

Совершенствование уплотнений буксовых узлов высокоскоростных электропоездов

В Научно-исследовательском институте железнодорожной техники Японии (RTRI) разработано усовершенствованное манжетное уплотнение буксового узла в месте контакта с осью колесной пары. Необходимость этого обусловлена планируемым повышением скорости движения электропоездов на линиях высокоскоростной сети Синкансен. Испытания продолжительностью, эквивалентной пробегу электропоезда 750 тыс. км, показали отсутствие утечки масла через уплотнение нового типа и сохранение удовлетворительного технического состояния манжеты. Новые уплотнения для вращающихся валов, обеспечивающие приемлемые рабочие характеристики, рекомендованы для использования на всех высокоскоростных электропоездах.

В случае повышения скорости движения электропоездов на сети Синкансен до 350–400 км/ч условия работы манжетных уплотнений буксовых узлов колесных пар существенно усложняются из-за возрастания максимальной частоты вращения осей. В результате этого возникает риск увеличения утечки смазочного масла из буксового узла через манжетные уплотнения, что может привести к нарушению режима смазывания буксовых подшипников.

С целью создания уплотнений буксовых узлов, способных эффективно работать в условиях движения поездов с более высокой скоростью, сначала провели лабораторные испытания применяемых в настоящее время обычных уплотнений, в результате которых была выявлена утечка смазочного масла, имеющая место при высокой

частоте вращения осей колесных пар. На основе результатов этих испытаний исследовали факторы, влияющие на характеристики уплотнений, в частности свойства используемой резины, и разработали манжетное уплотнение новой конструкции, которое за счет внедрения ряда усовершенствований исключает интенсивное выкрашивание резины и наполнителя на ранних стадиях эксплуатации и ослабляет влияние перепадов давления воздуха, возникающих при входе высокоскоростных электропоездов сети Синкансен в тоннели и выходе из них, а также при встрече двух поездов, движущихся по смежным путям в противоположных направлениях. После изготовления опытные образцы нового уплотнения в свою очередь подвергли лабораторным испытаниям, которые подтвердили их способ-

ность к продолжительной эффективной работе при высокой скорости движения поездов.

Манжетные уплотнения для буксовых узлов

Манжетные уплотнения вращающихся валов являются распространенным элементом оборудования разного рода и назначения. Манжеты уплотнений имеют в трапециевидальной части поперечного сечения лепесток, изготовленный из резины с металлическими вкладышами. Такие уплотнения предназначены для предотвращения интенсивной утечки смазочного материала между неподвижными и вращающимися элементами машин и механизмов и исключения попадания снаружи во внутренние полости системы смазывания нежелательных загрязнений (например, пыли) и влаги.

На железнодорожном подвижном составе манжетные уплотнения для вращающихся валов используются во многих узлах и агрегатах. В основном это конструктивные элементы ходовой части и силового оборудования: буксовые узлы, подшипниковые узлы тяговых двигателей и дизелей и т. п.

Буксовые узлы и их подшипники являются ответственными элементами подвижного состава, поскольку обеспечивают вращение колесных пар и воспринимают большую часть массы экипажей. Смазывание буксовых подшипников в корпусах буксов осуществляется жидким или консистентным маслом. Манжетные уплотнения буксовых узлов предназначены главным образом для предотвращения утечки масла. Существуют разные конструкции уплотнений в расчете на смазочный материал разных типов. Поскольку жидкое масло в большей степени склонно к утечке, чем консистентное, рассчитанные на него уплотнения должны иметь улучшенные рабочие характеристики.

Проведенные исследования касались уплотнений именно этого типа.

На рис. 1 представлен продольный разрез буксового узла с подшипниками, применяемого на электропоездах сети Синкансен. Поперечное сечение манжетного уплотнения этого узла приведено на рис. 2. Здесь имеет место контакт хромированной поверхности закрепленного на оси колесной пары вращающегося маслоотражающего кольца с резиновой поверхностью лепестка неподвижной уплотнительной манжеты. Эффективность уплотнения в этом контакте является важнейшим фактором, гарантирующим стабильное наличие смазочного материала в буксовом узле, в свою очередь обеспечивающее выполнение узлом своих функций.

