

**В. С. Марюхненко, д-р техн. наук,
А. В. Пультяков, канд. техн. наук**

Кафедра «Автоматика, телемеханика и связь»,
Иркутский государственный университет путей сообщения

ОСОБЕННОСТИ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ХОДУ ПОЕЗДА

В статье исследована концепция безопасности движения поездов, согласно которой безопасность обеспечивается иерархической, на базе комплексной локомотивной системы безопасности, системой с расширением функций, включающей данные спутниковых систем навигации ГЛОНАСС/GPS, а также электронные карты перегонов и путевого развития станций, формируемых на основе единой координатной базы данных. Рассмотрены формирование и техническая реализация уровней обеспечения безопасности.

Приведена классификация систем контроля и диагностирования подвижного состава. Проанализированы особенности построения и функционирования, достоинства и недостатки систем контроля: стационарных и на ходу поезда; внешних и встроенных; ручного, автоматического и автоматизированного контроля.

Показано, что многоуровневая система безопасности включает как технические системы автоматического и автоматизированного диагностирования подвижного состава на ходу поезда, так и алгоритмы их функционирования. Сделан вывод о том, что система диагностирования подвижного состава работает в условиях существенного воздействия дестабилизирующих факторов.

Показаны взаимодействие подвижного состава как объекта контроля с данной системой в составе многоуровневой системы безопасности, а также возможности текущего контроля и прогноза состояния подвижного железнодорожного объекта. Для оценки ее состояния в реальном масштабе времени используется собственная встроенная система контроля.

Приведена обобщенная структурная схема системы с подробным анализом взаимодействующих устройств и с перечнем задач, решаемых каждым устройством в условиях воздействия неблагоприятных факторов.

декомпозиция, многоуровневая концепция безопасности, автоматические системы контроля, подвижной состав, спутниковые технологии

Введение

Безопасность движения поездов обеспечивается на всех этапах жизненного цикла подвижного состава, систем обеспечения движения и элементов инфраструктуры. Тем не менее в процессе эксплуатации происходят отказы, обнаруживаются неисправности.

В связи с тяжелыми последствиями, которые могут вызывать отказы подвижного состава, систем обеспечения движения и элементов инфраструктуры, государственными стандартами определяются:

- безопасность движения [1];
- габариты приближения строений и подвижного состава [2];
- виды и методы неразрушающего контроля [3];
- контролепригодность подвижного состава [4].

Стандарты распространяются:

- на безопасную эксплуатацию и безопасность движения поездов;
- техническое задание на создание или модернизацию моторвагонного подвижного состава и элементов инфраструктуры;
- ограничения на габариты приближения строений и подвижного состава железных дорог;
- методы контроля и диагностирования;
- требования по контролепригодности.

Особое место занимает ГОСТ 18353–79, который предписывает для построения устройств определенные информативные параметры и способы получения первичной информации [5].

Находящиеся в эксплуатации и вновь создаваемые системы диагностирования подвижного состава на ходу, как встроенные (внутренние), так и внешние, обеспечивают соблюдение требований стандартов, что способствует минимизации вероятности инцидентов при железнодорожных перевозках.

Своевременное диагностирование ответственных узлов и деталей подвижного состава, т. е. выявление признаков возможных неисправностей, позволяет предотвратить тяжелые последствия их развития до проявления отказов, создающих угрозу безопасности движения поездов. Диагностирование также способствует сокращению расходов на техническое обслуживание и ремонт, экономии энергоресурсов, минимизации задержек в движении, уменьшению износа элементов пути и подвижного состава.

1 Концепция многоуровневой системы обеспечения безопасности движения поездов

Для обеспечения и поддержания безопасности движения поездов разработана концепция многоуровневой безопасности.

Согласно этой концепции безопасность движения поездов обеспечивается иерархической многоуровневой системой (ИМС) безопасности с расширением функций комплексной локомотивной системы безопасности, включающей спутниковые приемники ГЛОНАСС/GPS и электронные карты перегонов и путевого развития станций, формируемые на основе единой координатной базы данных. В структуре блока предусматривается разработка системы гарантированного информирования машиниста, а также системы принудительной остановки поезда диспетчером в чрезвычайных ситуациях [5, 6].

ИМС технически и организационно предусматривает:

- применение спутниковых технологий;
- использование цифровых радиоканалов;
- переход к эксплуатации подвижного состава и систем железнодорожной автоматики и телемеханики по состоянию;
- переход к информационно-управляющим системам на основе объективной информации о движении подвижного состава и состоянии путевого хозяйства и инфраструктуры.

При формулировании концепции ИМС следует пользоваться следующими понятиями: информационные сигналы, информационное поле, иерархическая многоуровневая система безопасности.

Информационные сигналы – это сигналы различной физической природы (электромагнитные, электрические, световые, звуковые, пневматические и др.), сформированные системами или устройствами, предназначенными для контроля и диагностирования технических объектов, и потенциально содержащие информацию о состоянии подвижного состава и элементов железнодорожной инфраструктуры.

Информационное поле представляет собой множество информационных сигналов, доступных для использования в интересах обеспечения безопасности движения поездов.

Иерархическая многоуровневая система – это объединение в единое информационное пространство иерархических множеств информационных полей, формируемых автоматизированными системами управления технологическим процессом перевозок.

Уровни обеспечения безопасности различаются размерностями информационного пространства уровней ИМС (рис. 1).

