

# Буксовый узел Gigabox

Компании SKF и ContiTech совместно разработали новую конструкцию буксового узла для грузовых вагонов, получившую название Gigabox. Он представляет собой буксовый подшипник, размещенный в корпусе буксы совместно с резиновой рессорой, снабженной системой гидравлического гашения колебаний. Здесь использован двухрядный конический роликовый подшипник CTBU.

## Концепция системы Gigabox

Ходовая часть железнодорожного подвижного состава служит для восприятия нагрузок от кузова и направления единицы подвижного состава в колее. В то же время она берет на себя функции подрессоривания и демпфирования колебаний, а также воспринимает нагрузки от подшипниковых узлов колесных пар. До настоящего времени для выполнения каждой из трех функций использовались отдельные, не зависящие друг от друга узлы. Объединение функций в конструкции одного нового узла создает значительный потенциал для оптимизации.

Концепция Gigabox основана на интеграции резиновых рессор с гидравлическим гашением колебаний

в корпусе буксового подшипника (рис. 1). В данной инновационной концепции действует эффект синергии, обусловленный сочетанием последних разработок двух компаний, занимающих ведущие позиции на рынке. С одной стороны, это компания ContiTech Luftfedersystem (Ганновер, Германия), специализирующаяся в области технологии эластомерных рессор, с другой — группа компаний SKF (Гётеборг, Швеция), разрабатывающих и выпускающих подшипники качения.

В сотрудничестве с компанией Tatravagónka (Попрад, Словакия), европейским лидером на рынке тележек грузовых вагонов, была проведена дальнейшая оптимизация и интеграция системы Gigabox в новую тележку ASB (Advanced

Suspension Bogie) для грузовых вагонов.

Система Gigabox, интегрированная в новую тележку ASB, открывает такие новые возможности, как снижение уровня излучаемого шума, экономия энергии и повышение надежности. Интегрированная резиновая рессора, кроме того, оптимизирует процесс направления тележки в колее, благодаря чему значительно улучшаются ходовые качества. Это в свою очередь уменьшает расходы на текущее содержание и, соответственно, снижает затраты жизненного цикла (LCC).

Благодаря улучшенным ходовым качествам новых грузовых вагонов ожидается, что снизится износ всей системы, т. е. колес, рельсов, шпал и балласта.

За основу совместного проекта системы Gigabox были взяты грузовые вагоны на тележках типа Y25 (рис. 2). Используемая в тележке ASB система Gigabox отличается увеличенным до 1 млн. км межремонтным пробегом. Максимальный межремонтный временной интервал для Gigabox составляет 10 лет, что в 2 раза больше, чем для обычного буксового узла.

## Компоненты системы

Научно-исследовательские и конструкторские работы по системе Gigabox начались с глубокого анализа первоначальных конструкций; дальнейшие проверочные испытания проводились во время всего процесса разработки. С помощью анализа модели, построенной на базе метода конечных элементов (FEA), было выполнено несколько компьютерных расчетов с целью оптимизации конструкции. На первом этапе новая конструкция прошла испытания на долговечность, после чего были проведены испытания в реальных условиях эксплуатации.

*Подшипниковый узел CTBU.*  
Конструкция подшипникового уз-



Рис. 1. Буксовый узел Gigabox

ла СТВU способствует увеличению межремонтных интервалов, повышению мощности и надежности. Основными преимуществами являются более высокая степень защиты от загрязнений благодаря специальному резиновому уплотнению, имеющему низкий коэффициент трения и проходящему по бортику внутреннего кольца.

Между внутренним и опорным кольцами размещено полимерное кольцо для уменьшения фрикционной коррозии. Подшипниковый узел укомплектован полимерными сепараторами, которые хорошо себя зарекомендовали во многих вариантах буксовых подшипников и отвечают требованиям передовых технологий. По своей конструкции подшипниковый узел представляет собой уже готовый к монтажу блок, который напрессовывают на ось колесной пары без дальнейшей доводки. Таким образом, отпадает необходимость в обычной сборке узла из большого числа отдельных компонентов, а также в его смазке на месте сборки и установки.

*Резиновая рессора с гидравлическим гашением колебаний.* Гидрорессора, представляющая собой систему рессора — демпфер, минимизирует интенсивность вибраций и уровень излучаемого шума. Она эластична во всех направлениях и благодаря заданной жесткости реализует направление колесной пары в колее в продольном и поперечном направлениях. Кроме того, у нее есть дроссель, выполняющий задачу демпфирования в вертикальном и горизонтальном направлениях, которое осуществляется за счет выдавливания масла из одной полости в другую.

