

**ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ
(ОСЖД)**

I издание

Разработано совещанием экспертов Комиссии ОСЖД
по инфраструктуре и подвижному составу 5-7 апреля 2016 г.,
Российская Федерация, г. Новосибирск

Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и
подвижному составу 18-21 октября 2016 г.,
Комитет ОСЖД, г. Варшава

Дата вступления в силу: 21 октября 2016 г.

Р 749/1

**ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ
И ПЕРЕСЕЧЕНИЙ РЕЛЬСОВЫХ ПУТЕЙ**

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
1. НАЗНАЧЕНИЕ ПАМЯТКИ.....	3
2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	3
3 ВОЗМОЖНЫЕ СОСТОЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ СТРЕЛОЧНОГО ХОЗЯЙСТВА.....	5
4. ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ.....	8
4.1. Безотказность.....	8
4.2. Долговечность.....	9
4.3. Ремонтпригодность.....	10
4.4. Безопасность.....	11
5. АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ СТРЕЛОЧНОГО ПЕРЕВОДА, КАК СИСТЕМЫ.....	12
6. АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СТРЕЛОЧНОГО ПЕРЕВОДА, КАК ТЕХНИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ИНФРАСТРУКТУРЫ.....	16
7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ НАДЕЖНОСТИ СТРЕЛОЧНОГО ХОЗЯЙСТВА ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ (станций, линий, участков, сети дорог).....	18

1. НАЗНАЧЕНИЕ ПАМЯТКИ

Система требований к стрелочным переводам и другим видам соединений и пересечений рельсовых путей, используемым странами, участницами ОСЖД должна обеспечить условия безопасности обращения подвижного состава по пути, при оптимизации и экономичности его обслуживания. Современным и наиболее перспективным подходом к разработке системы таких требований является подход с позиций обеспечения заданных показателей надежности.

Настоящая памятка посвящена формированию системы показателей надежности для соединений и пересечений рельсовых путей. Общность системы показателей для стран – членов ОСЖД должна способствовать интеграционным процессам в рамках организации, а также реализации ее ближайших и перспективных задач.

2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Использование системы управления ресурсами и рисками в хозяйствах железных дорог, позволяет наиболее эффективно распределять материальные средства и планировать работы по обеспечению необходимых параметров перевозочного процесса. С целью внедрения этой системы должны быть разработаны нормативные документы и методики по определению показателей надежности и рисков для каждого из хозяйств, в частности — путевого хозяйства.

Стрелочное хозяйство является частью инфраструктуры железных дорог. Оно оказывает существенное влияние на возможности и параметры перевозочного процесса. Влияние надежности функционирования стрелочного хозяйства на перевозочный процесс иллюстрирует рисунок 1.



Рисунок 1 – Составляющие, обеспечивающие функционирование стрелочного хозяйства инфраструктуры

В полной постановке вопроса о надежности функционирования стрелочного хозяйства необходимо рассматривать надежность работы его составляющих:

- технических средств (стрелочных переводов и других конструкций соединений и пересечений рельсовых путей);

- надежность работы объектов (групп стрелочных переводов станции или горловины станции);

- надежность работы совокупностей таких объектов (участков пути, линий, направлений и др.);

- надежность системы стрелочного хозяйства объединений объектов (дорог, сети дорог в целом); надежность системы ведения стрелочного хозяйства как подсистемы путевого хозяйства.

При этом необходимо рассмотреть показатели надежности, относящиеся к группам:

- безотказность,
- долговечность;
- ремонтпригодность;
- безопасность.

3. ВОЗМОЖНЫЕ СОСТОЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ СТРЕЛОЧНОГО ХОЗЯЙСТВА

Работоспособность технического средства стрелочного хозяйства определяется его состоянием. Возможные состояния технических средств стрелочного хозяйства показаны на рисунке 2.

С позиции осуществления перевозочного процесса, состояние технического средства стрелочного хозяйства может:

- обеспечивать необходимые параметры перевозочного процесса — такое состояние следует называть **работоспособным**;

