

ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ОСЖД)

II издание

Разработано экспертами Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу 4 – 6 сентября 2012 г.,
Республика Польша, г. Заверце

Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу
9 – 12 октября 2012 г., Комитет ОСЖД, г. Варшава

Дата вступления в силу: 12 октября 2012 г.

Примечание: Теряет силу I издание от 30.10.2003 г.

**Р
781**

**К О Н Ц Е П Ц И Я
ПОСТРОЕНИЯ ДИАГНОСТИКИ ПУТИ НА ОСНОВЕ
ОЦЕНКИ ИНТЕНСИВНОСТИ ЕГО РАССТРОЙСТВ
В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

1. Введение

Безопасность движения поездов требует строго регламентированного контроля за состоянием железнодорожного пути, который осуществляется с помощью соответствующей системы измерения и быстрой обработки данных. Кроме того, очень важным является осуществление хорошо запланированного и ресурсосберегающего содержания и ремонта пути. Контроль за состоянием пути - это непрерывный процесс, при реализации которого определяется актуальное состояние железнодорожного пути, а также изменение этого состояния во времени. В результате осмотров и проверок, после взвешивания разных возможных вариантов принимаются решения о проведении необходимых мероприятий. Экспертная система позволяет проследить изменение технического состояния пути во времени и спрогнозировать его на перспективу. Правильное решение по задачам содержания пути определяется в зависимости от состояния пути. Стратегия, зависящая от состояния пути, требует сбора огромного количества данных о его состоянии, хранение и обработку этих данных. Эти качественные и количественные данные характеризуют геометрическое и конструктивное состояние железнодорожного пути. В то же время важной задачей является контроль и оценка качества выполнения работ.

Описанную выше очень сложную задачу должна решать компьютерная экспертная система *поддержки принятия решений*.

Компьютерная система, служащая для *поддержки принятия решений* по выполнению работ по содержанию и ремонту железнодорожного пути должна быть создана прежде всего для специалистов путевого хозяйства.

Программное обеспечение должно содержать различные данные о пути для всех линий данной железнодорожной компании (к таким данным относятся данные геометрического положения пути, данные нижнего строения, станций, мостов туннелей и т.д.). Программное обеспечение должна содержать две группы данных, в одну из них входят так называемые основные (учетные) данные (к ним относятся постоянные данные, например технические данные переездов), а в другую измерительные данные проведенных измерений (например, данные измерения геометрического состояния пути, дефектоскопии), которые обеспечиваются измерительными средствами, например, путеизмерительными вагонами.

Пользователь системы должен иметь возможность получать информацию о изменении во времени результатов измерения, и выдвигать предложения относительно оптимального планирования путевых работ на основании контрольных и измерительных данных. Имея в распоряжении измерительные данные можно проводить разные анализы и вычислять разные статистики

2. Цель экспертной системы

На основе собранных данных и вычисленных на их основе оценочных показателей, а также разных алгоритмов система должна решать следующие задачи:

- обеспечение информацией о геометрическом состоянии и конструктивных элементах верхнего строения пути и о ранее выполненных работах по содержанию,
- характеристика актуального геометрического и конструктивного состояния железнодорожного пути,
- контроль за процессом расстройтва пути,
- выявление локальных неисправностей в геометрии и конструкции верхнего строения пути,
- определение необходимости проведения путевых работ по содержанию и ремонту пути,

- анализ необходимости введения ограничения скорости из-за расстройтва пути,
- планирование финансовых расходов,
- контроль качества выполненных путевых работ.

3. Инструменты системы

- **Путеизмерительный вагон** обеспечивает качественно-оценочные показатели относительно рихтовки, уровня, перекосов и ширины колеи, и составляет перечень локальных геометрических отступлений.
- **Бортовой компьютер путеизмерительного вагона** составляет оценочные показатели на каждый участок оценки пути для установления общего геометрического состояния, а также перечень локальных неисправностей.
- **Ультразвуковой вагон-дефектоскоп** собирает и обрабатывает информацию о характере и месте внутренних дефектов и геометрических отступлений рельсов и сварных стыков.
- **Портативный микрокомпьютер** является инструментом сбора и хранения данных о неисправностях при контрольном осмотре пути в натуре.
- **Центральный сервер** служит для хранения и обработки данных, и представления результатов.
- Измерительная система для измерения геометрии поперечного сечения головки рельса
- Средства измерения волнообразного износа рельса
- Средства измерения нейтральной температуры рельсов бесстыкового пути
- Средства измерения габарита приближения строений
- Видеосистема с автоматической оценкой, для определения механического состояния элементов верхнего строения пути

4. Теоретические основы системы

Наиважнейшие теоретические основы системы:

- единая система допусков геометрии пути,
- единая система оценки технического состояния пути, описанная качественно-оценочными показателями,
- математическая модель процесса расстройтва пути

4.1. Единая (в пределах конкретной железной дороги) система допусков

Путем обработки многочисленных данных для геометрических параметров (по плану, уровню и перекосам), в разных диапазонах скорости (20-40-60-80-100-120-160 км/час), и для каждого типа верхнего строения (стыковой и бесстыковой путь) определены куммулативные кривые. При помощи этих кривых нашли, что существует следующая основополагающая зависимость:

$$f(\Delta) \times \varphi(v) = \text{const},$$

где:

$f(\Delta)$ – функция значения границ допуска;
 $\times \varphi(v)$ – функция скорости

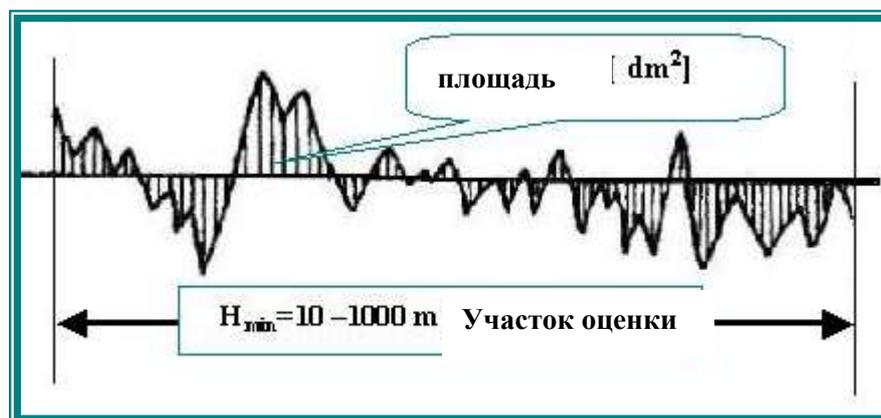
4.2. Качественно-оценочные показатели (синтетические показатели)

Состояние верхнего строения пути характеризуется двумя разными оценочными показателями. Оба они получаются простым математическим методом из показателей отдельных параметров пути.

Например, синтетический показатель SAD, применяемый на МАВ, отражает общее геометрическое состояние участка пути длиной 500 м, для его расчета используется показатели по рихтовке, просадкам и перекосам.

$$SAD = \frac{1}{3} \left\{ \frac{P_{\text{прав.}} + P_{\text{лев.}}}{2} + \frac{\Pi_{\text{прав.}} + \Pi_{\text{лев.}}}{2} + PK_{2,5\text{м}} + PK_{6,0\text{м}} \right\}$$

В данном случае применяется следующая методика определения качественных показателей по отдельным параметрам, учитываемым в формуле определения синтетического показателя SAD (см. рисунок), метод площадей графика измерения, т.е суммируется площадь между нулевой линией и линией, графика измерения для участка оценки (напр. 100, 500 или 1000 м)



Применяемый ПКП, в системе оценки состояния пути, синтетический показатель «J» вычисляется по формуле:

$$J = \frac{S_z + S_y + S_w + 0,5 \times S_e}{3,5},$$

где:

S_z – среднеквадратическое отклонение вертикальных неровностей,

S_y – среднеквадратическое отклонение горизонтальных неровностей,

S_w – среднеквадратическое отклонение перекоса пути,

S_e – среднеквадратическое отклонение ширины колеи.

Конструкционный синтетический оценочный показатель MAD, применяемый на МАВ, характеризует общее конструктивное состояние пути по 500 метровым участкам

пути, и синтезируется из оценочных показателей отдельных конструктивных элементов верхнего строения пути.

$$MAD = \frac{R + S + F + B}{4},$$

где: R (показатель рельсов) = f (износ рельсов, эксплуатационная нагрузка, внутренние дефекты, дефекты сварных стыков)
 S (показатель шпал) = f (необходимость замены шпал)

F (показатель креплений) = f (необходимость замены креплений)

B (показатель балласта) = f (поверхностное засорение, загрязнение, появление сорняка)

Значения конструктивных оценочных показателей и показателя MAD меняется в границах от 0 до 100, отражая степень выхода из строя отдельных конструктивных элементов или всей конструкции в целом.

В приведенных выше показателях могут применяться коэффициенты для отдельных параметров.

4.3. Модель процесса расстройтва пути

Процесс расстройтва железнодорожного пути можно описать следующим выражением:

$$h = h_0 + b \cdot e^{amv^n}$$

где: h = состояние пути в моменте осмотра

h_0 = состояние пути после выполнения работ

a, b – расчетные коэффициенты

α = параметр, зависящий от подвижного состава

m = суммарная эксплуатационная нагрузка, пропущенная от момента выполнения работ

v = эквивалентная скорость

Эта формула выражает экспоненциальный характер расстройтва пути.

