



УДК 656.25:004.942

**С. В. Бочкарев, А. А. Лыков**

Петербургский государственный университет путей сообщения

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ПОИСКА ОТКАЗОВ В СТРЕЛОЧНОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ С ДВУХПРОВОДНОЙ СХЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ**

Рассмотрена актуальность автоматизации поиска неисправностей узлов стрелочного электропривода (СЭП). Разработан автоматизированный алгоритм поиска отказов в двухпроводной схеме управления СЭП, основанный на измерении тока перевода стрелки, напряжения в линейных проводах, контроле крайнего положения и звонка взреза. Алгоритмом предусмотрены диагностические проверки срабатывания пусковых реле в управляющей цепи, функционирования рабочей и контрольной цепей схемы управления СЭП.

техническое диагностирование, система поддержки принятия решений, техническое состояние, технология обслуживания, фиксация отказов, время восстановления, автоматизированный поиск неисправностей.

### **Введение**

Для повышения пропускной способности и безопасности движения поездов железнодорожные станции оборудуются устройствами электрической централизации (ЭЦ). Одними из самых ответственных устройств ЭЦ являются стрелочные электроприводы (СЭП) – капиталоемкие напольные устройства, требующие постоянного технического обслуживания, увеличивающего срок их эксплуатации в условиях сложного спектра нагрузок (динамических, климатических и др.), и схемы управления СЭП – узлы с территориально разрозненными элементами, связанными кабельной линией. От их правильной, безотказной и безопасной работы зависит работоспособность системы ЭЦ и, как следствие, всего комплекса систем железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ).

Физический износ и моральное старение устройств сигнализации, централизации и

блокировки (СЦБ), недостаточные объемы их обновления вошли в последние годы в число основных недостатков, влияющих на надежность работы технических средств и безопасность движения. Так, с превышением нормативного срока (более 15 лет) эксплуатируется более 76% общего числа стрелок ЭЦ [1]. На сети российских железных дорог в эксплуатации находится 132 611 СЭП различных типов. В основном (рис. 1, а) это приводы типов СП-6 – 34 482 устройства (26,0% от общего количества) и СП-6М – 80 994 (61,1%).

Анализируя отказы СЭП по узлам (рис. 1, б), необходимо отметить, что большая часть из них приходится на автопереключатели (АП) – 339 случаев (39%) и электродвигатели постоянного тока – 175 случаев (20%). По остальным узлам отказы составляют: курбильный контакт – 94 случая (11%), неисправность монтажа – 79 (9%), фрикционное сцепление – 68 (8%), шиббер и контрольные