*Корпус буксового подшипника.* Благодаря новой конфигурации корпуса буксового подшипника тележки Y25 в нем удалось разместить две гидрорессоры, стал ненужным традиционный закрытый корпус с системой уплотнения и крышкой, в корпусе буксового подшипника стало меньше деталей.



Рис. 2. Модифицированная тележка Y25, оборудованная буксовыми узлами Gigabox

В целом в тележке отпала необходимость в 16 винтовых пружинах, восьми кольцах и четырех механических фрикционных демпферах с соответствующими фрикционными накладками, включая пластины из твердой марганцовистой стали. Все эти элементы были заменены четырьмя готовыми к установке буксовыми узлами Gigabox. Таким образом, применение узлов Gigabox намного упрощает сборку тележки.

Монолитный корпус передает радиальную нагрузку через верхнюю часть непосредственно на подшипниковый узел. Продольные усилия воспринимаются корпусом и передаются в обоих направлениях через опорные кронштейны.

#### Сравнение систем на примере тележки Y25

Ходовая часть железнодорожного подвижного состава в основном базируется на двухосных тележках. В Европе для грузовых вагонов преимущественно используют тележки Y25, созданные уже более 50 лет назад в различных модификациях. В современных грузовых вагонах максимальная нагрузка на ось составляет 25 т.

Недостатки прежних конструктивных решений тележки Y25 постоянно анализировали, разрабатывали новые варианты конструкций. В рессорном подвешивании классической тележки Y25 применяются стальные пружины, вставленные одна в другую, а для гашения колебаний используется механический фрикционный демпфер. Оба этих компонента в эксплуатации являются источниками нежелательного шума. Данная конструкция не обеспечивает удовлетворительных ходовых характеристик при высокой скорости движения и большой осевой нагрузке. Наличие значительного числа изнашиваемых деталей требует регулярного технического обслуживания и ремонта.

В системе Gigabox вместо прежних стальных пружин и фрикционного демпфера использовали не требующие ухода узлы, а именно резиновые рессоры и гидравлические гасители колебаний компании ContiTech. Прежние негерметичные подшипники заменили компактными подшипниковыми узлами СТВU с коническим роликовым подшипником компании SKF.

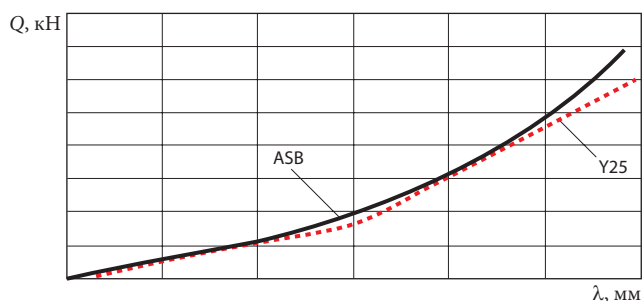


Рис. 3. Сравнение характеристик рессорного подвешивания тележек Y25 и ASB:  
Q – вертикальная нагрузка; λ – ход рессор

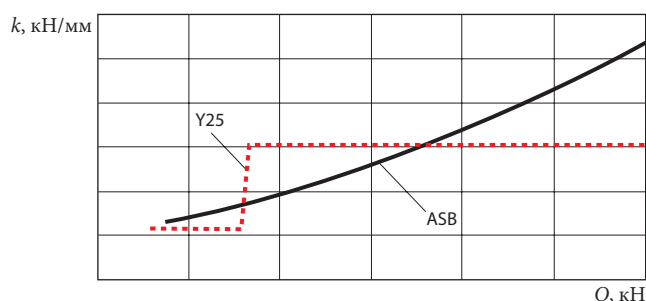


Рис. 4. Сравнение вертикальной жесткости рессорного подвешивания тележек Y25 и ASB:  
k – жесткость; Q – вертикальная нагрузка

Система Gigabox имеет следующие преимущества перед традиционными конструкциями:

- хорошие ходовые характеристики и высокая плавность хода тележки, а значит, меньший износ всей системы (колес, тележки, кузова вагона, рельсов, шпал и балласта);

- значительное снижение уровня излучаемого шума, который негативно воспринимается населением, проживающим вблизи железнодорожных линий;

- снижение уровня скрежета в кривых и меньший износ благодаря радиальной установке колес;

- более низкие затраты жизненного цикла (LCC) за счет меньшей потребности в техническом обслуживании и ремонте (межремонтный пробег 1 млн. км или интервал времени между ремонтами до 10 лет);

- более высокая надежность, оптимальная плавность хода при повышенной осевой нагрузке и высокой скорости, лучшая сохранность груза.

