

ДВИЖЕНИЕ КОЛЕСА ПО НЕРОВНОСТЯМ НА ПОВЕРХНОСТИ ГОЛОВКИ РЕЛЬСА

Бул макалада тездетилген жүргүнчү вагонунун синусоидалар менен көрсөтүлгөн рельстин тегиз эмес бетинде жүрүү кыймылы каралган. Жолдун рельс коеляларынын кыска тегиз эмес беттери жана кыска кыйшыктардын бир кыйла кыймыл ылдамдыгын чектөөгө жана жолду бир топ оорчулука алып келээри аныкталган.

В статье рассмотрено движение скоростного пассажирского вагона по неровностям на поверхности катания рельса, описанных синусоидами. Установлено, что это наиболее опасные короткие неровности рельсовой колеи пути и короткие перекосы, серьезно ограничивающие скорость движения и приводящие к значительным перегрузкам пути.

In article movement of the high-speed carriage on roughnesses on a surface of driving of the rail, described by sinusoids is considered. It is established that the most dangerous short roughnesses of a rail track of a way and the short warps seriously limiting speed of movement and leading to considerable overloads of a way.

Рассмотрим движение скоростного пассажирского вагона по неровностям на поверхности катания рельса, описанных синусоидами с длиной волны равной 1 м и амплитудой 0,5 мм. Допустим, что путь не имеет других неровностей кроме неровностей на поверхности катания рельса. Определим изменение относительной нагрузки в динамике (отношение максимальной нагрузки в динамике к статической нагрузке) и относительной разгрузки колеса (отношение минимальной нагрузки к статической) от скорости движения в м/с. Расчетная амплитуда в 0,5 мм примерно на 50 % меньше фактической у новых рельсов, выпускаемых Новокузнецким металлургическим комбинатом и Нижнетагильским металлургическим комбинатом, но в три раза больше, чем нормируемая для скоростного движения и практикуемая за рубежом.

По данным ВНИИЖТ /1/ средняя фактическая амплитуда неровности длиной 1 м на поверхности катания отечественных рельсов равна 0,75 мм. Как видно из анализа данных, приведенных на рис. 1 /2-3/, при амплитуде в 0,5 мм синусоидальной непрерывной неровности длиной 1 м демпфирующая система вагона справляется с гашением колебаний даже при частоте воздействия в 50 Гц и движение колес по рельсам остается безотрывным. Увеличение амплитуды неровности приводит к нарушению безотрывного движения колеса по рельсу на более низких частотах.

Рассмотрим далее влияние на величину динамических добавок односторонних просадок пути длиной 2 м.

Результаты расчетов относительных максимальных вертикальных нагрузок от колеса на рельс приведены на рис. 2, а результаты расчетов относительной разгрузки приведены на рис. 3. При обозначении результатов принят зеленый цвет нагрузки от 100 % до 150 %, желтый – от 150 % до 200 % и красный цвет – более 200 %.

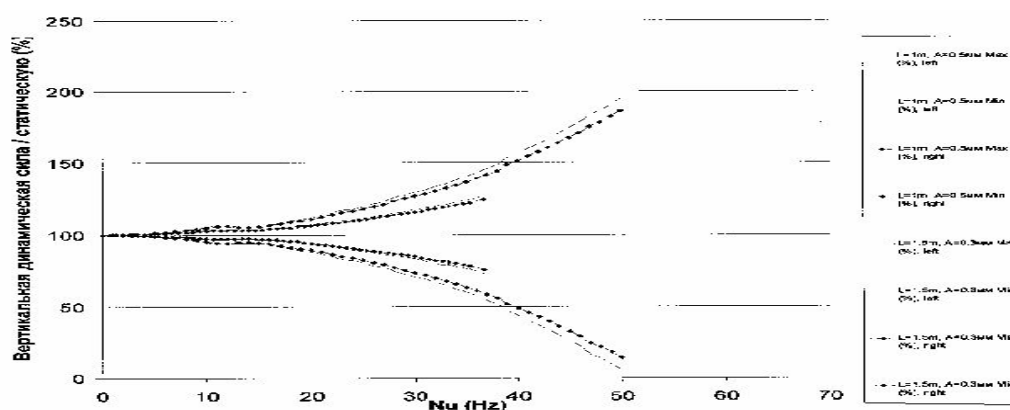


Рис. 1. Зависимость динамической вертикальной силы в контактах колес передней колесной пары и рельсов (амплитуда периодической синусоидальной неровности -0,3- 0,5 мм, длина волны неровности – 1-1,5м) от частоты возмущений

Обозначение относительной разгрузки – 25 % нагрузки и менее – красный цвет, 25-50 % – желтый цвет, более 50 % – зеленый цвет.

