

# Безопасная ресурсосберегающая эксплуатация МВПС на основе мониторинга в реальном времени

С.В. СИЗОВ, В.П. АРИСТОВ (ОАО «РЖД»),  
В.Н. КОСТЮКОВ (ОМГУПС), А.В. КОСТЮКОВ (НПЦ «Динамика»)

**Повышение качества пригородных пассажирских перевозок невозможно без обеспечения высокой надежности и коэффициента эксплуатационной готовности мотор-вагонного подвижного состава (МВПС). Традиционные методы решения этой задачи во второй половине XX века опирались на экстенсивные факторы развития, прежде всего, наличие значительных ресурсов дешевой высококвалифицированной рабочей силы, и в настоящее время полностью исчерпаны. С другой стороны, рост интенсивности и качества перевозок выдвигает адекватные требования к уровню технического обслуживания и ремонта оборудования (ТОРО) МВПС при сокращении сроков и эксплуатационных расходов.**

В ответ на эти вызовы во второй половине 90-х годов на сети дорог появились разнообразные приборы диагностики, которые до сих пор не связаны в единую технологическую цепь и обладают рядом существенных недостатков:

- субъективностью, т.е. полной зависимостью результатов диагностики от работника, ставящего диагноз;
- высокой трудоемкостью и продолжительностью постановки диагноза, вследствие низкой степени автоматизации диагностического процесса, что не позволяет осуществлять диагностику в требуемом объеме (количестве и качестве);
- низкой достоверностью результатов, обусловленной как вышеуказанными причинами, порождающими статическую ошибку  $s$ , так и динамической ошибкой  $d$ , связанной с соизмеримостью периода диагностирования  $T_d$  с интервалом развития неисправности до критического значения  $T_n$ :

$$d = T_d/T_n, \text{ при } T_d < T_n, \\ d = 1, \text{ при } T_d \geq T_n \quad (1);$$

- недоступностью руководству цехов и депо объективной информации о техническом состоянии МВПС и его агрегатов в реальном времени, то есть плохой наблюдаемостью фактического состояния МВПС.

Указанные недостатки традиционной технологии приводят к тому, что

отказы почти всегда проявляются для персонала как внезапные и «сыплются на голову» руководства. Плохая наблюдаемость результатов ТОРО МВПС не позволяет выработать необходимые управляющие воздействия для его улучшения и тем самым существенно снижает устойчивость транспортной системы в целом. Это наглядно подтверждают данные Технического анализа надежности, приведенные в *табл. 1*.

Более 84% брака, 54% неплановых и почти 40% плановых ремонтов вызваны некачественным ТОРО в депо и на заводах, что в целом превышает 41%. И, хотя почти 59% ремонтов по статистике, приведенной в [1], вызваны «прочими» причинами, накопленный опыт мониторинга состояния человеко-машинных систем [2] позволяет утверждать, что не менее 80% их них, то есть 47,2%, также обусловлены некачественным ТОРО, завуалированным так называемым «человеческим» фактором и пропуском потенциальных дефектов в эксплуатацию.

Таким образом, скрытый характер зарождения и развития неисправнос-

тей, недостоверные результаты технической диагностики, обусловленные высокими значениями статической и динамической ошибок, невозможность наблюдения тенденций изменения технического состояния МВПС (как при деградации — в сторону ухудшения, так и при восстановлении — в сторону улучшения) не позволяют осуществлять ремонт и техническое обслуживание МВПС в нужное время, в необходимом объеме и с надлежащим качеством. Это является причиной того, что руководство депо не имеет возможности контролировать процесс в реальном времени, то есть в темпе фактической деградации, обслуживания, восстановления и передачи в эксплуатацию. Это является причиной почти 90% повреждений, которые не были устранены в период ТОРО МВПС.

