

# Микропроцессорная система управления локомотивной сигнализацией (МСУ ЛС)

## Техническое описание концепции

### Термины и сокращения

БМРЦ	<b>Блочная Маршрутно-Релейная Централизация</b> - дальнейшее развитие МРЦ с применением крупно-блочных узлов для реализации маршрутизации, что позволило резко сократить сроки проектирования, монтажа и пуско-наладки, а также снизить затраты на ремонты и модернизацию ЭЦ. Разработка 1950-х гг.
ДСП	<b>Дежурный по станции</b>
МПЦ	<b>Микропроцессорная Централизация</b> - система управления устройствами СЦБ станции на основе средств микропроцессорной техники. МПЦ является дальнейшим развитием БМРЦ и МРЦ, реализует все их функции, а также ряд принципиально новых, например: <ol style="list-style-type: none"><li>1. регистрация на машинные носители всех событий на станции и средства интеграции с другими АСУ,</li><li>2. программная реализация маршрутизации,</li><li>3. программная реализация мнемосхемы и пульта с использованием мониторов и мыши (трекболла).</li></ol>
МПЦ, примеры	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>SIMIS IS</b> компании <b>Siemens TS RA "Транспортная техника"</b> (200 станций в мире, в РФ - нет данных).</li><li>• <b>Ebilock 950</b>, компании ABB Signal (адаптирована для РАО РЖД ООО «Бомбардье Транспортейшн (Сигнал), 80 станций(2000 стрелок) на 2008 г. в РФ),</li><li>• <b>ESTW L90</b>, компания Alcatel (нет примеров для РФ),</li><li>• <b>МПЦ-И, ЗАО "НПЦ «Промэлектроника»</b> (нет данных),</li><li>• <b>МСУ СЦБ</b>, компании " ВИСТ Групп "(15 станций на 2008 г.).</li></ul>

МРЦ	<p><b>Маршрутная Релейная Централизация</b> - система управления устройствами СЦБ станции на основе релейных устройств, реализующая маршрутизацию на релейной логике. Это первое поколение средств автоматизации управления станцией, позволившее повысить пропускную способность станции за счет автоматической подготовки маршрутов, а также поднять уровень безопасности движения за счет исключения прокладки враждебных и режущих маршрутов.</p> <p>Для взаимодействия ДСП и МРЦ предназначались исполнительный пульт с вынесением кнопочных групп управления маршрутами, стрелками и др., а также лампочное электротабло для индикации состояния секций, стрелок и светофоров. Разработка 1947-1948 гг.</p>
МСУ СЦБ	МПЦ компании "ВИСТ Групп".
МСУ ЛС	<p><b>Микропроцессорная Система Управления Локомотивной Сигнализацией</b> компании " ВИСТ Групп " - это развитие локомотивной сигнализации на основе современных технологий, применяемых на борту локомотива:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. средств микропроцессорной техники,</li> <li>2. средств телекоммуникаций,</li> <li>3. навигационных и других средств позиционирования,</li> <li>4. средств АСУТП для контроля бортовых систем.</li> </ol> <p>МСУ ЛС функционирует в тесной интеграции с МСУ СЦБ станции дислокации поезда:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. передает данные: <ul style="list-style-type: none"> <li>• о позиции габарита поезда на участках путей станции,</li> <li>• о скорости и ускорении поезда,</li> <li>• сообщения машиниста,</li> </ul> </li> <li>2. получает данные: <ul style="list-style-type: none"> <li>• состояния всех производственных объектов(секции, стрелки, светофоры, переезды и др.),</li> <li>• позиции других участников движения на станции,</li> <li>• сообщения ДСП для поездной бригады,</li> <li>• команды МСУ СЦБ для поезда.</li> </ul> </li> </ol> <p>МСУ ЛС выполняет главную функцию для машиниста - окна в мир производственного процесса на станции.</p>