Информационное пространство *нижнего уровня* ИМС включает минимум сигналов (N_{\min}), необходимых для обеспечения безопасности движения. Это соответствует обеспечению безопасности движения поездов с использованием только одной системы контроля технических объектов: только рельсовых цепей или только счетчиков осей и вагонов и т. п.

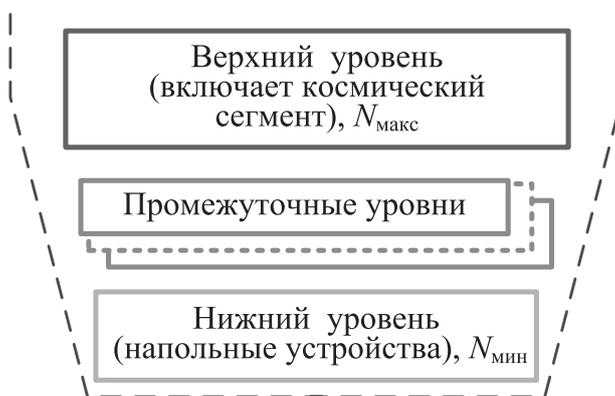


Рис. 1. Уровни обеспечения безопасности

Информационное поле *верхнего уровня* ИМС включает максимум информационных сигналов (N_{\max}), измерительных систем и средств обработки информации, доступных на данном этапе развития техники и технологии, для использования в интересах обеспечения безопасности движения. Верхний уровень ИМС включает спутниковые технологии связи и навигации.

Информационное пространство *промежуточных уровней* ИМС содержит $N_{\max} < N < N_{\min}$ информационных сигналов, используемых для обеспечения безопасности движения. Промежуточные уровни ИМС образуются из верхнего уровня путем исключения из его информационного пространства отдельных датчиков, систем и средств обработки информации.

Причинами перехода с верхнего уровня ИМС на промежуточные уровни, вплоть до нижнего, являются либо отказы датчиков и других элементов информационных систем, либо невозможность их использования в данных условиях.

Таким образом, ИМС обеспечивает безопасность движения путем:

- широкого применения разнообразных датчиков первичной информации;
- непрерывного контроля текущего состояния подвижного состава;
- диагностирования состояния подвижного состава с прогнозированием на известный промежуток времени.

2 Системы контроля технического состояния

2.1 Классификация

Системы контроля технического состояния предназначены для повышения эксплуатационной надежности сложных технических систем. Эксплуатационная надежность зависит от технологического уровня (качества) производства подвижных средств и объектов инфраструктуры, а также адекватности системы технической эксплуатации железнодорожных объектов. Система технической эксплуатации устанавливает технологические правила действий исполнителей при эксплуатации подвижного состава и технических средств ее обеспечения (рис. 2) [7–9].

На рис. 3 приведена классификация методов контроля и диагностики состояния подвижного состава в зависимости от условий, технологической оснастки и алгоритмов (рис. 4).

Стационарный контроль основан на планово-предупредительной системе эксплуатации.

Контроль на *ходу поезда* позволяет реализовать систему эксплуатации контролируемого объекта по состоянию.

Внешние системы структурно и функционально реализуются путем применения функционально и конструктивно законченных сервисных приборов или