## Необходимость мониторинга состояния МВПС в реальном времени

Кардинальное изменение существующего положения возможно на основе непрерывного автоматического мониторинга состояния МВПС в процессе эксплуатации и ТОРО в реальном времени [2, 3, 4]. Под мониторингом понимается наблюдение за состоянием МВПС для определения и предсказания момента перехода в предельное состояние путем периодического диагностирования на примыкающих друг к другу временных интервалах  $T_b$ , длительность которых существенно меньше интервала развития неисправности  $T_n$  до критического значения:

**Табл. 1. Распределение выявленных причин повреждений МВПС**

№ п/п	Наименование	Всего случаев	Част. поврежд. на 106 млн секций. км	Причина, %		
				Депов. р.	Завод. р	Всего
1	Брак (порча)	20	0,07	63,1	21,1	84,2
2	Неплан. рем.	844	2,9	36,7	17,8	54,5
3	План. рем.	17114	58,7	24,3	15,0	39,3
4	Всего	17980	61,7	25	16	41

$$T_0 \ll T_{in}; d \ll 1 \quad (2)$$

Автоматический мониторинг — это автоматическая диагностика технического состояния с необходимой полнотой (не менее 80% основных неисправностей), развернутая во времени и доступная персоналу всех уровней для принятия обоснованных решений по управлению состоянием МВПС путем своевременного обслуживания и ремонта в необходимом объеме (обслуживать и ремонтировать только то, что действительно в этом нуждается на предстоящий период эксплуатации).

Достоверность мониторинга определяется статической и динамической ошибками. Статическая ошибка  $s$  — это ошибка принятия неверного заключения о состоянии объекта по результатам диагностики. Динамическая ошибка  $d$  — это ошибка, определяемая соотношением периода диагностирования  $T_0$  и интервала развития неисправности  $T_{in}$ .

Автоматическая диагностика требует наличия автоматической экспертной системы определения неисправностей, исключает субъективные ошибки диагноста, резко, в миллионы раз, сокращает трудоемкость и продолжительность постановки диагноза. При этом статическая ошибка диагностики  $s$  существенно уменьшается до уровня методической ошибки  $s_m$ , обусловленной применяемыми методами диагноза:

$$s_m \ll s \quad (3)$$

Автоматический мониторинг осуществляется путем высокой частоты постановки диагнозов для исключения пропусков неисправностей согласно (2) и обеспечивает предоставление текущей информации о состоянии совокупности объектов, включенных в систему мониторинга, всем заинтересованным службам и руководству предприятия.

Рассчитаем необходимый период диагностирования при мониторинге МВПС на основе данных технического анализа надежности [1].

Частота повреждений оборудования электросекций, вызвавших брак, неплановый ремонт или обнаруженных на плановом ремонте составляет 61,7 случая на 1 млн секций\*км пробега (табл. 1).

Пробег на одно повреждение, соответственно, составляет в среднем около

16 200 секций\*км. При среднесуточной норме пробега 400 км/сут средний интервал развития неисправностей  $T_{in}$  в одной электросекции МВПС составляет  $16200/400 = 40$  секций\*сут.

Поскольку процессы зарождения и развития неисправностей протекают параллельно и непрерывно во всех секциях, то поезд, содержащий, например, 5 электросекций, имеет в среднем 1 развитую неисправность за 8 суток:

$$T_{in} = 40 \text{ секций*сут.} / 5 \text{ секций.} = 8 \text{ сут.} \quad (4)$$

Поскольку моменты зарождения неисправностей, длительность их развития, моменты «выхода на поверхность» и достижения критического значения случайны, то период диагностирования всех секций поезда  $T_{in}$  с динамической ошибкой пропуска дефекта  $d$  не должен превышать:

$$d = 10\%, T_{in} \leq 0,8 \text{ сут.} = 19,2 \text{ ч}; \quad (5)$$

$$d = 1\%, T_{in} \leq 1,92 \text{ час} = 115 \text{ мин};$$

$$d_m = 0,1\%, T_{in} \leq 0,19 \text{ час} = 11 \text{ мин.}$$

Для минимизации суммарной ошибки мониторинга  $q = q_m$ :