Утечка масла при возрастании частоты вращения

После повышения скорости движения поездов на сети Синкансен до 350–400 км/ч условия работы уплотнений буксовых узлов существенно усложнятся из-за более высокой частоты вращения осей колесных пар. В связи с этим в указанных узлах прогнозируется возможность увеличения утечки масла, поскольку используемые в настоящее время уплотнения не смогут обеспечить эффективную работу в новых условиях. В целях подтверждения этого предположения и выявления фактических причин утечки были прежде всего проведены лабораторные испытания обычных манжетных уплотнений, используемых в настоящее время на эксплуатируемых электропоездах.

Лабораторные испытания обычных манжетных уплотнений

Типы уплотнений. Испытаниям подвергли образцы обычных манжетных уплотнений двух типов, используемых на электропоездах сети Синкансен. Манжета одного из

них изготовлена из акриловой резины (далее – образец 1), другого – из фторэластомера (далее – образец 2). Эти манжеты в ходе испытаний контактировали с обычными маслоотражающими кольцами, также применяемыми на электропоездах сети Синкансен.

Методика испытаний. Лабораторные испытания образцов обычных манжетных уплотнений проводили с использованием специально разработанного стендового оборудования, позволяющего моделировать поведение уплотнений, предназначенных для исключения утечки масла из буксового узла. Образец обычного уплотнения 1 подвергали испытаниям совместно с кольцевым пылезащитным уплотнением, изготовленным из нитриловой резины с покрытием контактной поверхности политетрафторэтиленом, с тем чтобы имитировать условия работы в реальной эксплуатации.

В табл. 1 представлены режимы проведения испытаний при частоте вращения оси, соответствующей как имеющей место в настоящее время, так и перспективной максимальной скорости движения электропоездов сети Синкансен, с целью сопоставления полученных результатов.

Выбранные для испытаний частоты вращения оси соответствую-

ют: 1890 об/мин – максимальной скорости поездов сети Синкансен в настоящее время (280 км/ч), 2700 об/мин – перспективной максимальной скорости движения поездов (400 км/ч). В обоих случаях, помимо максимальной частоты вращения, имитировались изменения направления вращения через интервалы, соответствующие смене направления движения поездов по реальному маршруту длиной 1265 км.

При изменении направления имитировались остановки продолжительностью 20 мин. Кроме того, при имитации движения в каждом направлении были учтены три остановки продолжительностью 1 мин каждая. Для имитации изменения давления наружного воздуха при входе поезда в тоннель и выходе из него, а также при встрече двух поездов, движущихся по смеж-

