

Испытания подвижного состава с использованием измерительного вагона ÖBB

Для получения разрешения на эксплуатацию и доступ к сети европейских железных дорог новый подвижной состав должен пройти испытания на соответствие требованиям действующих стандартов, нормативных документов и инструкций. С этой целью применяют измерительные вагоны, оборудование которых позволяет оценивать характеристики испытываемого подвижного состава. Примером может служить измерительный вагон 99–90000 Федеральных железных дорог Австрии (ÖBB).

Международные соглашения по доступу к сети европейских железных дорог

В XIX веке все железные дороги строили свою инфраструктуру по собственным нормам и приобретали подвижной состав исключительно для своих линий. В тот период не существовало унификации объектов инфраструктуры, а различие измерительных систем в отдельных странах осложняло возможность любого сравнения этих объектов. Особо ненадежными были технические данные, базирующиеся на непосредственных измерениях погонной нагрузки. Даже массу локомотива определить было трудно, поскольку отсутствовали весы, на которых можно было бы взвесить его целиком; с измерениями других величин дело обстояло еще хуже. Так, Стефенсон, будучи поставщиком локомотивов для первой в Германии линии Нюрнберг—Фюрт, определял их мощность в 10–12 л. с. Однако поверочный расчет показал, что фактическая мощность паровоза выше 40 л. с.

По мере соединения железнодорожных линий в единую европейскую сеть возникла необходимость в пропуске вагонов по линиям других стран. К счастью, железнодорожные линии в Центральной Европе большей частью имели единую ширину колеи. Другие препят-

ствия, особенно значительное различие ударно-тяговых приборов, постепенно удалось устранить с помощью международных соглашений и технических консультаций. Результатом этой деятельности было принятие документа о технической унификации в области железных дорог (TE). Этот документ представлял собой международное межправительственное соглашение, которое имело силу закона (в последний раз оно было обновлено в 1938 г.). Объединением администраций железных дорог Германии (VDEV), основанным в 1847 г. и позднее преобразованным в Объединение администраций железных дорог Центральной Европы (VMEV), были разработаны единые технические условия. Они нашли отражение в «Технических соглашениях» (TV), которые были обязательными для администраций всех дорог.

После Второй мировой войны Международный союз железных дорог, МСЖД (UIC), основанный в 1922 г., продолжил эту работу, поручив ее своему научному подразделению ORE (ныне ERRI — Европейский научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта). Было выполнено множество исследований, результаты которых отражены в Информационных листках и ряде рекомендаций.

Эти рекомендации сегодня действуют только между администрациями железных дорог, участвующих в соглашении.

До последнего времени администрации принимали активное участие в разработке подвижного состава для своих линий. Главные железнодорожные компании Европы до середины XX века почти все находились в собственности своих государств, на которые можно было возложить ответственность за безопасность подвижного состава.

Между тем условия в Европе на сегодняшний день существенно изменились. Вследствие объявленной Европейским союзом (ЕС) либерализации железнодорожного транспорта на рынок вышли многочисленные новые транспортные предприятия, не являющиеся членами МСЖД. В свою очередь члены МСЖД разделились на инфраструктурные предприятия и сетевых операторов. Деятельность железных дорог, основанная на совместной работе подвижного состава и пути, осложнилась вследствие противоположности конечных целей, которые ставили перед собой в основном приватизированные предприятия. Государственные железные дороги заказывают на рынке готовый подвижной состав и при этом делегируют процедуры получения разрешения на его эксплуатацию поставщикам, что приводит к столкновению противоречивых коммерческих интересов.