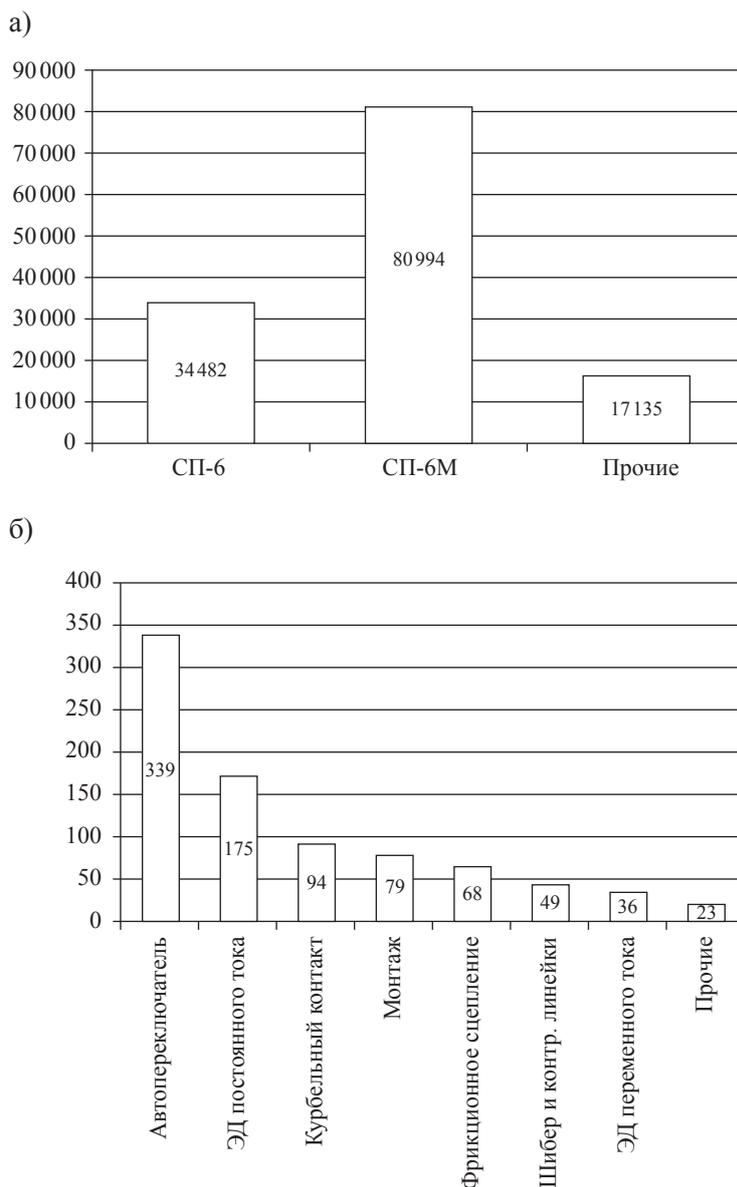


Рис. 1. Диаграмма отказов в стрелочных электроприводах

линейки – 49 (6%), электродвигатели переменного тока – 36 (4%), прочие – 23 (3%).

В стрелочных электродвигателях постоянного тока около половины отказов приходится на обрыв или замыкание секций обмоток якоря и примерно треть – на неисправности щеточного узла. Остальные отказы делятся почти поровну между обрывами или замыканиями обмоток статора, а также понижением изоляции.

Как показывает практика эксплуатации устройств СЦБ, часто больше времени затрачивается на поиск отказа, чем на его устра-

нение. Поэтому применение рационального способа поиска отказов может значительно сократить общее время восстановления.

## 1 Актуальность автоматизации поиска отказов

В современных условиях поиск и устранение отказов ведется при ограниченной информации, имеющей неконкретный характер. Вследствие ряда причин на практике имеются случаи, когда электромеханику,

прибывшему на место неисправности, приходится возвращаться на пост ЭЦ или в дистанцию СЦБ за новыми деталями, блоками и приборами.

С введением диспетчерской службы в дистанциях СЦБ улучшилась оперативность информации об отказах аппаратуры. Однако при такой практике работ по техническому обслуживанию при восстановлении работоспособности устройств затрачивается много времени. Поэтому для правильной организации технического обслуживания необходимы новые методы и технические средства получения своевременной и достоверной информации о техническом состоянии СЖАТ.

Затраты на устранение отказа СЖАТ прямо пропорциональны времени восстановления, а ущерб от задержек поездов, вызванных этими отказами, на грузонапряженных участках железных дорог растет быстрее, чем увеличивается время восстановления. Заметно уменьшить время восстановления позволяют системы диагностического или прогнозирующего контроля состояния устройств [2].

Техническая диагностика обеспечивает своевременное выявление неисправностей и создает возможность для оперативного их устранения, вплоть до прогнозирования работы объекта диагностирования. Средства технической диагностики имеют большие эксплуатационные возможности, обеспечивающие автоматический контроль и своевременную оценку работоспособности объекта контроля. Методы диагностирования позволяют построить такую последовательность контрольных и проверочных операций, при которой среднее время поиска окажется минимальным. В то же время следует учитывать, что при редко встречающихся отказах рациональная система поиска отказа окажется несостоятельной и время на поиск может оказаться больше, чем при случайных проверках, однако вероятность такого случая минимальна.

Несмотря на целый ряд мероприятий по повышению надежности СЖАТ, к которым относят планово-профилактические работы, организацию новых методов обслуживания, обучение обслуживающего персонала правилам и методам устранения отказов, время

поиска локализации и устранения неисправностей остается относительно большим.