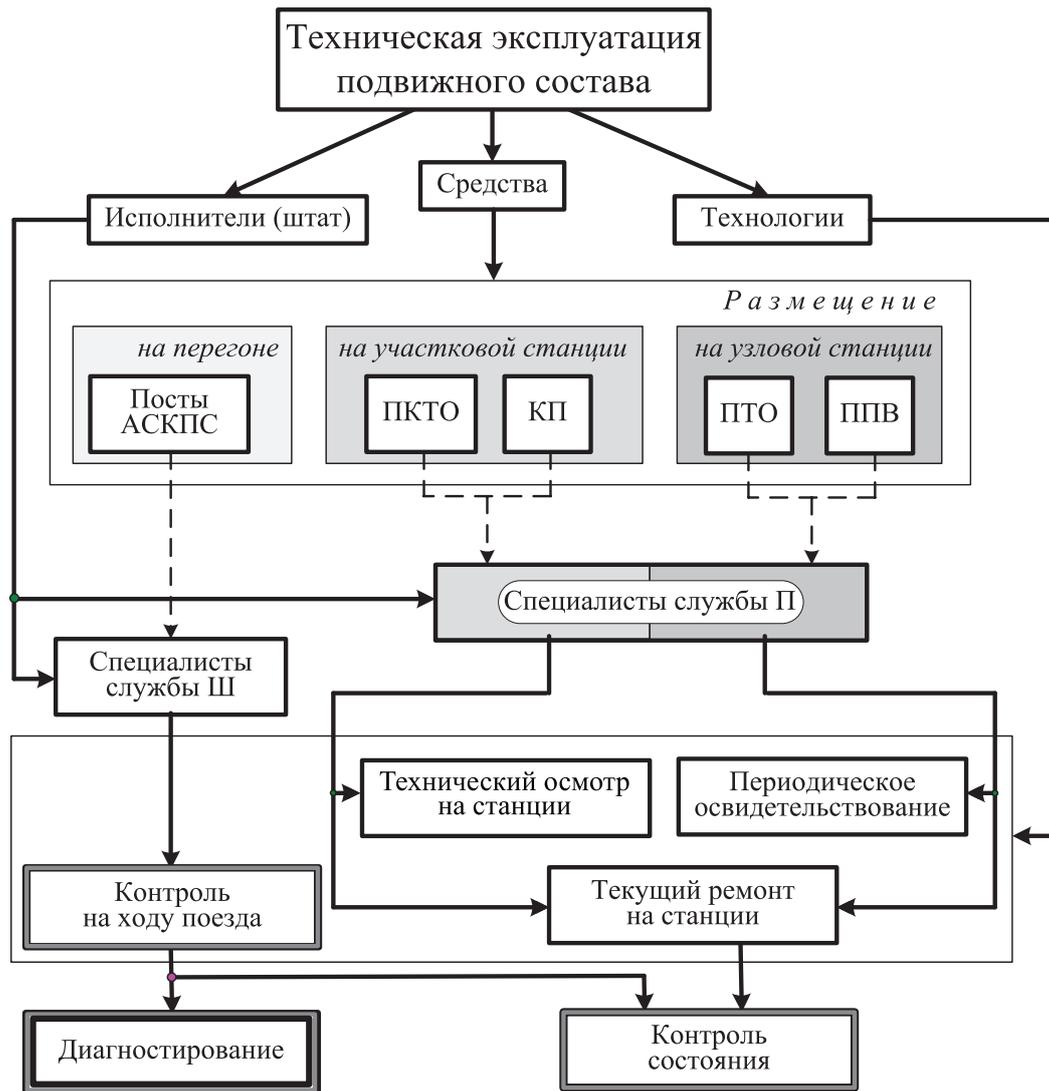


Рис. 2. Структура технической эксплуатации подвижного состава:
 ПТО – пункты технического обслуживания;
 ППВ – пункты подготовки вагонов;
 ПКТО – пункты контрольно-технического осмотра;
 КП – контрольные посты

приборов общего назначения (рис. 4). Для выполнения внешнего контроля, как правило, к схемным решениям контролируемых устройств предусматривается подключение внешних измерительных приборов (рис. 5).

Встроенная система контроля является составной частью контролируемого объекта. Встроенные системы дают возможность оперативного определения состояния объекта, но их внедрение приводит к усложнению алгоритма контроля и повышению стоимости эксплуатации.

Самая простая разновидность ручного контроля – органолептический контроль. Решение о состоянии объекта принимается только на основании реакции органов чувств контролирующего лица.

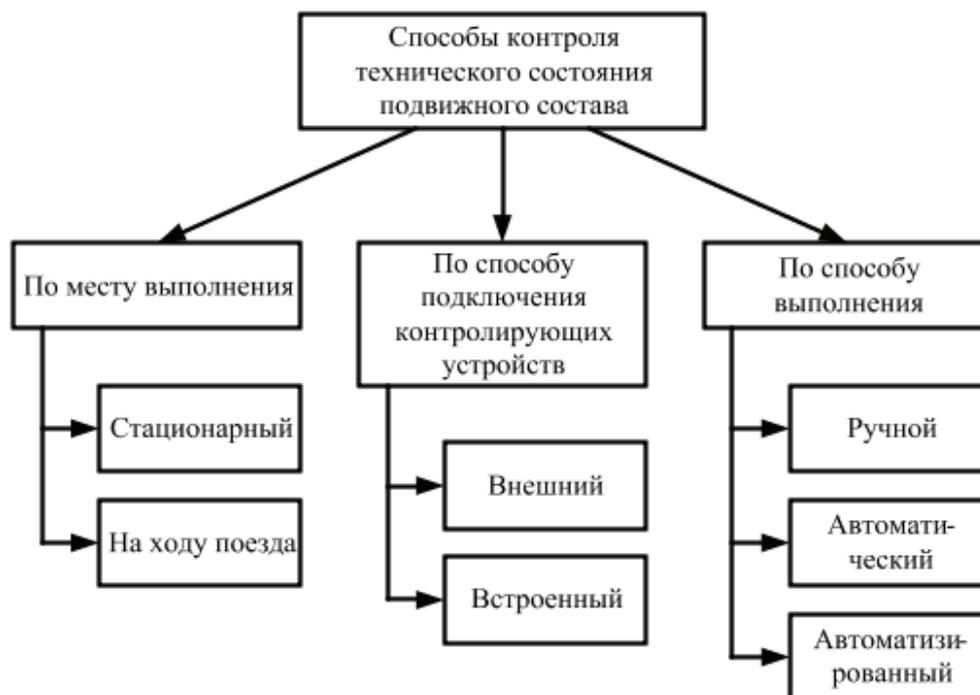


Рис. 3. Классификация способов контроля технического состояния подвижного состава

Ручной приборный контроль осуществляется с помощью внешних технических систем. При этом необходимо снижение скорости подвижного состава вплоть до остановки. Возможно обнаружение только явно проявляющихся отказов. При ручном приборном контроле, как правило, не диагностируется предотказное состояние.

Автоматический способ контроля имеет следующие преимущества:

- 1) можно контролировать подвижной состав на ходу поезда;
- 2) достигается высокая достоверность результатов (благодаря исключению «человеческого фактора»);
- 3) можно определять предотказное состояние.

Недостатки автоматического контроля:

- 1) его результаты зависят от аппаратной и информационной надежности алгоритмов самой системы контроля;
- 2) стоимость объекта контроля увеличивается за счет необходимой дополнительной аппаратуры;
- 3) необходима автоматизация организации движения поездов.