Орган власти должен выполнять свои задачи на основе законов и предписаний, которые, однако, содержат очень малый перечень (в Австрии не содержат вообще)

технических признаков, играющих важную роль при выдаче разрешений. В связи с этим приходится использовать в первую очередь рекомендации МСЖД (особенно МСЖД 518) по допуску к эксплуатации железнодорожного подвижного состава. Однако некоторые поставщики оспаривают их законность. В Германии эти рекомендации стали даже предметом судебных разбирательств; в соответствии с вынесенными судебными решениями они не могут быть признаны в качестве общего свода правил для оценки характеристик технических средств. Отсюда следует, что необходимо разработать соответствующие европейские нормы, которые в странах ЕС станут частью национального права.

Поскольку занимающаяся этим Межгосударственная организация в области международного железнодорожного транспорта (ОТИФ) в своей работе опирается на предписания Международных правил перевозок (РИС) и Международного союза по использованию грузовых вагонов (РИВ), а также на Информационные документы МСЖД, следует ожидать, что новые правила будут не слишком отличаться от прежних. На европейском уровне между тем разработан проект стандарта CEN prEN/TC 526. Введение в действие существующих в европейском регионе стандартов и правил откроет путь к взаимному признанию разрешений, вследствие чего современные методы, требующие больших затрат времени и нервной энергии, могут быть значительно упрощены. При этом еще неизвестно, в какой мере железнодорожными компаниями отдельных стран будут учтены специальные требования о бездискриминационном доступе к сети сторонних компаний.

Средства измерений, связанных с тягой поездов

Уже давно для оценки характеристик подвижного состава, особенно локомотивов, используют

специализированные вагоны, оборудованные специальными средствами измерений. В частности, для определения силы тяги еще в конце XIX века был применен механический динамометр. На некоторых железных дорогах строили специальные стенды для испытания локомотивов; особой известностью пользовался французский стенд в Витри для испытаний паровозов.

Вначале измерительные вагоны использовали только в качестве динамометрических для испытаний локомотивов; позже их стали применять и для решения других задач. В период между двумя мировыми войнами особую известность имел такой вагон железных дорог Германии Deutsche Reichsbahn, созданный исследовательской службой на станции Берлин-Грюневальд. На железных дорогах Австрии также были измерительные вагоны, оборудованные передовыми по тем временам измерительными устройствами компании Amsler-Messtechnik.

После Второй мировой войны австрийскими железными дорогами самостоятельно был разработан документ «Механические эксперименты и исследования», а для оценки состояния верхнего строения пути, мостов и электротехнических установок построен измерительный вагон 950.000 (позже он получил обозначение 99-73000). Уже тогда большое внимание уделялось электрическим измерениям неэлектрических величин. Так, для измерения силы тяги применялась специальная измерительная сцепка с тензометрическими элементами; получаемые аналоговые сигналы можно было непосредственно записывать ленточным самописцем и осциллографом, фиксировать на магнитной ленте многоканального прибора для последующей оценки.

В 1983 г. появился новый измерительный вагон 99-90000 (Австрия), оснащенный по последнему слову техники, который можно было устанавливать даже в голове поезда (рисунок). Начали применять



Измерительный вагон 99-90000 в составе поезда

цифровую измерительную технику; данные можно было оценивать с помощью компьютера в режиме реального времени или накапливать в запоминающем устройстве. Такое оборудование позволяло проводить все ходовые измерения, необходимые для получения разрешения на эксплуатацию или данных, интересующих изготовителя либо владельца.

Как и аналогичные органы в других странах, министерство транспорта Австрии не имело метрологической инфраструктуры для проведения необходимых самостоятельных испытаний. С этой целью оно привлекало к проведению испытаний компетентные организации. Измерительная группа железных дорог Австрии работала, однако, не только на собственные нужды, но и на других заказчиков. Группа специалистов, входившая тогда в состав службы тяги, была также сертифицирована Федеральным бюро железных дорог Германии в качестве компетентного измерительного подразделения.

Основные параметры, определяющие ходовые качества

Рельсовая колея для движущихся по ней колес выполняет функции опирания и направления. Традиционное рассмотрение существующих при этом проблем разделяется на две части:

- направление движения в колее, величина возникающих сил, степень безопасности движения;
- оценка плавности хода.