МСУ ОТ	<p><b>Микропроцессорная Система Управления Охраной Труда</b> на станции компании "ВИСТ Групп". МСУ ОТ контролирует дислокацию персонала на территории станции и, взаимодействуя с МСУ СЦБ и ЛС, охраняет людей от наезда поездов.</p>
СПП	<p><b>Система Позиционирования Поездов</b> на секциях. Система определяет занятость или свободу секции по физическому нахождению/отсутствию поезда или его части на секции. Для каждой секции СПП формирует признак "свободна/занята".</p>
СПП, примеры типов.	<p><b>1. Нормально-замкнутые рельсовые цепи.</b>  СПП этого типа работают на принципе контроля уровней тока, протекающего по двум рельсам, которые "шунтируются" колесной парой поезда, что приводит к падению тока и срабатыванию схем контроля занятости. Разработано и внедрено Вильямом Робинзоном в 1872 г.(США, Пенсильвания). Irish-born US engineer William Robinson (1840–1921).</p> <p><b>2. Системы счета осей.</b>  СПП этого типа работают на основе рельсовых датчиков, установленных на границах секций. Датчик просчитывает количество осей(колесных пар) и определяет направления их проследывания. Постовые устройства вычисляют сумму осей датчиков всех границ секций. Нулевая сумма означает свободу секции.</p>
ЭЦ	<p><b>Электрическая Централизация станции</b> - совокупность средств централизованного управления стрелками, светофорами и другими устройствами станции. В состав ЭЦ могут входить системы типа МРЦ, БМРЦ или МПЦ. ЭЦ может быть также реализована в виде системы ручного дистанционного управления стрелками и светофорами.</p>

## Введение

МПЦ, как развитие Блочной Маршрутно-Релейной Централизации(БМРЦ), обеспечивает безопасность движения поездов *на станционном уровне*:

- подготовка маршрутов и включение разрешающих показаний светофоров производится только при отсутствии обстоятельств, которых могут нарушить требования к безопасности движения:
  - наличие враждебных маршрутов,
  - занятость секций,
  - неисправности светофоров, стрелок, переездов и других объектов, входящих в маршрут,
  - занятость негабаритных секций или враждебное положение стрелок в таких секциях.
- непрерывный контроль состояний всех объектов маршрута позволяет своевременно выключить светофор маршрута для предотвращения движения поездов вслед друг другу,
- стрелки маршрута блокируются до момента разделки(сброса признака замкнутости в маршруте) секций движением поезда с целью предотвращения перевода стрелки под составом.

МПЦ, также как и БМРЦ, гарантирует полную 100% безопасность движения при двух главных условиях:

1. оборудование станции, в особенности, напольные устройства, полностью исправны,
2. все участники движения строго выполняют установленные правила.

Однако, в реальной производственной обстановке выходят из строя напольные(чаще) и постовые(реже) устройства, ставя перед системой управления дилемму:

- запретить выполнение опасной операции(например, перевод стрелки занятой секции),блокируя производственный процесс на данном участке,
- разрешить выполнение опасной операции через дополнительный барьер(типа снятия пломбы аварийного перевода и др.), создавая в потенциале аварийную ситуацию.

К примеру, перевод стрелки под составом можно легко заблокировать (просто запретить при любых условиях), если было бы **точно известно**, что секция **занята действительно поездом, а не ложно занята по неисправности СПП** (рельсовой цепи или системы счета осей). В действительности ложная занятость секции систем на рельсовых цепях (чаще) или счета осей (реже) является весьма распространенным явлением. Полный же запрет приведет к невозможности движения поездов в нужном направлении до устранения неисправности, что в большинстве производственных ситуаций является недопустимым. Как следствие, ДСП предоставляется очень опасная возможность выполнить операцию перевода по следующим *строгим* правилам:

1. убедиться в физическом отсутствии поезда на секции,
2. снять пломбу аварийного перевода с записью в журнал,
3. нажать кнопку разрешения аварийного перевода,
4. перевести стрелку,
5. одеть пломбу аварийного перевода с записью в журнал.

"Уклониться" от этой опасной операции ДСП не имеет права *вследствие производственной необходимости - иначе остановится производственный процесс.*

Сложилась многовековая практика разрешения производить *заведомо опасные операции при требовании строгого соблюдения правил их выполнения.* Другими словами, если действия или ситуацию нет возможности контролировать посредством *аппаратных средств*, для решения проблемы разрабатывается свод строгих правил для персонала. К примеру, достаточно ДСП не выполнить, к примеру, правило № 1, т.е., не проверить отсутствие поезда на секции, и предпосылки брака налицо.

