

Система наклона кузовов вагонов поезда Talgo Pendular

Сочлененные поезда Talgo Pendular эксплуатируются во многих странах. Они составлены из вагонов с наклоняемыми кузовами, имеют облегченную конструкцию и ходовую часть на базе одноосных тележек с радиальной установкой колесных пар в кривых, которая обеспечивает плавность хода, малый износ колес и рельсов. Эти поезда положительно зарекомендовали себя в работе прежде всего благодаря тому, что их эксплуатационная готовность достигает 99,98 %. Система наклона кузовов, используемая в этих поездах, характеризуется высокой надежностью и простотой конструкции.

Эксплуатация сочлененных поездов серии Talgo Pendular (рис. 1), оснащенных системой наклона кузовов вагонов, началась с 1980 г. С тех пор они получили довольно широкое распространение: 1340 вагонов эксплуатируются в девяти странах мира (Испании, Германии, США, Канаде, Франции, Швейцарии, Италии, Португалии и Казахстане).

Поезда Talgo имеют сочлененную конструкцию, в которой концы каждого двух смежных вагонов опираются на одноосную тележку с радиальной установкой в кривых (рис. 2). По сравнению с традиционными моторвагонными поездами число осей здесь уменьшено почти в два раза, что, естественно, обуславливает снижение затрат на техническое обслуживание и ремонт.

Поезда Talgo Pendular могут быть исполнены как в моторвагонном варианте с концевыми моторными вагонами, так и на локомотивной тяге. Поезда Talgo отличаются:

- облегченной конструкцией (около 310 кг/место в вагоне второго класса);
- пониженным уровнем пола (760 мм над УГР) на всей площади вагонов, обеспечивающим оптимальные условия для входа и выхода пассажиров;
- низким уровнем излучаемого шума.

Система наклона кузова

Принцип действия системы основан на том, что центробежная сила, возникающая при движении в кривой, вызывает наклон кузова вагона. Отклонение

кузова вагона в наружную сторону кривой происходит с помощью пневматических рессор, расположенных выше центра тяжести кузова вагона (рис. 3).

Рессоры имеют конструкцию, в которой условная ось вращения находится выше уровня крыши вагона. В поезде Talgo Pendular кузов вагона с системой наклона можно рассматривать как классический маятник, отклоняющийся навстречу действию силы упругости рессор.

Анализируя другие варианты, можно сделать вывод, что активные системы, т. е. такие, которые имеют специальный привод наклона, менее надежны, чем пассивные, используемые в поездах Talgo Pendular. Более того, некоторые узлы пассивной системы, расположенные иначе, используются в вагонах с обычными, ненаклоняемыми кузовами. Система наклона в поездах Talgo Pendular позволяет отказаться от дорогостоящих высокоточных систем измерения поперечных ускорений и привода, осуществляющего активный наклон кузова. Она не требует дополнительных затрат на техническое обслуживание и не потребляет энергии.

При движении вагона в кривой его кузов свободно поворачивается вокруг условной оси вращения. Сжатие пневморессор с внутренней стороны кривой происходит в соответствии с законом прогрессии. Система настраивается таким образом, что при некомпенсированном квазистатическом боковом уско-



Рис. 1. Опытный образец поезда Talgo XXI

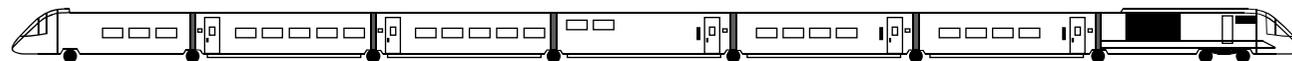


Рис. 2. Типовой эскиз сочлененного поезда Talgo XXI (слева — концевой вагон с кабиной управления, справа — концевой моторный)