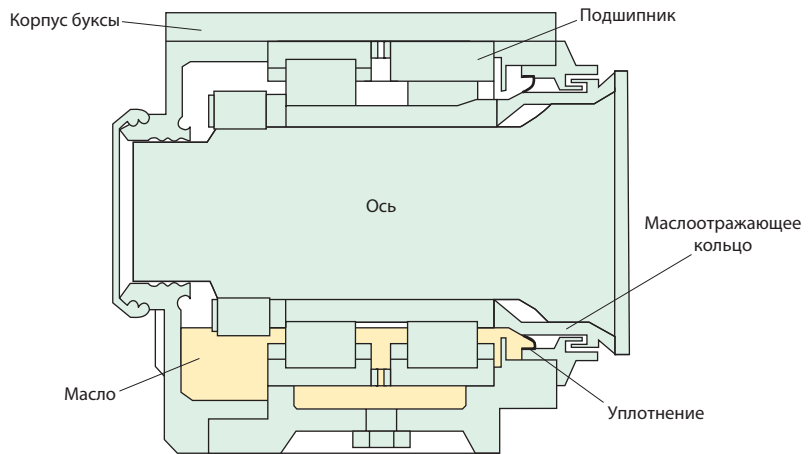


Рис. 1. Продольный разрез буксового узла

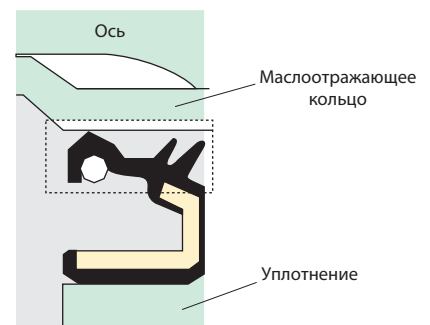


Рис. 2. Поперечный разрез манжетного уплотнения

Таблица 1

Режимы стендовых лабораторных испытаний обычных манжетных уплотнений буксовых узлов

Параметр	Режимы испытаний	
	при максимальной скорости движения поездов в настоящее время	при перспективной максимальной скорости движения поездов
Частота вращения, об/мин	1890	2700
Цикл испытаний	Вращение в обоих направлениях с переменной через каждые 1265 км эквивалентного пробега	
Давление	Максимальное давление 0,011 МПа один раз в течение 8 с; давление 0,006 МПа два раза в течение 8 с; повышение и понижение давления в течение 4 с	Максимальное давление 0,022 МПа один раз в течение 6 с; давление 0,011 МПа три раза в течение 6 с; повышение и понижение давления в течение 3 с
Эксцентриситет, мм	по осям вращения	0,1
	по установке	0,3
Марка и количество смазочного материала	Турбинное масло JR Tenka Turbine Oil 68 (соответствует стандарту ISO VG68), около 400 мл; поверхность масла примерно на 5 мм выше зоны контакта	
Заполнение смазочных полостей	Примерно на 50 %	
Имитированный эквивалентный пробег электропоезда, км*	600 тыс. (соответствует интервалу между очередными циклами технического обслуживания тележек)	

*В расчете на диаметр поверхности катания колес, равный 790 мм.

Таблица 2

Исследуемые объекты и параметры манжетного уплотнения и маслоотражающего кольца

Изделие	Объект изучения и параметр	Пояснения
Манжетное уплотнение	Поверхность контакта	Исследовали с помощью цифрового микроскопа
	Износ поверхности	Измеряли ширину полосы износа поверхности контакта
	Внутренний диаметр уплотнения с распорной кольцевой пружиной	Измеряли в двух перпендикулярных направлениях; за значение диаметра принимали среднее двух измерений
	Радиальная нагрузка на лепесток манжеты	Радиальную нагрузку на лепесток манжеты с распорной пружиной, принимаемую равной силе прижатия к маслоотражающему кольцу, измеряли с помощью динамометра
	Твердость резины в зоне лепестка манжеты	Измеряли с помощью твердомера типа IRHD согласно методике испытания вулканизированной или термопластичной резины JIS K6253
Маслоотражающее кольцо	Конфигурация образующей поверхности	Для определения износа образующей поверхности кольца изучали ее конфигурацию в зоне контакта с манжетой

ным путям в разных направлениях на открытой местности, с наружной (атмосферной) стороны моделировалось разрежение воздуха, в реальных условиях способствующее утечке масла. Имитация разрежения обеспечивалась за счет приложения избыточного давления с уплотняемой стороны и создания, таким образом, перепада давления. Максимальная разница наружного и внутреннего давления была принята равной расчетной для реально эксплуатируемых поездов. Утечка масла провоцировалась также эксцентриситетом маслоотражающего кольца на вращающейся оси относительно манжетного уплотнения буксового узла, что также может иметь место в реальных эксплуатационных условиях.

Во время проведения испытаний утечку смазочного материала постоянно фиксировали. После этого измеряли и анализировали некоторые параметры манжетного уплотнения буксового узла и маслоотражающего кольца (табл. 2).