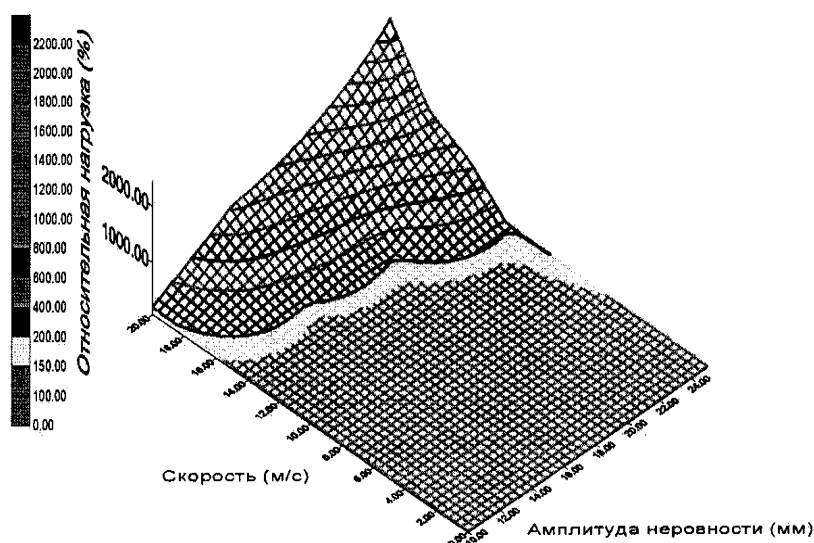


Рис. 2. Изменение относительной нагрузки на рельсы пути в зависимости от амплитуды односторонней просадки длиной 2м и скорости движения

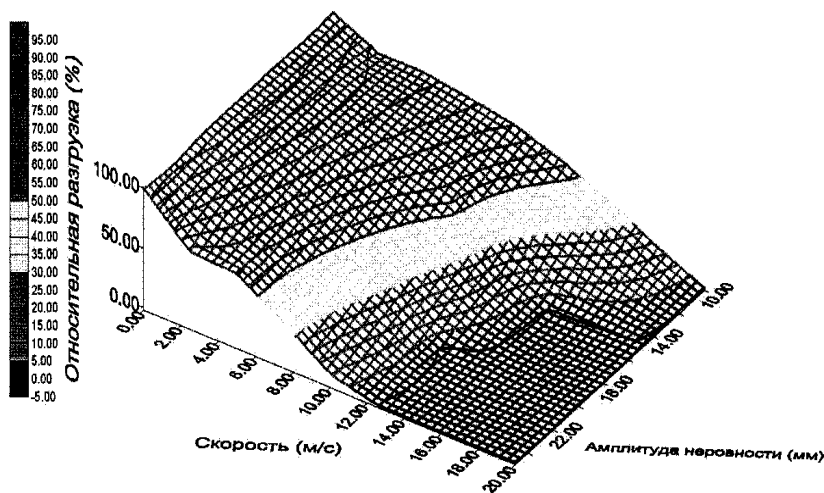


Рис. 3. Изменение относительной разгрузки давления колеса на рельс пути в зависимости от амплитуды односторонней просадки длиной 2 м и скорости движения

Анализ результатов расчетов для короткой односторонней просадки (длина просадки равна 2 м) показывает, что уже при амплитуде 10 мм и скорости движения 20 м/с мы выходим из рационального по условиям экономики зеленой области и при этом оказываемся в зоне перехода к отрывному движению колеса

(так как вертикальная нагрузка колеса в отдельные моменты движения может уменьшиться до нуля). Следовательно, резкие короткие односторонние просадки рельсовой колеи длиной волны 2 м при скоростном движении недопустимы.

