

**Федеральное агентство железнодорожного транспорта  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учрежде-  
ние  
высшего профессионального образования  
«ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»**

---

**АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА  
ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ РОССИИ.  
ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ**

**Сборник научных трудов**

**Санкт-Петербург  
ПГУПС  
2011**

Федеральное агентство железнодорожного транспорта  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»

---

# **АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ РОССИИ. ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ**

**Сборник научных трудов**

Под редакцией д-ра техн. наук,  
профессора Вл. В. Сапожникова

Санкт-Петербург  
ПГУПС  
2011

УДК 656.25  
А18

А18            **Автоматика** и телемеханика железных дорог России.  
Техника, технология, сертификация : сб. научн. трудов / ред.  
Вл. В. Сапожников. – СПб. : Петербургский гос. ун-т путей со-  
общения, 2011. – 136 с.

ISBN 978-5-7641-0030-2

Сборник подготовлен кафедрой «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» Петербургского государственного университета путей сообщения (ПГУПС). В него вошли статьи, в которых рассматриваются теоретические и практические вопросы разработки, сертификации и стандартизации новых систем железнодорожной автоматики и телемеханики, а также особенности их эксплуатации, направленные на использование ресурсосберегающих технологий, повышение безопасности и обеспечение бесперебойности движения поездов на отечественных железных дорогах.

Для разработчиков и проектировщиков средств ж.-д. автоматики и телемеханики, а также студентов колледжей и вузов соответствующей специальности.

УДК 656.25

Редакционная коллегия: д-р техн. наук **В. В. Сапожников**,  
д-р техн. наук **Вл. В. Сапожников**, канд. техн. наук  
**А. А. Прокофьев**.

ISBN 978-5-7641-0030-2

© Петербургский государственный  
университет путей сообщения,  
2011



В. В. Сапожников, д-р техн. наук  
Вл. В. Сапожников, д-р техн. наук  
Д. В. Ефанов, канд. техн. наук

## ВЕРОЯТНОСТНЫЕ СВОЙСТВА КОДА С СУММИРОВАНИЕМ В СХЕМАХ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

### Введение

В статье приводится формула расчета вероятности появления необнаруживаемых ошибок в информационных разрядах, а также рассматриваются предельные вероятностные характеристики кода с суммированием при организации функционального контроля логических устройств данным кодом.

Код с суммированием (код Бергера [1]) является разделимым  $(n, m)$ -кодом, содержащим  $n$  разрядов,  $m$  из которых являются информационными. Контрольные разряды образуются путем суммирования единичных информационных разрядов и записью десятичного эквивалента полученной суммы в двоичном виде, число таких разрядов  $k = \lceil \log_2(m+1) \rceil$ . Указанный принцип построения позволяет организовать функциональный контроль дискретных устройств [2]. В данном случае (рис. 1) блок  $f(x)$  реализует систему булевых функций  $f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)$ . Для организации контроля схема  $f(x)$  дополняется блоком  $g(x)$ , который вычисляет функции  $g_1(x), g_2(x), \dots, g_k(x)$ . При таком подходе выходной вектор  $\langle f_1 f_2 \dots f_m g_1 g_2 \dots g_k \rangle$  будет являться кодовым словом некоторого кода с суммированием. Соответствие (либо несоответствие) выходного вектора выбранному коду с суммированием фиксируется специальной контрольной схемой – тестером [3]–[6].

Рассмотрим неисправности, возникающие в блоке  $f(x)$ , формирующем информационные разряды. Более подробно остановимся на вероятностях возникновения необнаруживаемых ошибок различной кратности в данной структуре. В статье приведены новые вероятностные свойства кода с суммированием в этом случае.

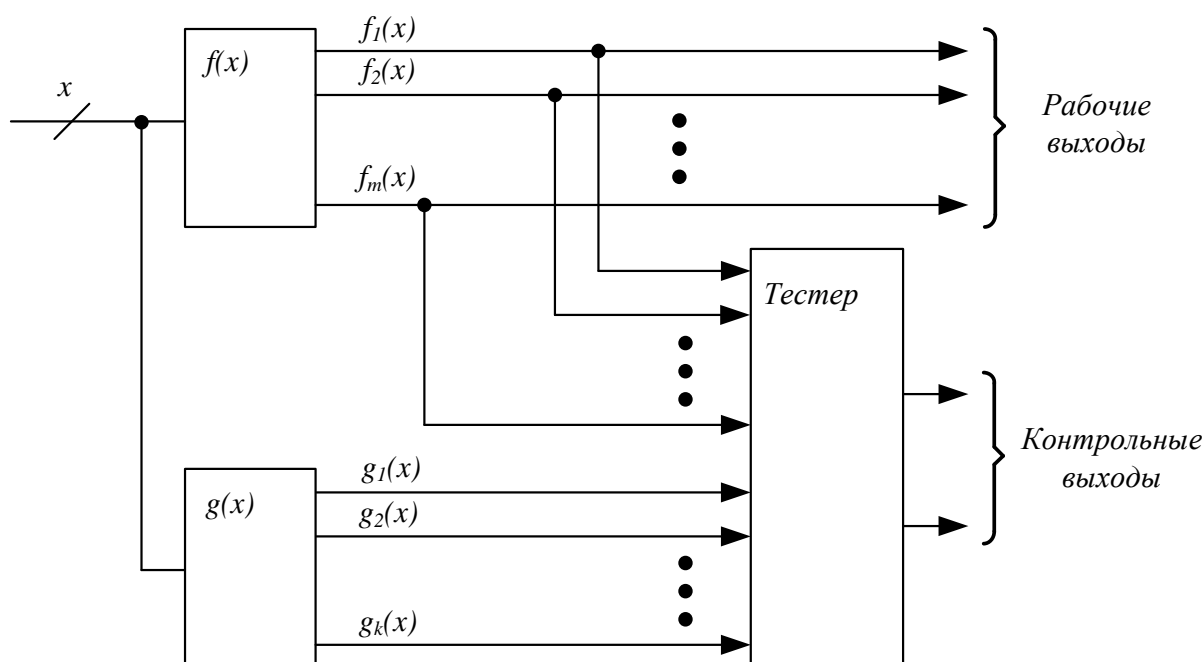


Рис. 1. Схема функционального контроля

## 1 Вероятность появления необнаруживаемой ошибки

В результате сбоев в работе блока  $f(x)$  на его выходе возникают ошибки. Примем следующие допущения: появление всех кодовых векторов на выходе блока  $f(x)$  равновероятно; ошибки на выходах блока  $f(x)$ , т. е. ошибки в информационных разрядах, есть независимые события.

Если вероятность отсутствия искажения одного информационного разряда равна  $p$ , то вероятность  $Q_{m,k}$  появления необнаруживаемых ошибок четной кратности  $k$  у кода  $(n, m)$  вычисляется по формуле:

$$Q_{m,k} = \beta_k \cdot C_m^k \cdot p^{m-k} \cdot (1-p)^k. \quad (1)$$

Суммируя величины  $Q_{m,k}$  по всем возможным  $k$ , получаем формулу расчета вероятности возникновения необнаруживаемой ошибки у кода  $(n, m)$ :

$$Q_m = \sum_{k=2}^{m,(m-1)} \beta_k \cdot C_m^k \cdot p^{m-k} \cdot (1-p)^k. \quad (2)$$

где  $k = 2, 4, \dots, m$ , если  $m$  – четное число;

$k = 2, 4, \dots, m - 1$ , если  $m$  – нечетное число.

Сомножитель  $\beta_k$  в формулах (1) и (2) характеризует долю необнаруживаемых ошибок информационных разрядов кратности  $k$  от общего числа ошибок информационных разрядов данной кратности и является постоянной величиной (не зависит от  $m$ ) [7].

Например, подсчитаем вероятность возникновения необнаруживаемых ошибок при функциональном контроле логического устройства с четырьмя информационными выходами кодом с суммированием (7,4). При этом примем величину вероятности отсутствия искажения одного информационного выхода  $p = 0,9$ . Величины  $\beta_2$  и  $\beta_4$  равны соответственно 0,5 и 0,375 [7].

В формулу (2) подставим исходные данные, получим:

$$\begin{aligned} Q_4 &= \beta_2 \cdot C_4^2 \cdot p^2 \cdot (1-p)^2 + \beta_4 \cdot C_4^4 \cdot (1-p)^4 = \\ &= 3 \cdot 0,9^2 \cdot (1-0,9)^2 + 0,375 \cdot (1-0,9)^4 = 0,0243375. \end{aligned} \quad (3)$$

Таким образом, для кода (7,4) при  $p = 0,9$  имеем вероятность появления необнаруживаемой ошибки  $Q_4 \approx 0,0243$ .

В таблице 1 представлены данные о вероятностях возникновения необнаруживаемых ошибок для различных кодов с суммированием. Помимо этого, приведена доля необнаруживаемых ошибок четных кратностей  $k$   $Q_{m,k}$  от общей вероятности появления необнаруживаемых ошибок  $Q_m$ .

## 2 Вероятностные свойства кода с суммированием

Запишем выражение, характеризующее отношение вероятностей появления необнаруживаемых ошибок фиксированной кратности  $k$  у кодов  $(n', m+1)$  и  $(n, m)$ :

$$\begin{aligned} \alpha_{m,k} &= \frac{Q_{m+1,k}}{Q_{m,k}} = \frac{\beta_{k+1} \cdot C_{m+1}^k \cdot p^{m-k+1} \cdot (1-p)^k}{\beta_k \cdot C_m^k \cdot p^{m-k} \cdot (1-p)^k} = \frac{C_{m+1}^k}{C_m^k} \cdot p = \\ &= \frac{(m+1) \cdot m \cdot (m-1) \cdot \dots \cdot (m-k+2)}{1 \cdot 2 \cdot \dots \cdot k} \cdot p = \frac{m+1}{m-k+1} \cdot p. \end{aligned} \quad (4)$$