Как видно, у манжетного уплотнения объектом исследования стал износ контактной поверхности лепестка манжеты. Измеряли также его твердость, которую рассматривали в качестве показателя старения резины. У маслоотражающего кольца исследовали конфигурацию образующей поверхности, контактирующей с лепестком манжетного уплотнения, с целью оценки ее износа. Для оценки степени старения масла измеряли его кинематическую вязкость и определяли показатель кислотности. В качестве критериев допустимой степени старения масла использовались те же показатели, по которым осуществляется его замена в условиях реальной эксплуатации электропоездов сети Синкансен.

Результаты испытаний и их интерпретация. В табл. 3 приведены результаты лабораторных испытаний манжетных уплотнений, используемых в настоящее время.

У образца обычного уплотнения 1 на начальной стадии испытаний с повышенной частотой вращения оси наблюдалось незначительное выдавливание масла, а по мере продолжения испытаний утечка интенсифицировалась и превысила допустимый объем по достижении эквивалентного пробега 310 тыс. км, в связи с чем на этой стадии испытания данного образца были прекращены. У образца обычного уплотнения 2 средняя по интенсивности утечка началась по достижении эквивалентного пробега 510 тыс. км. При обычной частоте вращения незначительное выдавливание масла у образца 1 наблюдалось раньше, чем в тех же условиях у образца 2. Вместе с тем оба образца в ходе испытаний оказались способны обеспечивать эффективное уплотнение вплоть до эквивалентного пробега 600 тыс. км.

Из приведенных выше результатов испытаний можно сделать следующие выводы: при высокой частоте вращения оси у обычных уплотнений наблюдаются интенсивные утечки масла, в связи с чем их использование при движении поездов с повышенной скоростью нецелесообразно; уплотнение с манжетой из фторэластомера имеет большую продолжительность эффективной работы по сравнению с уплотнением с манжетой из акриловой резины.

Обследование обычных уплотнений по завершении лабораторных испытаний показало, что снижение радиальной нагрузки на лепесток их манжет было незначительным и, соответственно, износ рабочих поверхностей лепестка также был небольшим. Это позволило сделать вывод, что был обеспечен приемлемый уровень поверхностного давления. Кроме того, установлено незначительное увеличение жесткости резины, что свидетельствует об ее относительно медленном старении.

Вместе с тем на контактных поверхностях обычных уплотнений наблюдалось интенсивное выкрашивание резины и наполнителя по всей окружности манжеты. В данном случае наполнитель является присадкой к резине, распространенной по всему ее объему и предназначенной для повышения сопротивления абразивному износу и для армирования (упрочнения). У обычных уплотнений обоих типов выкрашивание наблюдалось в основном при повышенной частоте вращения, а при обычной частоте вращения не отмечалось. При прочих равных условиях выкрашиванию в большей степени оказался подвержен образец уплотнения 1. Следовательно, можно предположить, что раннее интенсивное выкрашивание резины уплотнения при повышенной частоте вращения является следствием увеличившегося касательного напряже-

ния и поверхностного давления, в основном на контактной поверхности лепестка манжеты, из-за увеличения линейной скорости и скачкообразных перепадов давления воздуха.

На образующей поверхности маслоотражательного кольца, где имеет место контакт с лепестком манжеты, отмечен незначительный износ. Более того, старение масла также было незначительным — и повышение его кинематической вязкости, и увеличение содержания в нем масляной кислоты оставались в пределах допустимых значений.

Это дает основания для следующего заключения: износ маслоотражающего кольца и старение масла не будут оказывать влияния на рабочие характеристики уплотнений и, соответственно, не станут причинами возникновения проблем в будущей эксплуатации.

Таблица 3

Результаты испытаний обычных манжетных уплотнений

Параметр	Тип уплотнения				
	Образец 1 (из акриловой резины)		Образец 2 (из фторэластомера)		
	Обычная	Повышенная	Обычная	Повышенная	
Частота вращения					
Эквивалентный пробег электропоезда, км	600 000	310 000	600 000	600 000	
Натяг манжеты, мм*	2,54	2,33	2,61	2,48	
Радиальная нагрузка на лепесток манжеты, Н	до	32,2	31,6	39,0	38,9
	после	22,3	23,6	31,2	30,3
Снижение нагрузки на лепесток манжеты, Н	9,9	8,0	7,8	8,6	
Ширина полосы износа, мм	максимальная	0,20	0,25	0,20	0,20
	минимальная	0,10	0,10	0,10	0,10
Поверхностное давление, МПа	0,21	0,18	0,28	0,27	
Твердость резины по твердомеру IRHD, ед.	до	75	75	76	76
	после	73	74	75	75

*Натяг манжеты рассчитывали исходя из стандартного наружного диаметра нового маслоотражающего кольца (168 мм для образца 1 и 180 мм для образца 2).