Таблица 1

Сравнение поперечных (Y) и вертикальных (Q) сил в тележках, движущихся в кривой радиусом 300 м со скоростью 5 км/ч

Параметр	Тележка		Положительный эффект, %
	Y25	ASB (с Gigabox)	
Сила Y на передней оси (наружный рельс), кН	25	20	20
То же, внутренний рельс, кН	44	41	6,8
Сила Q на передней оси (наружный рельс), кН	70	73	4,3
То же, внутренний рельс, кН	150	147	2
Отношение Y/Q (наружный рельс)	0,33	0,27	18,2
То же, внутренний рельс	0,29	0,28	3,4
Угол набегания колеса передней оси в тележке, мрад	7	5	28,6

Таблица 2

Сравнение поперечных (Y) и вертикальных (Q) сил в тележках, движущихся в кривой радиусом 300 м со скоростью 80 км/ч

Параметр	Тележка		Положительный эффект, %
	Y25	ASB (с Gigabox)	
Сила Y на передней оси (наружный рельс), кН	-39	-35	10,3
То же, внутренний рельс, кН	21	18	14,3
Сила Q на передней оси (наружный рельс), кН	145	144	0,7
То же, внутренний рельс, кН	80	79	1,3
Отношение Y/Q (наружный рельс)	0,269	0,243	9,6
То же, внутренний рельс	0,263	0,228	13,2
Угол набегания колеса передней тележки, мрад	5,9	3,8	35,6

## Расчеты и испытания

Статические и динамические характеристики буксового узла Gigabox

Статические характеристики резиновых рессор можно сформировать таким образом, чтобы при малых нагрузках сохранялась низкая жесткость, а при больших нагрузках – высокая. В варианте рессор на базе стальных пружин это достигается за счет того, что две пружины работают параллельно, причем одна из них приводится в действие с некоторым запозданием. У резиновых рессор характеристика имеет непрерывный подъем с плавными переходами между диапазонами нагрузок. На рис. 3 показано изменение вертикальной нагрузки в зависимости от величины упругого прогиба рессоры для тележек Y25 и ASB, а на рис. 4 – построенные на базе этих характеристик кривые изменения жесткости в функции вертикальной нагрузки.

При высоких вертикальных нагрузках кривая жесткости рессор в тележке ASB имеет большую крутизну. Поперечная жесткость резиновой рессоры возрастает с увеличением вертикальной нагрузки.

При проектировании демпфера буксового узла Gigabox нужно было обеспечить такие же усилия демпфирования, как у тележки Y25. Снятие характеристик узла Gigabox проводилось на динамическом испытательном стенде компании ContiTech. Результаты сравнения с характеристиками фрикционного демпфера тележки Y25 показали, что Gigabox имеет явные преимущества в отношении демпфирования колебаний.

Исследование движения тележек обоих типов в кривой радиусом 426 м показало, что тележка Y25 переходит в режим неустойчивого движения с прерывистым сцеплением, при котором моменты действия сил сцепления чередуются с проскальзываниями (режим Stick-Slip). Это обусловлено тем, что фрикционный демпфер не способен гасить все колебания, возникающие в процессе эксплуатации. В результате этого колебания, амплитуда которых меньше силы трения покоя, беспрепятственно передаются на тележку и способствуют переходу ее в режим движения Stick-Slip.

#### Устойчивость движения

Для допуска к эксплуатации любого нового компонента тележки недостаточно освидетельствования устойчивости движения в соответствии с европейским стандартом EN 14363. Поскольку в процессе ходовых испытаний сложно реализовать все условия, которые возможны в эксплуатации, техническим университетом Берлина были выполнены расчеты на модели. Объектом моделирования был выбран вагонцистерна, отличающийся жесткостью конструкции, высоким расположением центра тяжести и от-