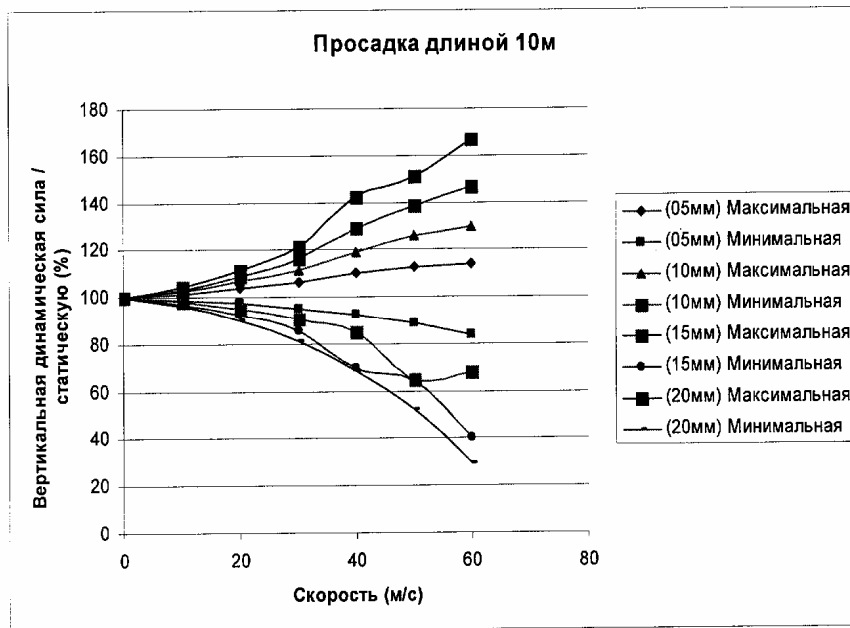


Рис. 4. Влияние амплитуды просадки и скорости движения на величину динамической добавки

Рассмотрим влияние длины и амплитуды просадок на величины динамических добавок. Как видно из анализа графиков на рисунке 4 динамическая добавка нелинейно изменяется при росте скорости движения.

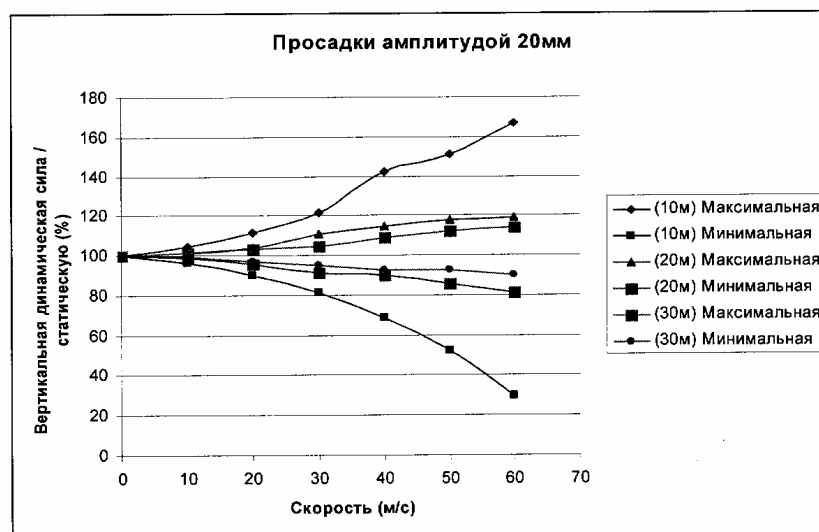


Рис. 5. Влияние длины просадки и скорости движения на величину динамической добавки

Увеличение длины просадки (при одной и той же амплитуде) снижает величину динамической добавки.

Как видно из анализа данных, приведенных на рис. 5, величины динамических добавок вертикальных сил существенно зависят от длины неровности. Так, при периодических синусоидальных просадках короче 6 м динамические добавки вертикальных сил выходят за рамки диапазона в 40 % от статической нагрузки уже при скоростях движения более 30 м/с. При длине изолированной неровности в 10 м и амплитудах до 10 мм величина динамических добавок находится в заданном диапазоне при скоростях до 60 м/с. С уменьшением длины просадки (при постоянной глубине) быстрее (в зависимости от скорости) нарастает разгрузка колеса. Так, например, при длине просадки равной 4 м разгрузка колеса вагона достигает 95 % от статической (остается вертикальная нагрузка 0,05 от статической) при скорости 45 м/с (рис. 6). В сочетании с неровностью в плане такая ситуация может привести к подъему колеса на рельс.