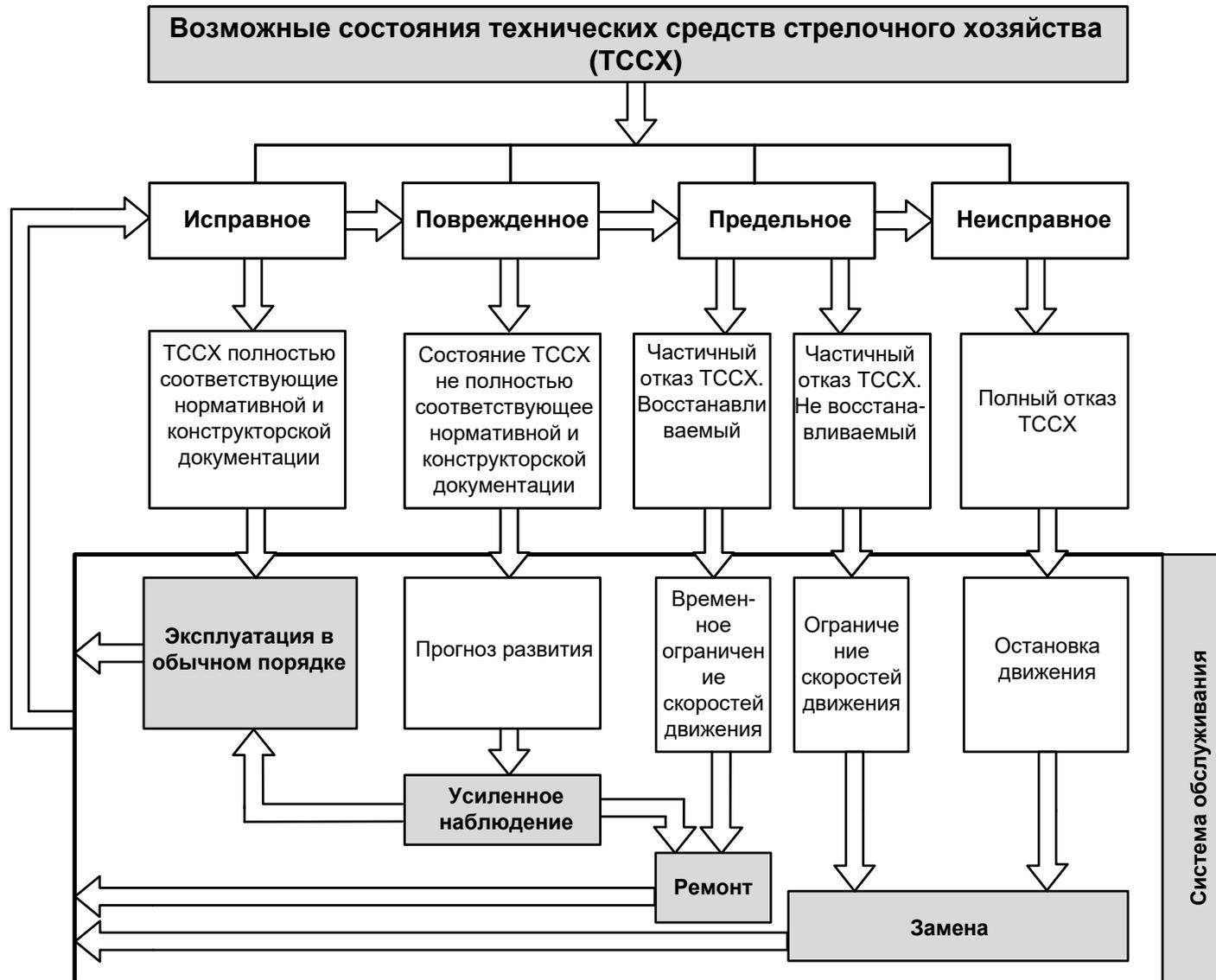


Рисунок 2 – Состояния технических средств стрелочного хозяйства

С точки зрения терминологии и методик теории надежности техническое средство стрелочного хозяйства может находиться в исправном состоянии, в поврежденном состоянии, в предельном состоянии (частичного отказа) или неисправном состоянии (состоянии полного отказа).

Особенности этих состояний для технических средств стрелочного хозяйства следующие.

Исправное состояние соответствует требованиям, изложенным в конструкторской документации, инструкциях по монтажу и эксплуатации данного технического средства, а отклонения в его параметрах находятся в пределах допускаемых.

В **поврежденном состоянии** техническое средство не полностью соответствует требованиям нормативной документации. Имеются повреждения отдельных элементов, не связанные с угрозой безопасности движения поездов (например, выкрашивания глубиной до 1 мм и др.). Однако наличие этих повреждений не требует введения ограничения скоростей движения.

Под **предельным состоянием (частичный отказ)** следует понимать состояние технического средства (например, элемента стрелочного перевода), при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима, или допустима с ограничением скоростей движения поездов. То есть работоспособность технического средства частично теряется. Отказы, вызывающие предельное состояние, могут подразделяться на восстанавливаемые, то есть те, которые могут быть ликвидированы ремонтом в пути, и невосстанавливаемые, требующие замены отказавшего элемента.

Неработоспособное состояние — это полный отказ технического средства, при котором требуется его немедленная замена или остановка движения (В отдельных случаях может быть допущен пропуск поездов со скоростью 5 – 15 км/ч).

Поврежденное, предельное и неработоспособное состояния вызываются возникающими в процессе эксплуатации повреждениями и отказами, которые могут классифицироваться как:

- отказы по износу;
- отказы по дефектам;

- отказы по причине расстройств геометрии рельсовой колеи;
- отказы по состоянию систем обеспечения работы технического средства (например, невозможность перевода остряка из-за снега, напессовавшегося между остряком и рамным рельсом).

4. ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ

Показатели надежности технических средств стрелочного хозяйства разделены на группы и показаны на рисунке 3.

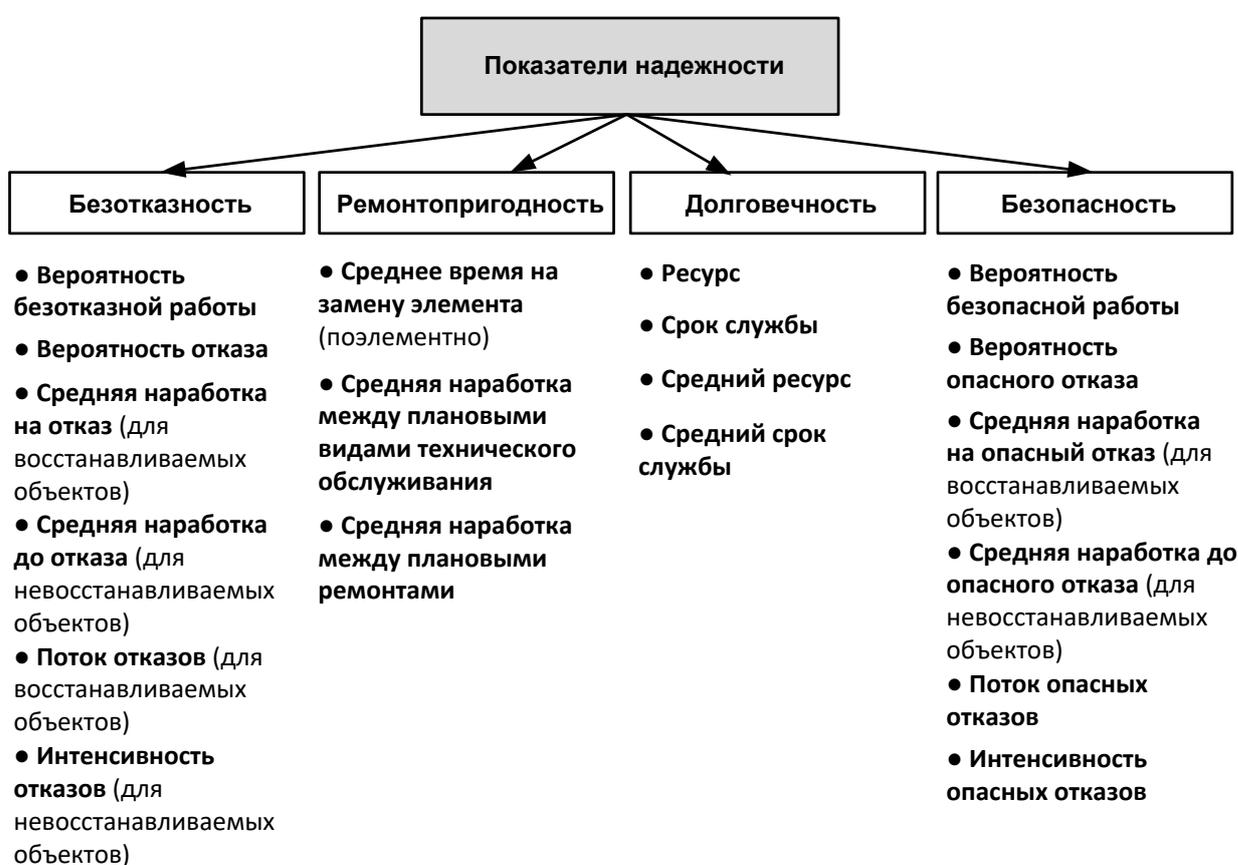


Рисунок 3 – Показатели надежности технических средств стрелочного хозяйства

4.1. Безотказность – свойство технических средств стрелочного хозяйства непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение определенной наработки при установленных в нормативной и (или) технической документации условиях применения.

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния технических средств стрелочного хозяйства.

Перечень показателей безотказности технических средств стрелочного хозяйства представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели безотказности технических средств стрелочного хозяйства

Наименование показателя	Определение
Вероятность безотказной работы	Вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ технических средств стрелочного хозяйства (элементов) конкретного вида (проекта), не возникнет
Вероятность отказа	Вероятность того, что в пределах заданной наработки технических средств стрелочного хозяйства (элементов) конкретного вида (проекта), возникнет хотя бы один отказ
Средняя наработка на отказ (для восстанавливаемых объектов)	Отношение суммарной наработки технических средств стрелочного хозяйства (элементов) конкретного вида (проекта), к числу их отказов в течение этой наработки
Средняя наработка до отказа (для невосстанавливаемых объектов)	Наработка технических средств стрелочного хозяйства (элементов) конкретного вида (проекта), до появления первого отказа
Поток отказов (для восстанавливаемых объектов)	Суммарное число отказов технических средств стрелочного хозяйства (элементов) конкретного вида (проекта), отнесенное к их общему числу и промежутку времени за который отказы произошли
Интенсивность отказов (для невосстанавливаемых объектов)	Отношение числа отказов технических средств стрелочного хозяйства (элементов) конкретного вида (проекта), к их наработке за рассматриваемый период наблюдения

4.2. Долговечность – свойство технических средств стрелочного хозяйства выполнять предусмотренные техническими требованиями функции до достижения предельного состояния при установленных в нормативной и (или) технической документации условиях применения и технического обслуживания.

