

ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ОСЖД)

II издание

Разработано экспертами Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу 23-25 мая 2005 г., г. Варшава, Республика Польша

Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу 7-10 ноября 2005 г., Комитет ОСЖД, г.Варшава

Дата вступления в силу: 10 ноября 2005 года

Примечание: теряет силу I издание от 29.06.1981г.

**Р
639**

**РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ОСНОВНЫМ ПОЛОЖЕНИЯМ ИССЛЕДОВАНИЯ
НАДЕЖНОСТИ УСТРОЙСТВ КОНТАКТНОЙ СЕТИ**

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения
2. Основные понятия
3. Количественные характеристики надежности контактной сети
 - 3.1. Безотказность контактной сети
 - 3.2. Ремонтпригодность контактной сети
 - 3.3. Долговечность контактной сети
 - 3.4. Показатель удельной повреждаемости
4. Обеспечение практического применения теоретических основ надежности систем и элементов контактной сети в эксплуатационной работе

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Среди всех технических средств системы для энергоснабжения электрифицированных железных дорог контактная сеть работает в самых тяжелых и сложных эксплуатационных условиях. Имея ввиду, что контактная сеть (КС) не допускает резервирования и что почти каждый отказ в ней вызывает перерыв энергоснабжения участка, а отсюда – и перерыв процесса перевозки в зоне наступления отказа, за время, необходимое для восстановления системы, видно значение непрерывного контроля надежностных показателей КС и ее элементов и воздействия для поддержания их на самом высоком уровне.

1.2. При помощи надежностных показателей контактной сети решаются следующие задачи:

- количественная оценка надежности КС и ее элементов;
- количественная оценка влияния внешних воздействий со стороны окружающей среды или токоприемников электрического подвижного состава на надежностные показатели КС и ее элементов;
- определение объема и установление наиболее целесообразной последовательности проведения модернизированных мероприятий в области совершенствования конструкции КС и ее элементов;
- определение оптимальной технологии и совершенствование организации восстановительных работ по восстановлению отказов КС;
- определение наиболее целесообразных технологий, организации, периодичности и объема профилактических и ремонтных работ по содержанию КС и оптимизацию этих работ по условиям экономической эффективности;
- определение научно-обоснованных нормативов для запасных деталей, материалов, труда и механизаций для выполнения требуемого объема работ по текущему содержанию и ремонту элементов КС;
- прогнозирование ресурса (срока службы) элементов КС.

2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

2.1. **Надежность контактной сети** выражает ее способность работать безотказно и сохранять значения своих механических и эксплуатационных параметров в пределах, необходимых для обеспечения непрерывного токопитания электрического подвижного состава при всех эксплуатационных условиях электрифицированных участков. Поскольку определение количественных показателей надежности контактной сети будет производиться в реальных эксплуатационных условиях, с учетом воздействия всех внутренних нагрузок и внешних факторов, связанных с климатическими и эксплуатационными особенностями отдельных электрифицированных участков и условиями технического обслуживания контактной сети, то, говоря об ее надежности, следует подразумевать эксплуатационную надежность контактной сети.

2.2. Контактная сеть как система

2.2.1. Контактная сеть рассматривается как восстанавливаемая, обслуживаемая, сложная система со смешанным соединением элементов, поскольку она продолжает функционировать после удаления ремонтным возникшего отказа, обслуживается наличным эксплуатационным персоналом и в зависимости от отказавшего элемента может находиться в двух или более рабочих состояниях, т.е. возможны отказы, при

которых контактная сеть в целом продолжает выполнять свои функции, но с пониженной эффективностью.

2.2.2. В качестве системы в области контактной сети рассматривается сеть отдельного участка. Элементы этой системы следующие: анкерные участки, изолированные и неизолированные сопряжения анкерных участков, нейтральные вставки, воздушные стрелки, секционные изоляторы, питающие, отсасывающие и обходные линии. Целесообразно также ввести еще один условный элемент «конец контактной сети», к которому следует относить все отказы в контактной сети, вызванные ошибочным передвижением электрического подвижного состава из электрифицированных в неэлектрифицированные пути станций или обратно. Эта дифференциация элементов контактной сети имеет весьма относительный характер, поскольку каждый один из указанных элементов может быть со своей стороны принят за новую систему, составленную новыми элементами. Этот процесс деления возможно продолжать до тех пор, пока в качестве элементов контактной сети не появятся ее детали.