Автоматизированный контроль отличается наличием в контуре контроля и диагностики человека-оператора, рутинные функции которого ограничены, – их выполняет автоматическое устройство. Однако значение оставшихся функций существенно возрастает. На оператора ложатся задачи конечного анализа состояния подвижного состава и конечного решения о последующем его движении. По сравнению с автоматическим контролем несколько снижается пропускная способность.

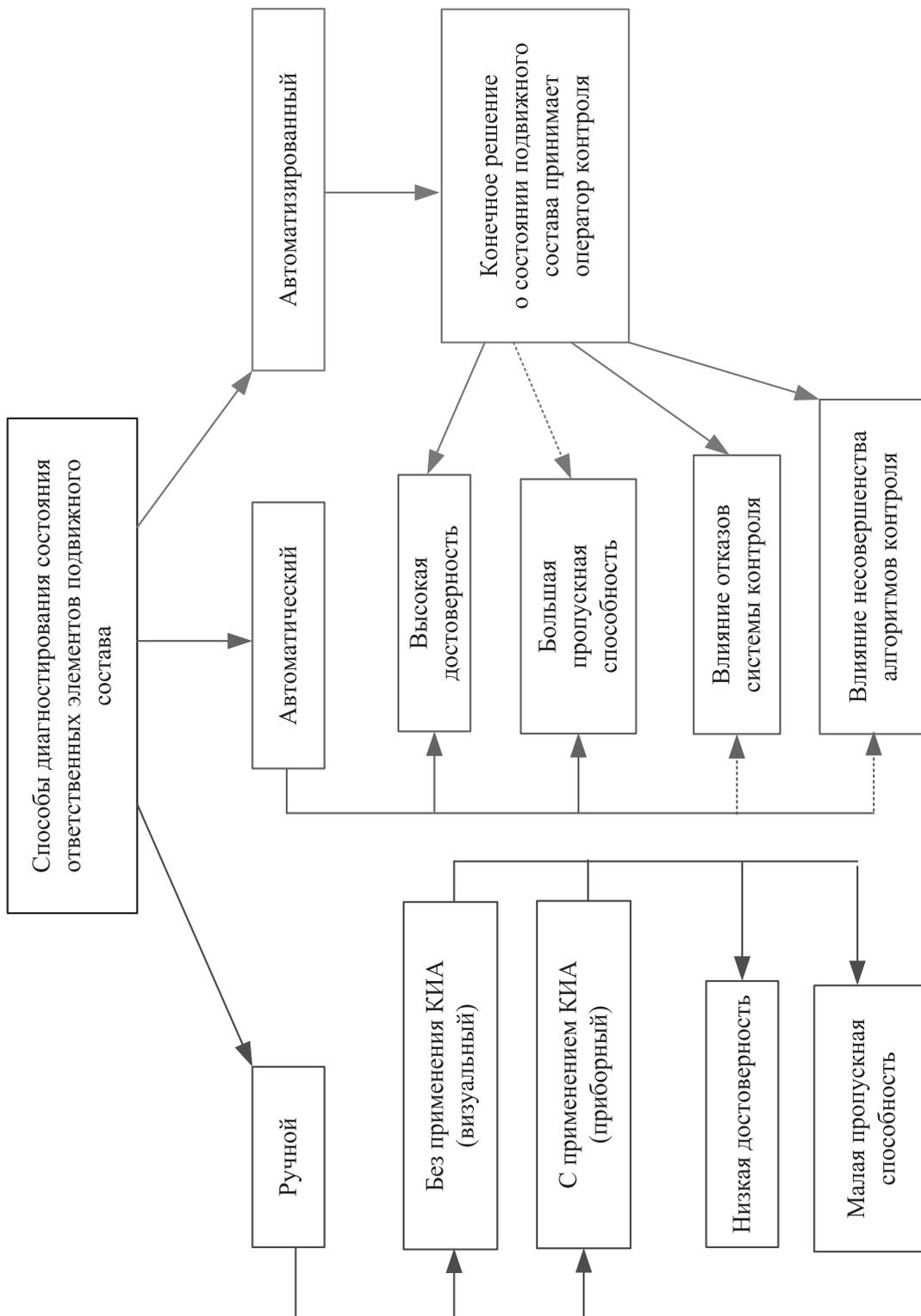


Рис. 4. Свойства способов диагностирования

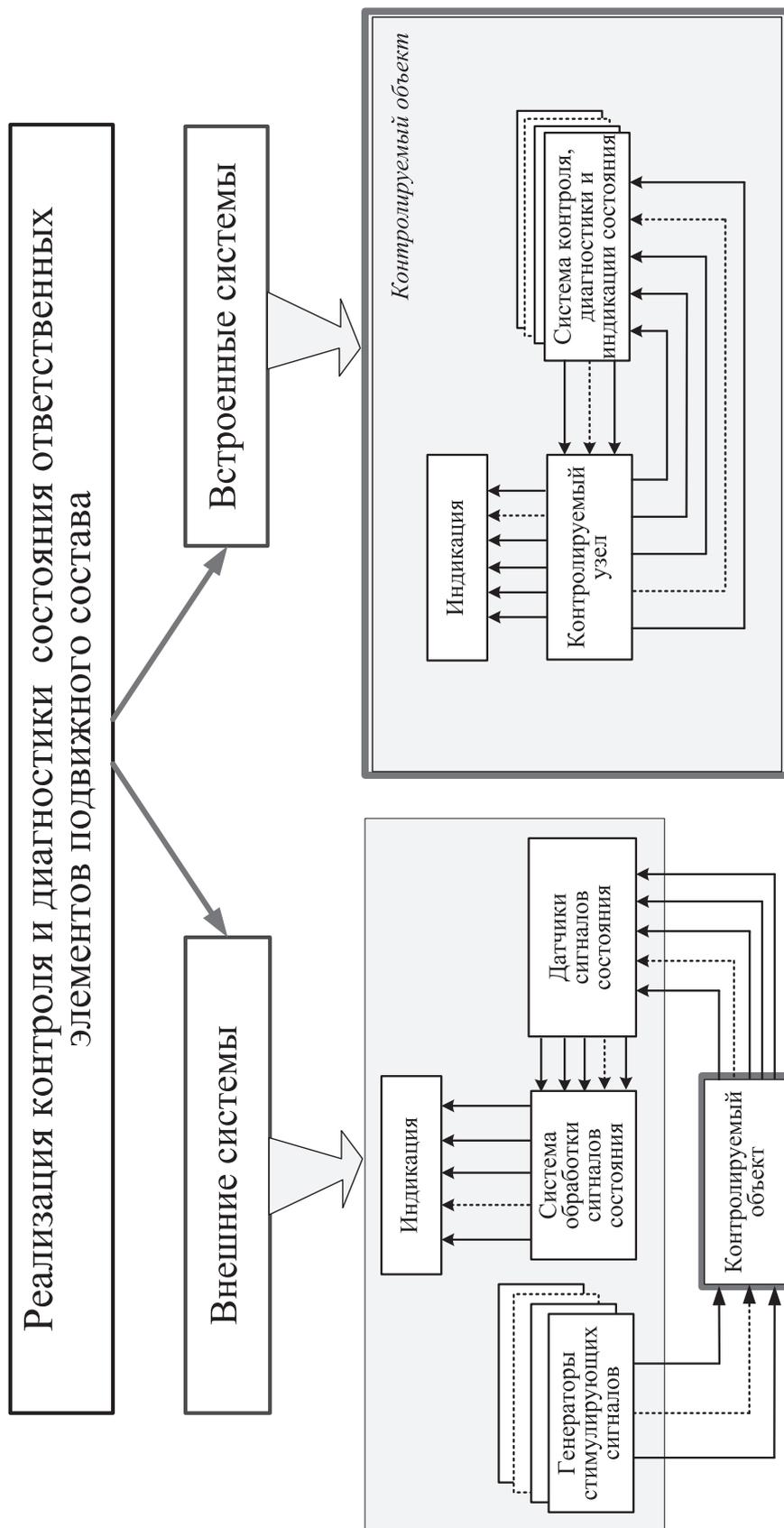


Рис. 5. Структурный состав внешней и встроенной системы контроля подвижного состава

2.2 Диагностирование и прогнозирование состояния подвижного состава

Главная задача прогнозирования – это оценка работоспособности устройств и систем в будущем на основе диагностирования элементов подвижного состава. Прогнозирование может осуществляться по известным алгоритмам экстраполяции и статистической классификации. На рис. 6 приводятся характеристики подвижного состава как объекта диагностирования [10].

Прогноз состояния определяется на основании критерия в соответствии с моделью объекта, характером процессов, периодичностью и характером информации [11]. Наиболее часто применяется (в прямой или косвенной постановке) вероятностный критерий [12].

<i>Объект</i> →	Период	Эксплуатация
	Использование	Многokrатное
	Вид контроля	Периодический, непрерывный
<i>Процесс</i> →	Характер протекания	Монотонный и дискретный
	Оценка	Многомерная
	Характер нестационарности	Линейный и нелинейный