Перечень показателей долговечности технических средств стрелочного хозяйства представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели долговечности технических средств стрелочного хозяйства

Наименование показателя	Определение
Ресурс	Наработка технического средства стрелочного хозяйства от его укладки в путь до замены, или капитального ремонта
Срок службы	Временной промежуток работы технического средства стрелочного хозяйства от его укладки в путь до замены, или капитального ремонта.
Средний ресурс	Математическое ожидание ресурса
Средний срок службы	Математическое ожидание срока службы объекта

4.3. Ремонтпригодность

Ремонтпригодность и качество изготовления технических средств стрелочного хозяйства (их элементов) должны обеспечивать восстановление эксплуатационных показателей участков железнодорожного пути на участках, на которых их применяют, в рамках системы обслуживания (текущего содержания) и ремонтов, действующих на дорогах владельца инфраструктуры.

Перечень показателей ремонтпригодности технических средств стрелочного хозяйства представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели ремонтпригодности технических средств стрелочного хозяйства

Наименование показателя	Определение
Среднее время на замену элемента (поэлементно)	Математическое ожидание продолжительности неработоспособного состояния объекта по техническим причинам
Средняя наработка между плановыми видами технического обслуживания	Математическое ожидание наработки объекта между плановыми видами технического обслуживания
Средняя наработка между плановыми ремонтами	Математическое ожидание наработки объекта между плановыми ремонтами

4.4. Безопасность – свойство технических средств стрелочного хозяйства сохранять безопасное состояние по отношению к конкретному опасному событию.

Опасный отказ – отказ технических средств стрелочного хозяйства (их элементов), угрожающий безопасности движения поездов, и требующий незамедлительной замены элемента или всей конструкции объекта.

Перечень показателей безопасности технических средств стрелочного хозяйства представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели безопасности технических средств стрелочного хозяйства

Наименование показателя	Определение
Вероятность безопасной работы	Вероятность того, что в пределах заданной наработки опасный отказ технических средств стрелочного хозяйства (элементов) конкретного вида (проекта), не возникнет
Вероятность опасного отказа	Вероятность того, что в пределах заданной наработки технических средств стрелочного хозяйства (элементов) конкретного вида (проекта), возникнет хотя бы один опасный отказ
Средняя наработка на опасный отказ (для восстанавливаемых объектов)	Отношение суммарной наработки технических средств стрелочного хозяйства (элементов) конкретного вида (проекта) до опасного отказа, к числу их опасных отказов по рассматриваемым периодам работы
Средняя наработка до опасного отказа (для невосстанавливаемых объектов)	Отношение суммарной наработки технических средств стрелочного хозяйства (элементов) конкретного вида (проекта) до опасного отказа, к числу их опасных отказов
Поток опасных отказов	Суммарное число опасных отказов технических средств стрелочного хозяйства (элементов) конкретного вида (проекта), отнесенное к их общему числу и промежутку времени за который опасные отказы произошли
Интенсивность опасных отказов	Отношение числа опасных отказов технических средств стрелочного хозяйства (элементов) конкретного вида (проекта), к их наработке за рассматриваемый период наблюдения

5. АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ СТРЕЛОЧНОГО ПЕРЕВОДА, КАК СИСТЕМЫ

Поскольку соединения и пересечения рельсовых путей состоят из системы элементов, для их анализа целесообразно построить модели функционирования. Функциональная блок-схема позволит определить влияние отказа каждой подсистемы и элемента на характеристики системы в целом. Рассмотрим построение такой модели для наиболее распространенного вида соединений и пересечений рельсовых путей – стрелочного перевода.

Частичные восстанавливаемые отказы элементов стрелочного перевода ликвидируются в пути в рамках работ по текущему содержанию, поэтому их можно относить к регламентным работам по обслуживанию стрелочных переводов. Большинство отказов элементов стрелочных переводов по дефектам и износу являются невосстанавливаемыми.

Для невосстанавливаемых объектов основными показателями надежности являются вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и среднее время безотказной работы (средняя наработка до отказа).

