

# Sipko — система для повышения скорости в кривых

Швейцария является лидером в области применения тактовых графиков движения, в которых согласуется движение поездов дальнего и пригородного сообщения, благодаря чему на узловых станциях обеспечиваются оптимальные условия пересадок с минимальными потерями времени.

Время хода между отдельными станциями пересадок зависит от числа остановок, параметров линии и характеристик подвижного состава. Если минимальное время будет менее 55 мин, то принимают тактовый интервал между этими станциями длительностью 1 ч.

В ситуациях, когда время хода между соседними станциями пересадок превышает 1 ч, железная дорога теряет позиции в конкурентной борьбе с другими видами транспорта. В таких случаях снижение скорости доставки пассажира в пункт назначения может достигать 30%. Кроме того, увеличивается потребность в подвижном составе.

Такие критические ситуации, когда из-за нескольких недостающих минут станции пересадок не стыкуются, вызывают особый интерес к изысканию возможностей уменьшения времени хода поездов между этими станциями.

## Возможности сокращения времени хода

Само собой разумеется, что время хода может быть сокращено за счет укорочения линий путем их спрямления. Это обстоятельство учитывается при строительстве новых линий, однако при модернизации действующих линий такие работы связаны с большими затратами времени и средств.

Со стороны подвижного состава возможность сокращения времени хода заключается в том, чтобы повысить допустимые ускорения при разгоне и быстрее достигать максимальной скорости, разрешенной на данной линии. Однако для поездов дальних сообщений здесь возможностей меньше, так как расстояния между станциями, где имеются остановки, достаточно велики. Поезд проходит это расстояние не менее чем за 30 мин.

Возможность увеличения ускорения при разгоне достигается повышением мощности тягового привода и, соответственно, увеличением массы подвижного состава. Это влечет за собой рост расхода энергии на тягу и увеличение платы за использование трассы, так как при определении последней масса часто фигурирует в качестве дополнительного расчетного параметра.

Следующая возможность снижения времени хода — повышение маршрутной скорости поезда. На линиях старой постройки для этого можно увеличить скорость прохождения поездами кривых. Однако разрешенная в кривых скорость ограничивается требованиями к плавности хода и необходимому уровню комфорта для пассажиров. Речь идет о том, чтобы действующее на пассажиров непогашенное ускорение в кривых ограничивалось величиной  $1,2 - 1,3 \text{ м/с}^2$ . Для частичной

компенсации возникающих ускорений путь в кривых укладывают с повышением наружного рельса. Эта мера имеет свои границы, так как необходимо гарантировать устойчивость в кривой неподвижного или медленно движущегося поезда.

Компенсировать непогашенное центробежное ускорение могут поезда, состоящие из вагонов с наклоняемыми кузовами. При движении такого вагона в кривой кузов может наклоняться на угол до 8 град в направлении внутреннего рельса. Это позволяет поезду безопасно проходить кривые с непогашенным ускорением в пути до  $2 \text{ м/с}^2$ , в то время как ускорение, действующее на пассажиров, не превышает  $1 \text{ м/с}^2$ .

Техника наклона кузова вагона имеет, однако, ряд недостатков. Большой угол наклона кузова обуславливает заметные ограничения при выборе поперечного сечения вагона, поэтому система наклона может быть применена только в одноэтажном подвижном составе. Кроме того, необходимые дополнительные системы достаточно дороги в изготовлении и обслуживании, а эксплуатационная готовность поездов из вагонов с наклоняемыми кузовами заметно меньше, чем из обычных.

В то же время возможны промежуточные решения, которые способны в достаточной мере сократить время хода поезда.

В приведенной таблице сопоставлены величины ускорения, действующего на подвижной состав в пути и на пассажиров в салоне. Из нее следует, что в обычном поезде непогашенное ускорение в пути меньше того, которое действует на пассажиров в салоне. Эта разность возникает вследствие обусловленного центробежной силой отклонения вагона в направлении наружного рельса. Если компенсировать это отклонение, то непогашенное ускорение в пути можно повысить на 30%, что уже обеспечило бы заметное повышение скорости движения в кривых. Величина, приведенная в

скобках, представляет собой значе-ние, допускаемое МСЖД. Интересно также, что компенсация бокового отклонения не должна в принципе вести к ограничениям в конструкции вагона, а это значит, что такой принцип можно было бы применить и для двухэтажных поездов.