$$q = s + d; \quad (6)$$

необходимо минимизировать статическую ошибку диагностики за счет автоматизации  $s$  до уровня методической ошибки  $s_m$  и динамическую ошибку  $d$  обнаружения неисправности и предоставления соответствующей информации персоналу до  $d_m \leq 0,1\%$ , что потребует сокращения интервала мониторинга до 11 минут:

$$q_m = s_m + d_m \quad (7)$$

Это объясняет необходимость применения бортовых систем диагностики МВПС и увязки всех систем диагностики в депо в единую систему мониторинга, обеспечивающую своевременное представление информации о техническом состоянии эксплуатируемых и ремонтируемых узлов, агрегатов, электросекций и поезда в целом ответственному персоналу депо (завода).

Все эти три задачи:

- существенное уменьшение субъективного фактора и минимизация статической ошибки до уровня  $s_m$ , ограниченного принятой методикой диагностирования;

- существенное уменьшение трудоемкости и продолжительности диагностирования, обеспечение малого интервала диагностирования и минимизация динамической ошибки  $d_m$ ;

- беспрепятственная доставка результатов диагностики и мониторинга в нужное время в нужное место и нужному специалисту — руководителю с минимизацией суммарной ошибки  $q_m$

и решают стационарные системы мониторинга КОМПАКС®, которые успешно себя зарекомендовали с 1991 г. в различных отраслях промышленности, а с 1996 г. и на железнодорожном транспорте.

### О технологии безопасной ресурсосберегающей эксплуатации

Целью проводимой в настоящее время работы является создание технологии безопасной ресурсосберегающей эксплуатации (SM™ — технология Safe Maintenance) МВПС на основе стационарных систем мониторинга состояния узлов, агрегатов, электросекций и МВПС в целом.

Достижение поставленной цели требует решения следующих задач:

- Разработка и внедрение систем диагностики и мониторинга отдельных узлов и агрегатов;

- Разработка и внедрение комплексных систем диагностики и мониторинга электросекций;

- Разработка и внедрение бортовой системы диагностики и мониторинга МВПС;

- Организация системы мониторинга состояния узлов, агрегатов, электросекций и МВПС в условиях депо.

Для железнодорожного транспорта эти задачи решены в разной степени.

Диагностика узлов и агрегатов, прежде всего колесно-моторного блока (КМБ) в сборе, осуществляется различными системами, в том числе системой КОМПАКС® — ЭКСПРЕСС на сети дорог с середины 1990 годов. В отличие от других в системе КОМПАКС® — ЭКСПРЕСС все опции по постановке диагноза и вывода КМБ на режим диагностирования выполняются полностью автоматически. Автоматизация всех опций диагностирования — от запуска КМБ и поддержания режима его работы до постановки диагноза и печати протокола — минимизирует субъективный фактор. Продолжительность диагностирования не превышает 3 мин, что определяется временем установления температуры узлов КМБ. Производительность труда на порядок превышает производительность других систем и тем более ручных приборов. Подтверждаемость результатов диагностики КМБ близка к

100% и существенно определяется квалификацией ремонтного персонала — нашел он или нет дефект, относящийся к классу дефектов, указанному системой. Отзывы о системе — положительные [4]. Внешний вид диагностической станции системы приведен на рис. 1.

### Система мониторинга качества ремонта агрегатов

В цехе ТР-3 производится ремонт, сборка, обкатка и испытание колесных пар, колесно-редукторного блока, ТЭД с взаимной нагрузкой, вспомогательных машин и токоприемника (пантографа). Однако диагностика качества ремонта не осуществляется. У руководства участка, цехов и депо отсутствует объективная информация о качестве ремонта. В результате, как показывает опыт, нередко на борт электросекции устанавливают неисправные агрегаты — потенциальные источники брака и непланового ремонта. Необходимо установить на участке обкатки и испытаний систему комплексной диагностики узлов и агрегатов:

- колесных пар;
  - колесно-редукторного блока;
  - тяговых электродвигателей;
  - вспомогательных машин — компрессора и делителя напряжения;
  - токоприемника (пантографа);
- на базе которой развернуть диагностическую сеть Comracs-Net®, объединяющую разрозненные системы диагностики в единую систему мониторинга в депо с предоставлением информации о

состоянии старшим мастерам цехов ТР-1 и ТР-3 и зам. начальника депо по ремонтам (рис. 2).