Причины утечки масла при повышенной частоте вращения

Как показали результаты испытаний, при высокой частоте вращения оси имеет место возрастание объема выдавливаемого смазочного материала через уплотнение и его утечка (в сравнении с обычной частотой вращения, когда наблюдалось лишь незначительное просачивание масла). Кроме того, интенсивность выкрашивания резины манжеты при высокой частоте вращения оказалась выше, чем при обычной. Это позволило предположить, что основными причинами утечки масла через уплотнение в условиях высокой частоты вращения являются ускоренное выкрашивание резины на рабочей поверхности манжеты и возникновение на ней соответствующих неровностей. Утечка масла усиливается также при изменении формы лепестка, вызванном перепадом между наружным и внутренним давлением.

Исходя из этого предложены меры по снижению утечки смазочного материала через уплотнение буксового узла при высокой частоте вращения оси. Прежде всего необходимо изменить состав используемой резины и наполнителя, чтобы исключить раннее выкрашивание материала на рабочих поверхностях лепестка манжет. Что касается параметров манжетных уплотнений, то необходимо увеличить жесткость лепестка манжеты, чтобы минимизировать изменение его конфигурации и повышение контактного давления на ось при колебаниях наружного давления воздуха.

Манжетные уплотнения для движения с повышенной скоростью

Состав резины и наполнителя

Результаты лабораторных испытаний показали, что у обычных уплотнений интенсивность выкра-

шивания резины и наполнителя манжет увеличивается по мере повышения частоты вращения оси.

Незначительное изменение твердости резины обычных уплотнений по завершении цикла испытаний позволило сделать заключение о том, что возрастание механической нагрузки влияет на этот процесс в значительно большей степени, чем повышение температуры (состояние резины и наполнителя манжеты после испытаний анализировали на основании визуального осмотра).

Манжеты обычных уплотнений изготавливают из резины двух типов — акриловой и фторэластомера. Оба эти материала имеют высокие показатели сопротивляемости термическим нагрузкам и устойчивости против химического воздействия масла и именно поэтому используются для изготовления манжетных уплотнений буксовых узлов. В условиях реальной эксплуатации на электропоездах сети Синкансен уплотнения из этих материалов подтвердили весьма высокие эксплуатационные показатели. В связи с этим было принято решение выбрать для изготовления уплотнений в расчете на повышенную скорость движения один из упомянутых материалов. Сопоставление технических характеристик этих материалов на основании результатов лабораторных испытаний показало, что фторэластомер (образец уплотнения 2) имеет в сравнении с акриловой резиной (образец уплотнения 1) более высокую сопротивляемость воздействию влаги и механическую прочность, а также больший срок службы. В связи этим в качестве материала для манжетных уплотнений буксовых узлов электропоездов, которые будут эксплуатироваться на сети Синкансен с повышенной скоростью движения, был выбран именно фторэластомер.

Что касается наполнителя резины, то в условиях высокой скорости движения электропоездов се-

ти Синкансен интенсивность выкрашивания (и самой резины, и наполнителя) увеличивается по мере роста линейной скорости скольжения и перепада давления. В соответствии с этим был проведен поиск приемлемого материала наполнителя и размера его фракций с целью повышения устойчивости к интенсивному выкрашиванию и выполнен ряд экспериментов по его применению.

После этого были изготовлены опытные образцы манжетных уплотнений из фторэластомера с наполнителем, имеющим большую сопротивляемость выкрашиванию, с целью проведения испытаний на предмет пригодности в уплотнениях буксовых узлов перспективных электропоездов.