Важно при этом отметить, что МПЦ не в состоянии предотвратить брак (аварию) по двум причинам:

1. отсутствует дополнительный канал для проверки действительного отсутствия поезда на секции, как и физическая возможность отличить неисправность рельсовой цепи секции от ее действительного занятия поездом,

2. МПЦ обязано выполнить команду ДСП даже без возможности фактической проверки выполнения последним **всех правил** (невозможно проверить выполнение правила № 1).

В нашей стране с 1 января 1936 года принята следующая классификация нарушений безопасности движения:

- **крушения:**

- сходы пассажирских поездов и столкновения с другими поездами или подвижным составом независимо от размеров последствий;
- все сходы и столкновения товарных поездов с подвижным составом на перегонах и станциях, а также подвижного состава при манёврах, экипировке и на тракционных (отстоя в депо) путях, в результате чего были человеческие жертвы или разбиты паровозы и вагоны, либо произошли значительная порча и загромождение пути, вызвавшие перерыв движения поездов на участке в продолжение часа и более;

- **аварии:**

столкновения, сходы поездов и подвижного состава на перегонах и станциях, в результате которых произошло повреждение подвижного состава, требующее среднего ремонта, или загромождение станционных путей, вызвавшее нарушение маневровой работы;

- **брак в работе:**

факты грубого нарушения правил техэксплуатации на перегонах и станциях (например, проезд закрытого светофора).

МПЦ **в принципе** не может предотвратить сходы поездов по причинам неисправностей путей или подвижного состава, т.к., не имеет каналов контроля путей или состояния, к примеру, колесных пар. Очевидно, это область других подсистем управления железной дорогой:

- АСУ текущего содержания, средних и капитальных ремонтов путевого хозяйства,
- АСУ текущего содержания, средних и капитальных ремонтов парка подвижного состава.

Поэтому предметом дальнейшего рассмотрения будет группа нарушений безопасности движения, связанные со следующими обстоятельствами:

- аварии по причине перевода стрелки под составом,
- аварии по причине приема поезда на занятый путь,
- аварии по причине проезда поезда на закрытый светофор,
- аварии по причине нарушения скоростного режима.

Эта группа составляет до 90% от общего числа всех нарушений, если из этого числа исключить нарушения по причинам неисправностей путей и подвижного состава.

Другими словами, если станция имеет идеальные пути, по которым движутся идеальные поезда, то 90% нарушений все равно будут происходить по обстоятельствам а), б), в) и г).

Очевидно, что **перевод стрелки под составом и прием поезда на занятый путь** имеют "общий источник" - ложную занятость секции. Все современные СПП имеют эту уязвимость в безопасности. Первая ложная занятость возникла аж в 1872 году, и с тех пор человечество не сумело найти противоядия.

Возникает такая ситуация в двух случаях:

1. ДСП вынужден перевести стрелку на занятой секции, будучи убежден, что секция ложно занята и поезда на ней точно нет,
2. ДСП проложил маршрут для движущегося поезда, потом решил этот маршрут отменить и проложить новый маршрут, причем а) машинист уже увидел белый сигнал, б) стрелка переводится новым маршрутом в другое положение и находится близко от светофора. Поезд не успевает затормозить и наезжает на стрелку в переводе.

**Заметьте, это уязвимость СПП, но не МПЦ.** Тем не менее, МПЦ не имеет физической возможности как-то заблокировать действия ДСП. МПЦ не имеет **дополнительного канала контроля занятости секции**, по которому можно определить фактическое состояние секции. Более того, современное МПЦ **не имеет канала идентификации поезд-занятая им секция**. МПЦ имеет дело только с секциями, отнюдь не с поездами.