<i>Информация</i> →	Вид процесса	Близкий к гауссовскому
	Текущий объем	Ограниченный и достаточный
	Характер поступления	Периодический и непрерывный
	Априорность	Имеется
<i>Модель</i> →	Вид	Закодированная
	Характер коэффициентов	Линейный и нелинейный
	Закон распределения классов состояний	Известен
<i>Прогноз</i> →	Вид	Интерполяционный
	Вид	Экстраполяция или статистическая классификация
	Срок	Краткосрочный, долгосрочный
	Способ	Прямой и обратный

Рис. 6. Виды контролируемых процессов подвижного объекта и их особенности

Например, если критерием оценки текущего состояния подвижного состава служит заданное нормативными документами значение вероятности перевозки грузов с сохранением требований по безопасности и своевременности $P_{т.зад}(t)$, а условие успешности перевозок

$$P_t(t) \geq P_{т.зад}(t), \quad (1)$$

то критерием оценки прогнозного состояния будет вероятность $P_{пр}(t + T_{пр})$, где $T_{пр}$ – время прогноза изменений параметров ПС; соответственно оценка (1) примет вид

$$P_{пр}(t + T_{пр}) \geq P_{т.зад}(t). \quad (2)$$

Выполнение неравенства (2) есть необходимое условие перевозок с сохранением требований по безопасности.

3 Структура и техническая эксплуатация систем автоматического и автоматизированного контроля подвижного состава

Специалисты службы Ш выполняют техническую эксплуатацию внешних автоматических систем контроля подвижного состава (АСКПС) на ходу поезда. Структура внешней АСКПС включает (рис. 7):

1. Источник контролируемой (первичной) информации (ИИ), которым является объект контроля – подвижной состав.

