универсальных – 58%. Доля 2-осных универсальных вагонов не превышает 38%, а всех специализированных – 34,2% [5].

При эксплуатации вагонной техники возникают различные статические и динамические повреждения деталей подвижного состава. Значительную долю в общем числе отказов занимают повреждения ходовых частей: рамы тележек, колёсных пар, деталей шкворневого узла. Статистический



Рис. 5. Цистерна для перевозки бензина.



Рис. 6. Вагон-хopper.

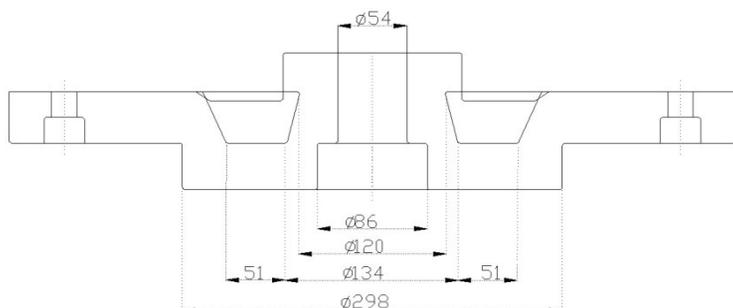


Рис. 7. Пятник.

анализ показал, что отказы ходовых частей и пятникового узла на втором месте после отказов кузова, поскольку пятниковые узлы подвергаются ударным, вибрационным и статическим воздействиям, часто превышающим проектные нагрузки, работают практически без смазывания, в сильно запыленной, а иногда и абразивной среде при повышенной влажности и температуре [6].

### АНАЛИЗ ИЗНОСОВ В ПЯТНИКОВЫХ УЗЛАХ

С точки зрения продления ресурса вагонной техники проблема износа поверхностей пятниковых узлов приобрела особую актуальность для железных дорог Мьянмы.

Тележки грузовых вагонов имеют различные конструктивные варианты пятникового узла. Обычно применяются узлы с диаметрами пятника 298 мм и подпятника – 305 мм. Схема пятника приведена на рис. 7, а подпятника – на рис. 8 [5, 7].

Для оценки и анализа износов в пятниковых узлах использовался разработанный и апробированный расчётный метод [8-10]. При расчётной оценке ресурса узла учитывались параметры вагонов, величина пробега, механические характеристики материалов пятника и подпятника, а также характеристика

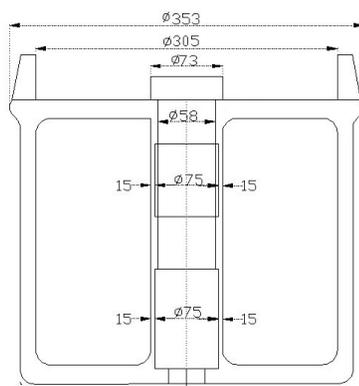


Рис. 8. Подпятник.

пути, масса брутто вагона и ряд других факторов, существенных применительно к условиям Мьянмы.

В анализе было представлено несколько типов вагонов, основные характеристики которых приведены в таблице 1 [5, 7]. Их выбор базировался на различии данных по геометрическим размерам и грузоподъёмности.

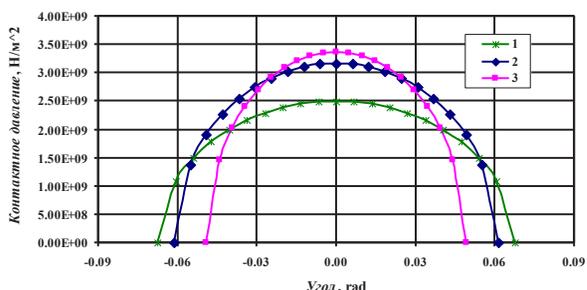
С помощью разработанной программы [9, 10] проведены численные эксперименты по поводу влияния эксплуатационных данных и характеристик железнодорожных вагонов на износ опорных и цилиндрических поверхностей с учётом изменения величины контактных давлений.



## Характеристики грузовых вагонов Мьянмы

№ п/п	Тип вагона	Модель	База, мм	Грузоподъёмность, т	Тара, т
1	Bogie covered high speed bogie wagon (крытый вагон)	GBHV	7800	33	15
2	Bogie open wagon (полувагон)	SMBV	7500	35	13
3	Bogie longer container flat wagon (платформа)	WBCXHV	8391	31	15
4	Bogie L.P.G. tank wagon (цистерна)	TBOHV	7772	30	15
5	Bogie open rapid discharge hopper wagon (вагон-хopper)	MBDHV	7000	31,5	18,5

**Рис. 9. Контактное давление цилиндрических поверхностей в пятниковом узле в зависимости от различных диаметров пятника и подпятника.**



Под влиянием значительных давлений и взаимного перемещения контактирующих поверхностей происходит изменение их размеров, формы, массы и состояния поверхности пятника и подпятника вследствие разрушения (изнашивания) поверхностного слоя при трении, а следовательно, значение износа напрямую зависит от условий эксплуатации вагона и свойств применяемых материалов при изготовлении и ремонте.

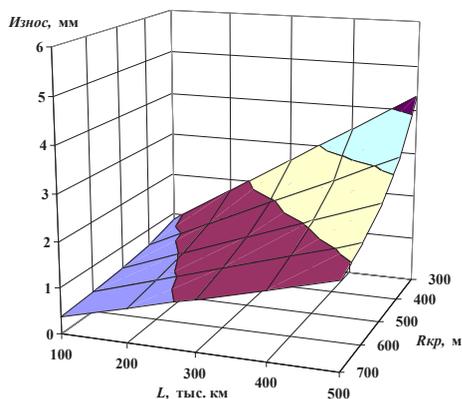
Одним из важнейших факторов, определяющих износы поверхностей пары трения, является величина контактных

давлений. На цилиндрических поверхностях контактные давления распределяются неравномерно. В зоне сопряжения цилиндрические поверхности пятниковых узлов могут иметь различные диаметры из-за возможных допусков при изготовлении.