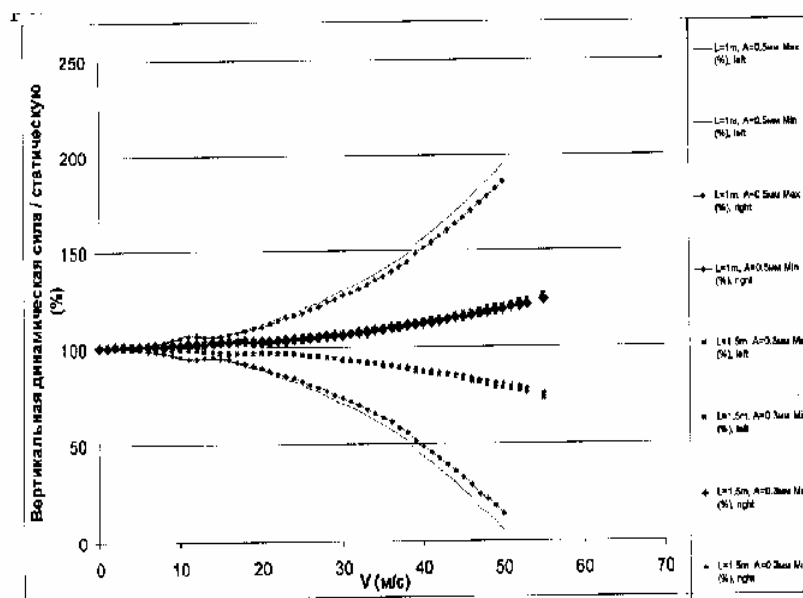


Рис. 6. Зависимость динамических добавок от частоты воздействия синусоидальных неровностей на поверхности катания рельсов

Как показал анализ результатов расчетов, при коротких периодических просадках и уменьшенной нагрузке на ось перспективного пассажирского вагона возможны ситуации с кратковременными отрывами колес от рельса, после чего вертикальная нагрузка колеса на рельс значительно возрастает – взаимодействие принимает "ударный" характер (динамическая добавка в 3-5 раз и более превышает статическую нагрузку).

При устройстве железнодорожного пути на плитном основании с размещением усадочных швов через 10 м возможно формирование «впадин» и «горбов» длиной не менее 20 м. Если максимальная амплитуда «впадины» не превысит 20 мм, то возможно назначение максимальной скорости движения не менее 180-200 км/ч. При этой скорости динамическое давление колеса на рельс составит не более 1,2 от статического

Просадки с амплитудой 20 мм длиной более 30 м при скоростях движения 50 м/с приводят к разгрузкам колеса на 0,15-0,2 от статической нагрузки, что обеспечивает безопасную скорость движения до 250 км/ч.

Выводы. Наиболее опасны короткие неровности рельсовой колеи пути и короткие перекосы, серьезно ограничивающие скорость движения и приводящие к значительным перегрузкам пути.

Железнодорожный путь на плитном основании, имеющий усадочные швы через 10 м по длине пути, может иметь разницу вертикальных осадок плит при уклоне местности до 1/5 до 3-5 мм между смежными плитами, что будет учтено при точной выправке положения рельсовой нити подливкой раствора под подошвы шпал. После точной выправки пути возможны длинные неровности рельсовой колеи с длиной волны 30-60 м и амплитудой до 20 мм. При таких параметрах неровностей рельсовой колеи динамические добавки при движении поездов со скоростью 200 км/ч не превысят 15-20 % от статического давления колес.

Список литературы

1. Титов В.П., Хромов В.И. Упругие осадки грунтов в насыпях под поездами //Тр. ВНИИЖТа. - 1976. - Вып. 565.

2. Исаенко Э.П., Безруков М.В., Иванов С.Ю. Подготовка железнодорожного пути к скоростному движению пассажирских поездов. – Н.Новгород: Нижегородский печатник, 2001. – 125 с.