2.3. **Отказ** в контактной сети – это нарушение ее нормальной работы, при котором она, как система, полностью или частично теряет способность выполнять свои функции из-за выхода вне установленных допусков или норм, одного или нескольких из ее параметров.

2.3.1. Отказы в контактной сети следующие:

- все повреждения, вызывающие снятие напряжения контактной сети, нарушение токосъема, уменьшение скорости движения или количества поездов, их остановка за время проведения ремонтных работ и т.д. Отказы этой группы обычно требуют отсылки ремонтной бригады в место возникновения отказа.
- все повреждения элементов контактной сети, которые установлены обслуживающим персоналом во время выполнения планированного объема работ по текущему содержанию и ремонтам контактной сети.
- все нарушения допускаемых значений основных геометрических и механических параметров контактной сети (высота подвешивания контактного провода, зигзаг и выносы, износ контактного провода, местоположения струн, натяжения проводов контактной сети, высота подвешивания компенсаторных грузов и положение их роликов, длина и натяжение рессорных струн и т.д.), устанавливаемых во время периодических замеров этих параметров.

2.3.2. В зависимости от влияния отказов контактной сети на график движения поездов, они бывают:

- отказы I-ого рода (полные), при которых контактная сеть, как система, полностью теряет свою работоспособность; в результате этого движение поездов на электротяге по участку прекращается полностью на время, необходимое для восстановления системы.
- отказы II-ого рода (частичные), при которых эффективность функционирования контактной сети или отдельного ее элемента уменьшена, в результате чего ухудшаются параметры графика движения поездов (уменьшается количество или скорость движения поездов и т.д.).
- отказы III-его рода – те, которые устанавливаются в элементах контактной сети во время выполнения работ по ее текущему содержанию и ремонтам, при проведении контрольных замеров или другим способом. Отказы этого рода не оказывают влияния на график движения поездов.

3. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАДЕЖНОСТИ КОНТАКТНОЙ

СЕТИ

Надежность КС определяется значениями количественных характеристик (критериев, показателей) надежности: безотказность, ремонтпригодность и долговечность элементов КС и ее функционирования как системы.

3.1. **Безотказность КС** - это ее работоспособность в течение определенного времени без вынужденных перерывов в результате нарушения нормальной работы (отказ, авария). Безотказность КС и ее элементов определяются вероятностью нарушения нормальной работы (вероятностью наступления отказа), параметром потока отказов и наработкой на отказ.

3.1.1. **Вероятность безотказной работы элемента $p(t)$ или системы $P(t)$** за определенный (заданный) период времени. Дефинируется как вероятность того, что отдельный элемент КС или вся ее конструкция, рассматриваемая как система, выполняют свои функции и сохраняют свои эксплуатационные, механические и геометрические параметры в установленных пределах в течение заданного периода времени при определенных эксплуатационных условиях, т.е. это вероятность того, что в течение заданного интервала времени в КС не возникает ни одного отказа.

Вероятность безотказной работы элемента КС для заданного периода времени t определяется статистически как отношение количества исправных элементов в конце интервала времени t к начальному количеству наблюдаемых элементов одного типа – N , т.е.

$$P_i^* = \frac{N - n_i}{N} \quad (1)$$

где:

n_i - количество отказавших элементов за время t .

Точность определения тем выше, чем больше количество элементов N , поскольку

$$\lim_{N \rightarrow \infty} (P_i^*) = P(t)$$

Иногда вместо вероятности безотказной работы целесообразно использовать *вероятность наступления отказа* в течение заданного интервала времени $q(t)$, т.е. вероятность того, что время исправной работы элемента будет больше заданного. Статистически $q(t)$ определяется из

$$q_i^* = 1 - P_i^* = \frac{n_i}{N} \quad (2)$$

причем $\lim_{N \rightarrow \infty} (q_i^*) = q(t)$.

Вероятность безотказной работы КС, рассматриваемой как система, это вероятность того, что в течение заданного периода времени в ней не возникнет ни одного отказа. Имея ввиду, что в общем случае КС можно рассматривать как систему, составленную из последовательно связанных элементов, на основании теоремы умножения вероятностей для вероятности безотказной работы КС можно записать:

$$P_{(t)} = P_1(t) \cdot P_2(t) \dots P_N(t) = \prod_{j=1}^N P_j(t) \quad (3)$$

соответственно для вероятности наступления отказа системы:

$$Q(t) = 1 - P(t) = 1 - \prod_{j=1}^N [1 - q_j(t)] \quad (4)$$

3.1.2. Параметр потока отказов (средняя частота отказов) элементов КС.