Таблица 1

Значения  $Q_m$  для кодов Бергера при значениях  $p = 0,9$ 

Код ( $n, m$ )	Вероятность появления необнаруживаемых ошибок кода ( $n, m$ ) $Q_m$	Вероятности появления необнаруживаемых ошибок кратностей $k$				Доля вероятностей ошибок кратности $k$ от вероятностей общего числа необнаруживаемых ошибок			
		$Q_{m,2}$	$Q_{m,4}$	$Q_{m,6}$	$Q_{m,8}$	$Q_{m,2}\%$	$Q_{m,4}\%$	$Q_{m,6}\%$	$Q_{m,8}\%$
4,2	0,005	0,005	–	–	–	100	–	–	–
5,3	0,0135	0,0135	–	–	–	100	–	–	–
7,4	0,0243375	0,0243	0,0000375	–	–	99,8459168	0,1540832	–	–
8,5	0,0366188	0,03645	0,0001688	–	–	99,5391705	0,4608295	–	–
9,6	0,0496634	0,0492075	0,0004556	0,0000003	–	99,0819463	0,9174254	0,0006282	–
10,7	0,0629602	0,0620015	0,0009568	0,000002	–	98,4771641	1,5197085	0,0031274	–
12,8	0,0761311	0,0744017	0,0017223	0,0000071	0,0000001	97,728455	2,2622321	0,0093089	0,0000039
13,9	0,0889027	0,0860934	0,0027901	0,0000191	0,0000001	96,8401139	3,1383367	0,0215247	0,0000247
14,10	0,1010834	0,0968551	0,0041851	0,0000431	0,0000001	95,817062	4,1402436	0,0425955	0,0000989
24,19	0,1747362	<b>0,1425899</b>	0,0299263	0,0021552	0,0000649	81,602947	17,1265443	1,2333928	0,037116
25,20	0,1791252	<b>0,1425899</b>	0,0336671	0,002771	0,0000973	79,6034867	18,7952679	1,5469353	0,0543101
26,21	0,1829021	0,1418394	0,03743	0,0034914	0,0001414	77,5493665	20,4644164	1,9088894	0,0773277
34,29	0,1964251	0,118044	0,0639405	0,0131565	0,0012842	60,0961708	32,5520927	6,6979616	0,6537749
35,30	<b>0,1966049</b>	0,1138281	0,0663997	0,0148014	0,001576	57,8968794	33,7731797	7,5283149	0,8016259
36,31	0,1965533	0,1095105	0,0686131	0,016518	0,0019118	55,715416	34,9081155	8,4038057	0,9726629



Продолжение табл. 1

Код $(n, m)$	Вероятность появления необнаруживаемых ошибок кода $(n, m)$ $Q_m$	Вероятности появления необнаруживаемых ошибок кратностей $k$					Доля вероятностей ошибок кратности $k$ от вероятностей общего числа необнаруживаемых ошибок			
		$Q_{m,2}$	$Q_{m,4}$	$Q_{m,6}$	$Q_{m,8}$	$Q_{m,2} \%$	$Q_{m,4} \%$	$Q_{m,6} \%$	$Q_{m,8} \%$	
37,32	0,1962945	0,1051301	0,0705734	0,0182968	0,0022942	53,557326	35,9528343	9,32110535	1,1687344	
45,39	0,1902548	0,0751209	<b>0,0772076</b>	0,0315079	0,0064183	39,4843929	40,5811816	16,5609073	3,3735183	
46,40	0,1889567	0,0711672	<b>0,0772076</b>	0,0333613	0,0072206	37,6632301	40,8599548	17,6555358	3,8212793	
47,41	0,1875804	0,0673351	0,076999	0,0351724	0,0080739	35,8966825	41,0485214	18,7505592	4,304237	
56,50	0,1725441	0,0389714	0,0678392	0,0481574	0,017576	22,58637396	39,3170218	27,9102313	10,1863729	
65,59	0,1540544	0,0210884	0,0519399	<b>0,0529018</b>	0,0281245	13,6889096	33,7152771	34,3396344	18,256179	
66,60	0,1518268	0,019634	0,0500849	<b>0,0529017</b>	0,0292062	12,9318435	32,9881753	34,8434778	19,2365035	
67,61	0,149568	0,0182696	0,0482397	0,0528055	0,0302532	12,2149176	32,2526602	35,3053811	20,2270411	
77,70	0,1280595	0,0093407	0,0328365	0,0483088	0,0375735	7,2940067	25,641584	37,7237301	29,3406792	
86,79	0,1053685	0,0046167	0,0208466	0,0396771	<b>0,0402282</b>	4,3815126	19,7844223	37,655536	38,178529	
87,80	0,1028438	0,0042616	0,0197494	0,0386047	<b>0,0402282</b>	4,1437589	19,2032552	37,5372265	39,1157594	
88,81	0,1003272	0,0039325	0,0186978	0,0375238	0,040173	3,9197174	18,6368046	37,401434	40,0420441	
97,90	0,0784067	0,0018833	0,0111253	0,0278895	0,0375087	2,4019274	14,1891663	35,5702345	47,8386718	
107,100	0,0567799	0,0008116	0,005953	0,0186183	0,0313969	1,4293769	10,4843065	32,7904259	55,2958907	

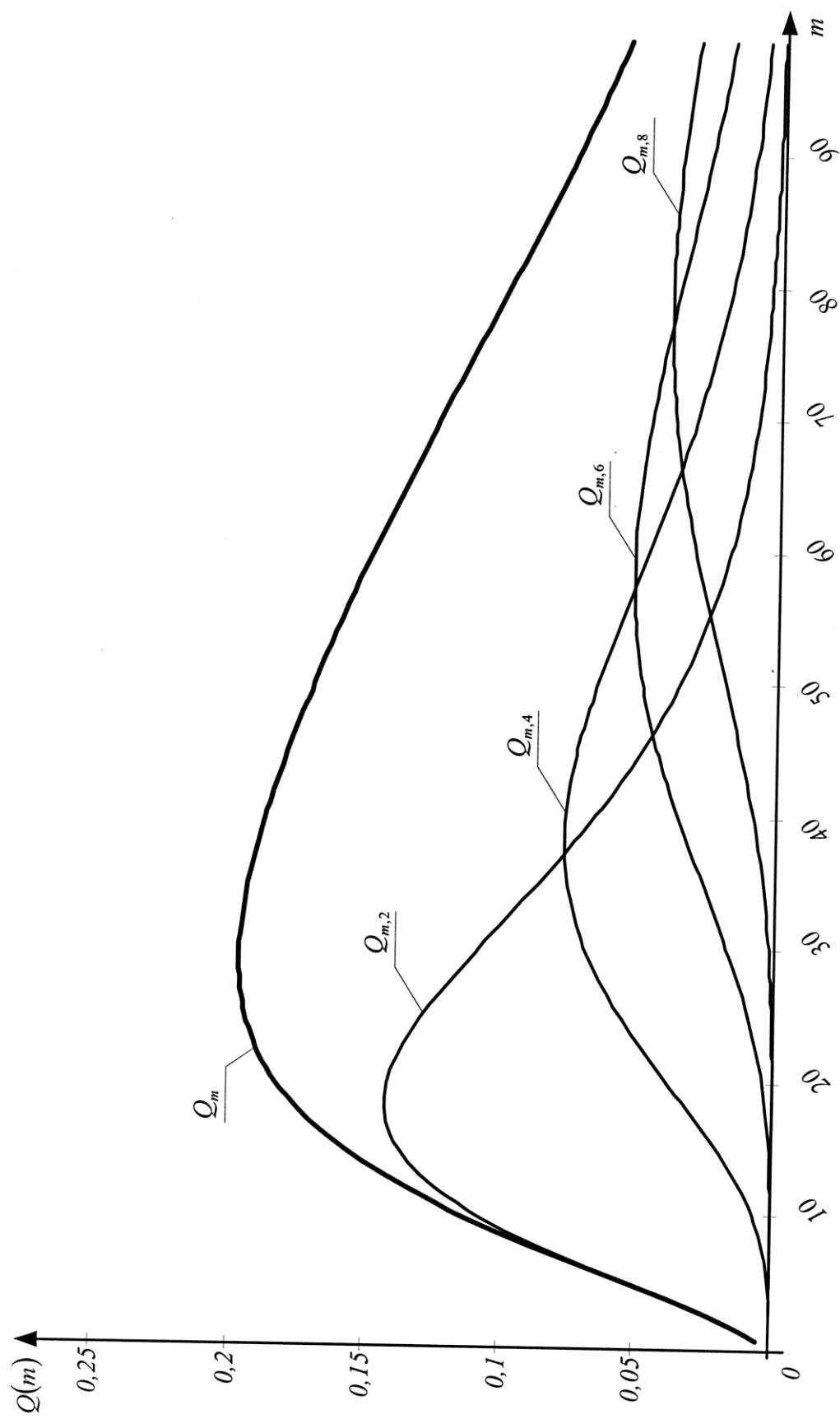


Рис. 2. График зависимости величины  $Q_m$  от  $m$  при  $r = 0,9$  и семейство кривых  $Q_{m,k}$  при тех же данных

Найдем предел величины  $\alpha_{m,k}$  при  $m \rightarrow \infty$ :

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \alpha_{m,k} = \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{m+1}{m-k+1} \cdot p = \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{1 + \frac{1}{m}}{1 - \frac{k+1}{m}} \cdot p = p. \quad (5)$$

Свойство 1. *Отношение вероятности появления необнаруживаемых ошибок информационных разрядов кратности  $k$  у кода  $(n', m+1)$  к вероятности появления необнаруживаемых ошибок той же кратности у кода  $(n, m)$  в пределе стремится к вероятности отсутствия искажения одного информационного разряда для любого  $k$ .*

Так как  $p < 1$ , то из (4) и (5) следует, что при некотором  $m$  имеет место равенство

$$\alpha_{m,k} = \frac{Q_{m+1,k}}{Q_{m,k}} = \frac{m+1}{m-k+1} \cdot p = 1. \quad (6)$$

В этом случае имеем  $Q_{m+1,k} = Q_{m,k} = \max$  и при дальнейшем увеличении  $m$  величина  $Q_{m,k}$  начинает уменьшаться (см. табл. 1).

Для  $k = 2$ :  $\alpha_{19,2} = 1$ ;  $Q_{19,2} = Q_{20,2} = 0,14259$ ;  $Q_{21,2} = 0,141839 < Q_{20,2}$ .

Для  $k = 4$ :  $\alpha_{39,4} = 1$ ;  $Q_{39,4} = Q_{40,4} = 0,077208$ ;  $Q_{41,4} = 0,076999 < Q_{40,4}$ .

В общем случае из соотношения (6) можно найти значение  $m$  для данного  $k$ , при котором  $Q_{m,k}$  достигает максимума и начинает уменьшаться (см. табл. 1).

Из (6) получим для  $p = 0,9$ :

$$\alpha_{m,k} = \frac{Q_{m+1,k}}{Q_{m,k}} = \frac{m+1}{m-k+1} \cdot 0,9 = 1; \quad (7)$$

$$m = \frac{k - 0,1}{0,1}.$$

Значения  $m$  для первых кодов Бергера представлены в таблице 2.

Таким образом, каждое слагаемое суммы

$$Q_m = Q_{m,2} + Q_{m,4} + \dots + Q_{m,k} + \dots + Q_{m,m} \quad (8)$$

при некотором  $m$  начинает уменьшаться.

Таблица 2

Точки максимума  $m$ 

$k$	$m$
2	19
4	39
6	59
8	79
10	99

На рисунке 2 приведены графики изменения величин  $Q_m$ ,  $Q_{m,2}$ ,  $Q_{m,4}$ ,  $Q_{m,6}$ ,  $Q_{m,8}$  в зависимости от числа  $m$  при фиксированном  $p = 0,9$ .

Для первых  $m$  значение  $Q_m$  увеличивается, достигая максимума у кода (35,30). При этом  $Q_{30} = 0,196605$ , что в 39,32 раза больше, чем  $Q_2$ . Затем величина  $Q_m$  уменьшается и для кода (107,100), например, равна 0,05678, что составляет 28,8% от величины  $Q_{30}$ .