3. Ауесбаев Е.Т., Исаенко Э.П., Косенко С.А.. Расчеты конструкций железнодорожного пути для скоростного движения поездов. – Алматы: КазАТК, 2006. – 134 с.

УДК 625.12.033

Б.Р. Касимов

РАБОТОСПОСОБНОСТЬ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Темир жол автоматика жана телемеханика системасынын туруктуулугун жогорулатуу, аларды иштетүүгө кеткен чыгымдарды төмөндөтүүсүн, бул системада поезд иштериндеги токтоп калуулардан болгон жоготуулардын кыскаруусун, поезд кыймылынын коопсуздугун жогорулатуусу статьяда көрсөтүлгөн.

В статье показано, что повышение надежности систем железнодорожной автоматки и телемеханики снижает расходы на их эксплуатацию, уменьшает потери в поездной работе от отказов в этих системах, повышает безопасность движения поездов.

In article it is shown that increase of reliability of systems of railway automatics and telemechanics cuts expenses on their operation, reduces losses in train work from refusals in these systems, raises traffic safety of trains.

Уровень надежности систем железнодорожной автоматки и телемеханики (СЖАТ) непосредственно влияет на безопасность и бесперебойность движения поездов, на скорость и сроки доставки грузов, на трудоемкость и себестоимость перевозок, а также на расходы по эксплуатации систем.

Повышение надежности снижает расходы на их эксплуатацию, уменьшает потери в поездной работе от отказов в этих системах, повышает безопасность движения поездов. В

то же время более надежная техника требует увеличения затрат на ее разработку и изготовление. Учесть в комплексе противоречивые результаты от повышения надежности СЖАТ позволяют экономические показатели.

Увеличение долговечности СЖАТ равносильно вводу в строй новых систем, а увеличение времени безотказной работы и уменьшение времени восстановления снижают потери от их простоя. Чем более ответственные функции выполняет система, тем большее значение приобретает ее надежность, так как в ряде случаев потеря работоспособности системы может привести к катастрофическим последствиям, и при этом не экономические затраты, а именно катастрофические последствия являются определяющими /1/.

В настоящее время достоверная экономическая оценка мероприятий по повышению надежности СЖАТ возможна только по защитным отказам. Экономическая оценка безопасности этих систем затруднена, прежде всего, тем, что пока не выработаны единые международные признаки установления цены надежности, связанные с уровнем риска потери здоровья или жизни пассажиров или работников железных дорог, хотя на автомобильном транспорте России с 1982 г. действует инструкция ВСН 3-81, в соответствии с которой в суммарных потерях от вовлечения человека в дорожно-транспортное происшествие учитываются потери национального дохода на лечение, оплату бюллетеней, пенсий, пособий и т.д.

Отказы, связанные с угрозой жизни и здоровью человека или окружающей среде, в настоящее время учитываются коэффициентами значимости отказа /2/ или его балльной оценкой, численные значения которых установлены субъективно, без каких-либо расчетных обоснований. Наиболее корректным пока следует признать метод нормирования безопасности СЖАТ в пределах всего срока их службы при соответствующих условиях эксплуатации.

Отказы устройств автоблокировки приводят к дополнительным эксплуатационным издержкам от создаваемых помех на процесс движения поездов.

Защитные отказы систем автоматической блокировки (АБ) приводят к задержкам поездов, вследствие чего уменьшается участковая скорость движения поездов и снижается пропускная способность участков железных дорог, увеличиваются сроки доставки грузов и пассажиров, ухудшаются такие важнейшие показатели транспортной продукции, как регулярность и своевременность перевозок. Опасные отказы создают предпосылки для возникновения аварий или крушений и оказываются ежегодно основной причиной нескольких аварий, а иногда и крушений на сети железных дорог страны /12/.

Действующие в настоящее время на железных дорогах страны средства железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) в большинстве своем изношены

физически, устарели морально, их уровень не отвечает современным требованиям. Это препятствует внедрению новых технологий обслуживания с использованием информационно-управляющих систем. Опыт модернизации устройств ЖАТ в последние годы, несмотря на все положительные результаты, показывает, что старение и износ устройств проходят с большей интенсивностью, чем их обновление при разумных инвестициях в этот процесс /3/.