Определяется как отношение количества отказавших однотипных элементов за единицу времени Δn_f к общему количеству наблюдаемых элементов КС – N, при условии, что все отказавшие элементы заменяются новыми: $f_{cp}^* = \Delta n_f / N * \Delta t(s)$. (5)

Последнее условие отражает реальный процесс эксплуатации КС, при котором отказы восстанавливаются заменой всех отказавших элементов новыми, после чего система (КС) продолжает нормально работать. По аналогии с остальными техническими средствами, предполагая, что поток отказов элементов КС подчиняется экспоненциальному закону, параметр потока отказов определяется интенсивностью отказов, т.е.

$$f_{cp}^* = \lambda(t) = \nu \quad (6)$$

и, соответственно, для системы КС, как восстанавливаемой системы, параметр «интенсивность отказов» $\Lambda(t)$, определяется количеством отказов за единицу времени:

$$\Lambda(t) = \frac{n}{\Delta t} \quad (7)$$

При этом все отказавшие элементы системы заменяются новыми. В соответствии с (6) $\Lambda(t)$ можно выразить и при помощи интенсивности отказов элементов КС:

$$\Lambda(t) = \sum_{i=1}^n f_{cp,i}(t) = \sum_{i=1}^n \nu_i \quad (8)$$

Если поток отказов контактной сети подчиняется закону распределения Вейбула, то интенсивность отказов определяется зависимостью

$$f(t) = \lambda \cdot p \cdot t^{p-1} \cdot \exp(-\lambda \cdot t^p) \quad (8a)$$

Для $t \geq 0$

Интервалы времени Δt целесообразно принимать сутки, квартал или год. В этих случаях, поскольку численные значения интенсивности отказов намного меньше единицы, рационально применять размерности (10^{-5} /сутки, 10^{-4} /квартал или 10^{-3} /год).

Для создания возможности сопоставления данных участков разной длины целесообразно расчеты проводить для количества отказов, приведенных к 100 км однопутной линии.

3.1.3. **Наработка на отказ (среднее время между двумя последовательными отказами)** элементов КС или всей системы $-T_0^*$. Статистически определяется как отношение суммарного времени нормального функционирования $-T_p$ элементов одинакового типа или системы КС к числу появившихся отказов $-n$ в заданном интервале времени, например в год, т.е.

$$T_0^* = \frac{T_p}{n} \quad (9)$$

Так как общее время работы системы КС или ее отдельного элемента T_p для заданного периода времени равняется сумме времен работы между последовательными отказами t_i , то:

$$T_0^* = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \quad (10)$$

Если наработка на отказ определяется на основании статистических данных о работе нескольких наблюдаемых одноптипных элементов (систем), необходимо сумму времен исправной работы всех элементов (систем) разделить на суммарное количество отказов этих элементов:

$$T_0^* = \frac{\sum_{j=1}^M T_{p_j}}{\sum_{j=1}^M n_j} = \frac{\sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^n t_{ij}}{\sum_{j=1}^M n_j} \quad (11)$$

где:

- M – количество наблюдаемых одноптипных элементов или систем;
- T_{p_j} – суммарное время исправной работы j -ого элемента (системы);
- n_j – количество отказов j -ого элемента (системы).

Точность определения T_0 тем выше, чем больше количество наблюдаемых элементов (систем) и данных об их работе.

3.1.4. При помощи указанных в п.п. 3.1.1, 3.1.2 и 3.1.3 критериев для количественного определения безотказности системы КС и ее элементов можно оценивать влияние экстремальных значений атмосферных условий на безотказность отдельных элементов КС и на основании результатов этих оценок проводить конкретные модернизационные мероприятия по улучшению надежности конструкций КС и ее элементов. Эту оценку следует проводить сопоставлением численных значений количественных характеристик безотказности элементов КС, определяемых для периодов времени с экстремальными атмосферными условиями и с нормальными условиями работы. В этом аспекте можно проводить оценку дискретного влияния каждой составляющей атмосферных условий (температуры, ветра, обледенения и т.д.) на безопасность элементов КС и делать соответствующие выводы.

3.2. **Ремонтпригодность контактной сети** определяется степенью приспособленности КС для предупреждения, обнаруживания и устранения неисправностей путем технического обслуживания и ремонта (планового или внепланового). Количественно ремонтпригодность оценивается показателями: средним временем восстановления и коэффициентами технического использования, готовности, простоя, эффективности функционирования и стоимости эксплуатации.