Испытания резины на сопротивляемость воздействию смазочного материала

Устойчивость резины различного состава к вредному воздействию масла определяется как продолжительность сохранения ее рабочих параметров. При использовании резины с меньшей устойчивостью против воздействия масла наблюдаются ее вспучивание, усадка, уменьшение жесткости и сопротивляемости разрыву. В результате ухудшаются уплотнительные свойства резины из-за ускоренного износа, значительного уменьшения радиального усилия на лепестке манжеты, структурных изменений уплотнения и других отрицательных факторов.

Испытания резины различных типов. В целях сопоставления рабочих параметров уплотнений с манжетами из различных материалов были проведены испытания образцов из экспериментального фторэластомерного материала, разработанного в расчете на высокую частоту вращения, и обычных материалов (образцы уплотнений

1 и 2). Уплотнение по образцу 2 и экспериментальное различались типом и размером фракций наполнителя, однако были изготовлены из одного и того же материала — фторэластомера.

Методика испытаний и измерений. Испытания на сопротивляемость вредному воздействию смазочного материала включали замачивание опытных образцов исследуемой резины в масле в течение определенного времени при постоянной температуре с последующим изучением изменений ее механических свойств, в том числе устойчивости. В процессе исследований использовали масло двух марок, применяемых в буксовых узлах электропоездов сети Синкансен: JR Tenka Turbine Oil 68 (турбинное масло с присадкой согласно стандарту ISO VG68) и JR Super Turbine Oil 68. Испытываемые образцы резины выдерживали в масле (в емкости с регулируемой температурой) в течение 240 ч при повышенной (120 °С) температуре. До и после замачивания на образцах, выполненных по методике измерения предела прочности вулканизированной резины JIS K6251 и имевших форму плоской гантели толщиной 2 мм, измеряли следующие технические характеристики резины: поверхностную твердость, предел прочности на растяжение и относительное удлинение.

Поверхностная твердость. В качестве испытательной установки использовалось устройство для измерения твердости с пружиной типа А, как это предусмотрено методикой JIS K6353. В устройство закладывали три опытных образца и измеряли твердость верхнего из них. Наибольший из полученных показателей поверхностной твердости принят за максимальный уровень твердости.

Предел прочности и относительное удлинение. Предел прочности резины манжет на растяжение определяли в соответствии с методикой JIS K6251. Испытуемые образцы с двумя маркировочными рисками, нанесенными на расстоянии около 20 мм друг от друга, помещали в испытательное устройство и растягивали с темпом примерно 500 мм/мин. При этом фиксировали расстояние между маркировочными рисками и максимальное растягивающее усилие в момент разрыва образца.

Расчет предела прочности проводился по формуле $T_B = F_B/A$, где T_B — предел прочности, МПа; F_B — максимальное усилие растяжения, Н; A — поперечное сечение исследуемого образца, мм.

Для расчета относительного удлинения использовалась формула $E = 100[(L_2 - L_1)/L_1]$, где E — относительное удлинение в момент разрыва образца; L_1 — расстояние

между двумя маркировочными рисками на образце перед нагружением, мм; L_2 — расстояние между маркировочными рисками в момент разрыва образца, мм.

Результаты испытаний и их анализ. Результаты испытаний с измерением предела прочности, относительного удлинения и поверхностной твердости приведены на рис. 3. При замачивании опытных образцов из экспериментального материала в масле JR Super Turbine Oil 68 было отмечено возрастание их поверхностной твердости. Однако увеличение этого показателя было незначительным и его уровень примерно соответствовал аналогичным показателям образцов обычных уплотнений 1 и 2. Предел прочности образца из экспериментального материала после замачивания в масле существенно не изменился, а относительное удлинение незначительно уменьшилось.

В связи с этим резина экспериментального состава по устойчивости к воздействию смазочного материала признана пригодной для эксплуатации при высокой частоте вращения оси, поскольку существенных изменений ее механических характеристик в условиях контакта с используемым в реальной эксплуатации маслом при высокой температуре отмечено не было.