Как это объяснить? Для первых  $m$  увеличение  $Q$  происходит за счет увеличения вероятностей ошибок кратности 2 и 4 ( $Q_{m,2}$  и  $Q_{m,4}$ ), которые составляют основную долю суммы  $Q_m$ . В таблице 3.1 указана доля (в процентах) вероятностей  $Q_{m,2}$  и  $Q_{m,4}$ , которую они составляют от величины  $Q_m$ . Например, для кода (25,20) вероятность появления необнаруживаемых ошибок кратности 2 и 4 составляет 98,398% от общей вероятности появления необнаруживаемых ошибок.

Но при  $m = 21$  начинает уменьшаться величина  $Q_{m,2}$ , а при  $m = 41$  начинает уменьшаться величина  $Q_{m,4}$ . Эти две тенденции приводят к тому, что общее значение  $Q_m$  начинает уменьшаться при  $m = 31$ . При дальнейшем увеличении  $m$  доля вероятностей  $Q_{m,2}$  и  $Q_{m,4}$  уменьшается, и при больших  $m$  эти вероятности составляют малую часть общей величины  $Q_m$ . Поэтому последняя продолжает уменьшаться при увеличении  $m$ .

В таблице 3 приведено процентное отношение вероятностей необнаруживаемых ошибок кратности 2–20 для кода (107,100). Из таблицы видно, что с увеличением  $m$  происходит смещение доли вероятности необнаруживаемых ошибок в сторону увеличения кратности. Так для кода (107,100) основную долю составляют ошибки кратности 6–14 (91,5%). Доля ошибок кратности 2–20 составляет 99,9361%. Таким образом, доля остальных ошибок кратности 21–100 составляет лишь 0,0639%.

Доля вероятности необнаруживаемых ошибок в зависимости от кратности

Кратность ошибки $k$	Доля вероятности необнаруживаемых ошибок, %
2	0,64
4	4,7
6	14,76
8	24,88
10	25,7
12	17,66
14	8,5
16	3
18	0,0798
20	0,0163
21–100	0,0639

В итоге можно сделать следующий вывод: с увеличением  $m$  вклад в величину  $Q_m$  ошибок меньшей кратности (2, 4, ... и т. д.) уменьшается, а вклад ошибок большей кратности увеличивается. Последние имеют меньшую вероятность. Поэтому общая сумма  $Q_m$  уменьшается.

Рассмотрим предел функции  $Q_{m,k}$  при фиксированном значении  $k$ .

Зная, что  $C_m^k = \frac{m!}{k!(m-k)!}$  и используя формулу Стирлинга, являющуюся обобщением факториала на случай вещественных чисел  $x! \approx \sqrt{2\pi} \cdot e^{-x} \cdot x^{x+\frac{1}{2}}$ , предел выражения (1) можно записать следующим образом:

$$\begin{aligned}
 \lim_{m \rightarrow \infty} Q_{m,k} &= \lim_{m \rightarrow \infty} \beta_k \cdot p^{m-k} \cdot (1-p)^k \cdot \frac{m!}{k!(m-k)!} = \\
 &= \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \beta_k \cdot \frac{(1-p)^k}{p^k} \cdot \frac{p^m \cdot m^{m+\frac{1}{2}} \cdot e^{-m} \cdot \sqrt{2\pi}}{k^{k+\frac{1}{2}} \cdot e^{-k} \cdot \sqrt{2\pi} \cdot (m-k)^{m-k+\frac{1}{2}} \cdot e^{-m+k} \cdot \sqrt{2\pi}} = \\
 &= \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \beta_k \cdot \frac{(1-p)^k}{p^k} \cdot \frac{p^m \cdot m^{m+\frac{1}{2}}}{k^{k+\frac{1}{2}} \cdot (m-k)^{m-k+\frac{1}{2}}} =
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot k^{k+\frac{1}{2}}} \cdot \beta_k \cdot \left(\frac{1}{p} - 1\right)^k \cdot \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{p^m \cdot m^{m+\frac{1}{2}}}{(m-k)^{m-k+\frac{1}{2}}} = \\
&= \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot k^{k+\frac{1}{2}}} \cdot \beta_k \cdot \left(\frac{1}{p} - 1\right)^k \cdot \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{p^m \cdot m^{m+\frac{1}{2}}}{m^{m-k+\frac{1}{2}} \cdot \left(1 - \frac{k}{m}\right)^{m-k+\frac{1}{2}}} = \\
&= \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot k^{k+\frac{1}{2}}} \cdot \beta_k \cdot \left(\frac{1}{p} - 1\right)^k \cdot \frac{\lim_{m \rightarrow \infty} p^m \cdot m^k}{\lim_{m \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{k}{m}\right)^m \cdot \lim_{m \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{k}{m}\right)^{-k+\frac{1}{2}}} = \\
&= \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot k^{k+\frac{1}{2}}} \cdot \beta_k \cdot \left(\frac{1}{p} - 1\right)^k \cdot e^k \cdot \lim_{m \rightarrow \infty} p^m \cdot m^k.
\end{aligned} \tag{9}$$

В преобразованиях в выражении (9) мы воспользовались замечательным пределом  $\lim_{m \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{\alpha}{m}\right)^m = e^\alpha$  [8] и тем фактом, что величина  $\frac{k}{m} \rightarrow 0$  при  $m \rightarrow \infty$ .

Обозначим величину  $\frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot k^{k+\frac{1}{2}}} \cdot \beta_k \cdot \left(\frac{1}{p} - 1\right)^k \cdot e^k = c_k$  и запишем выражение, характеризующее величину  $\lim_{m \rightarrow \infty} Q_{m,k}$ :

$$\lim_{m \rightarrow \infty} Q_{m,k} = c_k \cdot \lim_{m \rightarrow \infty} p^m \cdot m^k. \tag{10}$$

Предел выражения  $\lim_{m \rightarrow \infty} p^m \cdot m^k = 0$ , поскольку  $0 < p < 1$  и  $m \rightarrow \infty$ .

Таким образом, мы получили доказательство следующего свойства кода с суммированием.

Свойство 2. Вероятность появления необнаруживаемой ошибки четной кратности  $k$  при увеличении числа информационных разрядов кода с суммированием  $m$  стремится к нулю:

$$\lim_{m \rightarrow \infty} Q_{m,k} = 0. \tag{11}$$

Из свойства 2, формулы (8) и теоремы о конечных пределах [8] вытекает следующее свойство кода с суммированием.

**Свойство 3.** *Вероятность появления необнаруживаемой ошибки при увеличении числа информационных разрядов кода с суммированием  $t$  стремится к нулю:*

$$\lim_{m \rightarrow \infty} Q_m = 0. \quad (12)$$

## Заключение

Полученные в данной статье вероятностные свойства кода с суммированием позволяют определить критерии применимости указанного кода при разработке схем функционального контроля, а также возможности построения контролепригодных схем.

## Библиографический список

1. **A note** on error detecting codes for asymmetric channels/ J. M. Berger // Information and Control. – 1961. – 4, №3. – P. 68–73.
2. **Самопроверяемые** дискретные устройства / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников. – СПб. : Энергоатомиздат, 1992. – 224 с. – ISBN 5-283-04605-2.
3. **Self-checking** and Fault-tolerant Digital Design / K. Lala Parag. – University of Arkansas, 2001. – 216 с. – ISBN 0124343708.
4. **Синтез** быстродействующих тестеров для кодов с суммированием / М. К. Бимуканов, В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников // Проблемы передачи информации. – 1989. – Т. XXV. – Вып. 2. – С. 105–112.
5. **New Self-Checking Circuits** by Use of Berger-codes/ A. Morozov, V. V. Saposhnikov, Vl. V. Saposhnikov, M. Gossel // 3–5 July 2000, Palma de mallorca, Spain. – PP. 141–146.
6. **Синтез** самопроверяющихся тестеров для кодов с суммированием / А. Г. Мельников, В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников // Проблемы передачи информации. – 1986. – Т. XXII. Вып. 2. – с. 85–97.
7. **О свойствах** кода с суммированием в схемах функционального контроля / Д. В. Ефанов, В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников // Автоматика и телемеханика. – 2010. № 5. – С. 18–23.
8. **Математический** анализ. Ч. 1 / М. : МЦНМО, 2007. – 664 с. – ISBN 5-94057-056-9.

**А. Б. Никитин, д-р техн. наук**

**А. А. Козлов**

**С. В. Ракчеев**

## **ЭТАПЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ЦЕНТРА ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ЛИТОВСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ**

В 2006 году Центром компьютерных железнодорожных технологий (ЦКЖТ) кафедры «Автоматика и телемеханика на ж. д.» ПГУПС было начато осуществление проекта комплексной реконструкции двух диспетчерских кругов АО «Литовус geleжинкеляй» (Литовская железная дорога – ЛГ).

Целью первого этапа реконструкции являлась замена центрального поста диспетчерской централизации (ДЦ) «Нева» Вильнюсского узла ЛГ и перенос центрального поста ДЦ «Луч» участка Мажекяй – Шяуляй – Радвилишкис из Шяуляя в дирекцию ЛГ в Вильнюсе, примерно на 200 км. К этому времени у ЦКЖТ уже был опыт выполнения подобных проектов. Программно-аппаратные средства диспетчерской централизации ДЦ-МПК [1], созданные при реализации более ранних проектов, позволили успешно и в кратчайшие сроки (4 месяца) реализовать поставленные на первом этапе реконструкции диспетчерских кругов ЛГ задачи.

В данной статье описываются особенности архитектуры и работы ДЦ-МПК, смонтированной работниками ЦКЖТ в дирекции ЛГ при реализации первого этапа реконструкции центра диспетчерского управления движением поездов на ЛГ.

Аппаратура реконструированного Вильнюсского центрального поста ДЦ ЛГ позволяет:

- производить прием и дешифрацию кодов телесигнализации (ТС) от линейных пунктов ДЦ «Нева» и «Луч»;
- передавать коды ТС на автоматизированные рабочие места поездных диспетчеров центрального поста ДЦ (АРМ ЦДП);
- производить прием от АРМ ДНЦ и передачу в канал телеуправления (ТУ) на линейные пункты команды управления ДЦ «Нева» и «Луч»;
- переключать комплекты аппаратуры обработки каналов;
- выполнять протоколирование и диагностику каналов телеуправления и телесигнализации.

Передача данных с линейных пунктов ДЦ ЛГ (сигналов ТС) производится по физической двухпроводной линии (ФЛ) связи. Каждая линия связи рассчитана на организацию 3 каналов (4 для ДЦ «Луч») ТС по 23 группы из 20 объектов в каждом и 1 канала ТУ на всю ФЛ (стандартный



протокол ДЦ «Нева»). Подключение ФЛ производится на клеммной панели на специальных клеммах, позволяющих осуществить параллельное подключение измерительного прибора (осциллографа, вольтметра и т. п.) и произвести отключение модема и блока согласования от внешней линии.

Модем комплекса технических средств объектных контроллеров (КТС ОК) ДЦ-МПК является основной каналобразующей аппаратурой и обеспечивает функции усиления, демодуляции и анализа правильности структуры кодовой последовательности сигналов ТС. Сигналы модема обрабатываются отдельным программным процессом в выделенной области памяти АРМ ДНЦ.