3.2.1. **Среднее время восстановления** – T_B определяется как среднее время прерывания электропитания электрического подвижного состава, необходимое для обнаружения места отказа КС и ликвидации его последствий, т.е. математическое ожидание случайной величины – времени восстановления одного отказа в КС. Закон распределения времени восстановления элементов КС – нормальный логарифмический,

но, имея ввиду, что количество времени восстановления системы с небольшой длительностью (меньше 10 – 15 мин.) незначительное, то его можно заменить экспоненциальным законом распределения. В этом случае среднее время восстановления статистически определяется как отношение суммарного времени для восстановления элемента или системы КС к числу отказов, вызвавших восстановительные работы в заданном периоде времени, т.е.

$$T_B^* = \frac{\sum_{i=1}^n \tau_i}{n} \quad (12)$$

где:

n - количество отказов в заданном периоде времени;

τ_i - время для восстановления i -ого отказа; время для восстановления τ_i включает не только длительность непосредственных работ по ликвидации наступившего отказа, но и следующий ряд другого периода времени, необходимого для организации, подготовки и окончания восстановительных работ;

τ_{i1} - время для уведомления энергодиспетчера о возникновении отказа и вызова восстановительной бригады;

τ_{i2} - время от вызова бригады до ее отъезда к ожидаемому местонахождению наступившего отказа КС;

τ_{i3} - время для передвижения бригады к ожидаемому месту отказа и для установления точного местонахождения этого отказа;

τ_{i4} - время для коммутационных переключений в схеме секционирования КС, установления защитных заземлений и допускания бригады к работе;

τ_{i5} - время для выполнения восстановительных работ до окончания этих работ;

τ_{i6} - время для коммутационных переключений в схеме секционирования КС для подачи напряжения в участке;

τ_{i7} - время для освобождения поврежденного участка от средств механизации восстановительных бригад;

τ_{i8} - другое время.

В случае, когда для полного восстановления поврежденного участка необходимо, чтобы ремонтная бригада два-, три- или больше раз занимала этот участок, указанные составляющие участвуют в суммарное время восстановления столько раз, сколько раз бригада работала и занимала отказавший участок. Для более четкой дефиниции показателя «среднее время восстановления» целесообразно ввести следующие две разновидности этого времени:

- среднее время для полного восстановления $T_{ВП}$ и
- среднее время восстановления до первого пуска движения поездов в отказавшем участке – $T_{ВД}$, причем $T_{ВП} \geq T_{ВД}$.

3.2.2. **Коэффициент технического использования – $K_{ТИ}$** – определяется как отношение суммарного времени исправной работы элементов или системы КС к общему времени их работы в одном и том же периоде времени. При этом общее время работы включает и время всех вынужденных простоев для выполнения профилактических и ремонтных работ, для диагностики КС и т.д. Коэффициент $K_{ТИ}$ определяется из:

$$K_{\Gamma И} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n t_i + \sum_{i=1}^n t_{ni}} \quad (13)$$

где:

t_i - время нормальной работы элемента (системы) между $(i-1)$ -ым и i -ым перерывами;

t_{ni} - время вынужденного простоя при i -ом перерыве;

n - количество перерывов в работе элемента (системы) для восстановления отказов и проведения диагностики, профилактических и ремонтных работ в течение заданного периода времени.

3.2.3. **Коэффициент готовности** – K_{Γ} выражает вероятность того, что КС или отдельный ее элемент будут исправными в любой момент времени. K_{Γ} определяется как отношение суммарного времени исправной работы системы (элемента) к сумме времени исправной работы и времени для восстановления, т.е.

$$K_{\Gamma} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n t_i + \sum_{i=1}^n \tau_i} \quad (14)$$

или по формуле

$$K_{\Gamma} = \frac{T_0}{T_0 + T_B}, \quad (15)$$

которая получается из (14), с учетом (10) и (12), разделив числитель и знаменатель на n .

Из (15) видно, что увеличивать K_{Γ} можно либо повышая наработку на отказ T_0 , т.е. повышая надежность элементов КС, либо уменьшая время восстановления T_B , т.е. путем улучшения квалификации рабочих, организации и механизации выполнения восстановительных работ.