Для пятникового узла грузовых вагонов чертёжный размер диаметра пятника равен  $298(\pm 1)$  мм, то есть его размер может изменяться в пределах 2,0 мм, а внутренний диаметр подпятника —  $305(\pm 1)$  мм. Поэтому для такого пятникового узла зазор между пятником и подпятником может колебаться у разных вагонов от 5 до 9,35 мм.

Для цилиндрической поверхности пятникового узла крытого вагона модели GBHV, получившего наибольшее распространение на железных дорогах Мьянмы, был проведён анализ распределения контактных давлений в зависимости от начальных размеров пятника и подпятника. На рис. 9 показаны распределения контактных давлений на цилиндрических поверхностях для минимальных допусков пятника и подпятника при изготовлении пятникового узла (кривая 1), номинальных значений их диаметров (кривая 2), а также для максимальных допусков при их изготовлении (кривая 3).

Из рис. 9 видно, что при увеличении до максимального зазора между пятни-



**Рис. 10. Изменение износа опорной поверхности в пятниковом узле крытого вагона модели GBHV в зависимости от радиуса кривых пути и пробега.**

Максимальные износы вагонов Мьянмы

Модель вагона	Опорная поверхность		Цилиндрическая поверхность	
	Износ максимальный, мм	В процентах от крытого вагона GBHV, %	Износ максимальный, мм	В процентах от крытого вагона GBHV, %
GBHV	4,32	100	4,1	100
SMBV	4,15	96	3,44	84
WBCXHV	4,31	99	4,48	109
TBOHV	3,85	89	4,15	101
MBDHV	4,16	97	3,1	76

ком и подпятником протяжённость зоны контакта уменьшается, но при этом максимальное давление увеличивается. Когда размеры диаметров пятника и подпятника приближаются к минимальным значениям, зона контакта расширяется, а максимальное контактное давление понижается.

В [8-10] показано, что на рабочих поверхностях пятниковых узлов в процессе работы износы происходят неравномерно и зависят от ряда факторов. На рис. 10 приведено изменение износов на опорных поверхностях пятниковых узлов крытого вагона модели GBHV в зависимости от радиуса кривых пути и величины пробега. Предполагается, что вагон на всем пути его

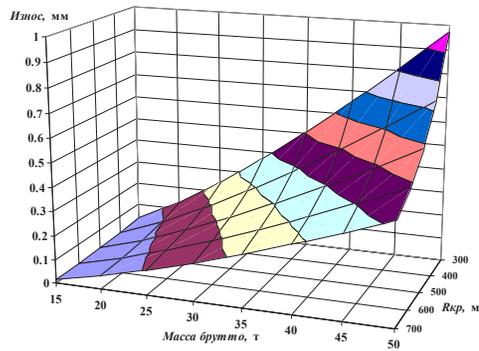


Рис. 11. Изменение износа опорной поверхности в пятниковом узле крытого вагона модели GBHV в зависимости от радиуса кривых пути и веса вагона.

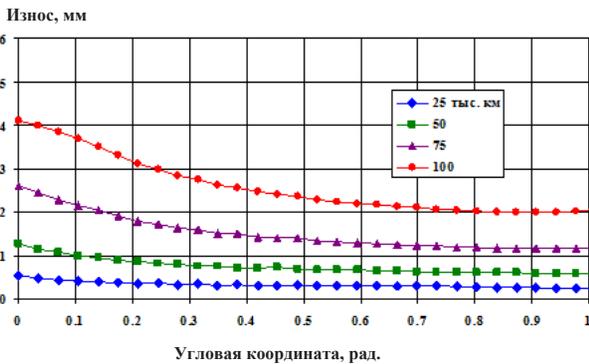


Рис. 12. Изменение износа цилиндрической поверхности в пятниковом узле крытого вагона модели GBHV в зависимости от пробега.

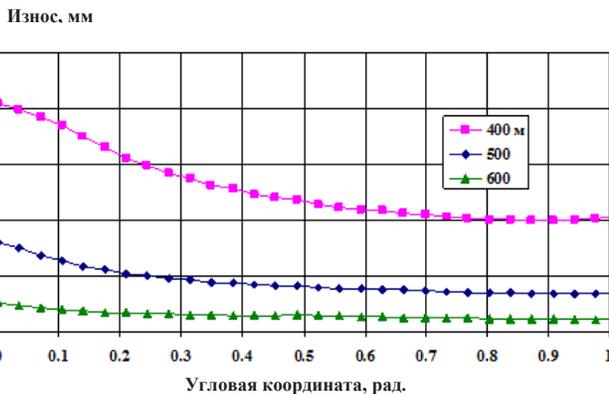
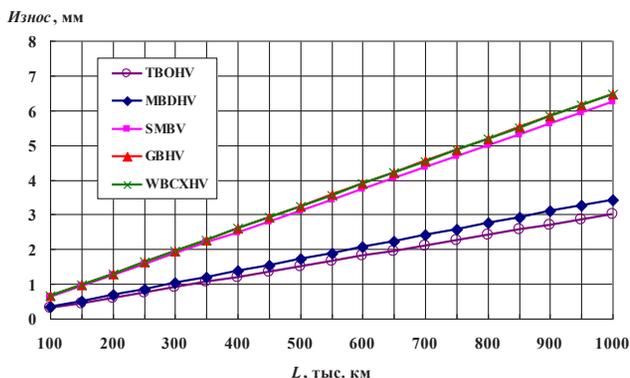