При обработке каналов телесигнализации в КТС ОК сохраняется цикл работы существующих систем «Нева» и «Луч», равный 5,376 с. Информация от КТС ОК о состоянии объектов контроля передается на АРМ ДНЦ в режиме реального времени с периодичностью 1 секунда.

При передаче команд ТУ модем формирует управляющий код (временные параметры, стартовый и стоповый импульсы), а также осуществляет модуляцию и задает необходимый уровень аналогового сигнала ТУ.

Для передачи команд телеуправления поездным диспетчером Вильнюсского центрального поста ДЦ на АРМ ДНЦ выбираются объекты управления, которым соответствуют определённые кодовые последовательности, содержащие адресную и исполнительную части. Кодовая последовательность, формируемая программным обеспечением (ПО) АРМ ДНЦ, передается в модем, который по локальной вычислительной сети (ЛВС) воспринимает его, формирует сигнал ТУ и через блок согласования модема (БСМ) передает его в линию.

Каждый модем поддерживает до четырех непрерывных соединений в соответствии с протоколом ТСР. Для установления соединения используется порт 1024, обеспечивающий три непрерывные ТСР-соединения. При установлении соединения модем выступает в роли сервера, АРМ ДНЦ – в роли клиента. После установления ТСР-соединения АРМ ДНЦ может получать доступ к памяти модема. В памяти данных модема хранится информация о принятых данных ТС. Кроме того, одно ТСР-соединение может быть установлено по порту 1000. Данное соединение используется для конфигурирования модема – задание IP-адреса и кода адреса станции.

После установления ТСР-соединения модем начинает периодически передавать ТСР-пакеты с ТС и служебными данными. Служебные данные содержат информацию об уровне сигналов ТС, флаги возможных ошибок принятых групп ТС. Периодичность посылки пакета составляет 1 секунду. В случае отсутствия пакета более 5 секунд соединение считается разорванным, формируется сигнализация разрыва связи с модемом, которая отображается на автоматизированном рабочем месте обслуживающего систему электромеханика поста ДЦ (АРМ ШНД).



На входы 1 и 2 БСМ поступают сигналы от основного и резервного модемов (сигналы ТУ или ТС в зависимости от места установки оборудования). Эти сигналы складываются в первом сумматоре (+). При этом обеспечивается передача сигналов основного или резервного модемов, так как только один модем передает активные сигналы. Активный сигнал модема усиливается первым усилителем с регулируемым коэффициентом усиления, после чего через первый блок гальванической развязки и защиты от перенапряжений поступает в линию связи.

Сигнал из линии связи (2-проводной или 4-проводной линии ДЦ «Нева»/ «Луч») через второй блок гальванической развязки и защиты от перенапряжений поступает на второй полосовой фильтр. Полосовой фильтр выделяет низкочастотную часть спектра сигналов (в модификации БСМ контролируемого пункта) или высокочастотную часть (в модификации БСМ пункта управления ДЦ). Сигнал, поступающий с выхода полосового фильтра, усиливается вторым и третьим усилителями с регулируемым коэффициентом усиления и поступает на выходы 1 и 2.

Основные технические характеристики БСМ, установленных на ЛГ:

- 1) уровень сигнала на выходе 2- и 4-проводной физической линии:  $-60 \dots +16$  дБ (600 Ом);
- 2) коэффициент усиления сигнала от входа 1 (2) до выхода 2- и 4-проводной линии – до 20 дБ (в 10 раз);
- 3) коэффициент усиления сигнала от входа 2- и 4-х проводной линии до выхода 1(2) – до 20 дБ (в 10 раз);
- 4) полоса пропускания полосового фильтра:  
НЧ – 400...900 Гц, ВЧ – 1000...3500 Гц;
- 5) входной и выходной импеданс согласован с волновым сопротивлением линии;
- 6) напряжение электропитания: от 18 до 36 В;
- 7) энергопотребление: не более 3 Вт;
- 8) размеры: 144 × 107 мм.

Встроенные в БСМ средства позволяют измерять уровни сигналов ТС в каждом частотном канале.

Приведенный к входу БСМ уровень сигнала в одном частотном канале рассчитывается по формуле, дБ,

$$U_{\text{канала}} = 20 \lg(\text{LEVEL\_CHANNEL\_X}/k) - K_{\text{ус\_прием}} - K_{\text{ус\_БСМ}}, \quad (1)$$

где LEVEL\_CHANNEL\_X – измеренный уровень сигнала в частотном канале X ( $X = 1 \dots 4$ );

$k = 775 * K_{\text{чк}} * K_{\text{ус\_канала}}$  ( $K_{\text{чк}} = 3,3$  для канала 1,  $K_{\text{чк}} = 2,87$  для канала 2,  $K_{\text{чк}} = 2,37$  для канала 3,  $K_{\text{чк}} = 1,82$  для канала 4);

$K_{\text{ус\_канала}}$  – установленный в модеме коэффициент усиления в частотном канале  $X$ ;

$K_{\text{ус\_прием}}$  – установленный в модеме коэффициент усиления приема, дБ;

$K_{\text{ус\_БСМ}}$  – установленный коэффициент усиления тракта приема в БСМ, дБ.

Установленный коэффициент усиления тракта приема в БСМ ( $K_{\text{ус\_БСМ}}$ ) измеряется после настройки БСМ.

Для управления и контроля Шяуляйского круга диспетчерского управления ЛГ по удаленному каналу связи используется поток данных E1 с выделением на оконечных пунктах Ethernet 10/100T.

КТС ОК для ФЛ ДЦ «Луч» установлен в линейном аппаратном зале ст. Шяуляй, а поездной диспетчер находится на центральном посту в здании Дирекции ЛГ в Вильнюсе. Связь между АРМ ДНЦ и модемами производится с помощью волоконно-оптической линии связи.

Второй этап реконструкции центра диспетчерского управления движением поездов на ЛГ подразумевает последовательную замену линейных пунктов ДЦ «Нева» и «Луч» ЛГ на контролируемые пункты системы ДЦ-МПК.

На втором этапе предполагается также включение в диспетчерское управление центрального поста ДЦ следующих объектов инфраструктуры ЛГ:

- станции Стасилас, оборудованной электрической централизацией типа ЭЦ-12;
- станции Шальчининкай, оборудованной МПЦ «Эбилок-950»;
- перегона Стасилас – Шальчининкай, оборудованного микропроцессорной автоблокировкой.

При этом вместо физической линии связи будет использован резервированный цифровой канал, который обеспечит высокую надежность передачи данных между центральным постом и контролируемыми пунктами ДЦ.

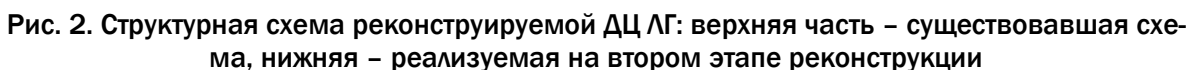
В качестве контролируемых пунктов (КП) предполагается установить комплекс технических средств управления и контроля (КТСУК), применяемый на станциях, оборудуемых ЭЦ-МПК<sup>1</sup>. Аппаратура КТСУК обеспечивает сопряжение с устройствами маршрутного набора ЭЦ и имеет 100%-ный резерв.

С целью минимизации затрат на замену оборудования принято решение полностью сохранить существующие схемные решения по увязки КП ДЦ с электрической централизацией и объектами энергоснабжения, исключив тем самым какое-либо вмешательство в существующие посто-

---

<sup>1</sup> Концентрация и централизация оперативного управления движением поездов / В. В. Сапожников, Д. В. Гавзов, А. Б. Никитин. – М. : Транспорт, 2002. – 102 с.

Таким образом, предложенная технология позволяет последовательно и планомерно вести реконструкцию «классических» систем диспетчерской централизации на Литовской железной дороге.



В. М. Чухонин, канд. техн. наук

Б. А. Горбунов

С. П. Бакалов

## ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ПРОГРАММНЫХ РЕАЛИЗАЦИЙ МНОГОТАКТНЫХ АВТОМАТОВ В АППАТНО-ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ

Построение современных микропроцессорных систем управления движением поездов часто базируется на математической модели конечного автомата с памятью. Наиболее известны три способа программных реализаций автоматов [1]. Это реализация по графу переходов, таблицам переходов и выходов, по булевым функциям. Программная реализация автоматов не вызывает сложностей при программировании. Однако при тестировании программ, в особенности в процессе функционирования, возникают значительные трудности. Обусловлено это тем, что «палитра» отказов программных продуктов существенно превосходит по типу и количеству отказы аппаратных средств.

Анализ методов построения тестов программных реализаций автоматов показывает, что доказать полноту функционального и структурного тестов очень сложно (если он не тривиальный) [2]. По этой причине методы построения тривиального теста, при возможности организовать в системе временную и структурную избыточность, представляют интерес.

Рассмотрим многотактный автомат (МА), имеющий два входа (X1 и X2) и один выход (Z), схема которого показана на рис. 1.



Рис. 1

Будем считать, что алгоритм работы автомата задается совмещенной таблицей переходов/выходов (ТП/ТВ), см. табл. 1.

Таблица 1

$S$	Входы			
	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$
	$\overline{X_1 X_2}$	$X_1 \overline{X_2}$	$\overline{X_1 X_2}$	$X_1 X_2$
1	(1),0	(1),0	3,0	2,1
2	(2),1	(1),0	~,~	(2),1
3	(3),1	1,0	(3),0	(3),0

Поскольку программной реализацией МА всегда является работа синхронного автомата, то представленный в таблице 1 алгоритм можно рассматривать как автомат Мили, функционирование которого задается двумя уравнениями:

$$S(t) = g(a(t), S(t-1));$$

$$W(t) = k(a(t), S(t-1)),$$

где  $S(t)$  ( $S(t-1)$ ) – состояние автомата в данный (предшествующий) момент времени;

$W(t)$  – состояние выходов в данный момент времени;

$a(t)$  – состояние входных переменных в данный момент времени;

$g$  – функция переходов;

$k$  – функция выходов.

Идея проверки (тестирования) автомата состоит в моделировании его работы при полном переборе всех входных наборов во всех состояниях, то есть при достижении каждой клетки ТП/ТВ.

Такое моделирование представляет собой реализацию тривиального теста МА. Результаты тестирования всех состояний и выходов автомата выводятся в контрольные точки ЭВМ ( $S_k, Z_k$ ) соответственно. На рисунке 2 приведен алгоритм проверки автомата при полном переборе входных наборов и состояний автомата. Переменные  $i/j$  используются для задания текущего состояния автомата/входного набора. Переменные  $m/r$  определяют общее количество состояний/входных наборов автомата.



Рис. 2

В качестве метода диагностирования будем использовать метод сравнения с эталоном (дублированная структура) [3]. Две ЭВМ, показанные на рисунке 3, работают синхронно и синфазно по одним и тем же алгоритмам. Выходной сигнал  $Z$ , соответствующий рабочему сигналу технологического алгоритма, и контрольные сигналы  $S_k$  и  $Z_k$  сравниваются схемой сравнения (СС). В случае совпадения сигналов на входах СС дается разрешение ключу (К) пропустить рабочий сигнал  $Z$  к объекту управления (ОУ).