5. Структура системы

Структура ситемы представлена на рисунке 1.

6. Представляемые результаты

В результате работы системы выдаются выходные результаты в виде:

- Столбовая диаграмма синтетического и параметрических оценочных показателей геометрического состояния пути
- Изменение во времени синтетического и параметрических оценочных показателей геометрического состояния пути
- Перечень локальных неисправностей

- Решение о необходимости выполнения работ по содержанию
- Определение необходимости введения временного ограничения скорости
- Необходимость проведения ремонта пути
- Планирование экономичных выправочно-подбивочно-рихтовочных и балласто-очистительных работ на уровне дирекций и всей сети в целом
- Планирование расходов.

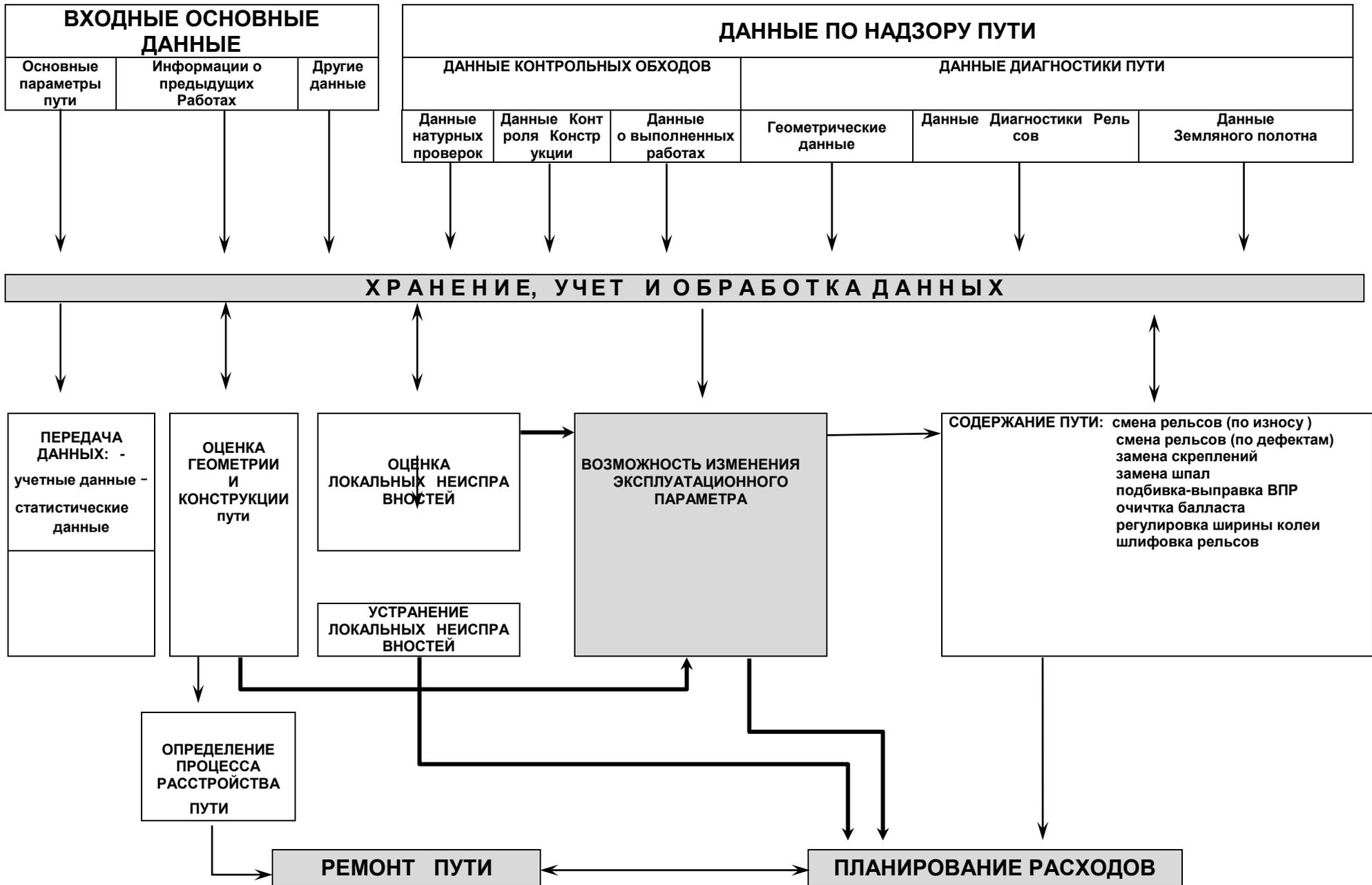


Рис. 1. Структура системного проекта