**Проезд поезда на закрытый светофор** по трассе без маршрута является самым опасным нарушением: последствия могут быть самыми тяжелыми. Поезд может взрезать стрелку и сойти с путей. Поезд может столкнуться с другим поездом, стоящим или движущимся навстречу и т.д. Большая часть нарушений такого рода является не простым нарушением правил (вида "хочу-еду"), а следствием серьезных уязвимостей безопасности, присущих **чисто станционным системам**:

- машинист обязан видеть "свой" светофор по ходу движения и руководствоваться его показаниями, причем светофор может быть установлен в кривых, рядом с "чужими" светофорами, что объективно часто приводит к ошибке вида "увидел желтый - поехал-светофор оказался чужой",
- неисправность красного огня трактуется инструкцией, как запрещающее показание, но можно этот светофор не заметить в условиях плохой видимости, т.к., светофор без единого огня пропустить действительно легко,
- при движении по маршруту после выключения светофора поезд продолжает движение без средств предупреждения об опасности по ходу, т.к., отсутствует канал передачи сообщений на борт от станции,
- при движении поезда по маршруту хвостом вперед не решена проблема выключения светофора, т.к., выключение по первому скату вызывает необходимость движения фактически на закрытый светофор при, зачастую, закрытом попутном (следующим по ходу движения) светофором.

МПЦ в этом случае не имеет **канала управления поездом**, позволяющем своевременно обнаружить это нарушение и принять меры.

**Нарушения скоростного режима** могут быть отнесены в ряд самых "древних" и распространенных видов нарушений. Достаточно вспомнить крушение царского поезда около села Борки (Харьковской губернии) в 1886 году. Поезд, имея пассажирами августейшую семью во главе с Александром III, сошел с путей на скорости 68 км/час при установленном ограничении на этом перегоне - не более 20 км/час. МПЦ **не имеет канала контроля скорости поезда**, чтобы своевременно обнаружить этот вид нарушения и хотя бы сообщить диспетчеру или ДСП. Кроме того, на железных дорогах промышленных предприятий многие



локомотивы не имеют работающих скоростимеров и машинисты определяют скорость "на глазок".

И последнее, МПЦ **не имеет канала управления тормозной системой поездов**. Т.е., если бы МПЦ своевременно и обнаружила предаварийную ситуацию, требующую немедленного торможения поезда, в лучшем случае могла бы только выдать тревожный запрос ДСП с последующей замедленной реакцией без гарантированного результата.

**Т.о. современные МПЦ, также как и их предшественница БМРЦ, имеют серьезные уязвимости в безопасности движения, которые на практике приводят к авариям. Эти уязвимости невозможно устранить в рамках только МПЦ. Для их устранения необходимо внедрение системы бортового базирования - локомотивной сигнализации в тесной интеграции с МПЦ станции.**

## **Технические средства МСУ ЛС**

1. Бортовые микропроцессорные комплекты в составе:
  - промышленный компьютер,
  - монитор и манипулятор типа трекболл,
  - система звуковых сообщений,
  - \*навигационный приемник с классом точности не хуже 3 м три сигма двумя разнесенным антеннами для определения координат носа и кормы локомотива(или два приемника) с антенно-фидерным оборудованием,
  - \*\*карта адаптера радиосети с антенно-фидерным оборудованием,
  - карта полевой шины,
  - модули УСО контроля хвоста и количества вагонов поезда,
  - модули УСО для управления тормозной системой,
  - модули УСО для контроля дополнительных параметров.
2. \*\*Базовые модули цифровой радиосети наземного базирования,
3. \*Базовая станция дифференциальной поправки.
4. \*\*Карты адаптеров радиосети для каждой станции МСУ СЦБ с антенно-фидерным оборудованием.

## Примечания:

\* Навигационный приемник должен **гарантированно** решать задачу определения координат габаритов поезда на станции **не реже 1 раза в секунду**. Не факт, что в этом случае наиболее оптимальным окажется вариант «GPS/ГЛОНАСС». Поэтому необходимо проработать как минимум две технологии:

1. позиционирование radioEthernet (например, решение Siemens)
2. гибридное позиционирование с использованием «псевдоспутников» наземного базирования.

\*\* Проработать надежное и эффективное цена/качество решение.

## Нормативно-справочное обеспечение

1. Модели путевого развития всех станций.
2. Модели маршрутизации всех станций.
3. Справочник парка подвижного состава, включая локомотивы, путевые машины, тепловозы, вагоны и прицепные единицы с описанием габаритов.
4. Регламенты формирования поездов.
5. Маркшейдерская модель железнодорожной сети с интеграцией в модели путевого развития станций.
6. Карты скоростных режимов участков путей.