### Система мониторинга качества ремонта электросекций в цехе ТР-3

В депо «Раменское» и «Москва-2 Ярославская» в 2005–2007 г. успешно внедрены комплексные системы диагностики (КСД) электросекций электропоезда ЭД-4(М) и ЭР-2 «КОМПАКС-ЭКСПРЕСС-ТР3» в цехе ТР-3, которые обеспечивают диагностику:

- колесно-моторного блока (КМБ);
- изоляции силовых электрических цепей (ПДИ);
- пантографа по его силовым и временным характеристикам (ПДП);
- электропневматической тормозной системы и пневматики дверей (ПДТ);
- электрических цепей управления (ПДЭЦУ);
- силовых электрических цепей (ПДЭЦС);
- вспомогательных электрических цепей (ПДЭЦВ).

Все диагностические процедуры выполняются автоматически, в том числе управление компрессором, КСП, дверьми, пантографом, КМБ. Оператор вручную выполняет подготовительные работы по подключению датчиков и зондов КСД к электросекции. Системы обладают встроенной самодиагностикой программно-аппаратных средств, начиная от датчиков и зондов (включая правильность их установки), ли-



Рис. 1. Диагностическая станция КОМПАКС-ЭКСПРЕСС.

нии связи до дисплея системы и принтера. Это исключает ошибки диагноза, связанные с неисправностью системы диагностики и ошибками персонала.

Управление режимом работы диагностируемой электросекции, измерение параметров, постановка диагноза и формирование протоколов диагностики по каждой подсистеме и электросекции в целом осуществляется полностью автоматически, то есть результаты диагноза носят объективный характер.

Комплексная система существенно ускоряет отладку электросекций после ТР-3 — полный цикл диагностики не превышает 3,5 часов вместе с подготовительно-заключительными операциями, поскольку классы неисправностей определяются и указываются системой персоналу автоматически.

При необходимости на отдельных участках депо могут быть внедрены отдельные подсистемы КСД из семи вышеперечисленных (те, которые могут



Рис. 2. Участок диагностики качества ремонта агрегатов.

использоваться автономно и независимо друг от друга).

В ходе эксплуатации комплексной системы «КОМПАКС-ЭКСПРЕСС-ТР3» неоднократно были обнаружены и заменены неисправные узлы (пантографы), агрегаты (компрессоры) и электрические аппараты, установленные на электросекции после ТР-3 (рис. 3). Это подтверждает необходимость внедрения системы диагностики «КОМПАКС-ЭКСПРЕСС» на участке испытания узлов и агрегатов в цехе ТР-3.

К сожалению, текущая информация в реальном времени о качестве ремонта электросекций также поступает руководству цеха и депо в виде устного отчета подчиненных, хотя хорошо известно, что «лучше один раз увидеть, чем 100 раз услышать». В условиях неполной наблюдаемости процессов ТОРО и эксплуатации сложно выработать верные и своевременные управляющие воздействия для обеспечения устойчивости подвижного состава и перевозочного процесса в целом. КСД имеет адаптивную структуру и может программироваться для диагностики различных типов электропоездов.

### Бортовая система мониторинга МВПС

Периодичность диагностирования МВПС электропоезда для обеспечения минимальной динамической ошибки  $d \leq 0,1\%$ , как было показано выше, в условиях МЖД для существующей вероятности отказов не должна превышать 11 минут. Реализация этого требования возможна только при наличии бортовой системы мониторинга состояния — БСМ.