Время восстановления системы  $t_{\text{в}}$  зависит от таких случайных величин, как время поиска неисправности  $t_{\text{п}}$ , время оповещения о появившейся неисправности  $t_{\text{оп}}$ , время, затрачиваемое на следование к отказавшему устройству  $t_{\text{пр}}$ , и время устранения неисправности  $t_{\text{у}}$ :

$$t_{\text{в}} = t_{\text{п}} + t_{\text{оп}} + t_{\text{пр}} + t_{\text{у}}. \quad (1)$$

При внедрении систем технической диагностики и мониторинга время оповещения незначительно. Величина  $t_{\text{оп}}$  определяется частотой опроса контролируемых объектов. В системах диагностики время опроса составляет не более 30 с, поэтому при расчетах времени восстановления величиной  $t_{\text{оп}}$  можно пренебречь. Разработка и внедрение автоматизированных алгоритмов поиска неисправностей минимизирует величину  $t_{\text{п}}$ . При стремлении этого времени к минимуму соотношение (1) примет следующий вид:

$$t_{\text{в}} \rightarrow t_{\text{пр}} + t_{\text{у}}. \quad (2)$$

Таким образом, автоматизация обнаружения и поиска неисправностей сулит существенную экономию времени, а значит материальных потерь от задержек и простоев поездов.

Другим преимуществом автоматизации процесса поиска неисправностей является то, что компьютерная программа, в отличие от электромеханика, всегда работает по оптимальному алгоритму. На нее не оказывают влияния предыдущий опыт поиска неисправностей, советы коллег, другие внешние факторы.

## 2 Метод автоматизации поиска отказов в схеме управления СЭП

Для обучения обслуживающего персонала дистанций СЦБ принципам построения и алгоритмам работы СЖАТ, оптимальным методам поиска неисправностей в них, правилам производства работ по техническому

обслуживанию и ремонту, правилам техники безопасности и методам обеспечения безопасности движения поездов на кафедре «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» ПГУПС разработана автоматизированная обучающая система АОС-ШЧ [3]. Основными пользователями системы являются линейные работники и диспетчерский аппарат дистанций СЦБ, а также студенты вузов и техникумов железнодорожного транспорта.

В частности, создателями АОС-ШЧ проанализированы и сгруппированы по проявлениям все возможные отказы в схемах управления СЭП, разработаны оптимальные алгоритмы поиска неисправностей при разных начальных условиях. В двухпроводной схеме управления СЭП выделено четыре группы отказов: стрелка не переводится; стрелка переводится, но не заканчивает перевод; стрелка переводится, но не получает контроля; стрелка внезапно теряет контроль.

Сформулированные в АОС-ШЧ методики поиска неисправностей и построенные по ним алгоритмы могут быть использованы для автоматизации процесса поиска отказов. Ниже в работе предлагается способ автоматизации этого процесса в двухпроводной схеме управления СЭП на основе алгоритмов АОС-ШЧ.

Алгоритмы, приведенные в АОС-ШЧ, рассчитаны на визуальное и звуковое восприятие электромехаником СЦБ диагностической информации от приборов, установленных на пульте-табло: амперметра, звонка взреза, ламп контроля положения стрелки. Для работы программ поиска неисправностей необходимо получение этой информации автоматизировать. С этой целью предлагается применять датчики для измерения напряжений и токов, широко используемые в системах диагностики и удаленного мониторинга (СДУМ). Для измерения параметров рабочей и контрольной цепей можно использовать датчики АДАМ-3014, подключаемые к шунту амперметра (ток перевода) и клеммам кроссового стativa (напряжение в линейных проводах) [4].

Наличие (отсутствие) контроля крайнего положения стрелки будем определять с по-

мощью датчика КДС-120, снимающего информацию с индикационных ламп на пульте-табло или с контактов реле плюсового/минусового контроля на релейном стative. Вместо звонка взреза о потере контроля стрелки (в том числе и при взрезе) может сигнализировать красная лампа «Взрез» на табло, горящая более 60 с. Информация с этой лампы также снимается датчиком КДС-120. Обработку диагностической информации целесообразно производить специальным программным обеспечением, установленным в АРМ-ШН системы СДУМ.