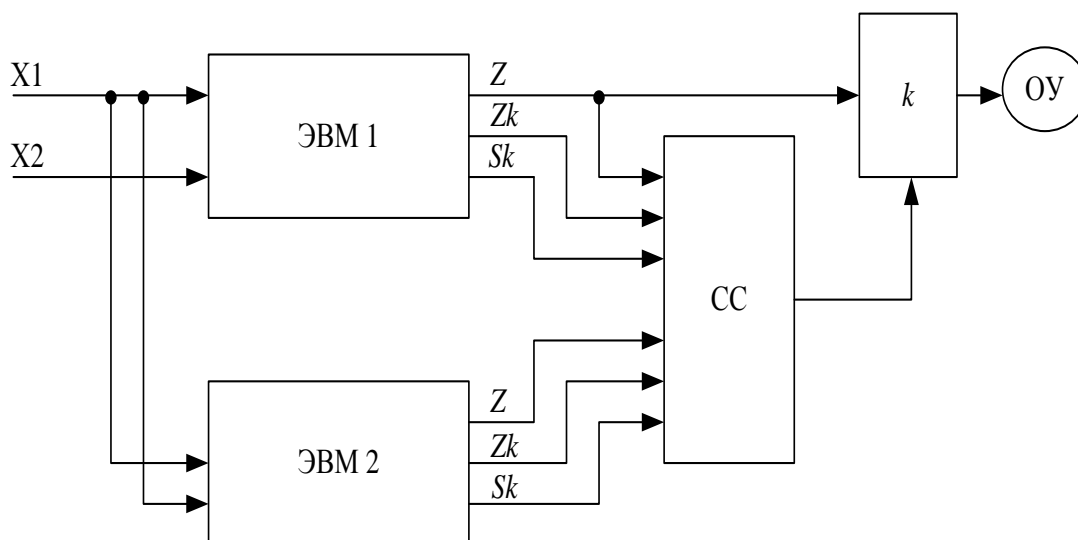


Рис.3

Если сигналы на входах СС не совпадают (обнаружена ошибка в работе программной реализации МА), дается запрет на передачу сигнала  $Z$  к ОУ.

В дальнейшем, при программной реализации, будем представлять ТП/ТВ двумерными массивами целых чисел. Поскольку нумерация столбцов и строк в массивах начинается с цифры 0, то в таблице 1 нумерацию столбцов и строк также начнем с цифры 0. Для однозначного заполнения массивов ТП/ТВ в таблице 1 неопределенные состояния необходимо заполнить любым кодом. Например, в нашем случае для таблицы 1 в клетке  $(a_3 s_1) = (\sim, \sim)$  можно записать код  $(a_3 s_1) = (3, 0)$ . С учетом сказанного выше перенумерованные строки и столбцы таблицы 1 примут вид таблицы 2.

Таблица 2

$S$	Входы			
	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$
	$\overline{X_1}X_2$	$\overline{X_1}X_2$	$\overline{X_1}X_2$	$X_1X_2$
0	(0),1	(0),0	2,0	1,1
1	(1),0	0,0	2,0	(1),1
2	(2),1	0,0	(2),0	(2),0

Тогда массивы ТП/ТВ для таблицы 2 примут соответственно вид:

$\text{Tabl\_S}[3][4] = \{\{0,0,2,1\}, \{1,0,2,1\}, \{2,0,2,2\}\};$

$\text{Tabl\_Z}[3][4] = \{\{1,0,0,1\}, \{0,0,0,1\}, \{1,0,0,0\}\}.$

Апробация задачи проверки тривиальным тестом МА, заданным таблицей 2 по алгоритму, показанному на рисунке 2, выполнена на языке программирования высокого уровня C++ Builder 5.0.

В том случае, если рабочий алгоритм задан булевыми функциями или графом переходов, методология проверки автомата сохраняется. Для булевых функций необходимо вычислять формулы логического/выходного преобразователей, тем самым проверяя коды клеток, кодированных ТП/ТВ. Для графа переходов необходимо проверять блоки оператора Switch.

Таким образом, предложенный подход построения тривиального теста для трех случаев программной реализации МА существенно сокращает время его построения и не требует доказательства полноты тестирования.

### **Библиографический список**

1. **Программная** реализация последовательностных схем на микропроцессорах / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, В. М. Чухонин, А. В. Харитонов // Автоматика, телемеханика и связь. – 1988. – № 11. – С. 20–25.

2. **Методы** построения безопасных микроэлектронных систем железнодорожной автоматики / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников и др. – М. : Транспорт, 1995. – с. 272.

3. **Микропроцессорные** системы централизации / Вл. В. Сапожников и др. – М. : Транспортная книга, 2008. – 396 с.

**УДК 656.25**

**В. Б. Соколов**, канд. тех. наук

**В. А. Соколов**

**К. Ю. Долинский**

### **КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ В МЕСТАХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ С АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГОЙ НА РАЗНЫХ УРОВНЯХ**

Вопрос контроля мест пересечения на различных уровнях железнодорожных магистралей и автомобильных дорог является на сегодняшний день является весьма актуальным в свете необходимости существенного повышения безопасности движения поездов, в первую очередь на участках высокоскоростного движения.

События, представляющие серьезную опасность для движения поездов, могут быть двух видов в зависимости от относительного расположения автомобильной и железной дорог.

В первом случае автомобильная дорога расположена под железнодорожным путепроводом. Если габарит автотранспортного средства превышает размер подпролетного пространства, а также при нарушении правил дорожного движения может произойти удар частей автомобиля о конструкции искусственного сооружения (рис. 1). При этом возможно наступление следующих событий:

- 1) перемещение балки жесткости (пролетного строения) с устоев без потери контроля рельсовыми цепями;
- 2) частичное или полное разрушение, деформация балки жесткости (пролетного строения) или устоев искусственного сооружения.



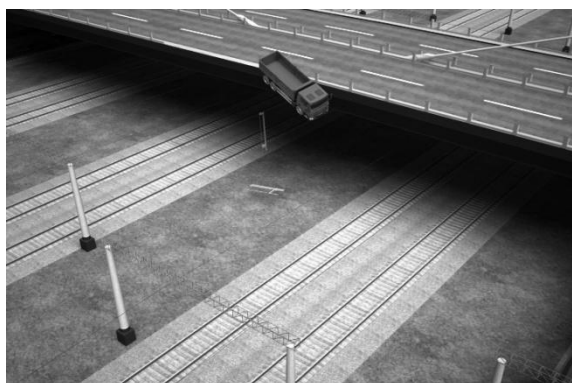
**Рис. 1. Нарушение размеров пролета железнодорожного путепровода автотранспортным средством**

Во втором случае автомобильный путепровод расположен над железнодорожными путями. При этом возможно наступление следующих событий, связанных с нарушением периметра путепровода:

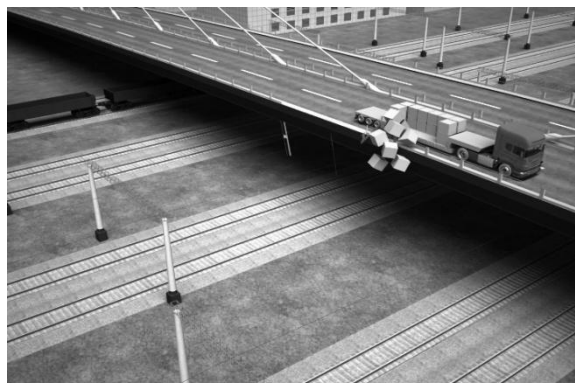
- 1) падение посторонних предметов (в том числе транспортных средств) на пути с разрушением барьерного ограждения (рис. 2, *а*);
- 2) падение посторонних предметов (например, грузов) на пути, в том числе без нарушения целостности барьерного ограждения (рис. 2, *б*).

Прежде чем перейти непосредственно к рассмотрению вариантов решения вопросов контроля мест пересечения, проведем анализ международного опыта путей предотвращения последствий описанных событий [1].

а)



б)



**Рис. 2. Нарушение периметра путепровода автотранспортным средством или перевозимым грузом**

При расположении автомобильной дороги под железной дорогой в случае нарушения размеров пролета железнодорожного путепровода автотранспортным средством предлагается:

- установка амортизационной балки (Великобритания) на существующем мостовом устое перед пролетным строением для амортизации или поглощения ударного воздействия. Балка должна быть установлена немного ниже существующей минимальной габаритной высоты моста и должна быть изготовлена либо из железобетона, либо из стали;
- установка проходной арки (Германия) на подходе к мосту. Подобные арки служат не для непосредственной остановки автомобиля, а для предупреждения водителя. Удар транспортного средства об арку вынудит водителя остановиться;
- установка системы визуального предупреждения (Великобритания) на адекватном расстоянии от моста, которая позволит транспортным средствам, высота которых превышает допустимую, изменить свой маршрут.

В дополнение к этим мерам, если габаритная высота под мостом меньше высоты стандартного пролета, необходимо привлечь внимание водителя с помощью дорожных знаков. Высота, показанная на дорожном знаке, должна быть меньше реальной габаритной высоты под мостом.

Для исключения возможного падения предметов на железнодорожные пути применяются следующие варианты:

- установка аварийных заграждений и амортизирующих балок, ограждения со встроенными стальными тросами;
- установка защитных ограждений из бетона или стали, тросовых ограждений и отводящих бордюрных камней.

Кроме того, на железнодорожных линиях, на которых скорость превышает 250 км/ч, для автомобильных мостов, по которым осуществляются тяжелые грузовые перевозки, предусмотрена система предупреждения (рис. 3). Эта система включается автотранспортными средствами, отклонившимися от направления движения, и подключена к системе железнодорожной сигнализации (Франция).