## Функции МСУ ЛС, интегрированные с расширяемыми функциями МСУ СЦБ

1. Визуализация на бортовом мониторе контекстной транспортной обстановки на мнемосхеме станции по месту текущей дислокации в реальном масштабе времени:
  - состояния секций, включая занятость/свободность/замкнутость в маршруте,
  - положения стрелок, включая состояния неисправна/в переводе,
  - состояния светофоров и переездов,
  - предупреждений по секциям и стрелкам,

- дислокации габарита этого поезда и габаритов всех других участников движения и др.
2. Индикация локомотивного светофора с учетом положения поезда и транспортной обстановке на станции.
  3. Прием и вывод звуковых сообщений голосом предупреждений и команд ДСП.
  4. Индикацию скорости.
  5. Передача дислокации и своего идентификатора МСУ СЦБ станции.
  6. Индикацию контроля хвоста поезда.
  7. Прием и исполнение команд на экстренное торможение в предаварийной ситуации от МСУ СЦБ.
  8. Контроль скоростного режима с выдачей предупреждений при нарушениях.

Примечание.

Любая локомотивная сигнализация эффективна только при полной интеграции с расширенной МПЦ.

## **Описание совместной работы МСУ СЦБ и МСУ ЛС**

**МСУ СЦБ имеет каналы контроля и управления поездами:**

1. точное положение габаритов поезда на секциях, это **вторая СПП, которая дополняет и контролирует основную СПП напольного базирования,**
2. скорость и ускорение поезда,
3. быстрое оповещение машиниста передачей цифровых сообщений,
4. команда на экстренное торможение в предаварийной ситуации.

**Решение задач по предотвращению аварий.**

а) Перевод стрелки под составом.

1. Секция занята поездом, ДСП принимает неверное решение о ее ложной занятости, причем производит сброс ложной занятости. МСУ СЦБ не позволит выполнить перевод стрелки, т.к., имеет канал контроля положения габаритов поезда на этой секции.

2. ДСП проложил маршрут для движущегося поезда, потом отменил этот маршрут и проложил новый, переводящий стрелку в другое положение. МСУ СЦБ не позволит проложить **опасный** новый маршрут, путем следующих расчетов:

- известны положение, скорость, ускорение поезда и его расстояние до стрелки,
- рассчитывается время, необходимое для подхода поезда к стрелке,
- если это время меньше 10 секунд(7-10 секунд - норматив для перевода стрелки), то маршрут не прокладывается.

б) Прием поезда на занятый путь.

ДСП принял решение, что путь приема ложно занят и сбросил ложную занятость.

МСУ СЦБ не позволит проложить поездной маршрут, если канал дислокации поезда показывает, что поезд фактически находится на этом пути.

Если ДСП примет решение проложить маневровый маршрут, то МСУ СЦБ произведет его прокладку, но выдаст предупреждение машинисту о необходимости движения с особой осторожностью на занятый путь. В этом случае машинист сам увидит, куда ему прокладывается маршрут с индикацией габаритов другого поезда, занимающего секцию.

в) Аварии по причине проезда поезда на закрытый светофор.

МСУ СЦБ имеет канал контроля дислокации габаритов, скорости и ускорения поезда. При движении поезда на закрытый светофор МСУ СЦБ предпримет следующие действия:

- проверит разрешение ДСП на это движение, которое должно быть оформлено ответственной командой,
- проверит свободу трассы,
- при невыполнении этих условий МСУ СЦБ выполнит предаварийные действия:
- выдаст предупреждения ДСП и машинисту о наступлении 5-ти секундной(к примеру) готовности к предотвращению аварии,

- при отсутствии признаков торможения выдаст команду экстренного торможения на борт поезда.

Важно отметить, что МСУ СЦБ и ЛС будут контролировать движение поезда в каждый момент его дислокации на станции и предпринимать совместные попытки предотвратить с опережением любые опасные попытки наезда поезда на препятствия(стоящий или встречный поезда и др.).

г) Контроль скоростного режима.

МСУ СЦБ имеет канал контроля скорости.