3.2.4. **Коэффициент простоя** – K_{Π} определяется как отношение суммарного времени простоев к сумме времени исправной работы и простоя в течение наблюдаемого периода времени, т.е.:

$$K_{\Pi} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{ni}}{\sum_{i=1}^n t_{ni} + \sum_{i=1}^n t_i} \quad (16)$$

Коэффициенты K_{Π} и $K_{\Gamma И}$ связаны между собой зависимостью:

$$K_{\Pi} = 1 - K_{\Gamma И}. \quad (17)$$

Если при суммированиях непроизводительных потерь времени отсчитывать только время для установления и ликвидации отказов, то при одинаковых остальных

условиях коэффициент простоя позволяет сравнивать и оценивать ремонтпригодность КС и ее элементов. В этом случае этот коэффициент называют **коэффициентом ремонтпригодности** и определяют в соответствии с зависимостью

$$K_p = \frac{\sum_{i=1}^n \tau_i}{\sum_{i=1}^n t_i + \sum_{i=1}^n \tau_i} \quad (18)$$

При этом коэффициенты K_p и K_r связаны зависимостью:

$$K_p = 1 - K_r \quad (19)$$

Если в суммарное время простоев включить только время для выполнения профилактических работ, то K_{Π} будет характеризовать удельные затраты времени для выполнения профилактики КС или ее отдельного элемента. В этом случае коэффициент K_{Π} называют **коэффициентом (нормой) профилактики**.

3.2.5. Коэффициент эффективности функционирования КС или ее элементов – K_{Σ} . Определяется как отношение действительно выполненной перевозочной работы на участке к минимально возможной по техническим параметрам участка и подвижного состава за заданный период времени, т.е.

$$K_{\Sigma} = \frac{A_p - \sum_{i=1}^n A_{zi}}{A_p} \quad (20)$$

где:

A_p - расчетная перевозочная работа, которую можно выполнить при максимальном графике движения поездов за заданный период эксплуатации Δt (месяц, год и т.д.), (поездо-часов);

A_{zi} - суммарное опоздание поездов от их остановки, задержания или замедления в результате i -ого отказа КС или ее элемента за время, необходимое для восстановления системы (элементов) (поездо-часов).

3.2.6. Коэффициент стоимости эксплуатации КС или ее элементов позволяет оценивать расход материальных средств на содержание КС и ее элементов в течение заданного периода времени. Определяется как отношение стоимости работ на содержание КС и ее элементов - C_i к амортизационным отчислениям (начальной стоимости) исследуемого участка КС или ее элементов C_0 :

$$K_{C\Sigma} = C_i / C_0. \quad (21)$$

Для точного численного определения этого коэффициента необходимо иметь точные статистические данные в натурном и стоимостном выражении о затратах труда, материалов, механизации и времени для выполнения всех плановых и случайных ремонтов, диагностики и профилактики КС в целом и по элементам, а также данные для начальной стоимости наблюдаемой КС и ее элементов и соответствующих им амортизационных норм.

3.3. Долговечность КС определяется ресурсом (сроком службы) КС в целом и ее элементов в отдельности. Ресурс отдельных элементов КС определяется воздействием ряда факторов, как например: процессы естественного старения, режимы токовой нагрузки, процессы коррозии, электроэрозионного и механического износа и

т.д. Ресурс КС и ее элементов предопределен выбором материалов, покрытий, конструкций и т.д. КС и ее элементов при их проектировании. При эксплуатации, применяя системы прецизионной диагностики, можно непрерывно следить за ходом потребления ресурсов, прогнозировать ее развитие и принимать меры по продлению сроков службы КС и ее элементов.

3.4. Показатели удельной повреждаемости.

Оценивать надежность контактной сети, как сложной системы в целом, следует оценивая надежность отдельных ее основных элементов.

Подобную оценку можно провести по показателям удельной повреждаемости на 100 км развернутой длины в целом, по показателям удельной повреждаемости основных узлов контактной сети.

Основные причины отказов устройств контактной сети происходят по причинам:

- недостатки эксплуатации, монтажа;
- старения устройств;
- влияние метеоусловий;
- по вине посторонних факторов;
- по другим причинам.

Основные элементы контактной сети подверженные повреждениям:

- провода и тросы;
- зажимы и детали (арматура);
- изоляторы;
- струны;
- поддерживающие устройства;
- воздушные стрелки;
- опоры.

4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ И ЭЛЕМЕНТОВ КОНТАКТНОЙ СЕТИ В ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЕ.

4.1. Получение и осуществление непрерывного контроля за численными значениями количественных характеристик надежности КС осуществляется с помощью системы технической статистики КС, включающей накопление, обработку и сохранение статистических данных о повреждаемости КС и ее элементов, методах восстановительных работ, материальных затратах для выполнения профилактических, ремонтных и восстановительных работ, потерях в перевозочном процессе от перерывов движения поездов и т.д.