Если имеется функция распределения наработки элемента до отказа $F(t)$, и (или) ее плотность $f(t)$, то эти показатели определяются по известным зависимостям:

- вероятность безотказной работы $R(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_{-\infty}^t f(\tau) d\tau$, (1)

- средняя наработка до отказа $E(t) = \int_0^{\infty} R(t) dt$, (2)

- интенсивность отказов $\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$. (3)

Отказы элементов стрелочного перевода, с достаточной для практических целей точностью, можно считать независимыми.

При таком подходе стрелочный перевод, с точки зрения анализа его надежности, представляет собой систему с последовательным соединением элементов. Блок-схема для изучения надежности системы «стрелочный перевод» будет состоять из нескольких частей: блок-схема надежности стрелочного перевода по износу и дефектам его элементов (рисунок 4) и блок-схема надежности

стрелочного перевода по геометрии рельсовой колеи (рисунок 5). Каждая из этих схем является схемой с последовательным соединением элементов.

Блок-схема надежности стрелочного перевода по износу и дефектам его элементов состоит из 5 последовательно соединенных блоков. Блок «металлические части» включает в себя острия, рамные рельсы, крестовины (острые и тупые), рельсы соединительных путей, рельсы крестовины, контррельсы, элементы креплений. В блок «основание» входят брусья или другой вид опор для рельсовых элементов и прокладки, расположенные между металлическими частями и брусьями. Блок «переводные механизмы» состоит из элементов, передающих усилие от привода на подвижные элементы стрелочного перевода (тяги, рычаги, станины и т.д.), устройств замыкания и контроля положения подвижных элементов.

Блок «система обеспечения работы стрелочного перевода в зимних условиях» может включать в себя различный набор элементов, в зависимости от вида системы (пневматическая, тепловая или механическая) и ее устройства. Блок «приводы» состоит из устройств, создающих усилия, необходимые для перемещения подвижных элементов - ручной привод, электроприводы (один или несколько) или гидропривод.

Чтобы система с последовательным соединением элементов функционировала, все ее подсистемы и элементы должны работать безотказно. Вероятность безотказной работы каждого блока такой системы может быть определена, как состояние, при котором все его элементы работают безотказно:

$$R_{\text{бл}} = P [A_1 \cap A_2 \cap \dots \cap A_n], \quad (4)$$

где:

$R_{\text{бл}}$ – вероятность безотказной работы блока (рисунки 4 и 5);

A_i – отсутствие отказа i -ого элемента в блоке;

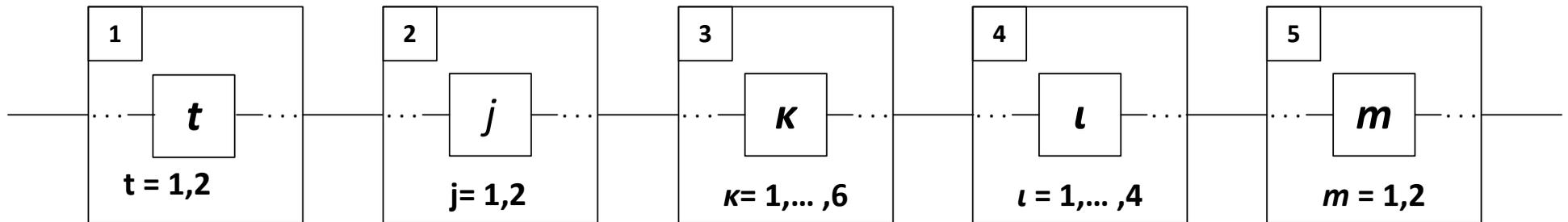
P – вероятность события, при котором все элементы блока работают, не имея отказа.

Если отказы в элементах блока независимы, то:

$$P [A_1 \cap A_2 \cap \dots \cap A_n] = P(A_1) \cdot P(A_2) \dots P(A_n), \quad (5)$$

или,

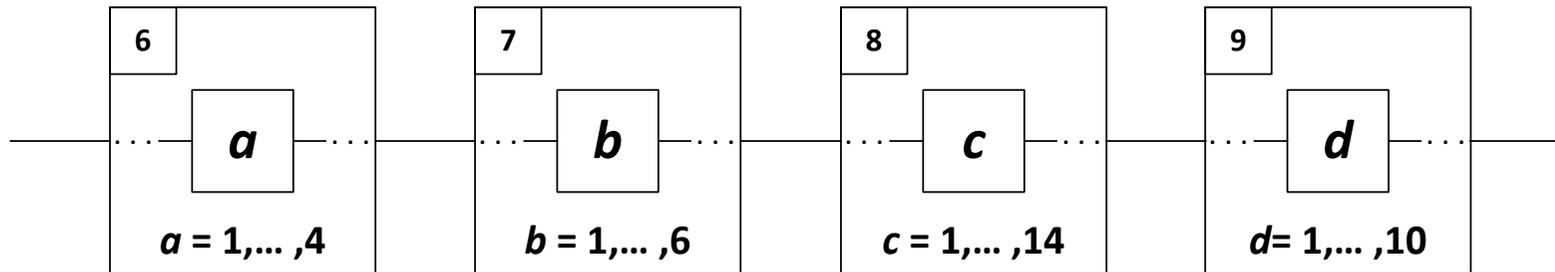
$$R_{\text{бл.}} = \prod_{i=1}^n R_i. \quad (6)$$