Рис. 3. Результаты испытаний резины обычных и экспериментального образцов на сопротивляемость воздействию смазочного материала

Увеличение жесткости лепестка манжетных уплотнений

Перепады давления воздуха при входе высокоскоростных электропоездов в тоннели и выходе из них, а также при встрече двух поездов, следующих по смежным путям в разных направлениях, увеличиваются по мере повышения скорости движения. В результате этого усугубляется изменение формы контактной поверхности лепестка манжет уплотнений, что приводит к увеличению поверхностного давления, утечке масла и повышению рабочей температуры в зоне уплотнения. При понижении на-



Рис. 4. Поперечное сечение опытной манжеты

ружного атмосферного давления утечки масла возрастают. В связи с этим жесткость лепестка опытных образцов манжетных уплотнений была увеличена за счет изменения их конфигурации таким образом, чтобы возрастающие при движении с повышенной скоростью пе-

репады давления не оказывали отрицательного влияния на работу уплотнения.

Конфигурация усовершенствованных манжетных уплотнений

В связи с планируемым повышением скорости движения электропоездов на сети Синкансен были проведены исследования манжет уплотнений для определения их оптимальной конфигурации и состава резины. Были изготовлены опытные образцы манжет из резины экспериментального состава, устойчивой к интенсивному выкрашиванию рабочих поверхностей лепестка (как самой резины, так и наполнителя), и с такой конфигурацией лепестка, которая позволяет уменьшить влияние перепадов давления на работу уплотнения. На рис. 4 представлен эскиз поперечного сечения опытной манжеты уплотнения.

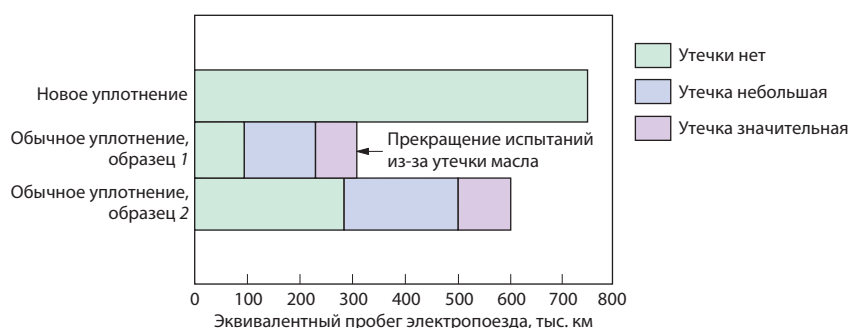


Рис. 5. Результаты испытаний обычных и опытного манжетных уплотнений

Таблица 4

Условия проведения и результаты испытаний опытного манжетного уплотнения при повышенной частоте вращения

Параметр		Значение
Эквивалентный пробег электропоезда, тыс. км		750
Натяг манжеты, мм*		1,40
Радиальная нагрузка на лепесток манжеты, Н	до	38,2
	после	29,7
Снижение нагрузки на лепесток манжеты, Н		8,5
Ширина полосы износа, мм	максимальная	0,20
	минимальная	0,10
Поверхностное давление, МПа		0,28
Твердость резины по твердомеру IRHD, ед.	до	76
	после	75

*Натяг манжеты рассчитывали исходя из стандартного наружного диаметра нового маслоотражающего кольца (168 мм).

Лабораторные испытания опытного манжетного уплотнения

В целях подтверждения приемлемого срока службы опытного образца манжетного уплотнения буксового узла проведены его лабораторные испытания с высокой частотой вращения оси на стенде, позволяющем определить его уплотнительные характеристики.

Методика испытаний

Методика испытаний опытного образца манжетного уплотнения не отличалась от примененной при испытаниях обычных уплотнений (см. табл. 1 и 2). Однако продолжительность испытаний соответствовала эквивалентному пробегу электропоезда 750 тыс. км, т. е. на 25% больше, чем при исследовании обычных уплотнений (600 тыс. км).