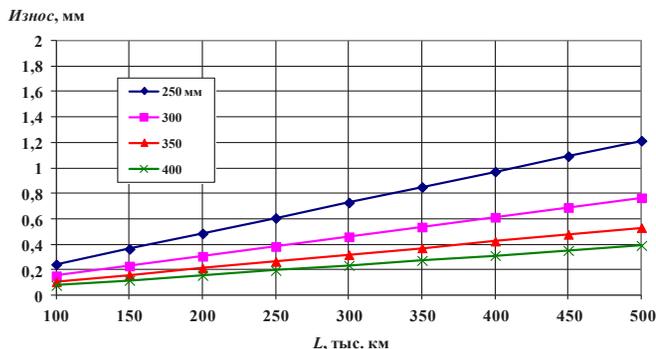
Рис. 13. Изменение износа цилиндрической поверхности в пятниковом узле крытого вагона модели GBHV в зависимости от радиуса кривых пути.



**Рис. 14. Определение износов пятниковых узлов различных грузовых вагонов на железных дорогах Мьянмы.**



**Рис. 15. Изменение износов в зависимости от различных диаметров пятника и подпятника.**



движения имеет максимальную загрузку, соответствующую данным таблицы 1.

Из приведённого распределения на рис. 10 следует, что в зависимости от характеристики пути, его радиусов кривых износ может меняться в несколько раз. Так, например, при пробеге 500 тыс. км по пути с радиусами кривых 700 и 300 м он увеличивается с 1,85 до 4,32 мм. Поэтому, назначая межремонтные промежутки пятниковых узлов, необходимо учитывать участки пути, на которых данный вагон эксплуатируется. А также его загруженность, вид перевозимого груза. На рис. 11 для рассматриваемого вагона приведено изменение износа опорной поверхности в пятниковом узле в зависимости от его загруженности для пробега 100 тыс. км.

На рис. 12 показано распределение износов на цилиндрических поверхностях пятниковых узлов в зависимости от величины пробега. В продольном направлении износ больше, чем в поперечном, что связано с направлением тянущего усилия, действующего на вагон. На железных дорогах Мьянмы имеется большое количество кривых с малым радиусом, поэтому при расчёте принималось их среднее значение 400 м.

В реальных условиях на пути следования вагонов встречаются различные радиусы кривых, и их влияние на конструкцию крытого вагона типа GBHV показано на рис. 13. Из него следует, что с увеличением радиуса кривой пути происходит уменьшение износа цилиндрических поверхностей пятниковых узлов.

Для всех приведенных в таблице 1 вагонов были проведены аналогичные численные эксперименты, которые показали, что износы на опорных поверхностях зависят от радиусов кривых пути, пробега вагона и их грузоподъёмности. Полученные данные свидетельствуют: при увеличении пробега и массы брутто вагона, а также уменьшении радиуса кривых пути наблюдается повышение износов. Характер распределения износов для всех типов вагонов сохраняется, но численные значения различаются до 25%. Максимальные значения износов приведены в таблице 2.

Результаты износов на цилиндрических поверхностях всех исследованных вагонов показали, что при уменьшении величины пробега и увеличении радиуса кривой участка пути износ в пятниковом узле имеет меньшую величину. При изменении угла поворота износ меняется нелинейно.

Для разных типов вагонов износы пятниковых узлов зависят от их базы и массы брутто. На основании полученных данных можно построить номограммы, помогающие определить ресурс любого вагона, эксплуатирующегося на конкретном участке пути или на всей сети железных дорог Мьянмы. Впрочем, как и ресурс работы пятниковых узлов (рис. 14).

На рис. 14 видно, что максимальный износ фиксируется в пятниковых узлах, расположенных под крытым вагоном модели GBHV. Это связано с тем, что у него большая масса брутто и база. Цистерна для перевозки нефтепродуктов модели ТВОНУ имеет наименьшую среди рассмотренных вагонов величину износа в пятниковых узлах, поскольку при проведении расчётов учитывалось, что она в одну сторону идет гружёная, а в обратном направлении — порожняком.

Полученные данные позволяют обоснованно назначать контрольные замеры износов элементов пятниковых узлов для разных типов вагонов.

С целью вычисления возможных конструктивных изменений в пятниковых узлах для специальных вагонов было проведено исследование износов в зависимости от различных диаметров пятника и подпятника. Расчёт касался пятниковых узлов диаметром от 250 до 400 мм при среднем радиусе кривых пути 400 м (рис. 15). Выяснилось, что при уменьшении диаметра до 250 мм износ повышается более интенсивно, чем происходит его снижение при увеличении диаметра до 400 мм.

## ВЫВОДЫ

1. Реформы, начавшиеся в 2011 году в Республике Союз Мьянма, предусматривали ускоренное развитие транспорта, в первую очередь железнодорожного. Разработана долгосрочная программа модернизации железнодорожной системы.

2. Увеличение объёмов перевозок предполагает повышение качества железнодорожной техники, что обеспечивается современным техническим обслуживанием и ремонтом, поэтому необходимо знать

точные сроки замены или восстановления изношенных узлов и деталей.

3. Проведённый анализ грузового вагонного парка Мьянмы показал, что в зависимости от вида перевозимого груза используются разные типы вагонов, имеющих отличия по массе брутто и геометрическим размерам, поэтому при движении в кривых разного радиуса опорные и цилиндрические поверхности их пятниковых узлов изнашиваются неодинаково.