Рассмотрим переработанный для целей автоматизированного поиска отказов обобщенный алгоритм поиска неисправностей в двухпроводной схеме управления СЭП. Для удобства его представления он разбит на функциональные модули. На рисунке 2 приведен модуль нормального перевода стрелки. Работа диагностической программы по этому алгоритму параллельно с переводом стрелки обеспечивает автоматическое обнаружение неисправностей. Алгоритмом предусматриваются следующие диагностические проверки:

- включение реле НПС и переключение реле ППС контролируется выключением контрольной лампы исходного положения стрелки (операторы <3, 4>);

- переключение реверсирующего реле Р и наличие питания в рабочей цепи (РПБ-РМБ) проверяется по наличию правильной полярности напряжения рабочей батареи в линейных цепях (операторы <3, 4, 5>);

- включение, работа при переводе и выключение стрелочного электродвигателя проверяется по току перевода стрелки (операторы <5, 6, 7>);

- состояние контрольных реле ПК и МК проверяется по информации о крайнем и среднем положениях стрелки (оператор <8>);

- состояние нейтрального якоря комбинированного контрольного реле ОК проверяется наличием постоянной составляющей напряжения в линейных проводах, поляризованного якоря – полярностью этого напряжения (операторы <15, 16, 18, 19, 20>).