2. Датчики первичной информации:

2.1. Управляемые (УДПИ).

2.2. Неуправляемые (НДПИ).

3. Микропроцессорные системы обработки сигналов и реализации алгоритмов контроля подвижного состава:

3.1. На перегоне (МСОП).

3.2. На станции (МСОС).

4. Системы оповещения:

4.1. Станционную ($CO_{ст}$).

4.2. Перегонную ($CO_{ии}$).

5. Собственные (встроенные) системы контроля и диагностирования АСКПС:

5.1. Внутреннюю ($ВСК_{вн}$).

5.2. Внешнюю ($ВСК_{внш}$).

6. Информационные системы (индикаторы):

6.1. На перегоне ($ИС_{соп}$).

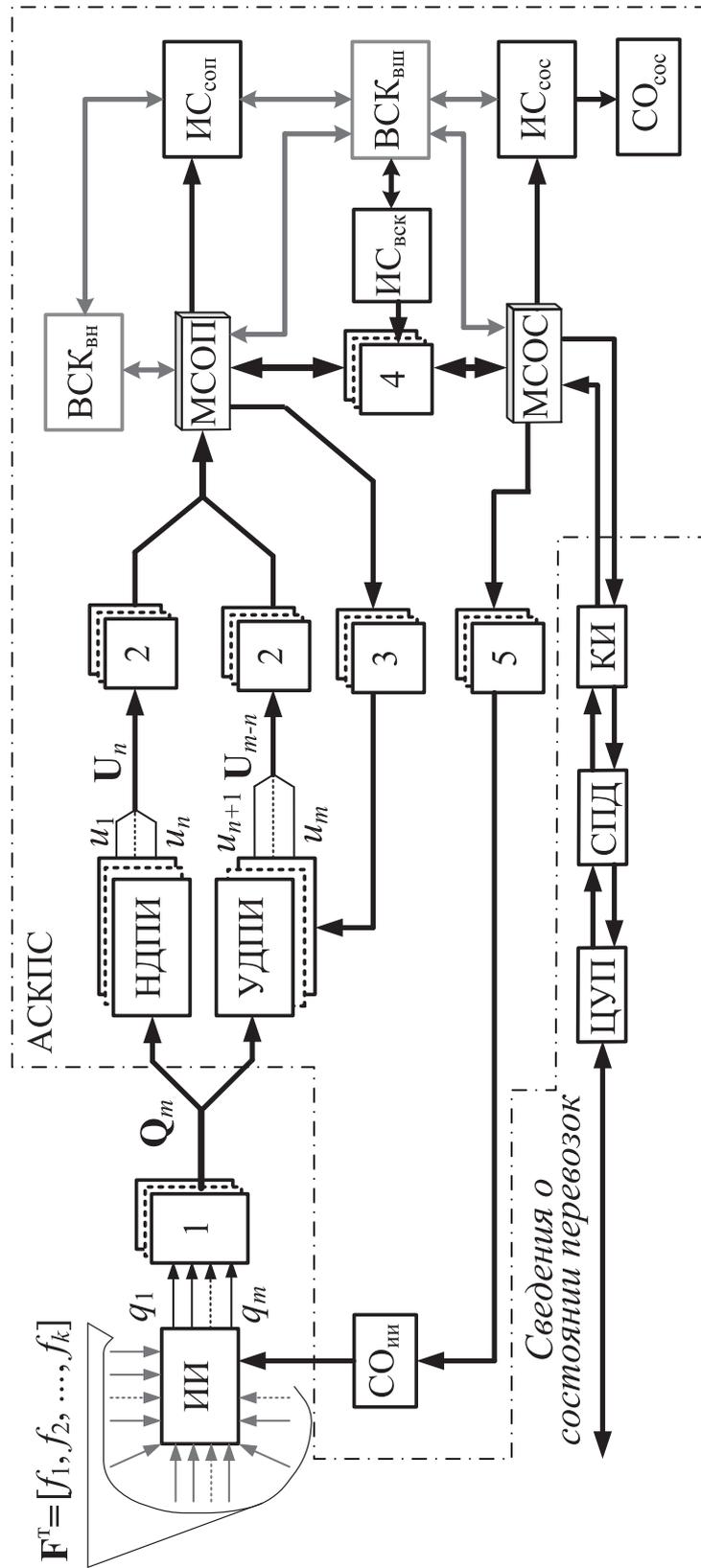


Рис. 7. Структура внешней АСКПС

6.2. На станции (ИС_{сос}).

6.3. Встроенной системы контроля и диагностики АСКПС (ИС_{вск}).

7. Каналы:

7.1. Передачи информации от ИИ на ДПИ (1).

7.2. Передачи информации от ДПИ на МСОП (2).

7.3. Передачи информации МСОП на УДПИ (3).

7.4. Обмена информацией между МСОП на МСОС (4).

7.5. Обмена информацией между элементами системы оповещения (5).

7.6. Обмена информацией между АСКПС и центром управления перевозками (ЦУП) через концентратор информации (КИ) и систему передачи данных (СПД).

Объект контроля, который выступает для АСКПС как ИИ, испытывает воздействие множества из k учитываемых, в общем случае нестационарных, внешних факторов. Из них m факторов приводят к изменениям физических полей, через каналы передачи информации l воздействующих на ДПИ (см. рис. 7).

