

Х. ХЁДЛЬ (H. Hödl), У. РИТТЕР (U. Ritter)

Тележка — ключевой элемент подвижного состава

Ходовая часть подвижного состава выполняет на железной дороге самую тяжелую работу: при высоких нагрузках она должна максимально обеспечивать безопасность движения, плавность хода и экономическую эффективность перевозок. Тем не менее ее существование и надежность принимаются как нечто само собой разумеющееся. За последние годы в этой области достигнут значительный прогресс. Современная тележка на первый взгляд осталась такой же, как и 20 лет назад. Однако несмотря на то, что она состоит из тех же элементов, а именно из рамы, подвески, четырех колес и тормозов, со своей предшественницей она имеет мало общего.

Тележки старых типов, которые еще в большом количестве встречаются в эксплуатации (срок службы подвижного состава превышает 50 лет), демонстрируют уровень технологии, который можно назвать раннеиндустриальным. Конструкции их постепенно совершенствовались на базе накапливавшегося опыта эксплуатации и с учетом специфики подвижного состава. Изготовление в большой степени основывалось на ручном труде. Требуемая механическая прочность достигалась за счет использования повышенных коэффициентов запаса, а эксплуатационная надежность — за счет проведения профилактического технического обслуживания с фиксированными интервалами времени.

Современная тележка сначала появляется на экране компьютера (рис. 1). После этого ее с высокой точностью рассчитывают при помощи современного метода конечных элементов, проверяют с помощью дорогостоящего компьютерного моделирования и затем также с высокой точностью изготавливают, причем чаще всего с широким применением способов автоматизации производственных процессов (рама тележки выполняется с точностью до десятых долей миллиметра). Воз-



Рис. 1. Моделирование конструкции тележки и режимов ее работы на компьютере (фото: Siemens)

можным было бы даже использование методов технического обслуживания по фактическому состоянию ходовой части и ее компонентов (вместо системы установленных пробегов), если бы у эксплуатирующей подвижной состав компаний было на то согласие. Необходимые для этого аппаратные и программные средства уже разработаны, опробованы и готовы к внедрению.

Концентрация и специализация

Технический прогресс обусловил возникновение соответствующих промышленных структур, поэтому неудивительно, что современная промышленность, специализирующаяся на выпуске ходовой части подвижного состава, выглядит совершенно иначе,

чем несколько десятилетий назад. Примером может служить бывшая компания Simmering-Graz-Pauker (SGP) в Граце (Австрия). Сейчас она относится к подразделению Transportation Systems (TS) компании Siemens и специализируется исключительно на выпуске ходовых механизмов, которые изготавливаются с высокой точностью (рис. 2, 3) и в больших объемах для всех сфер деятельности TS (локомотивы, моторвагонные поезда), а также на сторону (рис. 4).

Процесс концентрации начался в конце 1980-х годов, когда компании старых монопольных поставщиков распались и SGP, как и множество других предприятий железнодорожной промышленности (в том числе и в Швейцарии), стала медленно сползать в кризис.

Специализация началась в основном с того, что компанией были достигнуты определенные успехи в конкурентной борьбе с другими предприятиями. Речь идет о тендере, объявленном ЕС на создание тележки, минимально воздействующей на путь. SGP представила свою тележку типа SF 300 с радиальной установкой колесных пар в кризис. Одновременно с ней предло-



Рис. 2. Точная юстировка корпуса буксового подшипника (фото: Siemens)



Рис. 3. Гаситель колебаний высокоскоростной тележки (фото: Siemens)

жили свои решения компании SIG (Швейцария) и Fiat (Италия). Первая из них представила тележку с принудительным управлением колесами, вторая — тележку с колесами, вращающимися на оси. Компания SGP победила в тендере, и ее тележки поступили в серийное производство. Этим успехом руководство компании мотивировало принятие мер, направленных на привлечение опытных специалистов из других компаний, изготавливающих железнодорожную ходовую часть, и на разработку модульной тележки.

Дальнейший взлет пришелся на 1990-е годы, когда SGP обошла

шесть конкурирующих компаний и выиграла тендер на разработку тележек с пневморессорами для поездов ICE2. После этого компания Siemens инвестировала значительные средства в SGP, а затем и полностью приобрела ее.

В настоящее время компания, имеющая 850 чел. персонала, в том числе 170 инженеров, является крупнейшим предприятием в своей отрасли и выпускает в год до 3000 тележек для моторвагонных поездов и пассажирских вагонов (рис. 5). Помимо этого, тележками из Граца оснащают новые швейцарские двухэтажные вагоны.

Залогом оптимального результата при разработке ходовой части является концепция системного подхода. Тележку не следует, как раньше, рассматривать в качестве одного из компонентов подвижного состава. Ее нужно оценивать как полностью интегрированную часть экипажа, которая в свою очередь полностью отвечает требованиям компании-оператора, соответствует ее эксплуатационной структуре и характеристикам сети. Этому подходу должны подчиняться все процессы, начиная от разработки концепции и конструирования и заканчивая допуском к эксплуатации.