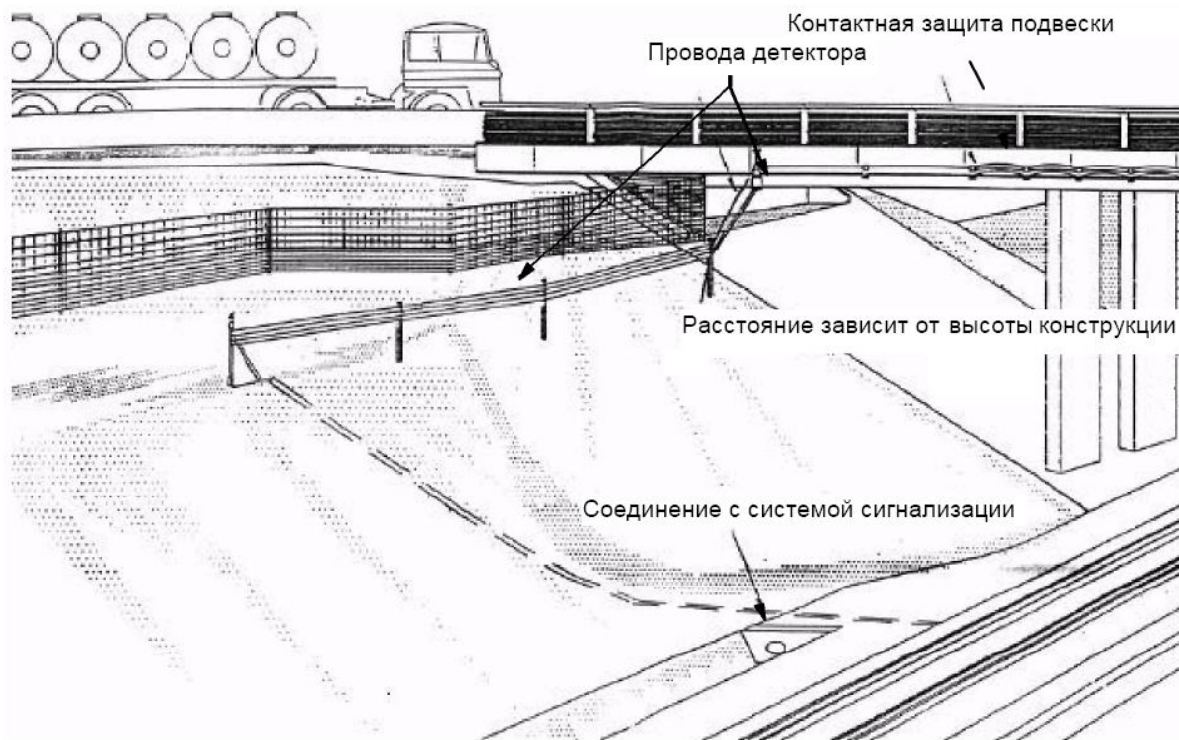


Рис. 3. Система предупреждения падения транспортных средств на высокоскоростные железнодорожные линии

Недостатком перечисленных методов является использование различных физических устройств, которые только предупреждают нарушения, а не фиксируют их. Задачей сегодняшнего дня является постоянный контроль состояния мест пересечения и в случае наступления события, которое может повлиять на движение поездов, немедленная его фиксация и передача информации для принятия соответствующих решений. Системы постоянного мониторинга путепроводов для решения описанных выше задач на сегодняшний день отсутствуют.

В последнее время на Октябрьской железной дороге внедряется система непрерывного видеонаблюдения на участке Санкт-Петербург – Москва [2]. Известны предложения оборудовать данной системой не только перегоны, но и переезды, и путепроводы с возможностью автоматической фиксации нахождения предметов на железнодорожных путях. Ошибочно

считается, что подобное видеонаблюдение решит поставленные выше задачи. Однако это не так, поскольку,

- во-первых, возникает проблема постоянной передачи по каналу связи большого объема информации;
- во-вторых, видеокамера не может с достаточной степенью надежности воспринимать полученную информацию: загрязнение объектива существенно снижает достоверность и, наоборот, увеличивает вероятность ложных срабатываний;
- в-третьих, необходим большой штат сотрудников, осуществляющих слежение и обслуживающих данную систему.

Учитывая сказанное выше, авторы считают, что видеонаблюдение может применяться только как дополнение к техническим средствам мониторинга путепроводов.

Авторами предлагается использовать для этих целей следующие известные способы мониторинга состояния путепроводов [3].

Для мониторинга событий, указанных в первом варианте, предлагается конструкция системы обнаружения и контроля, представленная на рис. 4.

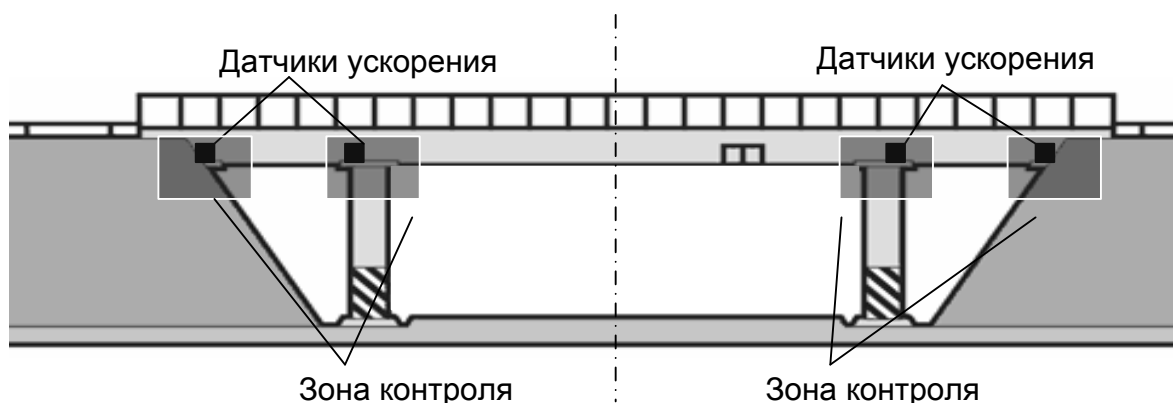
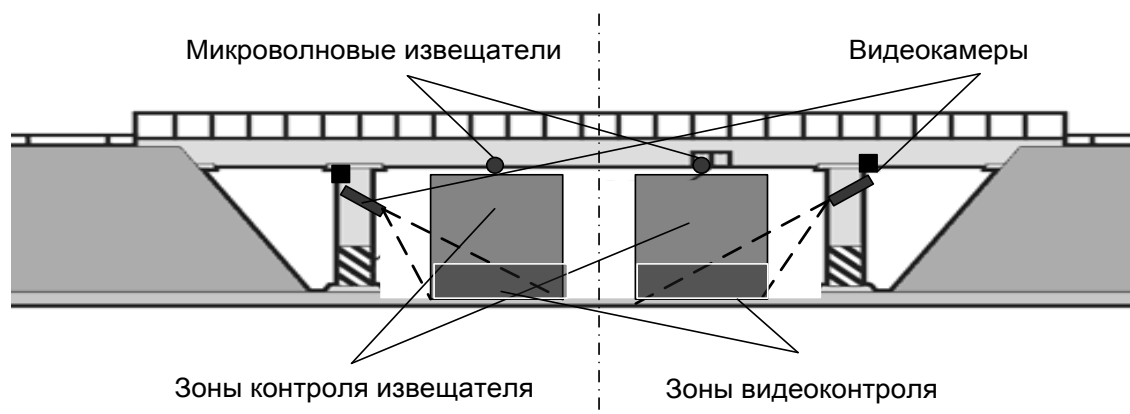


Рис. 4. Схема контроля с помощью датчиков ускорения

Принцип контроля состоит в следующем. На пролетное строение и опорные части путепровода устанавливаются беспроводные датчики ускорения (акселерометры). В случае удара автотранспортного средства о конструкции путепровода датчик фиксирует факт удара. Информация посредством беспроводного канала связи поступает на опорную станцию и далее в центр обработки и сохранения информации. Специализированное программное обеспечение по показаниям датчика оценивает перемещение конструкции путепровода относительно начального состояния.

Для мониторинга событий, указанных во втором варианте, предлагается система обнаружения и контроля, представленная на рис. 5.



**Рис. 5. Схема установки однопозиционных микроволновых извещателей и видеокамер**

Принцип данного предложения состоит в следующем. На пролетном строении устанавливаются однопозиционные микроволновые извещатели. Количество извещателей может варьироваться в зависимости от числа путей и их взаимного расположения. Зону контроля целесообразно привязывать к габариту подвижного состава или к габариту приближения строений (или оборудования). При попадании предметов в зону контроля и, что весьма существенно, нахождении этих предметов в данной зоне длительное время, датчик вырабатывает сигнал тревоги. Для фиксации нарушения барьерного ограждения путепровода система может быть дополнена вибрационным датчиком, который монтируется в перильные ограждения путепровода. Для большей достоверности и исключения ложных срабатываний сигнал тревоги может автоматически подключать систему видеофиксации событий в зоне контроля.

Информация от датчиков по беспроводному каналу связи передается на концентратор, установленный в релейном шкафу у опоры путепровода. Далее информация по каналу передачи данных стандарта TETRA поступает на сервер, расположенный в ИВЦ железной дороги, и передается при необходимости в систему «Автодиспетчер».

Для питания датчиков необходимо использовать элементы питания с длительным сроком автономной работы. Климатические условия эксплуатации датчиков и GSM радиостанций (температура от минус 50°C до плюс +50°C, относительная влажность – до 98%) не позволяют с достаточной степенью надежности использовать аккумуляторные и солнечные батареи. Аккумуляторы имеют тенденцию к быстрой потере заряда при отрицательных температурах. Солнечные батареи для стабильной работы должны быть направлены вверх и на юг, при этом их поверхность должна оставаться чистой, что невозможно при регулярном проходе поездов и атмосферных осадках. Поэтому оптимальным вариантом является использование одноразовых

батареек (например, фирмы Minamoto), обеспечивающих работу схем датчиков и передающих устройств как минимум в течение года.

Достоинствами предлагаемых вариантов организации контроля являются:

- использование бесконтактных методов измерения;
- работа при любых атмосферных условиях;
- самоконтроль (датчики не нуждаются в обслуживании);
- отсутствие перегрузки канала связи данными (передается только информация о событиях и сообщения об ошибках);
- возможность применения для различных конструкций путепроводов;
- возможность длительной автономной работы.

### **Библиографический список**

1. **Стандарт** международного союза железных дорог. Меры для защиты железнодорожных мостов от воздействия автомобильного транспорта и железнодорожного движения от возможных помех, создаваемых автомобилями. – 2-е изд. – Париж : Международный союз железных дорог (UIC), 2002.

2. **Все** под контролем / М. Алексеева // Петербургский дневник. – 2010. – №7 (271).

3. **Технические** предложения по мониторингу путепроводов // ООО «Мостовое бюро». – СПб., 2009.

### **УДК 656.25**

**Д. Х. Баратов**

**П. Е. Булавский**, канд. техн. наук

**Д. С. Марков**, канд. техн. наук

### **ФОРМАЛИЗАЦИЯ АНАЛИЗА ПРОЦЕССА ВЕДЕНИЯ ЗАКАЗНЫХ СПЕЦИФИКАЦИЙ В ХОЗЯЙСТВЕ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ РЖД**

Процесс ведения заказных спецификаций (ВЗС) в хозяйстве автоматики и телемеханики РЖД в настоящее время осуществляется и контролируется посредством передачи документов в бумажном виде. Такая организация процесса ведения заказных спецификаций обуславливает отсутствие единой информационной среды при работе с заказными спецификациями и, как следствие, задержки поставок оборудования, неполное соответствие доставленного оборудования требуемому, отсутствие полноты контроля



над своевременностью поставок, потерю координации взаимодействия сотрудников, участвующих в этом процессе.

Эффективным путем повышения качества обработки заказных спецификаций (ЗС) является поэтапная автоматизация процесса ВЗС. Наиболее эффективно задачи автоматизации ВЗС могут быть решены путем формализации описания процессов ВЗС и применения математических методов оптимизации.

Для применения формальных методов описания процесса ВЗС необходимо разработать формализованную схему (ФС) описания объектов, участвующих в процессе ВЗС.