Блоки элементов:

- 1 – металлическая части стрелочного перевода;
- 2 – основание стрелочного перевода;
- 3 – переводные механизмы и системы контроля;
- 4 – система обеспечения работы стрелочного перевода в зимних условиях;
- 5 – приводы (ручные, электрические, гидравлические)

Рисунок 4 – Блок-схема надежности стрелочного перевода по износу и дефектам его элементов



Блоки элементов:

- 6 – размеры безопасности;
- 7 – ширина колеи;
- 8 – размеры ординат и желобов;
- 9 – взаимное положение элементов стрелочного перевода

Рисунок 5 – Блок-схема надежности стрелочного перевода по геометрии рельсовой колеи

Поскольку число блоков — пять (рисунок 4), и исходя из того, что отказы каждого блока независимы для определения вероятности безотказной работы стрелочного перевода по износу и дефектам, имеем формулу:

$$R_{\text{и.д.}} = \prod_{i=1}^{N_1} R_i \cdot \prod_{j=1}^{N_2} R_j \cdot \prod_{k=1}^{N_3} R_k \cdot \prod_{l=1}^{N_4} R_l \cdot \prod_{m=1}^{N_5} R_m, \quad (7)$$

где:

$N_{1...5}$ - число элементов в соответственно в блоках 1, ..., 5.

Из приведенных материалов видно: $N_1 = 8$, $N_2 = 2$, $N_3 = 6$, $N_4 \geq 4$, $N_5 \geq 2$.

Таким образом, для получения показателей надежности (безотказности) укладываемого в путь стрелочного перевода по износу и дефектам необходимо получить распределения наработки до отказа всех его элементов и затем использовать приведенную выше методику. Получаемые результаты – для наиболее важных элементов и перевода в целом – характеризуют качество продукции, выпускаемой конкретным производителем, и ориентируют потребителя в целесообразности ее применения.

Блок-схема надежности стрелочного перевода по геометрии рельсовой колеи состоит из 4 последовательно соединенных блоков (рисунок 5).

В блок «размеры безопасности» входят лимитируемые ПТЭ расстояния между элементами крестовинных узлов, размер, контролируемый шаблоном КОР, размеры, контролирующие замыкание острижков и сердечников крестовин внутренними и внешними замыкателями. Блок «ширина колеи» включает в себя размеры ширины рельсовой колеи в контролируемых сечениях. «Размеры ординат и желобов» составляют отдельный блок, включающий в себя, помимо самих этих размеров, шаг острижка и разность ширины колеи и величины желоба между острижком и рамным рельсом в конце его строжки. Блок «взаимное положение элементов» – это нормативы по взаимному положению и прилеганию металлических частей, а также зазоров между рельсовыми элементами и элементами, на которые они опираются.

6. АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СТРЕЛОЧНОГО ПЕРЕВОДА, КАК ТЕХНИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ИНФРАСТРУКТУРЫ

При определении эксплуатационных показателей надежности технических средств стрелочного хозяйства (как части инфраструктуры) необходимо учитывать все виды отказов. Технические средства стрелочного хозяйства являются восстанавливаемыми объектами, поэтому показатели безотказности – вероятность безотказной работы и интенсивность отказов, используемые для невосстанавливаемых элементов, могут не иметь смысла. Так, один стрелочный перевод может иметь одновременно несколько отказов, например, сверхнормативный износ крестовины и нарушение норм содержания по ширине колеи. В этом случае суммарное число отказов $\sum_{i=1}^N n_i(t)$ по группе стрелочных переводов может превысить число самих стрелочных переводов N в группе. Тогда статистически определенная вероятность безотказной работы $R = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N n_i(t)}{N}$ будет иметь отрицательное значение, что противоречит понятию этого параметра.

Показателями безотказности технических средств стрелочного хозяйства в эксплуатации являются – параметр потока отказов и средняя наработка на отказ.

Поток отказов стрелочных переводов иллюстрирует рисунок 6. Поскольку в практике эксплуатации не организуется отдельное обслуживание каждого стрелочного перевода, целесообразно рассматривать потоки отказов для объектов инфраструктуры, их совокупностей и объединений (рисунок 1).