4. Численные эксперименты позволили выявить, что на ресурс работы пятникового узла большое влияние оказывают база, вес брутто вагона, а также условия эксплуатации — наличие кривых малых радиусов, вызывающих поворот пятника относительно подпятника на больший угол. Установлено, что для разных вагонов ресурс работы пятникового узла может различаться в 2,5 раза при движении по одному и тому же участку железнодорожного пути.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Myanmar Ministry of Agriculture and Irrigation [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.moai.gov.mm/>. Доступ 16.09.2015.
2. Myanmar Ministry of Commerce [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.commerce.gov.mm/>. Доступ 16.09.2015.
3. Myanmar Ministry of Mines [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.mining.gov.mm/>. Доступ 16.09.2015.
4. Вагоны: конструкция, теория и расчёт / Под ред. Л. А. Шадура. — М.: Транспорт, 1980. — 439 с.
5. Myanmar Railways [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://myanmarrailways1877.com/>. Доступ 16.09.2015.
6. Воронин Н. Н., Саврухин А. В., Павлов В. Г. и др. Расчётная оценка трибологических характеристик конструкционных материалов тяжёлонагруженных узлов трения грузовых вагонов // Проблемы машиностроения и надёжности машин. — 1998. — № 2. — С. 66–71.
7. Myanmar Ministry of Rail Transportation [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.ministryofrailtransportation.com/>. Доступ 16.09.2015.
8. Воронин Н. Н., Воронин Н. Н., Зин Эй Мин. Износы в пятниковых узлах цистерн // Мир транспорта. — 2013. — № 1. — С. 30–35.
9. Воронин Н. Н., Воронин Н. Н., Зин Эй Мин. Контактные давления на цилиндрических поверхностях пятникового узла // Мир транспорта. — 2014. — № 1. — С. 58–63.
10. Воронин Н. Н., Воронин Н. Н., Зин Эй Мин. Приработка цилиндрических поверхностей пятниковых узлов вагонов // Мир транспорта. — 2014. — № 3. — С. 14–17. ●

Координаты авторов: **Воронин Н. Н.** – profvnn@mail.ru, **Воронин Н. Н.** (млад.) – vnn2@mail.ru, **Зин Эй Мин** – zinmin@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 4.06.2015, принята к публикации 5.09.2015.



## FEATURES OF FREIGHT CARS OPERATION WITHIN THE RAILWAYS OF MYANMAR

**Voronin, Nikolai N.**, Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

**Voronin, Nikolai N. (Jr.)**, Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

**Zin Aye Min**, Yangon, the Republic of the Union of Myanmar.

### ABSTRACT

Needs for freight transportation, which increased in the period of serious political and economic reforms, which began in 2011, demanded from the government of Myanmar to carry out systemic changes in transport sector. Long-term programs of railways' modernization, strengthening of their re-

source base and technical equipment were taken. Within the expected changes the authors analyze the condition of country's rolling stock fleet, features of its use. At the same time as a separate characteristic problem wear of center plate arrangement depending is considered regarding different types of freight cars.

*Keywords:* transport system, railway, Myanmar, freight cars, center plate, center pad, contact pressure, wear.

**Background.** Republic of the Union of Myanmar is the oldest state in Southeast Asia. It is inhabited mainly by Burmese (70%). In VIII century, they created their own state Pagan, and in XVIII century it was joined by a number of small states. Myanmar is bordered by India (1463 km) and Bangladesh (193 km) to the west, China (2185 km) to the north-east, Laos (235 km) to the east and Thailand (1800 km) to the southeast. From the south and south-west coast of the country is bounded by the Bay of Bengal and Gulf of Martaban Gulf (Martaban) and the Andaman Sea. Republic's square, including adjacent islands, is 676 th. km<sup>2</sup>, the length of coast-line is 1930 km.

This short politic and geographic reference does not seem superfluous when the task is to assess in the context of past and present state of the country's transport system and a primary role of railways in it, their technical potential and development prospects.

**Objective.** The objective of the authors is to consider features of freight cars operation on the railways of Myanmar.

**Methods.** The authors use general engineering methods, comparative analysis, evaluation approach.

### Results.

#### Modernization background

Transport of Myanmar is presented by all modes, which include: rail, sea, river, air and road.

Start of construction of railways in Burma (the title of the country in that period) is referred to 1877. Then Lower Burma was a British colony and a part of British India. The opening of rail traffic was held on the line Rangoon– Prohm. This line became the first state railway (Irrawaddy Valley State Railway). Its length was 262 km and it ran along the Irrawaddy River. The road, built over three years, was intended to import goods from India. In 1884, a new company (Sittang Valley State Railway) added another 267 km along the line from Rangoon to the city of Tonga through Pegu. The branch was used to move rice from the valley to the main port of Rangoon (now – Yangon).

Once connected to the Upper Burma railway was extended to 354 km from Tonga to Mandalay in 1889. Afterwards began the construction of the section from Sigaine to Myitk Yina with tie points in Mandalay. With the opening of the route in 1891, a continuous 1165 km line was stretching from Yangon to Myitk Yina. In Sigaine railway came close to the Irrawaddy River, through which cars were transported by ferries. River bridge was opened only in 1934 with two lines. One of them was designed for road transport, and the other – for the rail. The bridge had been destroyed

during the Second World War and was rebuilt in 1954 after the declaration of independence of Burma.