ФС должна включать набор средств представления элементов, структуры и алгоритмов функционирования системы, функциональных и статических зависимостей между параметрами. В дальнейшем такую ФС будем называть обобщенной формализованной схемой для ВЗС на железнодорожном транспорте.

Для построения алгоритмического отображения ВЗС предлагается использовать языки непосредственного описания дискретных процессов, к которым относятся сети Петри [4], логические схемы алгоритмов [5], логические схемы требований [6], параллельные логические схемы алгоритмов ПЛСА [6].

Наличие параллельных ветвей требует выбора языков, имеющих средства отображения указанных особенностей алгоритмов ВЗС. Такими средствами обладают сети Петри и язык ПЛСА. Необходимость сокращения времени выполнения алгоритмов ВЗС требует обеспечения возможности формализованных преобразований при объединении алгоритмов. Выполнение указанных требований приводит к выбору языка ПЛСА.

Введем условные обозначения записи алгоритмов ВЗС на ПЛСА с учетом обозначений, принятых в [5]. Основными элементами являются операторы, соответствующие операциям  $\cup_i$ , логические условия  $\alpha_k, k = \overline{1, K}$ , помеченные стрелками,  $\alpha_k \uparrow^p, p = \overline{1, P}$ , где  $p$  – индекс стрелки. Переход спецификации при ложном значении  $\alpha_k$  осуществляется к элементу ПЛСА, помеченному стрелкой с тем же индексом  $\downarrow^p$ .

При формализации ВЗС принимается индексация алгоритмов и операций в соответствии с нумерацией объектов (участникам процесса ВЗС присваиваются следующие номера: проектная организация – 1; служба Ш – 2; дистанция СЦБ – 3; Заказчики – 4; Поставщики – 5; Заводы – 6). Например, условное обозначение 6-й операции алгоритма 3 проектной организации выглядит следующим образом:  $\cup_{136}$ .

При разработке автоматизированной технологии выделяются операции, выполняемые вручную:  $b_l, l = \overline{1, L}$ ; операции, выполняющиеся автоматически:  $v_i, i = \overline{1, I}$ ; автоматизированные операции:  $d_z, z = \overline{1, Z}$ .

Рассмотрим алгоритм А11 – составления и формирования заказных спецификаций. Список операций представлен в таблице 1.

Таблица 1

Список операций алгоритма А11

Ранг оператора	Операторы	Значение оператора
1	$b_{111}$	Заполнение титула заказных спецификаций
2	$b_{112}$	Выбор прибора $i$ -й позиции
3	$d_{111}$	Поиск по БДШ (база данных сцб)
4	$v_{111}$	Получение одного варианта результата поиска
5	$v_{112}$	Получение наименования прибора
6	$v_{113}$	Получение ту прибора
7	$v_{114}$	Получение номера чертежа прибора
8	$v_{115}$	Получение массы прибора
9	$v_{116}$	Получение единицы измерения прибора
10	$v_{117}$	Получение кода прибора
11	$v_{118}$	Получение завода-изготовителя для данного прибора
12	$v_{119}$	Получение несколько вариантов результата поиска
13	$b_{113}$	Выбрать один соответствующий вариант из списка
14	$v_{1110}$	Поиск не дал результата
15	$b_{114}$	Проверить правильность ввода
16	$b_{115}$	Выбрать завод-изготовитель
17	$b_{116}$	Выбрать данные прибора, полученные из бдш
18	$b_{117}$	Заполнение значения количества прибора
19	$v_{1111}$	Формирование строки спецификации
20	$v_{1112}$	Автоматическое заполнение строки данными
21	$v_+$	Добавление строки к документу
22	$v_j$	Определение конечного номера строки

Множества  $\alpha = \{\alpha_k\}, k = \overline{1, 5}$ , включают следующие логические условия:

$$\alpha_{111} = \begin{cases} 1 - \text{выбрана } i\text{-я позиция в ЗС,} \\ 0 - \text{не выбрана;} \end{cases}$$

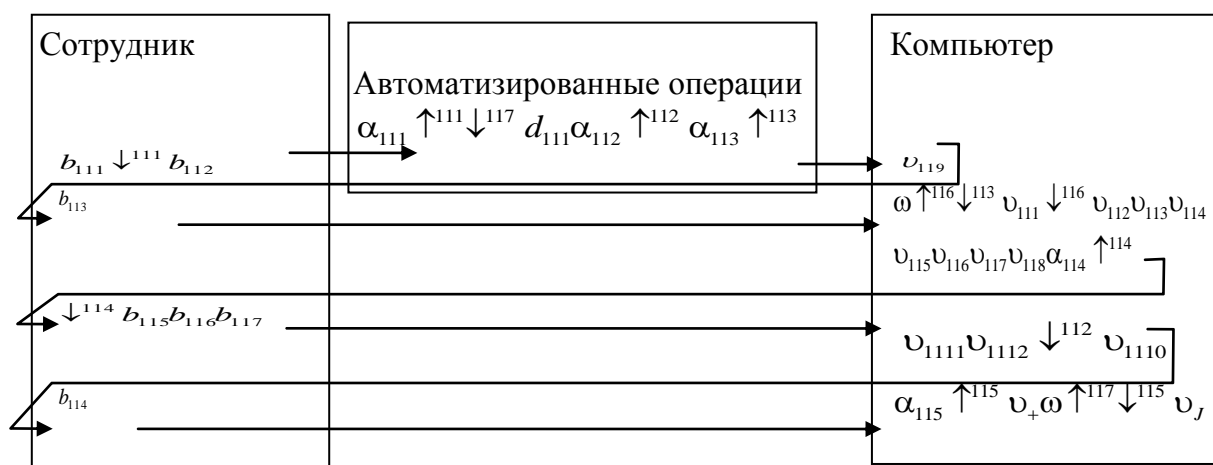
$$\alpha_{112} = \begin{cases} 1 - \text{поиск дал результат,} \\ 0 - \text{в противном случае;} \end{cases}$$

$$\alpha_{113} = \begin{cases} 1 - \text{результат поиска – множество возможных вариантов,} \\ 0 - \text{в противном случае;} \end{cases}$$

$$\alpha_{114} = \begin{cases} 1 - \text{несколько заводов-изготовителей,} \\ 0 - \text{один завод-изготовитель;} \end{cases}$$

$$\alpha_{115} = \begin{cases} 1 - \text{формирование ЗС не закончено,} \\ 0 - \text{формирование ЗС закончено.} \end{cases}$$

Основываясь на разработанном алгоритме, в результате анализа процесса ВЗС получим ЛСА:



В таблице 2 представлены операции, автоматически выполняемые в предлагаемом алгоритме.

В таблице 2 приняты следующие условные обозначения:

- + – процесс выполняется полностью автоматически;
- $\pm$  – процесс выполняется в автоматизированном режиме;
- – процесс выполняется вручную.

Таблица 2

## Сравнение двух алгоритмов

№ п/п	Наименование операции	Предлагаемый алгоритм	Существующий алгоритм
1	Заполнение титула для заказных спецификаций	—	—
2	Выбор прибора $i$ -й позиции	—	—
3	Выбор завода для прибора $i$ -й позиции	$\pm$	—
4	Ввод наименования прибора	+	—
5	Ввод ТУ для прибора	+	—
6	Ввод номер чертежа для прибора	+	—
7	Ввод значения массы прибора	+	—
8	Ввод единиц измерения для данного прибора	+	—
9	Ввод кода прибора	+	—
10	Ввод завода-изготовителя для данного прибора	+	—
11	Ввод количества заказанных приборов	—	—

В существующем алгоритме для выполнения каждой операции потребуется разное время. Для нахождения времени ввода информации о приборе для одной позиции необходимо суммировать время выполнения отдельных операций:

$$T_n^S = t_T + t_H + t_{ТУ} + t_Ч + t_M + t_{ЕД} + t_K + t_3 + t_{кол}, \quad (1)$$

где  $t_T$  – время выполнения 1-й операции (см. табл. 2);

$t_H$  – время выполнения 4-й операции;

$t_{ТУ}$  – время выполнения 5-й операции;

$t_Ч$  – время выполнения 6-й операции;

$t_M$  – время выполнения 7-й операции;

$t_{ЕД}$  – время выполнения 8-й операции;

$t_K$  – время выполнения 9-й операции;

$t_3$  – время выполнения 10-й операции;

$t_{кол}$  – время выполнения 11-й операции.

Общее время для заполнения спецификации:

$$T_{3C}^S = T_n^S \cdot k, \quad (2)$$

где  $k$  – количество позиций в заказных спецификациях.

В предлагаемом алгоритме операции с 4-й по 10-ю выполняются автоматически. В связи с этим

$$t_H = 0, t_{TY} = 0, t_{\text{ч}} = 0, t_M = 0, t_{\text{ЕД}} = 0, t_K = 0, t_3 = 0. \quad (3)$$

Для предлагаемого алгоритма выражение (1) имеет вид:

$$T_n^N = t_T + t_{\text{кол}}. \quad (4)$$

Общее время заполнения заказных спецификаций:

$$T_{3C}^N = T_n^N \cdot k. \quad (5)$$

Отсюда

$$T_{3C}^N \gg T_{3C}^S. \quad (6)$$

В предлагаемом алгоритме количество операций, выполняемых вручную, сокращается на 70% ( $7 - v_{111}, v_{112}, v_{113}, v_{114}, v_{115}, v_{116}, v_{117}$ ) по сравнению с существующим алгоритмом. Соответственно уменьшается время выполнения алгоритма. Экспертные оценки показали, что при ручном заполнении спецификации, например для 138 наименований по 8 позиций ( $138 \text{ наименований} \times 8 \text{ позиций} = 1104 \text{ позиций}$ ) затрачивается в среднем 149,5 минуты. При автоматизированном способе заполнения спецификации для этого потребуется 52,5 минуты, т. е. затраты времени на ввод данных сокращаются примерно в 3 раза.

При ручном вводе вероятность ошибки оператора для одной позиции равна  $10^{-3}$ . При среднем количестве позиций в спецификациях, равном 1104, достоверность информации для ручного ввода определяется следующим выражением:

$$D^S = 1104 \times 10^{-3} = 1,104. \quad (7)$$

В предлагаемом алгоритме 70% операций, выполняемых вручную, автоматизированы. Поэтому достоверность автоматизированного алгоритма будет

$$D^N = (1 - 0,7) \times D^S = 0,3312. \quad (8)$$

В предлагаемом алгоритме предусмотрена двухступенчатая проверка правильности ввода информации, при этом данные об оборудовании берутся из БДШ ( $d_1, v_1, v_9, b_4, v_{10}, b_8, \alpha_2, \alpha_3$ ), т. е. устраняются ошибки, свя-

занные с ручным вводом информации. За счет этого снижается вероятность возникновения ошибок и улучшается качество заказных спецификаций.