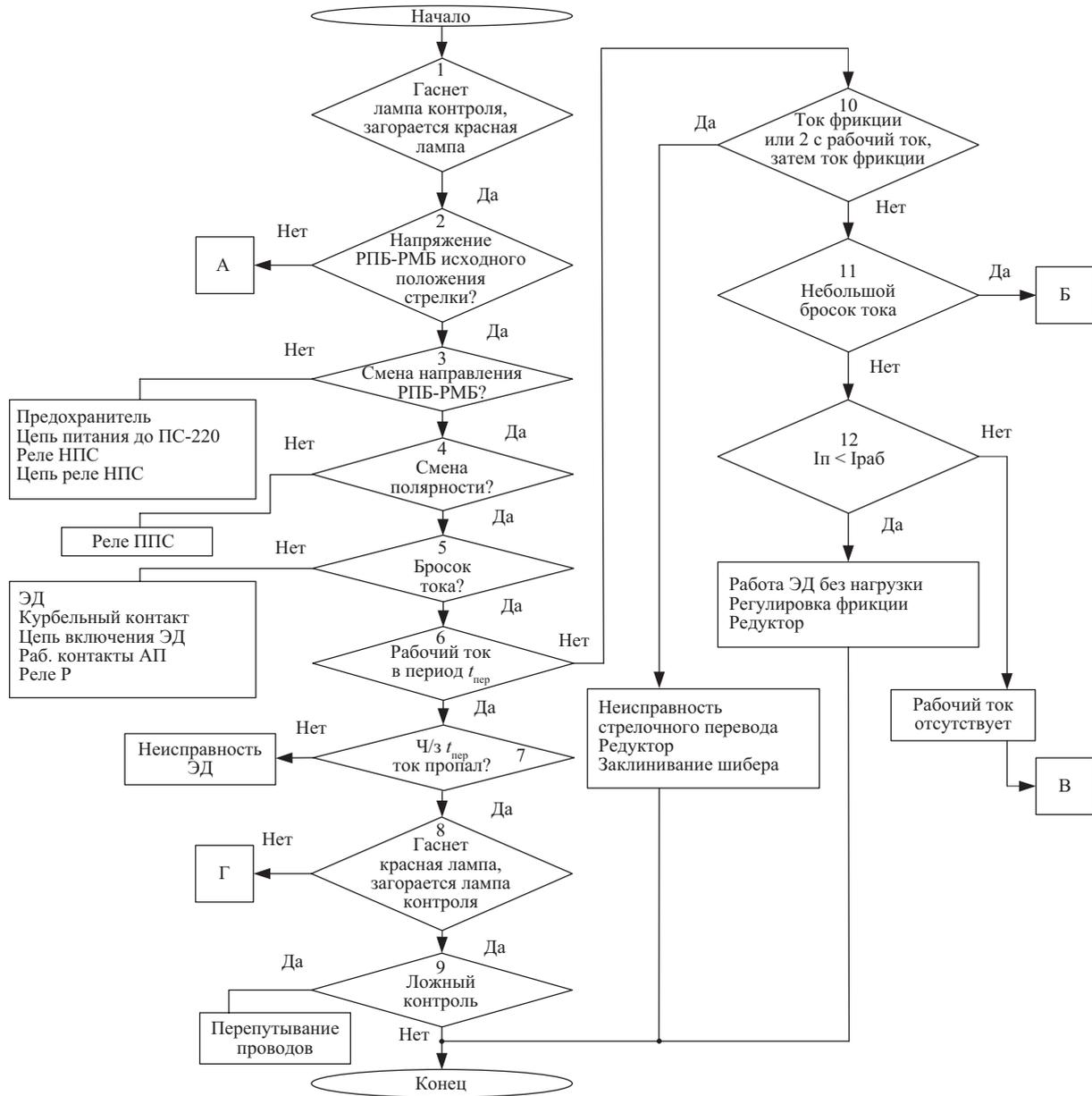


Рис. 2. Модуль перевода стрелки

Выходы А, Б, В, Г модуля соответствуют нарушению нормального перевода стрелки – так происходит фиксация неисправности.

Модули алгоритма, изображенные на рисунках 3, 4, предназначены для поиска отказов. Модули сгруппированы по проявлениям отказов. Проверки в них расположены в определенной последовательности, которая позволяет установить отказавшую цепь, место нахождения отказа и отказавший элемент. При неисправности схемы управления СЭП в большинстве случаев удается точно локализовать отказ с точностью до элемента. Если неисправны СЭП или стрелочный перевод, в результате обработки исходной информации получается список элементов, которые могли отказаться с определенной вероятностью. Для выявления отказавшего элемента необходимо проведение дополнительных проверок, которые может провести электромеханик. В этом случае алгоритм позволит сократить область поиска отказа, что существенно уменьшает время на поиск отказа. В тех случаях, когда необходимо выбрать один отказавший элемент из множества, рационально применять методы *вероятность – время* и *средней точки* по вероятности отказов [5].

Рассмотрим пример распространенного на сети железных дорог отказа, когда стрелка внезапно теряет контроль. В исходном

состоянии стрелка находится в крайнем положении, о чем сигнализирует горение контрольной лампы. Постоянная и переменная составляющие напряжения контрольной цепи в норме, напряжение рабочей цепи, измеряемое в линейных проводах, отсутствует.

При потере контроля стрелки гаснет лампа контроля крайнего положения гаснет (рис. 2, оператор алгоритма <1>), поскольку напряжение РПБ-РМБ отсутствует – <2>, нет. По наличию или отсутствию в линейных проводах постоянной и переменной составляющих тока контрольной цепи система делает вывод о местонахождении отказа (пост ЭЦ или поле) и группе отказавших элементов (АП, монтаж и т. д.). Таким образом происходит локализация места отказа, что позволяет резко сократить время его устранения.

Аналогично алгоритм позволяет локализовывать место отказа и определять отказавшие элементы при других неисправностях.

## Заключение

Применение автоматизированных алгоритмов позволяет построить оптимальную последовательность действий для поиска любой неисправности с наименьшей затратой времени и неукоснительно ей следовать, что позволит повысить эффективность рабо-