Датчики первичной информации преобразуют изменения физических полей в изменения электрического тока (напряжения).

Микропроцессорная система обработки сигналов и реализации алгоритмов контроля подвижного состава на перегоне представляет собой специализированную по конструкции, архитектуре и программному обеспечению вычислительную систему, через каналы передачи информации 2 связанную с ДПИ. Электрические сигналы ДПИ в МСОП подвергаются обработке, алгоритм которой включает:

- усиление аналоговых сигналов;
- предварительную частотную аналоговую фильтрацию;
- предварительную дискретную временную обработку – стробирование и бланкирование;
- преобразование из аналоговой формы представления в цифровую;
- оптимальную статистическую цифровую фильтрацию;
- формирование цифровых информационных блоков о параметрах состояния контролируемого объекта (источника информации);
- приведение информационных блоков о параметрах состояния контролируемого ИИ к виду, удобному для передачи линиям связи;
- передачу информационных блоков о параметрах ИИ по каналу связи 4 на станционную микропроцессорную систему реализации алгоритмов контроля подвижного состава.

Микропроцессорная система обработки сигналов и реализации алгоритмов контроля подвижного состава на станции представляет собой автоматизированное рабочее место (АРМ) диспетчера, созданное на основе промышленного компьютера, связанное:

- с ЦУП магистральной линией через концентратор информации КИ и систему передачи данных СПД;

– каналом обмена информации 4 с МСОП;
– каналом обмена информации 5 с системой оповещения объекта СО_{ин};
а также непосредственно:

- со стационарной системой оповещения СО_{сос};
- с внешней для АСКПС встроенной системой контроля ВСК_{внш}.

В МСОС подвергаются обработке информационные блоки, полученные из МСОП, с целью визуализации данных о параметрах контролируемого объекта, формирования речевого сообщения о его состоянии, сигнализации опасных состояний и передаче их в ЦУП.

Информационная система ИС формирует данные для визуализации и звуковой сигнализации о предельных значениях параметров объекта контроля, а также результаты работы собственной встроенной и внешней системы контроля, индицируются (воспроизводятся) системой индикации.

Заключение

В настоящее время безопасность движения поездов основана на концепции многоуровневой системы со строгим и точным соблюдением государственных стандартов и адекватной системой эксплуатации и технического контроля.

Подвижной состав как объект прогнозирования поддается математическому описанию, т. е. диагностика возможна на основе математических моделей.

Многоуровневая система безопасности включает технические АСКПС на ходу поезда, а также алгоритмы их функционирования. АСКПС представляет собой сложную многомерную динамическую систему, работающую в условиях существенного воздействия дестабилизирующих факторов.

Для оценки состояния АСКПС в реальном масштабе времени используется ее собственная встроенная система контроля.

Применение АСКПС в составе многоуровневой системы безопасности позволяет одновременно с текущим контролем параметров ПС прогнозировать их вероятное изменение на известный промежуток времени.

Сложность структуры и многообразие алгоритмов функционирования АСКПС определяет необходимость технической эксплуатации высококвалифицированными исполнителями.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 22.2.08–96. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Безопасность движения поездов. Термины и определения. – Введ. 1994-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 1994. – 11 с.

2. ГОСТ 9238–2013. Габариты железнодорожного подвижного состава и приближения строений. – Взамен ГОСТ 9238–83 ; введ. 2014-07-01. – М. : Стандартиформ, 2014. – 173 с.
3. ГОСТ 18353–79. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов. – Взамен ГОСТ 18353–73 ; введ. 1980-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 2004. – 12 с.
4. ГОСТ Р 53382–2009. Моторвагонный подвижной состав. Общие требования по приспособленности к диагностированию. – Введ. 2010-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 2009. – 5 с.
5. Розенберг Е. Н. Многоуровневая система управления и обеспечения безопасности движения поездов : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.06, 05.22.08. – М. : ВНИИАС МПС России, 2004. – 47 с.
6. Кузин С. Б. РЖД: что сделано и что впереди / С. Б. Кузин // Технологии и средства связи. – 2010. – № 1. – С. 14–16 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tssonline.ru/articles2/bypub/tss-1-2010>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 17.03.2015).
7. ГОСТ 25866–83. Эксплуатация техники. Термины и определения. – Введ. 1985-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 14 с.
8. Пархоменко П. П. Основы технической диагностики / П. П. Пархоменко, Е. С. Согомонян. – М. : Энергоатомиздат, 1981. – 319 с.
9. Сапожников Вал. В. Основы технической диагностики : учеб. пособие / Вал. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников. – М. : Маршрут, 2004. – 316 с.
10. Основы расчета и проектирования деталей машин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://5fan.ru/wievjjob.php?id=71662>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 22.12.2011).
11. Пархоменко П. П. Диагностирование программного обеспечения / П. П. Пархоменко, П. А. Правильщиков // Автоматика и телемеханика. – 1980. – № 4. – С. 117–141.
12. Дмитриев С. П. Информационная надежность, контроль и диагностика навигационных систем / С. П. Дмитриев, Н. В. Колесов, А. В. Осипов. – Изд. 2-е, перераб. – СПб. : ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», 2004. – 208 с.