Действенный путь ускорения обновления технических средств состоит в переходе на микроэлектронную базу, использовании средств вычислительной техники и цифровых методов обработки и передачи информации. Положительный эффект достигается благодаря снижению стоимости и сроков внедрения новых устройств, расширению их функциональных возможностей.

В настоящее время разработаны и внедряются микропроцессорные устройства ЖАТ, такие как системы диспетчерской централизации (ДЦ), микропроцессорной (МПЦ) и релейно-процессорной (РПЦ) централизации, микропроцессорной автоблокировки, автоматизации сортировочных станций, средства диагностики технического состояния, сети передачи информации на основе цифровых каналов и др. Однако все эти устройства и системы создавались отдельными коллективами разработчиков для решения конкретных, сравнительно узких задач. Поэтому в ряде случаев отсутствуют технические решения по взаимной увязке систем, что вызывает значительные трудности из-за разнородности принципов их построения, несовместимости программного обеспечения и других причин. Многие схожие между собой задачи решаются в разных системах различными методами, что приводит к значительной избыточности аппаратуры и неадекватности выполняемых системами операций. Усложняется обслуживание систем, построенных по разным принципам и на разной элементной, конструктивной и программной базе. Все это, кроме всего прочего, повышает стоимость разработки, производства аппаратных средств, а также эксплуатационные затраты на их содержание.

Такая ситуация возникла из-за того, что при создании устройств ЖАТ не используется системный подход к решению всего комплекса задач управления и обеспечения безопасности, отсутствуют единые технические требования при разработке систем, учитывающие их сопряжение со смежными системами.

Совершенно очевидно, что на железных дорогах необходимо внедрять единый комплекс устройств, выполняющий функции диспетчерской и электрической централизаций, интервального регулирования движения поездов, а также обеспечения безопасности движения поездов и маневровой работы при появлении нештатных ситуаций. Состав такого комплекса и его функциональные возможности должны

определяться эксплуатационными требованиями конкретных участков железных дорог, станций и перегонов с учетом экономической целесообразности применения того или иного технического решения.

Применение систем автоблокировки с централизованным расположением аппаратуры в свое время было прогрессивным решением, так как предполагало сокращение затрат времени и средств на обслуживание и восстановление аппаратуры после ее отказа по сравнению с системами, основанными на децентрализованном (на границах блок-участков) расположении аппаратуры. При этом приходилось идти на значительное увеличение стоимости системы из-за применения огромного количества кабельных цепей (для подключения рельсовых линий к приемной и передающей аппаратуре, взаимной увязки блок-участков и межстанционной увязки, включения ламп светофоров и др.), снижение ее надежности, причем все равно оставалась необходимость в обслуживании элементов рельсовых цепей, находящихся на перегонах (дрессель-трансформаторов, соединителей, переездных устройств). Необходимо учесть также, что централизованная АБ имела преимущества по сравнению с системами устаревших типов (числового кода, АБТ).

Единственное бесспорное преимущество систем АБ с централизованным размещением аппаратуры – простота обслуживания устройств, размещенных в помещениях на станциях. Но и оно практически сводится к нулю высокой стоимостью строительства системы, отказами кабельных линий, элементов рельсовых цепей, ламп светофоров, что требует постоянного обслуживания устройств, измерения и регулирования их параметров, а следовательно, частого присутствия обслуживающего персонала на перегоне. Кроме того, при отказах устройств движение прекращается на всем перегоне, а не на отдельном блок-участке, что ведет к значительным задержкам поездов.

Современные микропроцессорные системы АБ с децентрализованным расположением аппаратуры решают многие проблемы. Они имеют резервированную аппаратуру, расположенную в непосредственной близости от контролируемых элементов пути и проходных светофоров, содержат встроенные устройства диагностики и контроля состояния, не требуют кабельных линий для рельсовых цепей и светофоров, соединяющих их со станционной аппаратурой, позволяют осуществлять как децентрализованное, так и централизованное управление, увязанное с графиком и скоростью движения поездов и системами автоведения.

Появляется реальная возможность применения светодиодной оптики в проходных светофорах, что исключено в централизованных системах без дополнительного оборудования на самих светофорах.