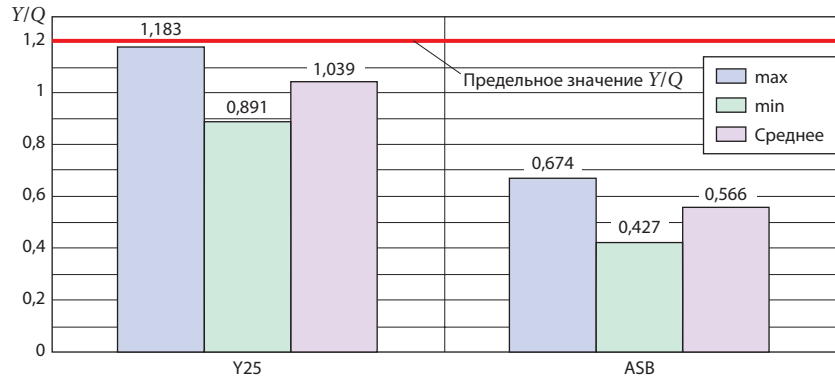


Рис. 5. Результаты исследований, выполненных компанией Tatravagónka:  $Y/Q$  — отношение поперечной силы к вертикальной нагрузке

носительно большим расстоянием между шкворнями тележек. Особо высокие требования были предъявлены к рессорному подвешиванию. В табл. 1 и 2 сравниваются результаты расчетов, выполненных техническим университетом Берлина для тележек Y25 и ASB с буксовым узлом Gigabox, движущихся в кривой радиусом 300 м со скоростью соответственно 5 и 80 км/ч.

#### Устойчивость против схода, износ и уровень шума

На рис. 5 дано сравнение результатов измерений, выполненных на полигоне компанией Tatravagónka (безопасность в отношении схода с рельсов согласно ERRI B55Rp8, квазистатическое измерение) для грузовых вагонов типа Rilnss-y, оборудованных обычными тележками серии Y25 и новыми ASB с буксовыми узлами Gigabox.

На параметры износа влияет, главным образом, характеристика движения в кривой. При этом от колесных пар требуется способность радиальной установки в кривых, а значит, и меньший угол набегания. Этот угол можно рассчитать с помощью упоминавшейся ранее программы. По сравнению с тележкой Y25 использование Gigabox уменьшает износ на 35 %. Параметры установки в кривых были определены в ходе полигонных испытаний грузового вагона типа Rilnss-y, при

этом тележки Y25 и ASB эксплуатировались в одинаковых погодных условиях (рис. 6).

Измеренные величины силы  $Y$  и вычисленный угол набегания  $\sigma$  были взяты за основу при определении коэффициентов износа  $Y\sigma$  для тележек Y25 и ASB (рис. 7).

На испытательном полигоне Веллим в Чехии компания Tatravagónka провела измерения уровня шума, излучаемого грузовыми вагонами (рис. 8). В результате замены традиционной тележки Y25 на новую ASB с системой Gigabox было зафиксировано снижение уровня шума на 2 дБ. Это является значительным вкладом в пакет мероприятий, направленных на уменьшение излучаемого шума. В дальнейшем удалось добиться снижения уровня шума на 3 дБ.

#### Затраты жизненного цикла

В затраты жизненного цикла входят расходы на энергию и использование инфраструктуры, а также на текущее содержание и ремонт. Ранее сделанные расчеты (на базе моделирования в техническом университете Берлина) показали, что в случае применения буксового узла Gigabox в зависимости от используемой трассы возможно получение экономии энергии до 25 %, поскольку в этом случае трение при контакте колеса с рельсом значительно снижено за счет радиальной