4.2. Для разработки и внедрения системы технической статистики КС необходимо выполнить следующие работы:

- разработать модель организации технической статистики в системе энергоснабжения электрифицированных железных дорог страны. Модель должна учитывать структуру управления эксплуатационной деятельностью в области электрифицированных железных дорог, направления движения и требуемый объем информационных и управленческих потоков по уровням структуры и участие не основной для эксплуатации контактной сети деятельности, например: научно-

- исследовательской, проектной, капитального строительства и т.п.;
- разработать и внедрить формы первичной технической статистики по нижним уровням, методы их ведения, первичной обработки и сохранения и создать требуемую для этой цели организацию работ;
- разработать программы для компьютерной обработки накапливающегося статистического материала. Подготовить для них классификаторы систем и элементов КС, а также отказов, наступающих в ней;
- разработать и внедрить формы для обобщения характеристик надежности КС и ее элементов в пределах, необходимых для определенного уровня управления;
- разработать детально методы решения всех вышеуказанных задач практической деятельности в области КС с помощью количественных характеристик ее надежности;
- разработать алгоритмы и программы для решения этих задач при помощи ЭЦВМ.

4.3. Применение новых технологий для повышения надежности работы устройств тягового электроснабжения.

Эксплуатационные данные о состоянии контактной сети представляют собой большой поток информации, использовать который довольно сложно. Техническая отчетность районов контактной сети имеет много избыточной информации, обработка которой на дистанциях ведется, как правило, вручную. Оценки результатов обработки данных и выбор решений часто носят субъективный характер и не всегда обеспечивают правильный выбор решений для проведения работ по обслуживанию и ремонту КС.

Одним из наиболее перспективных методов снижения эксплуатационных расходов является переход к назначению научно-обоснованных сроков ремонта и планирования работ на основе фактического состояния объектов хозяйства КС. Это возможно только при наличии комплексной системы мониторинга и диагностике КС с определением параметров и критериев их оценки.

Для эффективной организации и планирования технического обслуживания и ремонта КС должны использоваться:

- информация, получаемая с помощью диагностических средств;
- математические модели взаимодействия токоприемников ЭПС и контактной сети.

Такой подход к решению проблемы требует создания информационной системы, которая бы позволила объединять разнородные потоки данных об устройствах контактной сети и проводить на основе этой информации оценку соответствия их состояния нормативам, прогнозировать возможные нарушения параметров контактной сети и планировать комплекс ремонтно-восстановительных работ. Иными словами, требуется создание мониторинговой системы, обеспечивающей временный контроль (в процессе эксплуатации) за состоянием контактной сети и прогнозирующий выполнение требуемого уровня надежности устройств, а также рационального планирования проведения работ по техническому обслуживанию, капитальному ремонту и модернизации (реконструкции).

Система мониторинга предназначена для оценки эксплуатационного состояния устройств контактной сети и выработки технической политики по устранению выявленных недостатков. Техническим средством мониторинга является система комплексного анализа измеряемых параметров контактной сети с целью выявления технических отступлений от нормативных данных, а также причин их появления и определения экономичных способов их устранения.

Функционирование системы мониторинга возможно лишь при использовании различных диагностических комплексов и соответствующего программного обеспечения:

- вагон-лаборатория;
- измерительная аппаратура;

- информационно-измерительный комплекс;
- программное обеспечение, базы данных, информационная система контроля состояния всех объектов с коррекцией изменения параметров (при частичной замене элементов, проведении модернизации, технического обслуживания и капитального ремонта);
- диагностический комплекс – ЭЧ;
- частные задачи для ЭЧК.

Общая схема информационно-измерительного комплекса представлена на (рис.1).

Средства технической диагностики контактной сети образуют комплекс специализированных устройств и приборов, которые разделяются на внешние и встроенные. Внешними средствами являются вагон-лаборатория контактной сети и различного рода ручные приборы для дистанционного контроля изоляции, нагревания токопроводящих элементов, опор. Встроенные устройства используют для контроля отдельных параметров (например, при тепловой защите проводов).

Базы данных мониторинговой системы должны охватывать весь комплекс устройств контактной сети (рис.2). При этом наибольшим его элементом считается анкерный участок, который рассматривается как единая система, также как совокупность более мелких элементов.

Часть устройств контактной сети (опоры, поддерживающие и фиксирующие устройства, элементы контактной подвески) целесообразно рассматривать по отдельности ввиду их первостепенной важности для надёжного функционирования контактной сети, а также относительно небольшого количества их на анкерном участке. Прочие устройства (например, изоляторы) рассматриваются в совокупности для упрощения построения математических моделей и определения показателей надёжности.