В контексте систем интервального регулирования имеет смысл кратко рассмотреть и другие (кроме рельсовых цепей) способы определения координаты поездов (свободности или занятости участков пути). В первую очередь можно говорить об устройствах счета осей, нашедших широкое применение на зарубежных железных дорогах. Такие устройства ограничено применяются и на отечественных железных дорогах.

Однако при сохранении принципов организации движения поездов, принятых на железных дорогах России, эффективность устройств счета осей снижается из-за отсутствия контроля целостности рельсового пути, невозможности реализации канала АЛС без дополнительных средств, повышения стоимости оборудования участка при интенсивном движении. Поэтому метод счета осей может быть рекомендован для малодеятельных участков, причем для контроля как состояния перегонов, так и отдельных элементов станционного путевого развития, с обязательным добавлением к ним каналов передачи сигналов АЛС (природа их может быть любой: рельсовые или другие индуктивные каналы, точечные датчики, радиоканал и др.).

Еще один способ определения координат поезда – использование методов и средств спутниковой навигации. При всех его перспективных достоинствах необходимо иметь в виду, что в настоящее время использование их в полном объеме представляется сомнительным. Пока точность определения координаты места расположения приемника сигналов спутниковой навигации недостаточна для решения всех задач интервального регулирования движения поездов на перегонах и управления движением на станциях. Требования безопасности движения поездов, предъявляемые к устройствам определения свободности и занятости участков пути, не выполняются и не могут выполняться устройствами спутниковой навигации, в том числе и по соображениям экономической целесообразности.

Методы спутниковой навигации позволяют определить координату расположения приемника, т.е. одной точки поезда, например его головы. Для определения координаты поезда с учетом его длины (и контроля целостности состава поезда) необходимо иметь как минимум две точки определения координаты на поезде – в голове и хвосте. Это требование усложняет систему навигации и алгоритмы обработки навигационной информации.

Для построения системы управления движением поездов на перегонах и станциях необходимо концентрировать навигационную информацию с поездов в центрах

управления, где определяются допустимые интервалы между поездами. Это требует наличия развитой системы двусторонней цифровой связи между поездами и центрами управления. Тогда в направлении «поезд – центр управления» поступает навигационная информация о местах расположения поездов, а в обратном направлении – команды, определяющие скорость каждого поезда маршруты движения по станциям, разрешение или запрещение движения и др.

В то же время устройства спутниковой навигации могут и должны найти применение на железнодорожном транспорте, в первую очередь в составе информационных систем, обеспечивающих слежение за движением (метод расположения) поездов, специального подвижного состава, средств механизации, автотранспорта и др., для информирования пассажиров, контроля работы и других целей.

Могут они найти применение и на малоделятельных участках, где из-за малой интенсивности движения поездов требования к точности определения координаты могут быть снижены. Полезно также использовать спутниковую навигацию на высокоскоростных линиях, где она позволяет с достаточной точностью позиционировать поезда в пределах блок-участков, что дает возможность повышения точности и оперативности систем автоведения.

Используемые и внедряемые в настоящее время на сети железных дорог системы микропроцессорной централизации (МПЦ) при всех их достоинствах неэффективны для станций, расположенных как на высокоскоростных, так и на обычных линиях. Их ресурсы используются на 10-20 %, а затраты неоправданно высоки. Сегодняшние системы МПЦ по функциям и тактическим характеристикам практически не отличаются от первых систем, разработанных в начале 1980-х годов. Между тем функциональные возможности элементной базы за прошедшее время значительно возросли), рядность микропроцессоров выросла с 8 до 32-64 бит, тактовая частота – с десятков килоггерц до сотен мегагерц, объем памяти практически неограничен). Кроме того, на каждой станции приходится устанавливать дополнительную аппаратуру линейных устройств ДЦ и ДК, что увеличивает затраты на строительство и эксплуатацию устройств.

Сами системы МПЦ построены нерационально, требуют индивидуального проектирования программного обеспечения, а применение различных методов достижения их функциональной безопасности усложняет, а в некоторых случаях делает невозможной их увязку как между собой, так и с системами соседних уровней управления, в первую очередь с устройствами ДЦ. Расположение устройств МПЦ в постах электрической централизации (ЭЦ) ведет к необходимости строительства зданий и строительства кабельных сетей на станциях. Многие технические решения, применяемые

в релейных системах ЭЦ и перешедшие в МПЦ, неэффективны, требуют увеличения объема аппаратуры. Все это повышает затраты и снижает надежность системы.