Эксперименты с повышенным непогашенным ускорением, действующим на вагон в пути, были выполнены Федеральными железными дорогами Швейцарии (SBB) в ноябре 2008 г. на двухэтажном моторвагонном поезде RAve 514018 компании Siemens.

Для компенсации боковой качки использована доработанная модульная система, получившая название Sipko (Siemens primäre Wankkompensation).

#### Система первичной компенсации боковой качки Sipko

Siemens разработала систему Sipko для повышенной скорости движения поездов в кривых без уменьшения размеров и полезного объема кузовов пассажирских вагонов. При разработке преследовались и другие цели:

- снижение непогашенных центробежных ускорений, действующих на пассажиров при максимальной скорости движения подвижного состава в кривых;
- минимизация нагрузки на верхнее строение пути;
- максимальная эксплуатационная готовность;
- максимальная экономичность.

Чтобы исследовать возможность интеграции системы Sipko в конструкцию ходовой части, требуется рассмотреть особенности последней в высокоскоростных одноэтажных и двухэтажных поездах, предназначенных для скорости движения выше 160 км/ч.

Для оснащения ходовой части высокоскоростных поездов системой Sipko следует оптимально

Сравнение поперечных ускорений

Тип поезда	Поперечное ускорение, м/с <sup>2</sup>	
	в пути	в салоне
Без системы наклона	1	1,3
Из вагонов с наклоняемыми кузовами	2	1 (1,3)

разрешить множество конфликтов, связанных с конструкцией тележек. Для движения в кривых важна реализация малых углов отклонения при боковой качке без повышения опасности схода с рельсов. Для этого необходимы рессоры высокой жесткости, что, однако, негативно влияет на поведение экипажа в местах входа в кривые и выхода из них из-за разгрузки колесных пар.

Оптимальное решение было найдено в конструкции ходового механизма с возможно более мягким первичным и вторичным рессорным подвешиванием, но с жестким стабилизатором боковой качки. Эта концепция использована при разработке всех высокоскоростных тележек компании Siemens. Что касается боковой качки, то при указанной концепции ходовой части это означает, что общий угол бокового отклонения кузова вагона при качке реализуется, главным образом, в первой ступени рессорного подвешивания и в меньшей степени — во второй (примерно в отношении 2:1).

Чтобы повысить скорость и непогашенное ускорение вагонов в кривых, снизив в то же время это ускорение, действующее на пассажиров в салонах, нужно компенсировать или даже перекомпенсировать угол боковой качки. Напрашивается вывод о том, что компенсировать угол качки следует в месте ее возникновения, а именно в первой ступени рессорного подвешивания. При таком образе действий дополнительная компенсация малых углов боковой качки во второй ступени подвешивания не требует изменения геометрии всех деталей ходового механизма и свободного пространства для их перемещения.

Если бы компенсация боковой качки производилась во второй или даже третьей ступени подрессоривания, нужно было бы учитывать дополнительные перемещения деталей ходового механизма и кузова вагона. При этом речь идет лишь о кузовах и компонентах ходовой части уменьшенных размеров. Следует заметить, что уменьшение размеров деталей влечет за собой увеличение их нагруженности. Отсюда следует, что компенсация углов боковой качки в первой ступени рессорного подвешивания — единственный способ решения проблемы, не требующий при этом пересмотра всей конструкции тележки или вагона.

Система Sipko позволяет компенсировать боковую качку установкой простого плунжерного цилиндра последовательно с первичным подрессориванием (рисунок). Благодаря такому подключению и соединению цилиндров одной стороны тележки надежно исключается возможность скручивания ее рамы. Масса вагона постоянно воспринимается первичным рессорным подвешиванием, а следовательно, и плунжерными цилиндрами.

При движении в кривой цилиндры тележки со стороны наружного рельса (слева, см. рисунок) максимально выдвинуты. В этом состоянии также обеспечивается устойчивость рамы тележки к скручиванию. В процессе регулирования жесткость системы несколько снижается. Тем самым гарантируется, что безопасность в отношении схода с рельсов при этом не хуже, чем в традиционной тележке.