In 1942, Burma had a network with total length of tracks of 3313 km, but in time of war 480 km of tracks were demolished by the Japanese occupying forces. By the end of armed conflict only 1085 km of lines were in operation, which consisted of four isolated networks. In 1961, the length of tracks suitable for operation reached 3020 km and remained unchanged until October 1970.

State Railways of Myanmar with new functions were established on April 1, 1989. By 2000, their length was of 5068 km, and by the end of 2008 – of 5128 km with account of double-track of the section Yangon–Mandalay. A feature of the railway network is that it is connected with the Yangon port and does not have an access to such neighboring countries as China, Thailand and India.

Factor for the development of railway infrastructure of any country is multi-dimensional indices, characterizing the amount of loading and cargo turnover not only in domestic traffic, but also in the international. The latter depends on the kind of foreign trade of the State that demonstrates the importance of the national product sold in the global markets. Therefore, the volume of exports and imports of goods and their transit are largely determined by the development needs of the country's transport potential.

The analysis shows that the foreign trade turnover is mainly provided by railway system. And here the existing interdependence led the Myanmar leadership to pay special attention to the prospects for growth of this particular sector. Moreover, it should be emphasized that they had been considered at the very moment when in 2011 reforms were initiated, involving the fight against corruption, the stabilization of national currency, changes in taxation terms and procedure for the use of foreign investment. That is, the re-evaluation of opportunities of railways had a background as a whole promising, but at the same time very obliging for long-term program of modernization of the railway system, its technical re-equipment declared for the country's benefit.

#### Resource of car technology

The car fleet is a set of complex and important technical means, ensuring basic purpose of railways that is transportation of passengers and cargo for the national economy. Parameters, design and technical condition of cars affect largely efficiency and safety of transport operations. According to the



**Pic. 1. Covered car.**



**Pic. 2. Gondola car.**



**Pic. 3. Platform for timber.**



**Pic. 4. Platform.**



**Pic. 5. Tank to transport gasoline.**



**Pic. 6. Hopper-car.**

purpose they are divided into two groups – passenger and freight [4].

Freight cars depending on the type of transported goods are classified into following types: tanks, gondola cars, covered, platforms, hoppers, dumping cars, refrigerators, etc.

Covered cars on railways of Myanmar (Pic. 1) are designed for transportation of grain and other bulk cargo, requiring protection against atmospheric precipitation, as well as transportation of non-bulk packaged and high-value goods. The car has a closed body, usually equipped with doors and apertures.

Gondola cars (Pic. 2) are designed for transportation of bulk cargoes (ore, coal, fluxes, timber, etc.), containers, various machines etc. This type of car has a body open from above, often equipped with unloading gates and sometimes doors.

Platforms on railways are used to transport long and bulky goods: they include timber, rolled products, building materials and semi-finished products, containers, cars, etc. (Pic. 3 and 4). Many of the platforms have flooring on the frame and drop side planking.

Tanks (Pic. 5) transport liquid and gaseous cargoes: oil, kerosene, gasoline, oil, acids, liquefied gases, etc. A body of such a car is a boiler.

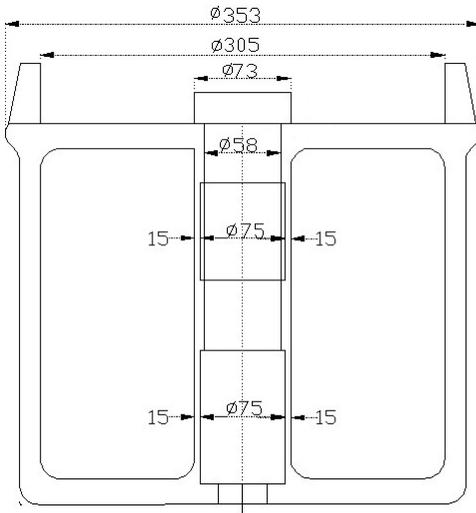
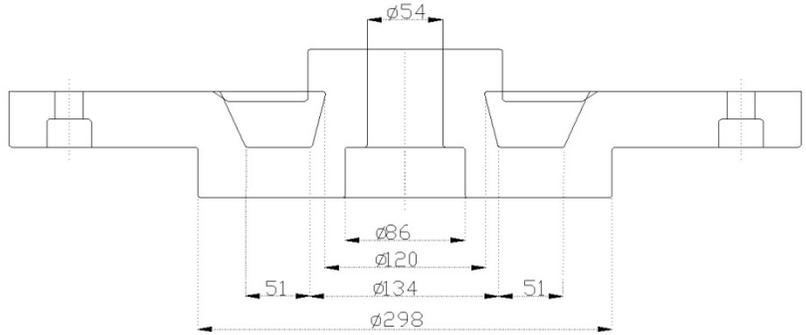
The specialized cars are designed for cargoes requiring special conditions of transportation. This group includes certain types of tanks for acids, gases and other specific goods, hopper cars for grain, fertilizer and fillers similar to them (Pic. 6), as well as cars for technical needs of railways (repair cars, cars of emergency and fire trains, etc.).

Ratio of 4-axle cars of all types is 76,6%, including universal – 58%. The proportion of 2-axis universal cars does not exceed 38%, and all specialized – 34,2% [5].

When operating car technology there are various static and dynamic damages to parts of the rolling stock. A significant proportion of the total number of failures is damages to running gear: bogie frames, wheel sets, parts of pivoted assembly. Statistical analysis showed that the failures of running gears and center plate arrangements are in the second place after the failure of the body, as center plate arrangements are subject to shock, vibration and static effects, often exceeding design loads, operate with



**Pic. 7. Center plate.**



**Pic. 8. Center pad.**

virtually no lubrication in very dusty and sometimes abrasive medium at elevated humidity and temperature [6].