Плавность хода, естественно, имеет первостепенное значение для пассажирских поездов, но и для грузовых она будет играть все более важную роль, если железная дорога хочет быть конкурентоспособной в перевозках высокоценных грузов. Измерение возникающих ускорений и их оценка с точки зрения плавности хода — составные части программы измерений, проводимых при получении допуска к эксплуатации.

Из параметров, связанных с первой частью проблемы, при испытаниях важно оценивать следующие:

- направляющую силу Y (поперечную компоненту сил в точке контакта) и вертикальную нагрузку Q . Они в решающей степени определяют уровень напряжений в колесе и рельсе;
- поперечную сдвигающую силу (сумму направляющих сил на колесной паре), которая является определяющей для безопасности в отношении выбросов пути. Для ее нормирования пришлось ввести предельное значение, которое в свое время было определено обширными экспериментами Национального общества железных дорог Франции (SNCF);
- критерий безопасности в отношении схода с рельсов, в качестве которого используется частное от деления направляющей (поперечной) силы Y на вертикальную радиальную силу Q ;
- коэффициент износа, определяемый, как правило, по величине сил в контакте и степени проскальзывания.

Динамический способ испытаний в рамках допуска предполагает рассмотрение прежде всего нарушений (отклонений положения пути и окружности колеса от идеальных, меняющейся жесткости пути, дефектов балансировки колесных пар и др.), вызывающих колебания подвижного состава и резкие скачки амплитуды действующих сил. Существенной мерой для обеспечения необходимого качества движения при наличии указанных на-

рушений является исключение возможности резонанса между собственными частотами элементов колебательной системы и частотами, вызываемыми дефектами пути и подвижного состава. Для полной оценки ходовых качеств при испытаниях необходимо также рассмотреть стабильность движения подвижного состава в области высоких скоростей.

Как известно, единица подвижного состава может быть смоделирована как структура, состоящая из нескольких масс, связанных пружинами; эта структура подвержена колебаниям, в том числе и собственным. При обычном рассмотрении такой модели, изолированной от пути, смысл в анализе колебаний теряется, несмотря на наличие упомянутого ранее резонанса, так как возбужденные в определенных условиях колебания затухают сами собой под действием имеющей систему демпфирования.

Однако в системе подвижной состав — путь этого не происходит. Специфические условия контакта колеса с рельсом, обусловленные профилем колеса, являются причиной синусоидального движения колесной пары. В случае превышения некоторой критической скорости демпфирование собственных колебаний определенной частоты уже не происходит, в результате чего движение подвижного состава в колее становится неустойчивым; часто это ограничивается только ударами гребня бандажа о головку рельса. Здесь подробно не рассматривается проблема устойчивости движения. Для достижения устойчивого движения подвижного состава необходимо очень жесткое в продольном направлении сочленение колесных пар (как это реализовано в тележке Minden-Deutz). Однако это противоречит требованию прохождения кривых с минимальными усилиями: колесная пара по возможности должна быть способна поворачиваться для радиальной установки, а для этого необходимо мягкое сочленение.

Ходовые испытания

Современные моделирующие программы (Medyna, Adams, Rail, Simpack) позволяют предварительно рассчитать действующие силы с большой точностью, однако без метрологических проверок и в этом случае не обойтись. Первым шагом в регистрации сил между колесом и рельсом было измерение поперечной силы на буксе с помощью динамометрического датчика. При чисто статическом рассмотрении она численно равна силе, вызывающей поперечный сдвиг пути. Для того чтобы сделать приемлемое заключение о направляющей силе, следует оценить силу трения на противоположном свободно катящемся колесе. При этом не должны остаться неучтенными все динамические эффекты. Следующим шагом было измерение с помощью стационарных измерительных рельсов. При этом производилась электрическая регистрация измеренных значений. Такой способ применяют еще и сегодня.