Статистически параметр потока отказов $\omega(t)$ определяется как суммарное число отказов $\sum_{i=1}^N n_i(t)$, приходящееся на общее число эксплуатируемых стрелочных переводов N , отнесенное к промежутку времени Δt , за который эти отказы произошли:

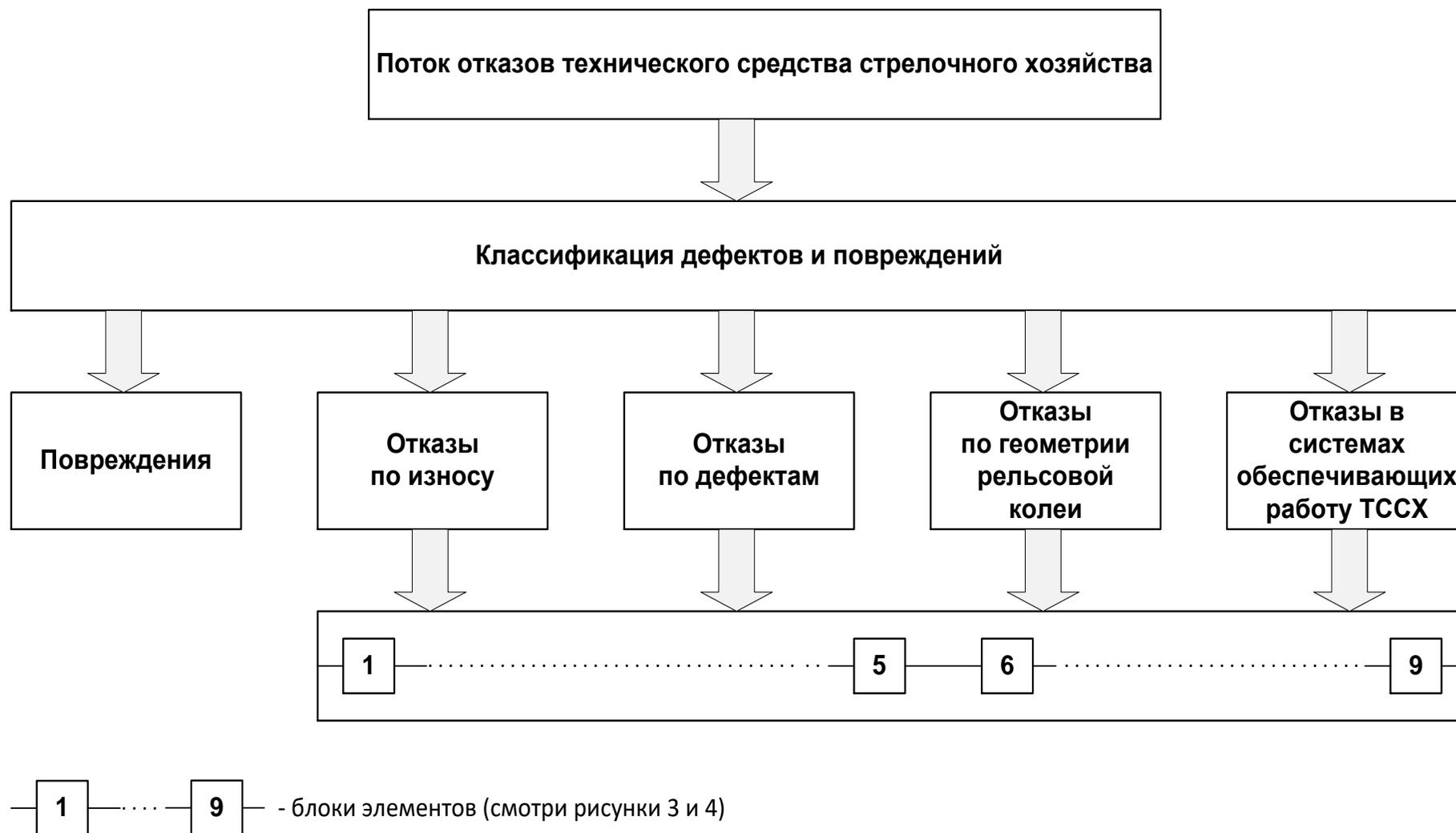


Рисунок 6 – Поток отказов технического средства стрелочного хозяйства

$$\omega(t) = \frac{\sum_{i=1}^N n_i(t)}{N\Delta t} \quad (8)$$

Необходимые данные для расчета величин $\omega(t)$ и $to (cp.)i$ могут быть получены по результатам анализа эксплуатационной документации, ведущейся в дистанциях пути.

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ НАДЕЖНОСТИ СТРЕЛОЧНОГО ХОЗЯЙСТВА ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ

(станций, линий, участков, сети дорог)

Показатели надежности стрелочного хозяйства **объектов инфраструктуры** - станций, линий, направлений, сети дорог, стрелочного хозяйства в целом - определяются по специальным методикам, разрабатываемым и утверждаемым владельцем инфраструктуры.

В качестве комплексного показателя надежности целесообразно использовать **коэффициент готовности** - вероятность того, что объект (в нашем случае стрелочное хозяйство станции, дистанции пути, линии, сети дорог) окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, за исключением периодов планового обслуживания, и будет работать безотказно в течении периодов между плановыми работами по обслуживанию.