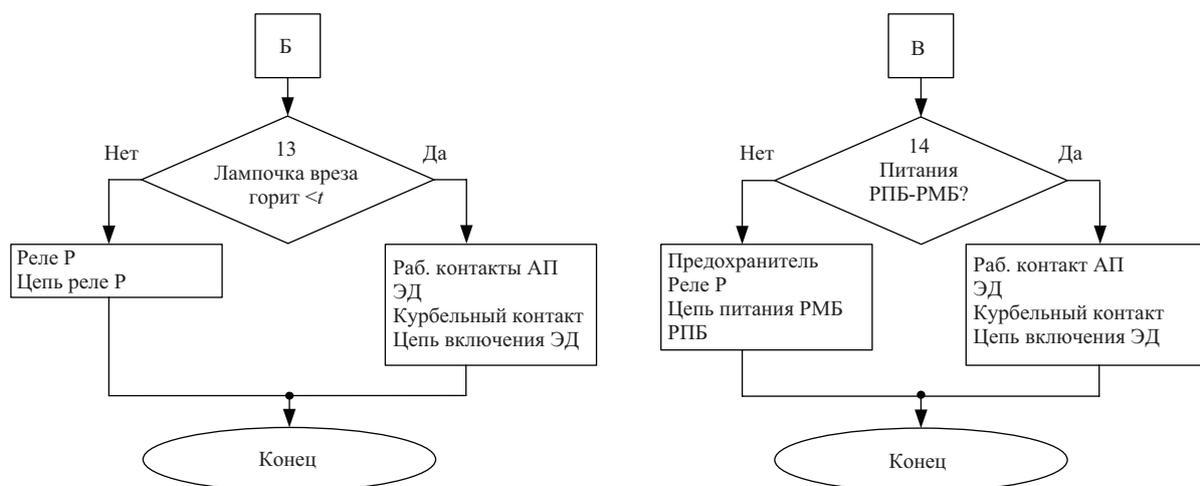


Рис. 3. Модули поиска отказов «Стрелка не переводится» и «Стрелка не заканчивает перевод»