Системы диспетчерской централизации, применяемые на сети железных дорог, обладают достаточно высокими тактико-техническими показателями. В ряде систем ДЦ решены вопросы обеспечения функциональной безопасности, высокой надежности (в компьютерных системах ДЦ изначально закладывалось резервирование аппаратуры центральных и линейных устройств, каналов передачи информации, питающих устройств и др.), логического контроля работы станционных устройств и персонала. Именно современные системы ДЦ должны быть положены в основу комплексной системы управления движением поездов, тем более что существуют системы ДЦ, унифицированные и совместимые по аппаратуре, алгоритмическому и программному обеспечению с системами МПЦ и РПЦ. Централизация управления (именно управления, а не аппаратуры) позволит оптимизировать все режимы движения поездов по перегонам и станциям при минимальных затратах на строительство и содержание аппаратуры.

Необходимо разработать реальную программу перехода от систем автоматической локомотивной сигнализации числового кода (АЛН) к системе АЛС-ЕН. Это даст возможность решить ряд задач, связанных с экономическими и техническими аспектами. Так, отказ от АЛСН позволит исключить необходимость в путевой аппаратуре кодирования числовым кодом рельсовых цепей на станциях и перегонах, уменьшить энергопотребление, а применение канала АЛС-ЕН с относительной фазовой манипуляцией – повысить значимость локомотивной сигнализации, ее помехоустойчивость, быстродействие, в конечном счете – эффективность и безопасность. На высокоскоростных линиях, где будет курсировать только специальный подвижной состав, применение АЛСН должно быть исключено в первую очередь.

Таким образом, комплексный системный подход к выбору структуры системы управления позволит обеспечить эффективность и надежность ее аппаратуры, в том числе и за счет рационального резервирования отдельных компонентов системы. Однако возможно резервирование не всех элементов. Существуют элементы, резервирование которых невозможно, технически сложно или экономически нецелесообразно.

Анализ систем и устройств ЖАТ показывает, что на железнодорожных линиях должно предусматриваться централизованное выполнение логических функций по взаимозависимостям при установке маршрутов, пропуске поездов и проведении маневровой работы.

Именно централизация выполнения основных функций управления движением поездов с их оптимальным (минимально необходимым) резервированием на нижних

уровнях управления (станция – перегон – локомотив) обеспечивает высокие значения надежности, безопасности и живучести всего перевозочного процесса.

Применение централизованной логической обработки зависимостей движения поездов повышает уровень безопасности перевозочного процесса, исключает влияние человеческого фактора. Важной и обязательной частью управляющего комплекса должен стать радиоканал для обмена информацией с локомотивами (поездными и маневровыми). В ряде ситуаций это является единственным способом обеспечения безопасности движения и исключения трагических последствий его нарушения.

Отдельным важным вопросом является распределение функций безопасности по уровням системы. При разработке структуры управляющего комплекса определяющим фактором безопасности его функционирования становится распределение (и при необходимости дублирование) функций на разных уровнях – ЦУВК и СК, перегонных устройств автоблокировки и систем безопасности на подвижном составе. Оптимизация этого распределения по критериям безопасности, живучести и стоимости представляет собой важную задачу, решение которой определяет выбор структуры и технических средств всего управляющего комплекса, качество его работы и затраты на его внедрение.

Цель оптимизации распределения функций между ЭЦ и ЦУВК состоит в минимизации стоимости устройств при безусловно сохранении (или повышении) уровня безопасности. Окончательный выбор варианта построения системы управления требует в каждом конкретном случае специальных исследований и расчетов экономической эффективности, которые выполняются при проектно-изыскательских работах.

Список литературы

1. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В., Шаманов В.И. Надежность систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи. – М.: Маршрут, 2003. – 263 с.
2. Кубарев А.И. Надежность в машиностроении. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 224 с.
3. Кочетков А.А., Шалягин Д.В. Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте: системный подход// Железнодорожный транспорт. – 2009. – № 2. – С. 26-31.