К БСМ предъявляется ряд противоречивых требований:

- Необходимая полнота и достоверность диагностирования;
- Максимальная простота для обеспечения высокой надежности и низкой стоимости;
- Необходимость обеспечения контролепригодности электропоезда, который не содержит штатных диагностических точек;
- Недопустимость изменений в электросхеме и конструкции электропоезда для обеспечения его контролепригодности;
- Полная автоматизация диагностических и других операций в БСМ с целью достижения минимума времени общения с машинистом;
- Простота монтажа на МВПС в условиях депо;



Рис. 3. Экран монитора КСД КОМПАКС-Экспресс-ТР3 подсистемы диагностики колесо-моторных блоков с автоматическим указанием места и вида неисправности.

- Высокая вандалоустойчивость, прочность, малые габариты, устойчивость к ударам и вибрации, широкий диапазон рабочих температур (–40...+60°C) и влажности, самодиагностика от датчика до дисплея, минимальное число линий связи между секциями;
- Автоматическая передача диагностической информации с борта электропоезда в диагностическую сеть депо Comracs-Net® для принятия оперативных решений по его дальнейшей эксплуатации.

Естественно, что создание бортовой системы мониторинга требует создания диагностической сети Comracs-Net® в депо, что удобно совместить с организацией участка диагностики качества ремонта узлов и агрегатов в цехе ТР-3. Наиболее полно всем поставленным требованиям удовлетворяет система «КОМПАКС-ЭКСПРЕСС-3», эскизный проект которой разработан в 2004–2005 гг. в рамках госбюджетной темы, как вариант стационарной системы компьютерного мониторинга КОМПАКС® для предупреждения аварий и контроля состояния. Система внедрена в 10 отраслях народного хо-

зяйства России, ближнего и дальнего зарубежья.

Распределение отказов по основным группам оборудования МВПС приведены в табл. 2, где обозначены: ТЭД — тяговые электродвигатели, ВМ — вспомогательные машины, ЭАП — электрические аппараты, ЭП — электронные приборы, КП — колесные пары, МРБ — муфта, редуктор, буксы, МТО — механическое и тормозное оборудование, ПнО — пневматическое оборудование.

Дефекты ТЭД и ВМ, связанные с пробоем изоляции, механическими дефектами крепления, коллекторно-щеточным узлом, подшипниками и др. оцениваются путем совместного измерения тока и вибрации, аналогично диагностике КМБ. Неисправности электрических аппаратов и цепей оцениваются косвенно, но с необходимой полнотой, через токи потребления ТЭД и ВМ. Неисправности муфт, редукторов, букс и подшипников, частично колес (КП) оцениваются с помощью вибродиагностики, аналогично КМБ. Неисправности пневматического оборудования (ПнО) оцениваются по виб-

Табл. 2. Распределение отказов по основным группам оборудования МВПС и полнота диагностирования

№ п/п	Наименование	ТЭД %	ВМ %	ЭАП %	ЭП %	КП %	МРБ %	МТО %	ПнО %
1	Брак (порча) — 0,3%	10			58		26,3		5
2	Непл. рем. — 4,7%	44,7	5,0		7,0		42,5		0,1
3	План. рем. — 95%	7,2	5,2	20,2	24,6	5,8	8,8	1,4	26,8
4	БСМ — 90%/68,2%	85,0	85,0	85,0	-	-	95,0	-	95,0