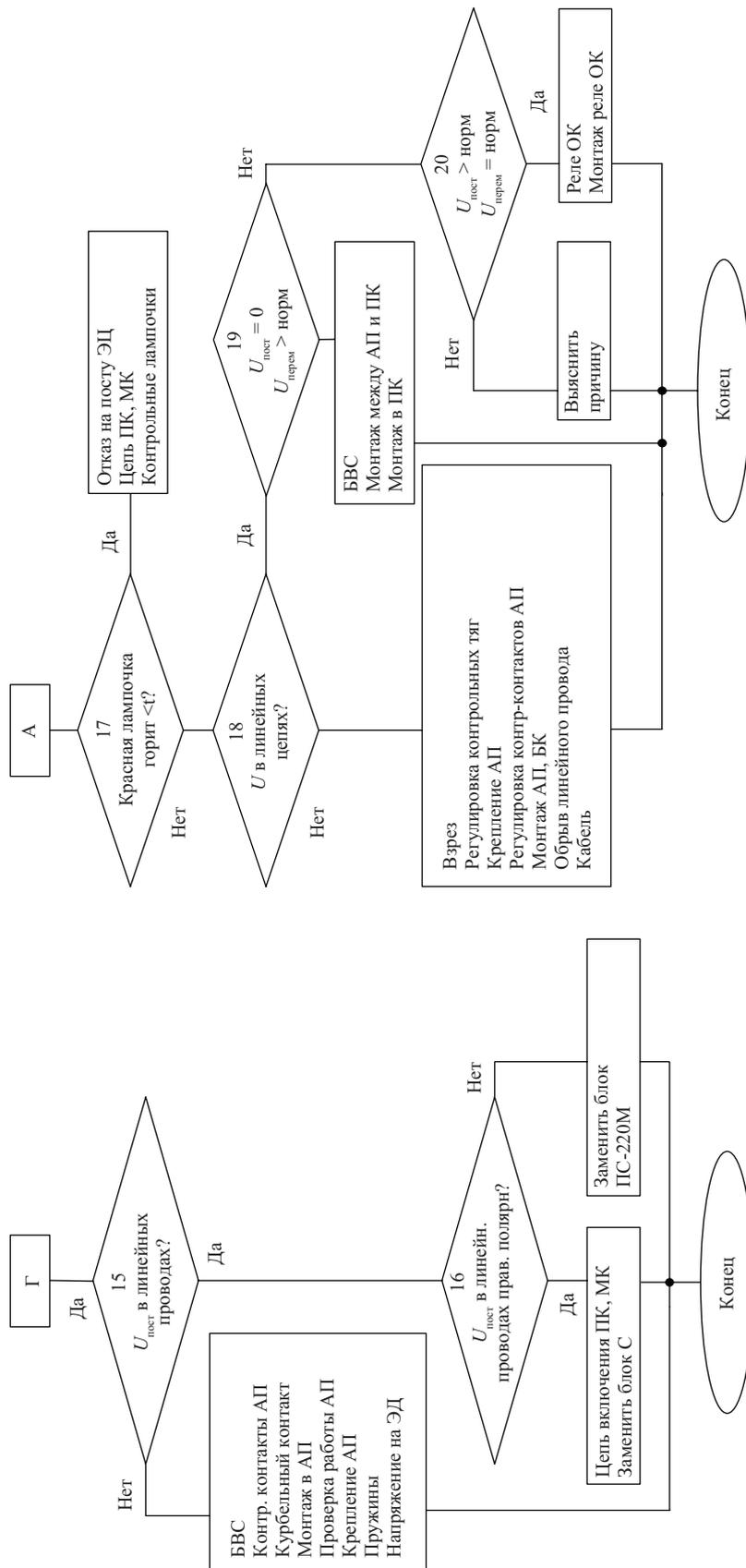


Рис. 4. Модули поиска отказов «Стрелка внезапно теряет контроль» и «Стрелка переводится, но не получает контроля»

ты системы технического диагностирования и мониторинга, производительность труда персонала, снизить влияние человеческого фактора на время восстановления, сократить задержки и простои поездов.

Кроме того, автоматизация обнаружения и устранения отказов создает предпосылки к переходу с планово-предупредительной системы технического обслуживания к обслуживанию по фактическому состоянию.

### Библиографический список

1. **Анализ** состояния безопасности движения поездов, надежности работы систем и устройств ЖАТ в хозяйстве автоматики и телемеханики ОАО РЖД в 2009 году на соответствие требова-

ниям системы менеджмента качества. – М. : ОАО РЖД, 2010. – 156 с.

2. **Надежность** систем железнодорожной автоматики и телемеханики и связи / В. В. Сапожников, Вл.В. Сапожников, В. И. Шаманов ; ред. Вл. В. Сапожников. – М. : УМК МПС РФ, 2002. – 285 с.

3. **Поиск** отказов в устройствах СЦБ / В. Л. Лабетский, В. В. Нестеров // Автоматика, связь и информатика. – 1990. – № 12. – С. 25–28.

4. **Метод** определения технического состояния устройств железнодорожной автоматики / С. В. Бочкарев, А. А. Лыков // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2012. – Вып. 4 (33). – С. 48–55.

5. **Предупреждение** и устранение неисправностей в устройствах СЦБ / Б. Д. Перникис, Р. Ш. Ягудин. – М. : Транспорт, 1994. – 254 с.

УДК 624.042.7

**Н. В. Дурсенева, А. В. Индейкин, А. М. Уздин**

Петербургский государственный университет путей сообщения

## УЧЕТ ВЕРТИКАЛЬНОЙ КОМПОНЕНТЫ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РАБОТУ СЕЙСМОИЗОЛИРОВАННОГО СООРУЖЕНИЯ С КИНЕМАТИЧЕСКИМИ ФУНДАМЕНТАМИ

Проанализированы колебания сейсмоизолированной системы на кинематических фундаментах с учетом вертикальной компоненты сейсмического воздействия. Показано, что колебания в этом случае описываются уравнениями Матье–Хилла. Установлены зоны неустойчивости колебаний, вызванные вертикальным возбуждением, оценена величина демпфирования, обеспечивающая устойчивость движения.

сейсмоизоляция, кинематические фундаменты, вертикальное возбуждение, уравнения Матье–Хилла, устойчивость колебаний.

### Введение

Кинематические сейсмоизолирующие фундаменты широко применяются для сейсмоизоляции зданий и сооружений. В бывшем СССР такие фундаменты предложены и реализованы В. В. Назиным [1], Ю. Д. Черепинским [2], А. В. Курзановым [3] и другими

специалистами. Анализ работы таких фундаментов имеется в брошюре [4] и статьях [5], [6]. В упомянутых работах отмечается, что вертикальная компонента может влиять на работу такого рода фундаментов, однако анализ колебаний здания на таких фундаментах при одновременном действии горизонтального и вертикального возмущений известен