Analysis of the wear in center plate arrangements

In terms of life extension of car techniques the problem of wear of surfaces of center plate arrangements acquired special importance for railways of Myanmar.

Bogies for freight cars have different design options of center plate arrangements. Arrangements are commonly used with center plate's diameter of 298 mm and center pad's diameter of 305 mm. Center plate scheme is shown in Pic. 7, and center pad scheme – Pic. 8 [5, 7].

To evaluate and analyze wear in center plate arrangements the developed and tested calculation method was used [8-10]. Calculated estimate of resource of center plate arrangement took into account the parameters of operated cars, mileage, mechanical properties of materials of center plates and center pads, as well as characteristics of track, gross weight of the car and a number of other factors that are essential for the conditions of Myanmar.

The analysis resulted in several types of cars, the main characteristics of which are given in Table 1 [5, 7]. Their selection was based on the difference in data on geometric dimensions and load capacity.

With the developed program [9, 10] numerical experiments were conducted regarding the impact of operational data and characteristics of railcars on wear of bearing and cylindrical surfaces, taking into account changes in the value of contact pressure.

Under the influence of significant pressures and relative movement of contacting surfaces a change occurs in their size, shape, weight and condition of the surface of center plate and center pad due to destruction (wear) of the surface layer in friction and hence wear value depends on the operating conditions of the car and the properties of the materials used in the manufacture and repair.

One of the most important factors determining the wear of friction pair is the value of the contact pressure. On cylindrical surfaces contact pressure is unevenly distributed. In the junction cylindrical surfaces of center plate arrangements may have different diameters due to possible manufacturing tolerances.

For center plate arrangements of freight cars the size of the diameter of center plate is  $298 (\pm 1)$  mm, that is, its size can vary within 2,0 mm and an inner diameter of the center pad is  $305 (\pm 1)$  mm. Therefore, for such a center plate arrangement the gap between center plate and center pad may vary for different cars from 5 to 9,35 mm.

For cylindrical surface of center plate arrangement of covered car model GBHV, most prevalent on the railways of Myanmar, an analysis was conducted on the distribution of contact pressures depending on the initial size of center plate and center pad. Pic. 9 shows distribution of contact pressure on cylindrical surfaces for minimum tolerances of center plate and center pad in the manufacture of center plate arrangement (curve 1), nominal values of their diameters (curve 2), and for maximum tolerances in their manufacture (curve 3).

Pic. 9 shows that in the increase to the maximum clearance between center plate and center pad the contact zone decreases but the maximum pressure increases. Diameters of center plate and center pad approach minimum values, contact area expands, maximum contact pressure reduces.

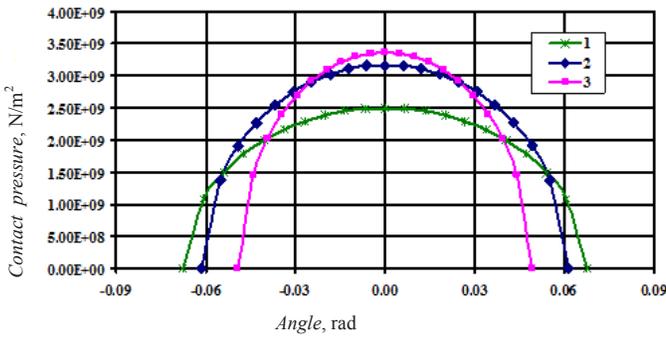
In [8-10] it is shown, that on working surfaces of center plate arrangements during operation uneven wear is observed, which depends on several factors. Pic. 10 shows the change of wear on bearing surfaces of center plate arrangements of a covered car model GBHV depending on the radius of track's curves and the amount of mileage. It is assumed that the car throughout its motion has a maximum load corresponding to the data in Table 1.

From these distributions in Pic. 10 it follows that, depending on the characteristics of the track, the radius of curves wear may vary by several times. For example, when the mileage is 500 th. km on track with radii of curves 700 and 300 m it increases from 1,85 to 4,32 mm. Therefore, assigning intervals between repairs of center plate arrangements it is necessary to take into account sections of the track on which the train is operated, as well as its load, type of cargo

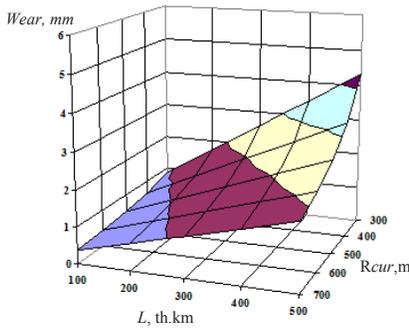
Table 1

Features of freight cars of Myanmar

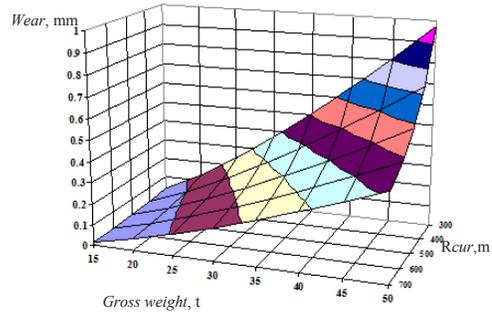
No	Type of car	Model	Base, mm	Bearing capacity, t	Dead weight, t
1	Bogie covered high speed bogie wagon (covered car)	GBHV	7800	33	15
2	Bogie open wagon (gondola car)	SMBV	7500	35	13
3	Bogie longer container flat wagon (platform)	WBCXHV	8391	31	15
4	Bogie L.P.G. tank wagon (tank)	TBOHV	7772	30	15
5	Bogie open rapid discharge hopper wagon (hopper-car)	MBDHV	7000	31.5	18.5