Модульная концепция как рецепт успеха

Каждая тележка по своим размерам и параметрам должна соответствовать подвижному составу определенного типа и быть предназначена конкретному клиенту. В явном противоречии этому утверждению находится тот факт, что компания Siemens во исполнение многочисленных пожеланий уменьшила численность модельного ряда тележек со 170 (по состоянию на 1992 г.) до 30 базовых моделей. Это, помимо прочего, выразилось в том, что компания отказалась от выпуска специальных тележек, например для вагонов зубчатой железной дороги, и других мелких серий. Основной упор сделан на то, чтобы указанные 30 базовых моделей имели модульную концепцию и могли быть легко переоснащены для различных условий применения.

Конкретно это выражается в том, что выполнение каждого проекта начинается с изучения технических и физических характеристик кузова вагона, а в случае моторвагонного подвижного состава также и типа тягового привода. Параллельно учитывают разрешенные скорости и нагрузки на линии, а также такие характеристики сети, как радиусы кривых, геометрия пути и пр. На следующем этапе разработчики на базе вычислительной техники проводят детальные исследования и оптимизацию движения виртуального поезда на линии с моделируемыми характеристиками, соответствующими реальным. Оптимизация проводится до тех пор, пока не будет исключена опасность схода поезда с рельсов при заданной максимальной скорости движения, снижены уровни сил, действующих на путь, до величин, обеспечивающих минимальный износ и высокую плавность хода. Кроме того, оптимизации подлежат также много других параметров.

Параллельно с определением технических характеристик теле-



Рис. 4. Один из цехов завода в Граце (фото: Siemens)

жек проводят исследование их с точки зрения обеспечения безопасности движения, а также оптимизацию конструкции применительно к удобству технического обслуживания и ремонта в период эксплуатации. Для выполнения требований по безопасности заполняются специально разработанные формы, содержащие в зависимости от типа тележки от 500 до 800 позиций. Каждая из этих позиций описывает один из возможных отказов, которые по своему воздействию разделены на четыре класса (от тяжелого «Сход с рельсов» до легкого «Поезд остановлен»). В соответствии с классом определяют также перечень профилактических и текущих мероприятий, направленных на недопущение или устранение этих отказов. Для персонала депо разрабатывают исчерпывающие инструкции, облегчающие проведение технического обслуживания ходовой части. Следует отметить, что из средств, затрачиваемых на изготовление единицы подвижного состава, на ходовую часть приходится около 15 %, а из эксплуатационных затрат — 40 %. При этом в течение 20 лет суммарные затраты на техническое обслуживание ходовой части становятся равными затратам на ее изготовление. Отсюда следует, что реализация конструкций, удобных в техническом обслуживании, является главным условием оптимизации затрат жизненного цикла.

Непрерывная диагностика ходовой части

Тележки компании Siemens разрабатываются с расчетным сроком службы 30 лет при условии проведения ревизий после каждого пробега в 1,2 млн. км. При этом жесткая установка величины такого пробега является явным анахронизмом, так как фактически современная тележка к моменту достижения заданного пробега находится абсолютно в рабочем состоянии со значениями износа,



Рис. 5. Склад готовой продукции (фото: Siemens)

далекими от предельных величин. Это значит, что проведение таких работ является чисто профилактической мерой. В гражданской авиации уже давно отказались от практики жестких интервалов в отношении двигателей. Вместо этого в эксплуатации работу двигателей постоянно контролируют и принимают необходимые меры по техническому обслуживанию только тогда, когда анализ определенного набора данных даст основания для вывода о появлении первых признаков износа. Если раньше реактивные двигатели подвергали ревизии, как правило, после наработки 8–12 тыс. ч, то теперь для отдельных типов особо надежных двигателей этот показатель может достигать 30 тыс. ч.

Компания Siemens совместно с железными дорогами Германии (DBAG) разработала метод, который позволяет вести непрерывную диагностику ходовой части на базе анализа вибраций. Точность работы системы была проверена в ходе испытательной поездки специально подготовленного поезда ICE, в котором одно из колес специально заменили дефектным, т. е. имевшим небольшие деформации. Проведенные сравнительные измерения показали, что амплитуда колебаний дефектного колеса, измеренная на испытательном стенде, составила 0,432 мм, а полученная новой системой анализа вибраций — 0,456 мм. Применение в эксплуатации этой системы позволит снизить затраты

на техническое обслуживание ходовой части на 15–30 %.

Высокие конструктивные качества тележек, изготавливаемых на заводе в Граце, обеспечиваются применением высокоавтоматизированных производственных процессов, причем рамы изготавливают исключительно методом сварки. Для изготовления в течение года 2500–3000 тележек затрачивается около 7000 т стального листа и 12 тыс. км сварочной проволоки. Общая длина сварных швов достигает 1450 км, из которых две трети в настоящее время выполняются сварочными роботами. Поставлена цель увеличить до 75 % долю сварных швов, выполняемых роботами. В общей стоимости изготовления тележки доля завода в Граце составляет 30 %, так как колесные пары, тормозное оборудование, рессоры и тяговый привод поставляются компаниями-смежниками.

В компании обычно параллельно реализуются 40–50 различных контрактов. В связи с этим для нее большое значение имеют логистические перевозки компонентов. Специально разработанная система SAP следит за тем, чтобы, с одной стороны, для тележки конкретной серии поставлялись необходимые именно для нее детали и узлы. С другой стороны, она одновременно контролирует качество поставляемых деталей и отбраковывает дефектные. После испытаний и доводки тележки передают заказчику в готовом к эксплуатации состоянии.