Прорыв в области измерений был сделан при установке тензометрических элементов на колесе; результаты измерений передавались непосредственно с катящегося колеса. В Швейцарии разработали метод измерений с размещением нескольких тензометрических полосок на спицах колес. Схема обработки получаемых от них сигналов позволяла определять прогиб и действующую на колесо силу. Позже в Германии был разработан метод, при котором тензометрические датчики устанавливали на оси колесной пары, в том числе и с цельнокатанными колесами.

В настоящее время для измерений в процессе ходовых испытаний единицу подвижного состава комплектуют эталонными колесными парами. Их поставляет либо изготовитель подвижного состава, либо администрация железных дорог. Если подходящих эталонных пар нет, их изготавливают в тех мастерских, где имеется группа измерений.

После обработки в специальном усилителе полученные сигналы пе-

редаются в измерительный вагон, где подвергаются дальнейшей обработке в цифровом виде. Обработка в режиме реального времени делает возможной немедленную индикацию результатов с целью проверки их достоверности, так как в тракте обработки сигналов, включающем выход датчика и усилитель, могут возникнуть рассогласования. Это произошло, например, при первых экспериментах с локомотивом серии 1016, в ходе которых были получены слишком высокие значения сил в контакте колесо — рельс. Лишь позднее было установлено, что причиной стала несогласованность измерений на обоих концах эталонной колесной пары.

Второе достоинство немедленной обработки сигналов относится к области безопасности: поскольку для получения разрешения на эксплуатацию требуется проходить кривые с превышением обычно допустимой скорости, то для нового или неизвестного подвижного состава сначала применяют так называемое

импульсное повышение скорости, проверяя при этом уровень возникающих напряжений и оценивая степень безопасности движения.

В настоящее время для получения разрешения на эксплуатацию согласно документу МСЖД 518 необходимо выполнить измерения в следующих режимах движения:

- на прямом участке;
- в кривых большого радиуса;
- в кривых малого радиуса;
- на стрелочных переводах.

При этом измеряют силы и ускорения в разных точках подвижного состава. В каждом из перечисленных режимов испытаний проходят несколько опытных участков, для которых должны быть точно известны параметры верхнего строения пути. Поведение испытываемого экипажа исследуют также на путях с различной подуклонкой рельсов. Как правило, такие измерения требуется выполнить в зонах, удаленных одна от другой. Последующая обработка данных, оцененных с по-

мощью заданных фильтров и хранящихся в цифровом виде, производится статистическим методом.

Наряду с испытаниями в рамках допуска к эксплуатации нового подвижного состава программой предусмотрены также ходовые испытания действующего подвижного состава. В последнее время при измерениях большое внимание уделяется вертикальной силе, так как она при росте осевых нагрузок и скорости приводит к повреждениям поверхности катания колес и рельсов. Динамические колебания осевой нагрузки влияют также на безопасность в отношении схода с рельсов. При таких испытаниях выявлено несколько мест (даже на новых линиях с тяжелым верхним строением), где характеристики пути были близки к допустимым предельным. Это повлекло за собой проведение немедленных мероприятий по предупреждению возможных повреждений.

P. Schmied. Eisenbahn-Revue, 2004, № 2, S. 70–72.



**Журнал «Железные дороги мира»
и издательство «Интекст»**



ПОИСК И ОБОБЩЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ

**о зарубежных рынках и инновациях
в области магистрального и промышленного
железнодорожного, а также городского рельсового транспорта**

для компаний,

**выходящих на внешний рынок,
заинтересованных в инновационных решениях,
ищущих поставщиков комплектующих.**

**Обзоры техники для железнодорожного
и городского рельсового транспорта**

Статистическая информация

**Подборки статей и других материалов
по железнодорожной тематике**

**Заинтересованные организации просим обращаться в редакцию журнала «Железные дороги мира»
по телефону (499) 317-55-65 и электронной почте zdm@css-rzd.ru**