На каждом участке пути по карте скоростных режимов МСУ СЦБ и ЛС контролируют скорость и выдают предупреждения о нарушениях скоростного режима с сообщениями ДСП(на станции) и диспетчеру(на перегонах).

## **Решение принципиально новых задач**

**1. Устранение простоев поездов по причине ложной занятости секций по показаниям основной СПП при повышении уровня безопасности движения.** Имея надежный канал контроля дислокации габаритов поезда, МСУ СЦБ выполняет уверенно и безопасно следующие операции:

- прокладку маршрута по ложно занятым секциям с включением светофора,
- разделку маршрута по исполнению движения поездом по ложно занятым секциям.

Поезда будут двигаться только по маршрутам, что существенно безопаснее, чем на запрещающий светофор. Отпадает необходимость для ДСП выполнения опасной операции отправления/приема поезда на запрещающий сигнал.

**2. Предотвращение столкновений поездов.**

МСУ СЦБ и МСУ ЛС, имея надежный канал контроля дислокации габаритов поездов, постоянно контролируют их взаимное расположение, направления

движения, скорости и ускорения. Как следствие, МСУ решает задачу по предотвращению столкновений поездов следующим образом:

- если поезд «А» движется навстречу поезду Б и расстояние между ними превышает охранный порог полтора тормозного пути, то МСУ:
  - (а) объявляет для ДСП, машинистов поездов 5-ти секундную предаварийную готовность с выдачей тревоги,
  - (б) если машинисты не предприняли никаких действий, МСУ выдает команду на экстренное торможение.

## Интеграция МСУ ЛС и МПЦ

МСУ ЛС предоставляет интерфейсы для интеграции с МПЦ любых производителей на двух уровнях:

- инфологическом - это детальное *смысловое* описание структур данных и моделей, необходимых для работы МСУ ЛС,
- прикладном - в виде документированных сервисов, обеспечивающих доступ к потокам событий МСУ ЛС.

## Описание МСУ ОТ

1. Каждый работник станции перед выходом на территорию станции, получает **навигатор МСУ**. Без навигатора нахождение на территории станции считается грубейшим нарушением ТБ.
2. Навигатор МСУ выполняется в габаритах мобильного телефона и состоит из:
  - процессора,
  - навигационного приемника с антенно-фидерным оборудованием,,
  - карты радиосети с антенно-фидерным оборудованием,
  - системы звукового оповещения.
3. Навигатор выполняет следующие функции:
  - передает свои координаты МСУ СЦБ и МСУ ЛС поездов, машинисты всех поездов видят местоположение всех людей на территории станции,

- получает звуковые предупреждения о движении поездов в охранной зоне,
- при опасном сближении с поездом выдает тревогу человеку и МСУ.

В основе всех трагических случаев травмирования людей поездами лежат, к сожалению, простые обстоятельства: машинист не видел жертву или жертва не видела и не слышала поезда.

МСУ ОТ позволяет реализовать своевременное оповещение как людей на территории станции, так и машинистов об опасном движении поездов.

Нельзя утверждать, что МСУ ОТ предотвращает **все инциденты**, люди нарушали, нарушают и будут нарушать инструкции. Например, работник вышел без навигатора и ... Тем не менее, можно смело заявить, что работодатель, внедрив МСУ ОТ, на деле обеспечил **реальную охрану труда работников станции**.

Анализ инцидентов на некоторых горных предприятиях позволяет твердо утверждать, что свыше 90% инцидентов были бы предотвращены МСУ ОТ.

*Наши специалисты будут рады ответить на Ваши вопросы!*

**Центральный офис ООО «ВИСТ Групп»**

Адрес: 107078, Москва, Докучаев переулок, д. 3, стр. 1

Телефон: + 7 (499) 975 2217, 975 3394

Факс: + 7 (499) 975 1846

E-mail: [info@vistgroup.ru](mailto:info@vistgroup.ru)

**Филиал ООО «ВИСТ Групп» в г. Железногорск**

Адрес: 307170, Курская область, г. Железногорск, ул. Гагарина, д. 28, оф. 308

Телефон / факс: + 7 (47148) 76989

E-mail: [konjakhin@vistgroup.ru](mailto:konjakhin@vistgroup.ru)