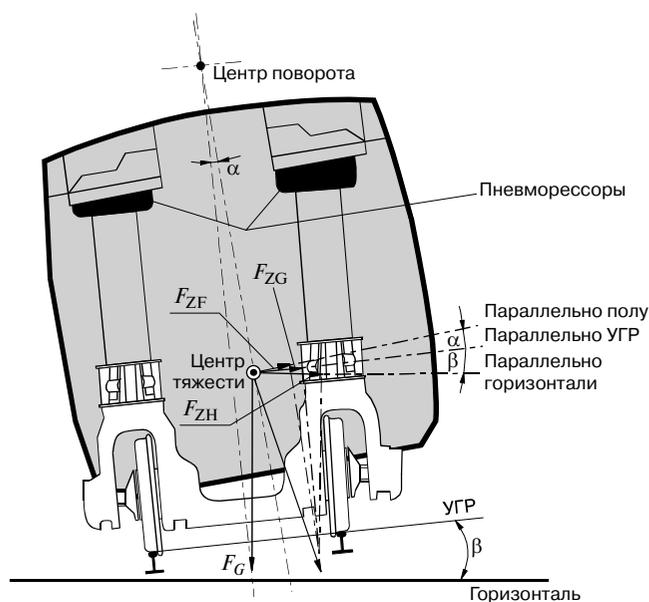


Рис. 3. Кинематика системы наклона кузова в поезде Talgo:
 F_{ZF} — поперечная сила, действующая параллельно полу вагона;
 F_{ZG} — то же, параллельно УГР; F_{ZH} — то же, параллельно горизонтали; F_G — сила тяжести

рени, равном $1,5 \text{ м/с}^2$, обеспечивается максимально эффективный угол наклона $\alpha = 3^\circ$ (см. рис. 3) относительно УГР.

Для пассажиров это означает, что от действующего в плоскости пути квазистатического поперечного ускорения, равного $a_{g\text{max}} = 1,5 \text{ м/с}^2$, остается лишь одна его составляющая, равная 1 м/с^2 , представляющая собой боковое ускорение, действующее в плоскости пола вагона. Таким образом, поперечное ускорение полностью не компенсируется, а лишь уменьшается до уровня, допустимого в обычных поездах при движении в кривой и спокойно воспринимаемого пассажирами.

Преимущество системы заключается в том, что пассажир может установить внутреннюю взаимосвязь между наблюдаемым явлением (движением в

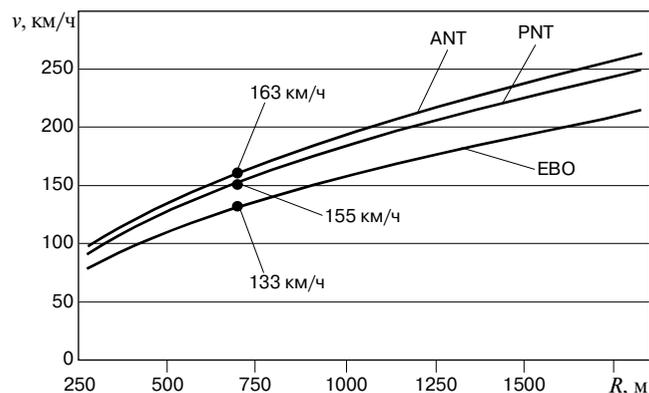


Рис. 4. Сравнение значений скорости в кривых различного радиуса при активной и пассивной системах наклона кузова:
 v — скорость движения; R — радиус кривой; ANT — активная система наклона; PNT — пассивная система; EBO — кривая для поездов из вагонов с ненаклоняемыми кузовами

кривой) и возникающими при этом ощущениями. Благодаря этому у него не возникает отрицательных реакций.

На рис. 4 приведено сравнение значений скорости, реализуемой в кривой радиусом 700 м вагонами с пассивной системой наклона кузова (PNT) и активной (ANT).

На многих модернизированных линиях обеспечено снижение квазистатического поперечного ускорения в плоскости УГР до $1,5 \text{ м/с}^2$. Кроме того, требования Talgo Pendular к положению пути намного ниже, чем поездов с активной системой наклона кузова. Отсюда следует, что применение поездов Talgo Pendular с системой пассивного регулирования позволяет экономить средства, затрачиваемые на строительство новых и модернизацию существующих линий, а также на текущее содержание пути.

Ходовая часть

Благодаря использованию одноосных тележек с радиальной установкой колесных пар сочлененные поезда Talgo обеспечивают оптимальное воздействие на путь. Такой ходовой механизм в кривых и на прямолинейных участках пути гарантирует установку колес параллельно рельсам. Результатом этого являются плавность хода при минимальном износе колес и рельсов и высокий уровень безопасности в отношении схода с рельсов. С 1964 г. такая конструкция ходовой части успешно используется на всех сочлененных поездах Talgo.