При появлении в системе новых элементов, для них формируются свои базы данных, корректируются базы данных устройств, взаимодействующих с заменёнными элементами, и показатели надёжности системы в целом. Базы данных заменённых элементов не удаляются из программы до составления отчёта работ на контактной сети.

Подобный подход позволяет установить порядок проведения работ на контактной сети с учётом их необходимости и срочности, а также оценивать состояние контактной сети по результатам ремонтов (рис.3). Здесь важно учитывать, что в процессе эксплуатации могут возникать отказы 1-го рода, вызванные рядом факторов, учесть которые в расчётной модели невозможно ввиду непредсказуемости их появления (таковы, например, обрывы контактного провода неисправным токоприёмником подвижного состава). Такие отказы требуют отсылки ремонтной бригады в место возникновения отказа, что собьет запланированный график работ, а значит необходимо предусмотреть экстренный вызов программы планирования графика работ для внесения изменений в текущую отчётность и перепланировки дальнейшего графика.

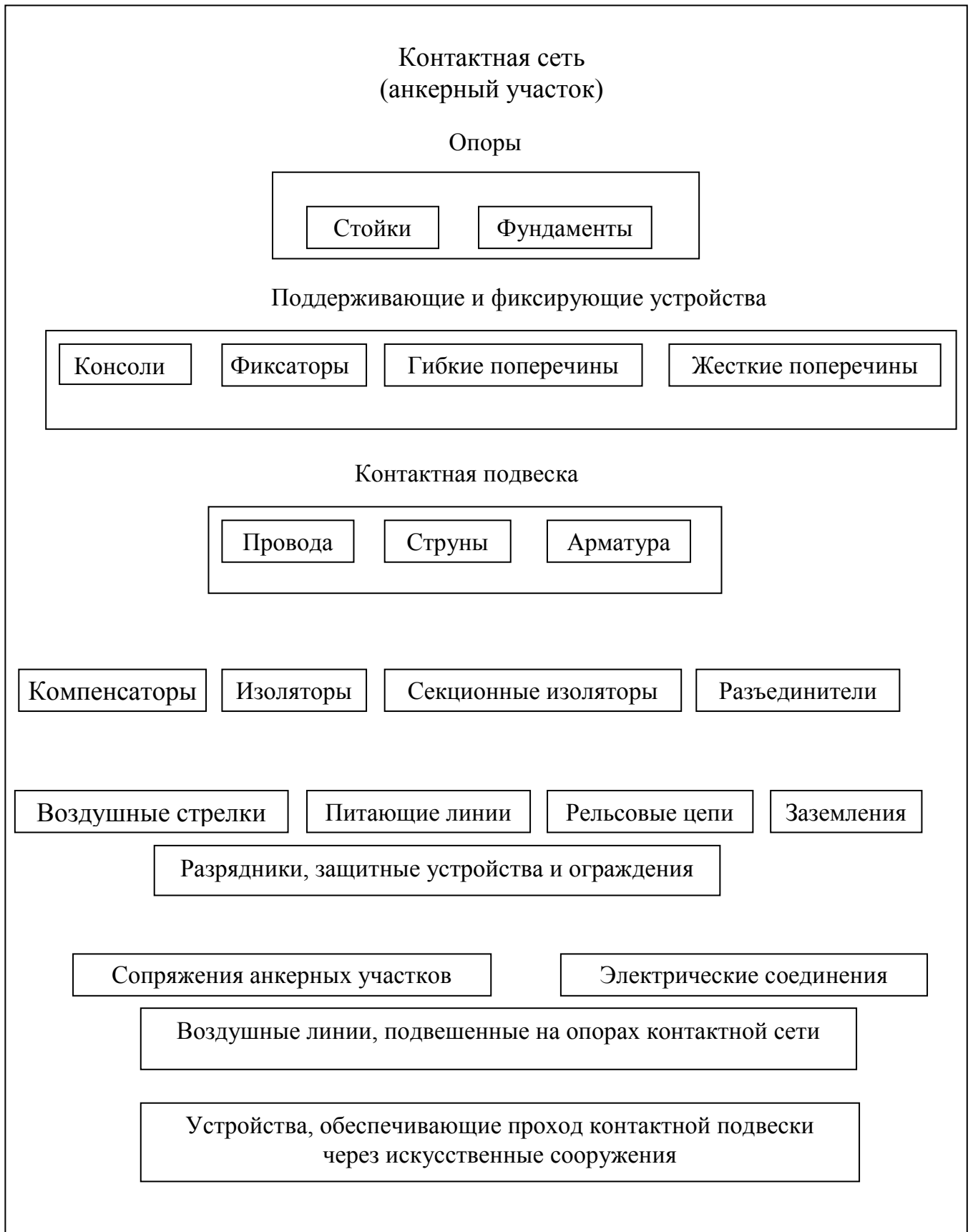


Рис. 2. Структура баз данных мониторинговой системы.