Maryukhnenko Victor S., Pulyakov Andrey V.
«Automation, remote control and communication» department
Irkutsk state transport university

Features of technical states control of rolling stock in train motion

The article examines the conception of multilevel train safety control, according to which the safety is provided by hierarchic system, based on complex locomotive safety system, with extensions, that include the using of data of global positioning systems

GLONASS/GPS, as well as digital maps of station-to-station blocks and station layouts, that are formed on the basis of united coordinates data base. The article also describes the formation and technical implementation of levels for provision of safety.

The article provides the classification of rolling stock control and diagnostics systems. It also analyses the features of building and operating, advantages and disadvantages of control systems: stationary and in-action; external and built-in; manual, automated and computer-aided.

It was shown, that multilevel safety system includes as technical systems of automated and computer-aided control and diagnostics of rolling stock of train in-action (ASKPS), and the algorithms of its operation. The conclusion was made, that ASKPS is a complex multi-dimensional dynamic system, that works under significant number of destabilizing factors.

The paper shows the interactions of rolling stock, as an object of control, with ASKPS within multilevel safety system, as well as the possibilities of routine control and forecast of condition of railway rolling stock object by existing systems. Because of the final hardware and information reliability of its components, the ASKPS system itself is liable to failures. For real-time assessment of ASKPS condition its own built-in control system is used.

There is also generalised structure of ASKPS with detailed analysis of interacting devices and with the lists of problems, that are solved by each device under the influence of adverse factors as on the object itself, and on the control system. The conclusion was drawn, that because of the complexity of the structure and the variety of algorithms for operation of ASKPS it should be carried out by highly skilled professionals, that requires its special training.

decomposition, multilevel safety concept, automatic control systems, rolling stock, satellite-assisted technologies

References

1. GOST R 22.2.08–96 Bezopasnost' v chrezvychaynykh situatsiyakh. Bezopasnost' dvizheniya poyezdov. Terminy i opredeleniya. [Safety in emergencies. Safety of railway transport movement. Terms and definitions] First introduced. Put into effect 01.07.1994. Moscow, Izdatel'stvo standartov, 1994. – 11 p.
2. GOST 9238–2013. Gabarity zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava i priblizheniya stroyeniy [Construction and rolling stock clearance diagrams] Instead of GOST 9238–83. Put into effect 01.07.2014. Moscow, StandartInform, 2014. – 173 p.
3. GOST 18353–79. Kontrol' nerazrushayushchiy. Klassifikatsiya vidov i metodov [Nondestructive testing. Classification of types and methods]. Instead of GOST 18353–73. Put into effect 01.07.1980. Moscow, Izdatel'stvo standartov, 2004. – 12 p.
4. GOST R 53382–2009. Motorvagonnyy podvizhnoy sostav. Obshchiye trebovaniya po prisposoblennosti k diagnostirovaniyu [Motor-coach unit rolling stock. General requirements for the ability to use the devices for diagnostics]. First introduced. Put into effect 01.01.2010. Moscow: Izdatel'stvo standartov, 2009. – 5 p.
5. Rozenberg E. N. Mnogourovnevaya sistema upravleniya i obespecheniya bezopasnosti dvizheniya poyezdov [Multi-level train traffic management and safety system]: Autoabstract ...D. Eng. (05.13.06, 05.22.08). Moscow, VNIAS MPS of Russia, 2004. – 47 p.

6. Kuzin R. B. RZD: what have been done and what is to come. Technology and communications [Electronic resource] (Tekhnologii i sredstva svyazi) № 1, 2010. – Pp. 14–16, <http://www.tssonline.ru/articles2/bypub/tss-1-2010>, free.

7. GOST 25866–83. Ekspluatatsiya tekhniki. Terminy i opredeleniya [Exploitation of technique. Terms and definitions]. First introduced. Put into effect 01.01.1985. Moscow, Izdatel'stvo standartov, 1983. – 14 p.

8. Parkhomenko P. P., Sogomonyan E. S. Osnovy tekhnicheskoy diagnostiki [Basics of technical diagnostics]. Moscow, Energoatomizdat, 1981. – 319 p.

9. Saposhnikov Val. V., Saposhnikov Vl. V. Osnovy tekhnicheskoy diagnostiki [Basics of technical diagnostics], textbook. Moscow, Marshrut, 2004. – 316 p.

10. Osnovy rascheta i proyektirovaniya detaley mashin. 2014 [Elektronnyy resurs] [Fundamentals of calculation and design of machine parts, <http://5fan.ru/wievjob.php?id=71662>], free.

11. Parkhomenko P. P., Pravil'schikov P. A. Software diagnostics. Automation and remote control (Avtomatika i telemekhanika), 1980, N 4. – Pp. 117–141.

12. Dmitriev S. P., Kolesov N. V., Osipov A. V. Informatsionnaya nadezhnost', kontrol' i diagnostika navigatsionnykh sistem [Information reliability, control and diagnostics of navigation systems]. 2nd edition, revised. St. Petersburg, GNC RF CNII «Elektropribor», 2004. – 208 p.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии Д. С. Марковым
Поступила в редакцию 08.12.2015, принята к публикации 27.01.2016*

МАРЮХНЕНКО Виктор Сергеевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматика, телемеханика и связь» Иркутского государственного университета путей сообщения.

e-mail: viktor.maryuhnenko@yandex.ru

ПУЛЬТЯКОВ Андрей Владимирович – кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Автоматика, телемеханика и связь» Иркутского государственного университета путей сообщения.

e-mail: pultyakov@irgups.ru

© Марюхненко В. С., Пультяков А. В., 2016