Одноосные тележки также используются в диапазоне высокой скорости, например, под вагонами поезда Talgo XXI ($v_{\text{max}} = 220 \text{ км/ч}$) и опытного образца Talgo 350 ($v_{\text{max}} = 350 \text{ км/ч}$). На катковом испытательном стенде железных дорог Германии в Мюнхене уже в 1990 г. была достигнута максимально возможная скорость 500 км/ч. В 1994 г. во время испытаний в Германии на новой высокоскоростной линии Ганновер — Вюрцбург опытный поезд Talgo, ведомый высокоскоростным поездом ICE-V, развил скорость 360 км/ч.

Результаты эксплуатации

Эксплуатируемые в Германии ночные поезда Talgo за период с мая 1994 по июнь 2002 г. не имели ни одного случая отказа системы наклона кузова. В целом из 14 428 графиковых поездок только две были отменены по причинам, имеющим отношение к техническому состоянию поездов. Это значит, что оперативная эксплуатационная готовность превысила 99,98 %. Все остальные поездки выполнены экс-

платируемым парком поездов Talgo в соответствии с графиком движения.

Высокая надежность поезда Talgo Pendular в большой степени основана на простоте системы наклона кузова, для которой не требуются устройства управления, автоматического регулирования и соответствующая электроника. Система характеризуется:

- технической простотой и одновременно высокой эффективностью;

- высокой надежностью, подтвержденной эксплуатацией с 1980 г.;

- отсутствием необходимости в подаче энергии и дополнительных затратах при производстве и техническом обслуживании.

K. Beucker, A. Netzel. Glasers Annalen, 2002, Tagungsband SFT Graz, S. 75, 79 – 81.

Стенд для исследования системы колесо — рельс

Осенью 1999 г. в Исследовательско-технологическом центре (FTZ) железных дорог Германии (DBAG) сдан в эксплуатацию стенд, моделирующий систему колесо — рельс. Он существенно расширил возможности экспериментальных исследований проблем материаловедения, связанных с нагрузками в месте контакта колеса с рельсом. Для получения достоверных результатов необходимо, чтобы задаваемые значения сил, действующих в контакте, соответствовали их значениям, обусловленным эксплуатационными нагрузками. В ходе проводившихся исследований уже получены важные результаты, позволяющие судить о причинах износа и усталостных явлениях в материале колеса и рельса. Эти результаты используются при разработке мероприятий по техническому обслуживанию подвижного состава и верхнего строения пути.

Система колесо — рельс ввиду своей простоты в течение многих лет составляет основу железнодорожного транспорта. Растущие требования к его эффективности неразрывно связаны с инструкциями по безопасности движения, которые должны периодически пересматриваться и обновляться. При этом важное значение имеет надежность конструкции подвижного состава, в значительной мере определяющая уровень безопасности движения.

Для повышения эффективности исследований в области материаловедческих аспектов системы колесо — рельс Исследовательско-технологическим центром DBAG (FTZ) совместно с компаниями Renk (Аугсбург), и IABG (Оттобрунн) разработан и введен в эксплуатацию испытательный стенд, позволяющий моделировать различные режимы работы системы колесо — рельс. Он в значительной степени по-

высил эффективность исследования металлургических аспектов системы и позволил проводить количественный анализ процессов износа и усталости металла в зоне контакта колеса с рельсом. Результаты, полученные в ходе испытаний на стенде, дают возможность устанавливать соответствие между необходимым объемом мероприятий по текущему содержанию компонентов системы колесо — рельс с учетом предельно допустимых эксплуатационных параметров с одной стороны, и современных эксплуатационных требований, с другой.

Нагрузки на колесо и рельс в зоне контакта

Низкое сопротивление качению стали по стали позволяет осуществлять железнодорожные перевозки больших грузов с относительно малым расходом энергии. Возникающие при этом статические и динамические силы взаимодействия между подвижным составом и железнодорожным путем передаются через зону контакта, площадь которой составляет около одного квадратного сантиметра.

В поверхностной части этой зоны возникают контактные напряжения и напряжения сдвига, величина которых может превышать предел текучести металла. Как известно, этим экстремальным нагрузкам противостоит упрочнение металла, сопровождающееся, однако, износом как колеса, так и рельса. Для оценки этих процессов необходимо знание соотношения между усталостной прочностью и износостойкостью металла.

Исследование процессов, протекающих в контакте, показало, что на первом этапе происходит упрочнение зоны контакта в результате наклепа. При дальнейшем увеличении числа циклов нагружения