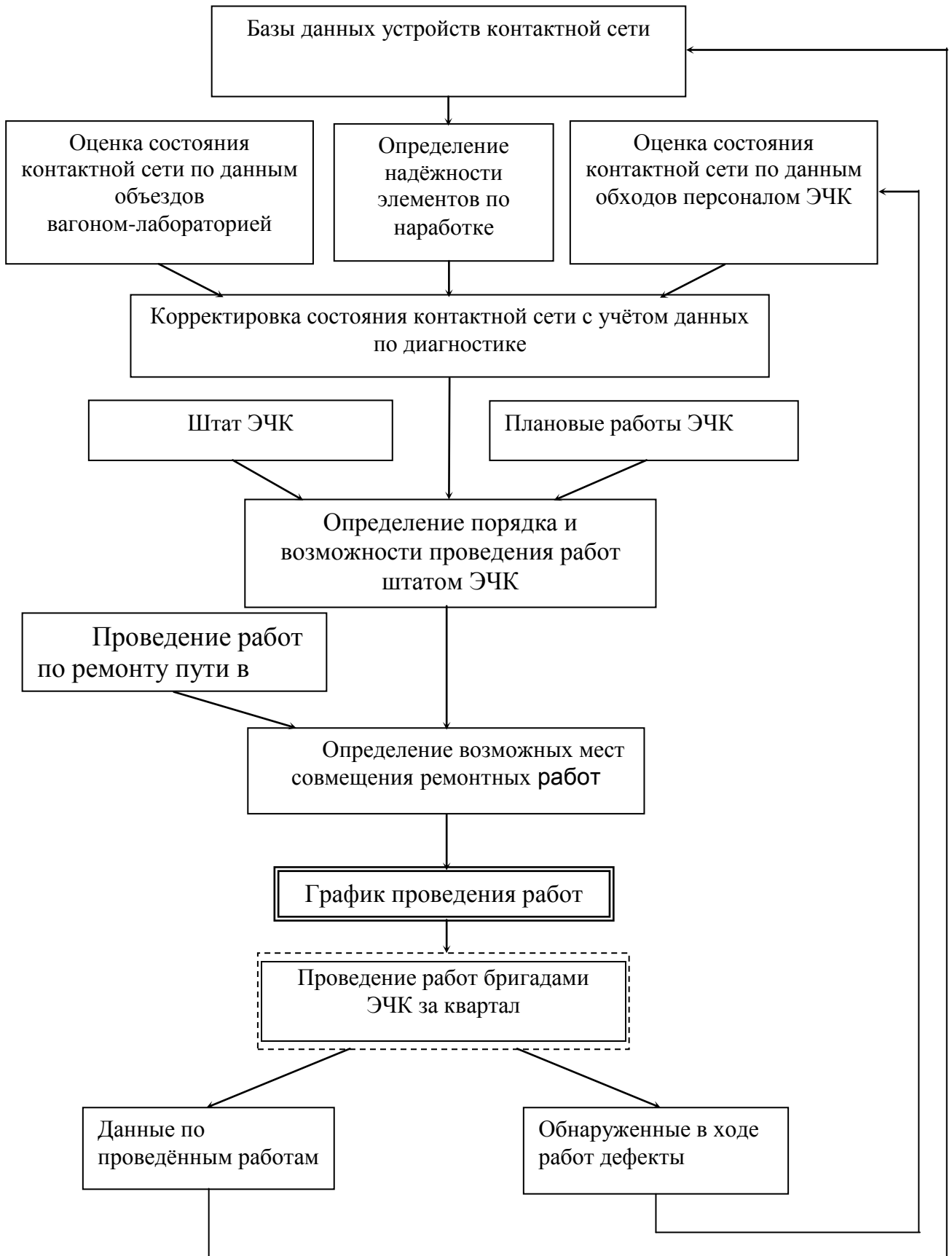


Рис. 1. Общая структура информационно-измерительного комплекса.



Рис. 3. Структурная схема определения фактического состояния КС и планирования работ