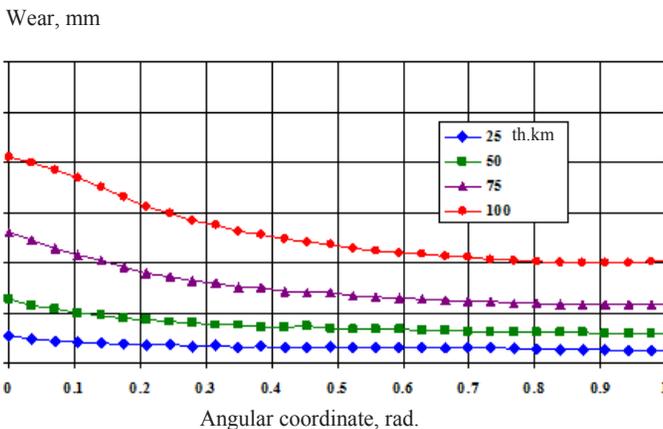
Pic. 9. Contact pressure of cylindrical surfaces in center plate arrangement depending on different diameters of center plate and center pad.



Pic. 10. Change in wear of bearing surface in center plate arrangement of a covered car model GBHV depending on radii of curves and mileage.



Pic. 11. Change in wear of bearing surface of center plate arrangement of a covered car model GBHV depending on radii of curves and car weight.



Pic. 12. Change in wear of cylindrical surface in center plate arrangement of a covered car model GBHV depending on mileage.

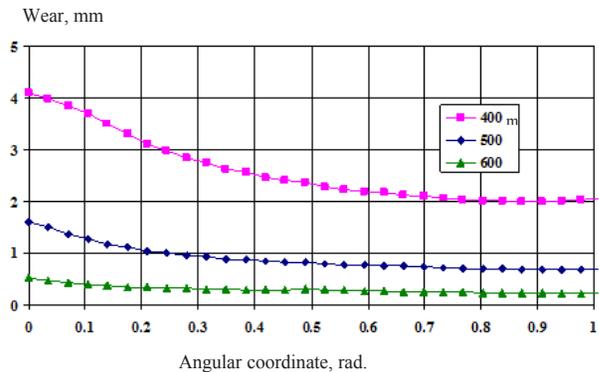




Maximum wear of cars of Myanmar

Car model	Bearing surface		Cylindrical surface	
	Maximum wear, mm	In percentage to covered car GBHV, %	Maximum wear, mm	In percentage to covered car GBHV, %
GBHV	4.32	100	4.1	100
SMBV	4.15	96	3.44	84
WBCXHV	4.31	99	4.48	109
TBOHV	3.85	89	4.15	101
MBDHV	4.16	97	3.1	76

**Pic. 13. Change in wear of cylindrical surface in center plate arrangement of a covered car model GBHV depending on the radii of curves.**



transported. Pic. 11 shows the change in wear in the bearing surface of center plate arrangement of the car under consideration depending on its load for the mileage of 100 th. km.

Pic. 12 shows the distribution of wear on cylindrical surfaces of center plate arrangements depending on the mileage. In the longitudinal direction wear is greater than in the transverse due to the direction of pulling force acting on the car. The railways of Myanmar have a large number of curves with a small radius, in calculation their average value of 400 m was taken.

In real conditions en route of cars there are different curve radii, and their influence on the design of the car type GBHV is shown in Pic. 13. It follows that when the radius of the curve of the track increases, wear of cylindrical surfaces of center plate arrangements decreases.

For all cars of Table 1 similar numerical experiments were carried out that have shown that wear on bearing surfaces depends on the radii of curves, the car's mileage and their bearing capacity. The findings prove: with increasing mileage and the gross weight of the car, as well as decreasing radii of curves there is an increased wear. The distribution pattern of wear for all types of cars maintains, but numerical values vary up to 25%. The maximum wear values are shown in Table 2.

Wear on cylindrical surfaces of all considered cars have shown that in a decrease in the value of mileage and increase in the radius of the curve in the track wear in center plate arrangement has less value. If the angle of rotation changes, the wear varies nonlinearly.

For different types of cars wear of center plate arrangements depends on their base and gross weight. Based on these data we can construct nomograms to help identify resource of any car, operated on a particular section of the track, or on the entire railway network in Myanmar. However, the same can

be stated for service life of center plate arrangements (Pic. 14).

Pic. 14 shows the maximum wear is fixed in center plate arrangements located under the covered car model GBHV. This is due to the fact that it has a large gross weight and base. Tank for transportation of oil products model TBOHV has the least value of wear in center plate arrangements out of considered cars because during the calculations it was taken into account that in one direction it is laden, and in the opposite direction it is empty.

These data allow to reasonably assigning control measurements of wear of elements of center plate arrangements for different types of cars.