Для дополнительного снижения непогашенного ускорения, действующего на пассажиров в салоне

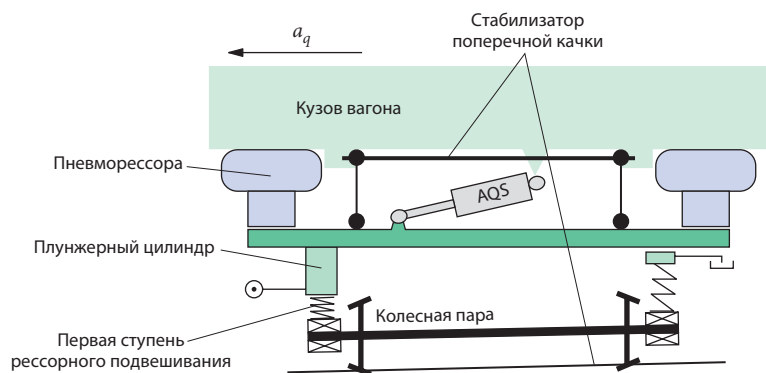


Схема тележки, оборудованной системой Sipko:

$a_q$  — поперечное ускорение; AQS — активная система поперечного подрессоривания

при движении в кривых, система Sipko снабжена пневмоцилиндрами, установленными между рамой тележки и кузовом в поперечном направлении (активная система поперечного подрессоривания, AQS). В то же время отказ системы AQS не снижает эффективности компенсации боковой качки.

Влияние движения в кривых с повышенной скоростью на верхнее строение следует рассматривать отдельно для каждого из действующих механизмов повреждения пути. Наиболее важными факторами, обуславливающими эти повреждения, являются вертикальные и горизонтальные силы, а также потери мощности на трение в контакте колесо — рельс. Доминируют силы, определяемые величиной осевой нагрузки, массой колесных пар и дефектами положения пути. Квазистатические повышения поперечного ускорения ведут лишь к незначительному увеличению сил.

На мощность трения в контакте колесо — рельс в широком диапазоне радиуса кривых повышение

непогашенного ускорения влияет даже положительно. Этот эффект объясняется тем, что с увеличением поперечных сил улучшается направляемость колесной пары в колее. Усиление или уменьшение износа колеса и рельса в случае роста поперечных сил зависит от многих факторов и должно уточняться для каждой конкретной ситуации. Следует, однако, отметить, что влияние этого фактора на износ остается в узких границах.

Достоинства системы Sipko наиболее полно проявляются на плотно загруженных сетях и в сочетании с тактовыми графиками движения. Эту технологию необходимо реализовывать с обеспечением максимально высокой эксплуатационной готовности. Ходовые механизмы сегодня эксплуатируются в диапазоне непогашенных ускорений от 0 до  $1 \text{ м/с}^2$ . Компания Siemens с помощью системы Sipko расширила этот диапазон. Подача соответствующей команды переводит подвижной состав в состояние «движение в кривой» (левой или

правой). Это позволяет проходить кривые с непогашенным ускорением, воздействующим на поезд в пути, от  $0,4$  до  $1,4 \text{ м/с}^2$ .

Процессы переключения выполняются с заданной характеристикой. Эта характеристика оптимизирована таким образом, чтобы в небольших переходных кривых процесс проходил достаточно быстро, а в относительно длинных кривых оставался незаметным для пассажиров.

Система управления делает возможным с экономически приемлемыми затратами на дублирование достижение такой эксплуатационной готовности, которая более чем на порядок выше существующей сегодня в поездах с наклоняемыми кузовами вагонов.

## Заключение и выводы

Компания Siemens разработала систему Sipko, которая делает экономичным повышение скорости движения в кривых по следующим причинам:

- позволяет оставлять без изменения поперечное сечение кузова;
- при отказе системы подвижной состав может продолжать движение с максимальной скоростью на прямолинейных участках и установленной для обычных поездов скоростью в кривых.

Концепция системы Sipko позволяет поэтапно оснащать ею парк пассажирских вагонов.

По материалам компании Siemens ([www.mobility.siemens.com](http://www.mobility.siemens.com)); Eisenbahn-Revue, 2010, № 4, S. 184–185.

## НОВОСТИ

### Дизели компании Zeppelin для тепловозов TRAXX-DE

Железные дороги Германии (DB) и компания Bombardier подписали контракт на поставку 200 так назы-

ваемых мультидизельных тепловозов TRAXX-DE. Дизельные агрегаты для них поставит компания Zeppelin Power Systems. Контрактом предусмотрена поставка 800 дизелей. На каждом тепловозе будет установле-

но по четыре дизеля Caterpillar серии C18, которые могут подключаться по специальной программе в зависимости от требуемой мощности. Мощность одного такого дизеля составляет 600 кВт.