Табл. 3. Основные классы неисправностей МВПС

Подсистема электропоезда	Измеряемые параметры	Неисправности, выявляемые стационарной системой диагностики	Неисправности, выявляемые бортовой системой диагностики
Колесно-моторный блок (КМБ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● параметры вибрации;</li> <li>● параметры движения (скорость, частота вращения);</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● дефекты подшипников двигателя, буксовых узлов, редуктора;</li> <li>● неисправности коллекторно-щеточного узла;</li> <li>● повреждения редуктора;</li> <li>● повреждения муфты;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● дефекты подшипников двигателя, буксовых узлов, редуктора;</li> <li>● неисправности коллекторно-щеточного узла;</li> <li>● повреждения редуктора;</li> <li>● повреждения муфты;</li> <li>● дефекты круга катания колесных пар;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● электрические параметры;</li> <li>● параметры движения;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● межвитковые замыкания в обмотках;</li> <li>● повреждения межполюсных соединений;</li> <li>● несанкционированные частичные замыкания на участках силовых цепей;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● частичные замыкания силовой цепи;</li> <li>● обрывы силовой цепи;</li> <li>● нарушения последовательности или синхронности включения контактов перехода;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● электрические параметры изоляции;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● дефекты изоляции;</li> </ul>	—
Вспомогательные машины (ВМ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● параметры вибрации;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● дефекты якорных подшипников;</li> <li>● механические неисправности коллекторно-щеточного узла;</li> <li>● неисправности цилиндрико-поршневой группы;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● повреждения подшипников двигателей;</li> <li>● неисправности компрессора;</li> <li>● утечки в пневматической сети;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● электрические параметры;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● межвитковые замыкания в обмотках;</li> <li>● частичные замыкания токоограничивающих устройств;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● частичные замыкания в цепях;</li> <li>● обрывы в цепях;</li> <li>● нарушения режимов работы;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● электрические параметры изоляции;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● дефекты изоляции;</li> </ul>	—
Электрические аппараты (ЭАП)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● электрические параметры;</li> <li>● время срабатывания;</li> <li>● импульсы;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● обрывы и короткие замыкания в цепях;</li> <li>● межвитковые замыкания в катушках реле и контакторов;</li> <li>● неисправности контактов и контакторов;</li> <li>● нарушение последовательности срабатывания аппаратов;</li> <li>● нарушение синхронности включения/отключения реле контакторов;</li> <li>● нарушения регулировок аппаратов;</li> <li>● дефекты механических элементов контакторов;</li> <li>● замедленное время срабатывания;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● нарушение последовательности срабатывания аппаратов;</li> <li>● нарушение синхронности включения/отключения контакторов и реле;</li> <li>● нарушения режимов движения поезда;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● электрические параметры изоляции;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● дефекты изоляции;</li> </ul>	—
Токоприемник	<ul style="list-style-type: none"> <li>● усилие нажатия;</li> <li>● время срабатывания;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● неисправности пневмопривода;</li> <li>● неисправности тяг и пружин;</li> <li>● неисправности редукционного клапана;</li> </ul>	—
Пневматическое оборудование (ПнО)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● параметры давления;</li> <li>● контроль события;</li> <li>● время реакции;</li> <li>● электрические параметры;</li> <li>● параметры вибрации;</li> <li>● параметры движения (скорость движения, замедления)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● утечки в пневматических магистралях;</li> <li>● неисправности крана машиниста;</li> <li>● нарушение регулировки редукционного клапана и стабилизатора;</li> <li>● утечки из резервуаров и тормоз-цилиндров;</li> <li>● снижение чувствительности воздухораспределителя к торможению и отпуску;</li> <li>● утечки по вентилям и штокам дверей;</li> <li>● неисправности электровоздухораспределителей</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● неисправности компрессора;</li> <li>● утечки в пневматической сети;</li> <li>● обрывы рукавов пневматических магистралей;</li> <li>● неисправности механической тормозной передачи</li> </ul>

рации и по току потребления компрессора.

В последней строке табл. 2 приведена оценка полноты диагностируемых неисправностей по группам обслуживания, исходя из опыта эксплуатации систем КОМПАКС-ЭКСПРЕСС и КОМПАКС-ЭКСПРЕСС-ТРЗ, которая лежит в пределах 85–95%.

С целью упрощения БСМ на первом этапе вопросы диагностики состояния электронных приборов (ЭП), колесных



Рис. 4. Монитор бортовой системы мониторинга КОМПАКС-ЭКСПРЕСС-3 в кабине машиниста электропоезда.



Рис. 5. Расположение монитора бортовой системы КОМПАКС-ЭКСПРЕСС-3 в кабине машиниста электропоезда.



Рис. 6. Структура мониторинга безопасной эксплуатации электропоездов на всех стадиях «жизненного цикла».