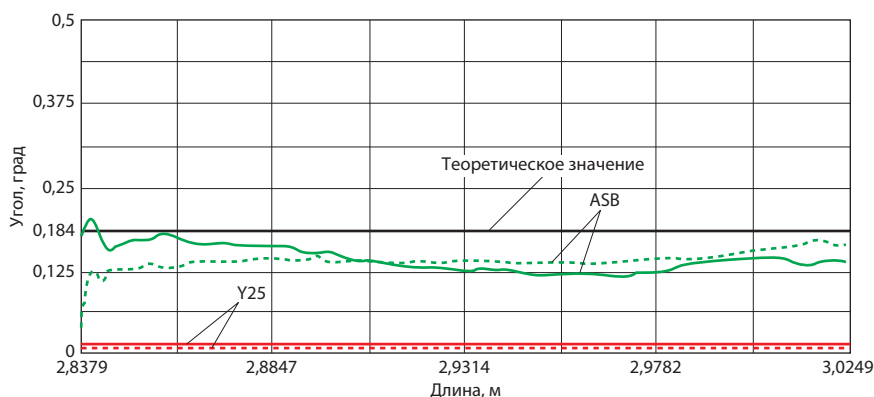


Рис. 6. Параметры установки в кривой тележек Y25 и ASB

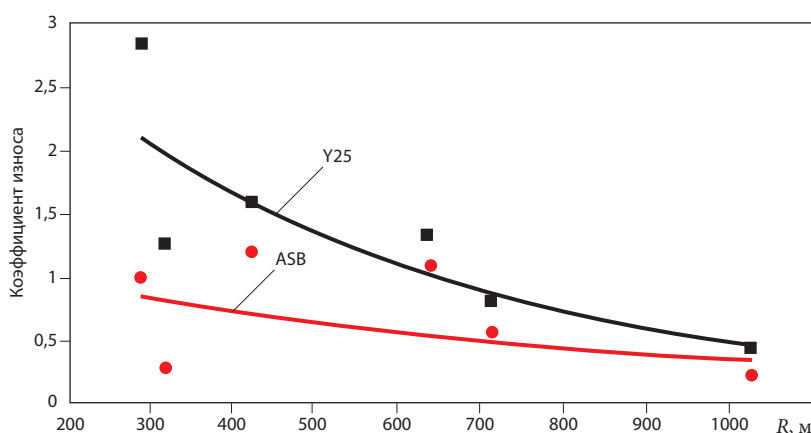


Рис. 7. Сравнение величин износа при прохождении кривой тележками Y25 и ASB

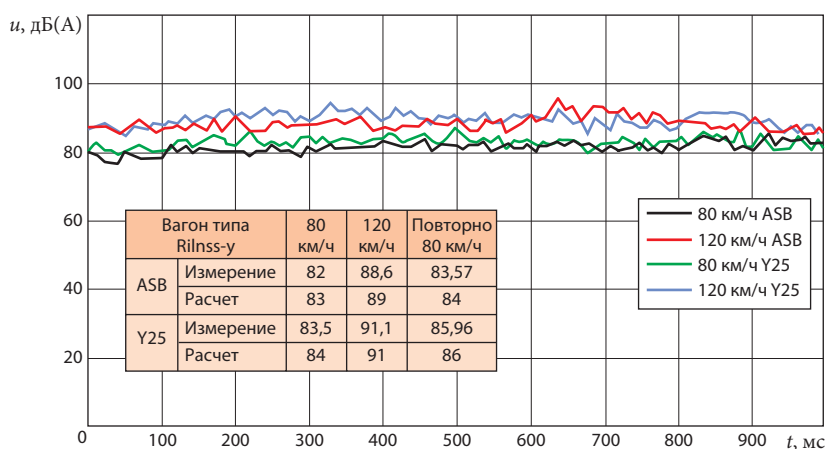


Рис. 8. Уровни шума, излучаемого грузовыми вагонами с тележками Y25 и ASB:  $u$  — уровень шума;  $t$  — время

установки колесных пар в кривых. Различные компании-операторы инфраструктуры склоняются к тому, чтобы брать плату за пользование трассой в зависимости от ходовых характеристик подвижного состава, а следовательно, в зависимо-

сти от ожидаемого износа рельсов. В Великобритании этот принцип уже действует. В Швейцарии отчасти подняли плату за пользование инфраструктурой в случае излучения повышенного уровня шума. В связи с этим возникла потребность

в совершенно новой концепции тележки, способной отвечать новым требованиям и снижающей затраты жизненного цикла. Еще одной задачей, преследовавшейся при разработке узла Gigabox, стало снижение износа колес, а вместе с тем значительное увеличение межремонтных пробегов колесных пар.

## Возможности использования и перспективы

Система Gigabox впервые была установлена на тележках Y25 грузовых вагонов. Принцип Gigabox также можно использовать в пассажирских поездах, прежде всего в пригородных. Характеристики рессорного подвешивания и гасителей колебаний, а также габариты буксового узла можно оптимизировать для данных случаев использования. Система Gigabox позволяет организовать движение грузовых поездов со скоростью до 120 км/ч. При этом обеспечиваются безопасность движения, низкий износ колес и рельсов, пониженный уровень излучаемого шума. Тележка с буксовыми узлами Gigabox взаимозаменяема с обычными тележками Y25. Разработанная компанией Tatravagónka тележка ASB, в конструкции которой использованы буксовые узлы Gigabox, экспонировалась на выставке InnoTrans 2006, а на InnoTrans 2008 был представлен узел Gigabox в экспозиции компании ContiTech. В рамках этой выставки компания ContiTech приняла участие в финансирувавшемся государством проекте Leise Verkehr («Малозумный транспорт») со своими пневмосистемами для подвижного состава и буксовым узлом Gigabox. Над проектом Leise Verkehr также работали предприятия железнодорожной промышленности, высшие школы и компании-операторы.

По материалам компаний ContiTech, SKF и Tatravagónka.