Коэффициент готовности характеризует одновременно два свойства составляющих надежность - безотказность и ремонтпригодность.

Методики определения коэффициента готовности должны исходить из конкретных целей, для которых планируется использовать данные о надежности технических средств. (В России такая методика разрабатывается в рамках решения задачи управления ресурсами, рисками на этапах жизненного цикла технических средств инфраструктуры).

Основой методики определения коэффициента готовности стрелочного хозяйства объекта инфраструктуры может служить понятие эталонный стрелочный перевод. В качестве эталонного стрелочного перевода целесообразно принимать наиболее массовый вид стрелочной продукции, используемый на дорогах конкретного владельца инфраструктуры.

Показатели надежности конкретных видов стрелочной продукции, эксплуатируемых на конкретных местах путевого развития станций определяются с помощью системы коэффициентов, учитывающих особенности конструкции данного стрелочного перевода и условий его работы.

Например, вероятность безотказной работы приведенного к эталонному j -ого стрелочного перевода конкретной станции определяется по формуле:

$$R_j = R_{\text{э}} \cdot \prod_{i=1}^A k_i \quad , \quad (10)$$

где:

R_j – вероятность безотказной работы j -ого стрелочного перевода конкретной станции;

$R_{\text{э}}$ – вероятность безотказной работы эталонного стрелочного перевода;

$k_1 \dots k_A$ коэффициенты приведения рассматриваемого j -ого перевода к эталонному стрелочному переводу, (A - число коэффициентов приведения).

Методика должна включать учет, как минимум, следующих особенностей работы стрелочного перевода:

1. Конструктивные: марка стрелочного перевода; тип рельса; вид рельсовых скреплений; вид балласта;
2. Пропущенный тоннаж;
3. Условия эксплуатации: класс, категория группа пути; установленная скорость движения; грузонапряженность; осевые нагрузки; план пути; профиль пути;
4. Вид системы обеспечения работы стрелочного перевода (в том числе при наличии снега и низких температур);
5. Работа переводных устройств (число переключений);
6. Система управления (централизованная, нецентрализованная).

Все эти особенности работы стрелочного перевода табулируются в виде таблиц для определения коэффициентов k_i и являются неотъемлемой частью методики определения параметров надежности стрелочного хозяйства объектов инфраструктуры.

Коэффициент готовности определяется соотношением:

$$K = \frac{T_{\text{ср.}}}{T_{\text{ср.}} + T_{\text{в ср.}}} , \quad (11)$$

где $T_{\text{ср.}}$ - средняя наработка на отказ стрелочных переводов объекта инфраструктуры (среднее время работоспособного состояния);

$T_{\text{в ср.}}$ - среднее время неработоспособного состояния (восстановления) стрелочного перевода объекта инфраструктуры.

В этом случае, если на объекте инфраструктуры (например, станции) эксплуатируется N различных стрелочных переводов, на путях различных классов в различных условиях, то приведенное к эталонному стрелочному переводу их число будет

$$N_{\text{пр.}} = \sum_{j=1}^N [n_j (\prod_{i=1}^A k_i)] , \quad (12)$$

где $N_{\text{пр.}}$ - приведенное число стрелочных переводов на объекте.

Для дальнейшего использования показателей надежности, например, при планировании расходов ресурсов и рисков целесообразно рассматривать коэффициент готовности применительно к эталонному стрелочному переводу по конкретным временным периодам, например, за месяц эксплуатационной работы.

Суммарное время неработоспособного состояния определяется из эксплуатационной документации, как суммарное время восстановления стрелочных переводов данного объекта инфраструктуры за рассматриваемый период. Тогда

$$T_{\text{в ср.}} = \frac{\sum_{j=1}^N T_j}{N_{\text{пр.}}} , \quad (13)$$

где T_j - время неработоспособного состояния j -ого стрелочного перевода.

Окончательно коэффициент готовности для одного эталонного стрелочного перевода на данном объекте инфраструктуры (станции, дистанции пути, линии и т.д.) определяется по формуле

$$K_{\Gamma} = 1 - \frac{T_{\text{в ср.}}}{T} , \quad (14)$$

где

T - расчетный период, например, месяц (Величины T и $T_{\text{в ср.}}$ должны быть подставлены в формулу в одних единицах (минуты, часы и т.д.).

Чем больше коэффициент готовности, тем надежнее обеспечено выполнение перевозочного процесса.

Владелец инфраструктуры может ввести понятие минимально допустимого коэффициента готовности, или систему ранжирования величины коэффициентов готовности. Например, нормативный; допустимый; нежелательный; минимальный; предельный уровень.

Исходя из того, в пределы какого диапазона ранжирования попадает фактическое значение коэффициента готовности объекта инфраструктуры можно планировать расход ресурсов и корректировать сроки проведения работ по обслуживанию стрелочного хозяйства на объекте.