Результаты испытаний и их анализ

Условия проведения испытаний и их результаты представлены на рис. 5 и в табл. 4.

У опытной манжеты просачивание смазочного масла не наблюдалось и по достижении эквивалентного пробега 750 тыс. км. Таким образом, ее уплотнительные свойства являются приемлемыми, в то время как у обычных манжет интенсивное просачивание масла отмечено при значительно меньших пробегах.

Обследование опытной манжеты по завершении лабораторных испытаний на стенде показало, что уменьшение радиальной жесткости лепестка было незначительным, как и ширина полосы износа лепестка в зоне контакта. Эти результаты свидетельствуют о том, что величины поверхностного давления на лепесток являются приемлемыми. Более того, поскольку твердость резины экспериментального уплотнения в процессе испытаний практически не изменилась, а количество заправляемого в буксовый узел смазочного материала находилось в допустимых пределах, старение резины и масла было незначительным. Таким образом, каких-либо проблем в работе опытного уплотнения не наблюдалось.

На поверхности маслоотражающего кольца оси, где происходит его контакт с лепестком манжеты, износа практически не отмечено.

Кроме того, по завершении лабораторных испытаний наблюдалось минимальное выкрашивание резины на рабочей поверхности лепестка манжеты и ее удовлетворительное состояние. Из этого можно сделать вывод, что интенсивного выкрашивания резины и

наполнителя манжеты удалось избежать за счет применения нового наполнителя, а деформация лепестка за счет увеличения его жесткости находилась в приемлемых пределах, что обеспечивает сопротивляемость возросшим перепадам давления.

Таким образом, рабочие характеристики опытного манжетного уплотнения являются приемлемыми для использования в буксовых узлах электропоездов сети Синкансен в условиях повышения скорости движения поездов.

Выводы

В целях создания манжетных уплотнений для буксовых узлов, обеспечивающих эффективную работу после повышения скорости движения электропоездов на сети Синкансен до 350–400 км/ч, проведены исследования и испытания, касавшиеся состава материала уплотнения и его конфигурации. Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

1. Манжетные уплотнения используемых в настоящее время типов из-за интенсивной утечки смазочного материала нецелесообразно использовать при движении электропоездов с повышенной скоростью.

2. В результате лабораторных испытаний установлено, что у обычных манжетных уплотнений основной причиной утечки масла является выкрашивание резины и наполнителя на контактной поверхности лепестка манжеты.

3. На основании результатов испытаний в качестве материала для перспективных манжетных уплотнений предпочтение отдано не акриловой резине, а фторэластомеру исходя из таких его характеристик,

как длительность срока службы, механическая прочность и сопротивляемость старению под воздействием смазочного материала. Для исключения интенсивного выкрашивания материала при высокой частоте вращения оси рекомендовано заменить наполнитель.

4. Фторэластомер целесообразно использовать для изготовления манжет уплотнений буксовых узлов, способных эффективно работать при повышенной скорости движения поездов. Чтобы исключить вероятность ухудшения уплотнительных свойств манжет из-за перепадов давления воздуха, возникающих при проследовании электропоездами тоннелей и встрече поездов на смежных путях, увеличена жесткость их лепестка за счет изменения его размеров и конфигурации. Для исследований и испытаний были изготовлены опытные образцы таких манжет.

5. Результаты лабораторных испытаний опытных образцов манжетных уплотнений при высокой частоте вращения оси подтвердили отсутствие просачивания через них смазочного материала и удовлетворительное состояние контактных поверхностей лепестка (имело место лишь незначительное выкрашивание) при длительности испытаний, соответствующей эквивалентному пробегу электропоезда 750 тыс. км.

Все вышеизложенное позволяет сделать вывод, что разработанные опытные образцы манжетных уплотнений позволяют реализовать приемлемые рабочие характеристики в расчете на движение поездов с повышенной скоростью.

S. Mamada et al. RTRI Report, 2009, № 6, p.23 - 29; K. Nakamura et al. Quarterly Report of RTRI, 2008, № 4, p. 237 - 243.