пар (КП) и МТО не рассматривались. Общая полнота диагностирования неисправностей электропоезда в целом, без ЭП, КП и МТО, составляет более 68%. Полнота диагностирования учетных групп оборудования (ТЭД, ВМ, ЭАП, МРБ, ПнО) составляет 90%. Внешний вид монитора бортовой системы мониторинга состояния электропоездов приведен на рис. 4. Расположение монитора в кабине машиниста показано на рис. 5. Основные классы неисправностей, диагностируемые стационарной и бортовой системами, приведены в табл. 3.

### Организация системы мониторинга состояния агрегатов, электросекций и МВПС в условиях депо

Организация диагностической сети Comprac-Net® в депо предполагает объединение системы диагностики КМБ в цехе ТР-1, системы диагностики на участке испытаний узлов и агрегатов в цехе ТР-3, комплексной системы диагностики электросекций в цехе ТР-3 и бортовых систем мониторинга электропоездов в единую систему мониторинга депо для представления персоналу исчерпывающей информации о текущем состоянии эксплуатируемого и ремонтируемого парка оборудования (рис. 6).

Таким образом отрабатываются основные компоненты технологии берегающего обслуживания (Safe Maintenance™) и закладываются основы автоматизированной системы управления безопасной ресурсосберега-

ющей эксплуатацией мотор-вагонного подвижного состава — АСУ БЭР МВПС в ОАО «РЖД».

### Эффективность мониторинга в реальном времени

Внедрение АСУ БЭР МВПС позволит реализовать эксплуатацию и ремонт подвижного состава по фактическому техническому состоянию с автоматическим планированием сроков и объемов работ по техническому обслуживанию и ремонту только тех узлов и агрегатов МВПС, которые действительно этого требуют на предстоящий период эксплуатации. При этом резко уменьшатся объемы плановых ремонтов ТР-1, ТР-2, ТР-3. По опыту нефтепереработки и нефтехимии — в 2–4 раза на первом этапе при доведении МВПС до необходимого уровня надежности, и в 6–8 раз в последующем. Мониторинг состояния в реальном времени резко повышает коэффициент эксплуатационной готовности подвижного состава. Если сейчас он составляет 0,92, то после внедрения принципиально новой технологии эксплуатации оборудования, основанной на знании фактического состояния оборудования в каждый момент времени, его удастся повысить до 0,96–0,98. Это означает сокращение эксплуатационных издержек от простоя в ремонте в 3–4 раза (на 60–80%) и выпуск на линию дополнительно 15–20 поездов из десяти вагонов каждый без приобретения нового подвижного состава!

По самым скромным подсчетам, опубликованным в открытой печати, эффективность внедрения систем мониторинга КОМПАКС и технологии безопасной ресурсосберегающей эксплуатации на их основе составляет не менее 10 рублей на 1 рубль инвестиций.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Технический анализ браков, непланового ремонта, повреждения оборудования МВПС, пожарной безопасности и вандализма в электропоездах за 2005 г. — МЖД, Центральная дирекция по обслуживанию пассажиров в пригородном сообщении, М.: 2006 г.
2. Костюков В.Н. Мониторинг безопасности производства. М.: Машиностроение, 2002 г.
3. Костюков В.Н., Бойченко С.Н., Костюков Ал.В. Автоматизированные системы управления безопасной ресурсосберегающей эксплуатацией оборудования нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств (АСУ БЭР — КОМПАКС®) / под ред. Костюкова В.Н. — М.: Машиностроение, 1999, 169 с.
4. Авилов В.Д., Костюков В.Н., Лагаев А.А. Мониторинг состояния узлов электропоездов на основе ресурсосберегающей технологии КОМПАКС® // Сб. трудов конференции ОАО «РЖД» «Иновация 2005», М.: 2005.

#### НПЦ «Динамика»

Омск. Тел./факс: (3812) 25-42-44  
 Самара. Тел./факс: (8462) 16-86-71  
 Москва. Тел./факс: (495) 988-27-19,  
 (495) 988-27-20

Горячая линия: 8-800-200-1990

post@ynamics.ru

www.dynamics.ru