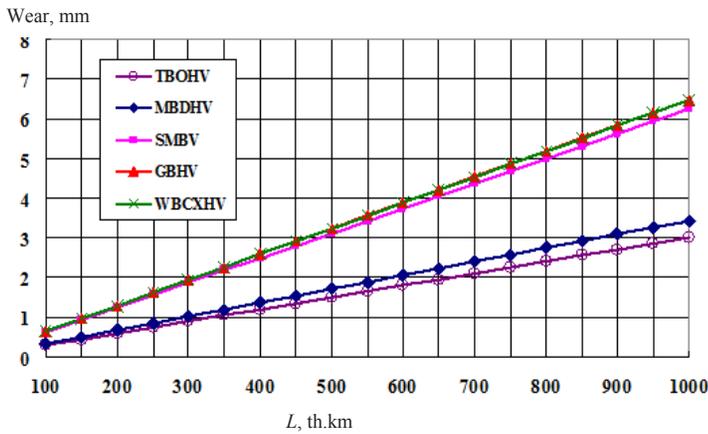
In order to calculate possible structural changes in center plate arrangements for special cars wear was studied depending on various diameters of center plate and center pad. Calculation concerned center plate arrangement with the diameter from 250 to 400 mm, the mean radius of curves was 400 m (Pic. 15). It was found out that with decreasing diameter up to 250 mm wear increases more rapidly than its decrease occurs with increase in its diameter up to 400 mm.

**Conclusions.**

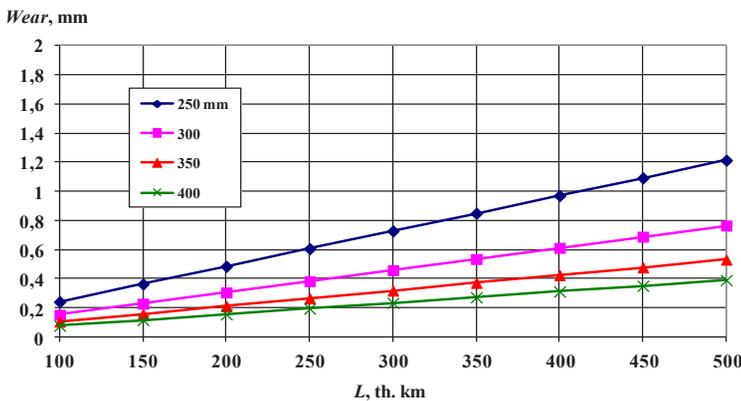
1. The reforms that began in 2011 in the Republic of the Union of Myanmar provided for accelerated development of transport, particularly railways. Long-term program of modernization of the railway system was elaborated.

2. Increase in traffic involves improving the quality of railway equipment that is provided by timely maintenance and repair, so it is necessary to know the exact terms of replacement or repair of worn parts and components.

3. The analysis of freight car fleet in Myanmar showed that depending on the type of cargo different types of cars are used, with the difference of gross weight and dimensions, so when driving in curves with different radii bearing and cylindrical surfaces of center plate arrangements wear unevenly.



Pic. 14. Determination of wear of center plate arrangements of different freight cars on railways of Myanmar.



Pic. 15. Change in wear depending on various diameter of center plate and center pad.

4. Numerical experiments have revealed that the service life of center plate arrangement is greatly affected by the base, gross weight of the car, as well as operating conditions – the presence of curves of small radii, causing rotation of center plate relative to center pad to a greater angle. It is found that for different cars operating life of center plate arrangement may vary by 2,5 times when moving in one and the same section of railway track.

## REFERENCES

1. Myanmar Ministry of Agriculture and Irrigation [electronic resource]. Access mode: <http://www.moai.gov.mm/>. Last accessed 16.09.2015.
2. Myanmar Ministry of Commerce [electronic resource]. Access mode: <http://www.commerce.gov.mm/>. Last accessed 16.09.2015.
3. Myanmar Ministry of Mines [electronic resource]. Access mode: <http://www.mining.gov.mm/>. Last accessed 16.09.2015.
4. Cars: design theory and calculation [Vagony: konstrukcija, teorija i raschjot]. Ed. by Shadur, L. A. Moscow, Transport publ., 1980, 439 p.

5. Myanmar Railways [electronic resource]. Access mode: <http://myanmarrailways1877.com/>. Last accessed 16.09.2015.

6. Voronin, N.N., Savrukhn, A.V., Pavlov, V.G. et al. The calculated estimate of tribological properties of structural materials of heavy-loaded friction units of freight cars [Raschjotnaja ocenka tribologicheskikh harakteristik konstrukcionnyh materialov tjazhjolonagruzhenykh uzlov trenija gruzovyh vagonov]. *Problemy mashinostroenija i nadjozhnosti mashin*, 1998, Iss. 2, pp. 66–71.

7. Myanmar Ministry of Rail Transportation [electronic resource]. Access mode: <http://www.ministryofrailtransportation.com/>. Last accessed 16.09.2015.

8. Voronin, N.N., Voronin, N.N. (Jr), Zin Aye Min. Tear and Wear of Center Plate Units of Rail Tanks. *World of Transport and Transportation*, Vol. 11, 2013, Iss. 1, pp. 30–35.

9. Voronin, N.N., Voronin, N.N. (Jr), Zin Aye Min. Contact Pressure in Cylindrical Surfaces of Center Plate Arrangement. *World of Transport and Transportation*, Vol. 12, 2014, Iss. 1, pp. 58–63.

10. Voronin, N.N., Voronin, N.N. (Jr), Zin Aye Min. Running In of Cylindrical Surface of Center Plate Units of Cars. *World of Transport and Transportation*, Vol. 12, 2014, Iss. 3, pp. 14–17.

Information about the authors:

**Voronin, Nikolai N.** – D.Sc. (Eng.), professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, profvnn@mail.ru.

**Voronin, Nikolai N. (Jr.)** – Ph.D. (Eng.), associate professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, vnn2@mail.ru.

**Zin Aye Min** – Ph.D. (Eng.), Yangon, the Republic of the Union of Myanmar, zinmin@mail.ru.

Article received 4.06.2015, accepted 5.09.2015.