Применение формальных методов для оптимизации выполнения алгоритмов на всех уровнях ВЗС реализовано в АРМ-ВЗС и позволяет сократить затраты времени при обмене техническими документами, сократить время обработки ЗС, обеспечить контроль за сроками поставки оборудования, улучшить структуру информационного обмена при организации ВЗС и, следовательно, сократить сроки выполнения работ по капитальному строительству и ремонту систем СЦБ.

### **Библиографический список**

1. **Методы** разработки автоматизированных систем управления / А. Г. Мамиконов. – М. : Энергия, 1973. – 336 с.
2. **Графовые** модели и методы разработки унифицированных компонент сложных программных комплексов / И. А. Прахов, С. Г. Кузин. – Нижний Новгород, 2003.
3. **Имитационное** моделирование систем – искусство и наука / Р. Ю. Шеннон. – М. : Мир, 1978. – 418 с.
4. **Иерархия** и параллелизм в сетях Петри / Д. А. Таль // Автоматика и телемеханика. – 1982. – № 7. – С. 112–113.
5. **Синтез** управляющих автоматов / В. Г. Лазарев, Е. И. Пийль. – М. : Энергия, 1978. – 408 с.
6. **Основы** дискретной автоматики / В. Н. Рогинский. – М. : Связь, 1975. – 432 с.

### **УДК 656.25**

**А. Б. Никитин**, д-р техн. наук  
**Р. В. Кучумов**, канд. техн. наук  
**М. А. Бутузов**

### **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ РЕЖИМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ МАРШРУТОВ НА КРУПНЫХ СТАНЦИЯХ**

С точки зрения службы движения железных дорог величина станции определяется размером и сложностью грузовых, пассажирских и технических операций, реализуемых на ней. Крупными станциями считаются внеклассные, а также станции I и II классов [1]. С другой стороны, с точки

36

зрения специалистов, обслуживающих устройства СЦБ, размер станции определяется количеством устройств электрической централизации (ЭЦ). При этом единицей измерения является централизованная стрелка. Крупной в хозяйстве СЦБ считается станция, на которой количество централизованных стрелок больше пятидесяти. Зачастую два указанных определения коррелируются, поэтому далее будем использовать расширенное определение крупной станции, учитывающее оба подхода.

Оперативный персонал (ОП) крупных станций испытывают особые трудности при реализации маршрутизированных передвижений. Дежурный по станции (ДСП) в процессе работы должен выполнять противоречивые задачи: с одной стороны, обеспечивать график движения поездов, с другой – выполнять внутростанционный технологический процесс. Эти операции ДСП надо выполнять оперативно, активно обмениваясь информацией с другими участниками перевозочного процесса с помощью телефонной и радиосвязи.

В сложной обстановке, когда тяжело сконцентрировать внимание, а времени на принятие решения мало, человеку трудно выбирать оптимальные трассы для передвижения поездов по станции. Кроме того, человек может совершать ошибки, приводящие к задержкам в движении поездов. Например, в случае отмены маршрута приема, ошибочно заданного не на тот путь, если его предмаршрутный участок занят, необходимо выждать три минуты. Аналогичная ситуация возникает, если с той же целью необходимо использовать искусственную разделку.

На крупных станциях, где загрузка ДСП особенно высока, цена ошибок наиболее ощутима, так как вызывает наибольшие потери в движении поездов. Кроме того, крупные станции часто характеризуются сложным путевым развитием, что дает возможность выбора множества вариантов передвижения.

В современных компьютерных системах управления (РПЦ и МПЦ) эти проблемы часто остаются нерешенными. Когда ДСП «пересаживается» со старого пульта-табло релейной ЭЦ на компьютерное автоматизированное рабочее место (АРМ), он, как правило, продолжает выполнять прежние рутинные действия по заданию маршрутов. Отличие состоит лишь в том, что раньше ДСП нажимал кнопки пульта-табло, а теперь «кликает» мышью по мнемосхеме станции на мониторе АРМ. Большинство новых систем ЭЦ совершенствуют лишь техническую базу, но не облегчают труд пользователей [2].

Решение данной проблемы предлагает Центр компьютерных железнодорожных технологий (ЦКЖТ) ПГУПС.

Для этого предлагается использовать два главных подхода. Первый подход базируется на совершенствовании традиционного способа задания маршрутов путем добавления ряда интеллектуальных функций (программный модуль «Интеллектуальные маршруты»). Второй, более прогрессив-

ный, заключается в изменении принципа задания маршрутов путём перехода от индивидуального управления объектами к манипуляции законченными технологическими заданиями (система автоматического задания маршрутов на основе электронной ведомости занятия перронных путей). Рассмотрим каждый из способов подробнее.

Функции программного модуля «Интеллектуальные маршруты» заключаются в следующем. Когда ДСП указывает начальную точку маршрута, система самостоятельно подсвечивает конечные точки на схематическом плане станции. При этом подсвечиваются только те конечные точки, маршрут на которые может быть задан в условиях текущей поездной ситуации. Так, например, если секция на пути предполагаемой трассы следования поезда занята, то маршрут через нее проложить невозможно. Следовательно, конечные точки маршрутов, проходящих через данную занятую секцию, показаны не будут.

В случае, когда есть возможность следования поезда от начальной до конечной точки маршрута по нескольким альтернативным трассам, по критерию кратчайшего пути автоматически выбирается оптимальный маршрут. Если от начальной до конечной точки маршрута в текущей поездной ситуации возможно движение только по вариантному маршруту, то такой маршрут будет задан без указания ДСП вариантной точки [3].

Программный модуль «Интеллектуальные маршруты» позволяет сократить количество ошибок ОП за счет того, что на раннем этапе отсекается возможность дачи неверной управляющей команды. Например, ДСП может не заметить неочевидные ситуации на станции, из-за которых установка маршрута может быть невозможна: не обратить внимания на замкнутую охранную стрелку, непосредственно не входящую в трассу маршрута; не заметить занятую негабаритную секцию. Всё время, пока ДСП пытается понять причину невозможности задания маршрута, как правило, им многократно повторяются неверные действия, которые задерживают функционирование системы в целом (на этот период «захватываются» общий наборный комплект, шины направлений, групповые блоки выдержки времени и т. п.). Дополнительно автоматический выбор оптимальной трассы маршрута позволяет ДСП избежать задания множества элементарных маршрутов, что наиболее трудоемко при формировании маневровых трасс на станциях со сложным путевым развитием.

Опыт эксплуатации программного модуля «Интеллектуальные маршруты» в составе системы ЭЦ-МПК на ряде крупных станций показал целесообразность его использования, что определяется в первую очередь отзывами ОП, работающего с данной системой. Среди станций следует отметить ст. Сковородино (120 стрелок), Петровский Завод (59 стрелок), Белогорск-1 (112 стрелок) Забайкальской ж. д., ст. СПб-Московский-Сортировочный (2-й и 5-й парк, 46 и 73 стрелки соответственно).



Второй метод использует законченные технологические задания: «принять поезд», «отправить поезд» и другие. Реализован данный метод в виде программного модуля, дополняющего АРМ ДСП системы ЭЦ-МПК. При этом традиционная функциональность АРМ ДСП (управление маршрутами и индивидуальное управление устройствами централизации) сохранена в полном объеме. Программный модуль дает ДСП следующие возможности:

- 1) позволяет подготавливать, редактировать или загружать из файла электронную ведомость занятия перронных путей;
- 2) отображает в графической форме электронную ведомость занятия перронных путей с указанием текущего статуса для каждой операции;
- 3) автоматически идентифицирует прибывающий поезд и сопоставляет его с заданием;
- 4) автоматически или полуавтоматически реализует задания для поездов.

Электронная ведомость занятия перронных путей представляет собой набор записей о том, какие перемещения, для каких подвижных единиц необходимо выполнить в определённое время. Все записи сведены в таблицу (рис. 1).

Реализация каждой операции проходит в несколько этапов. Первый этап – подготовка – заключается в ожидании времени выполнения операции (для отправляемых поездов) или момента появления поезда на участке приближения к станции (для принимаемых поездов).

Если условия первого этапа выполнены, наступает второй этап – проверка. Реализация каждой её операции заключается в задании набора элементарных маршрутов и проследовании по ним нужного поезда. Таким образом, второй этап – это поиск трасс элементарных маршрутов для перемещения поезда от точки «откуда» в точку «куда» (см. рис. 1). Если такие трассы существуют, то считается, что условия второго этапа были выполнены.

Третий этап – реализация – заключается в послыке управляющих команд для задания найденных на предыдущем этапе маршрутов.

Последний этап – контроль исполнения – необходим для контроля выполнения операции. Он заключается в ожидании открытия светофоров тех маршрутов, попытка задания которых была осуществлена на предыдущем этапе. Если все светофоры были открыты, операция считается успешно завершённой. Если по какой-либо причине, например, не закончен перевод маршрутной стрелки, какой-либо светофор не был открыт, то операция не может быть выполнена и система переходит в ручной режим работы.

Прибытие

	Время	Поезд	Откуда	Куда	Примечание
🕒	1:30	31	Глухоозерская	II	Хельсинки-Москва
⚠	12:26	35	Полюстрово	8	Хельсинки
➡	18:01	73	З.Пост-2	10	Свердловск
🕒	18:11	657	З.Пост-2	10	Петрозаводск
🕒	18:41	687	З.Пост-2	9	Вологда
🕒	19:05	249	Полюстрово	9	Костомукша
🕒	19:28	6823	З.Пост-2	8	Под п.6236
🕒	20:00	6413	Полюстрово	7А/5	Под п.6786
🕒	20:08	6865	Полюстрово	7А	Под п.6208
🕒	20:27	6415	З.Пост-2	7А/5	Под п.6790
🕒	21:25	187	З.Пост-2	8	Воркута
🕒	21:38	21	З.Пост-2	9	Мурманск - Вологда
🕒	22:27	33	Полюстрово	8	Хельсинки
🕒	23:03	6837	З.Пост-2	7А/6	Под п.6220
🕒	23:25	15	З.Пост-2	9	Мурманск-Москва

Отправление

	Время	Поезд	Откуда	Куда	Примечание
🕒	0:00	6	3	Глухоозерская	
🕒	17:50	22	7А	З.Пост-2	Мурманск
🕒	18:15	6786	5/7А	З.Пост-2	Невдубстрой
🕒	18:50	74	8	Глухоозерская	Свердловск
🕒	19:14	6246	7А	З.Пост-2	Пупышево. Загонкой п.5786 (18-00)
🕒	19:22	6236	5/7А	З.Пост-2	Мга
🕒	19:26	6388	4А	З.Пост-2	Будогощь. Загонкой п.5388 (18-45)
🕒	19:31	34	8	Полюстрово	Хельсинки
🕒	19:41	32	8	З.Пост-2	Москва-Хельсинки
🕒	20:03	190	8	З.Пост-2	Архангельск
🕒	20:18	6208	7А	З.Пост-2	Мга
🕒	21:35	31	8	Глухоозерская	Хельсинки-Москва
🕒	22:10	250	11	Полюстрово	Костомукша
🕒	23:31	36	8	Полюстрово	Хельсинки

⊗ Стоп

Авторежим включен

💾 Сохранить

✎ Правка

🔧 Выполнить

🗑 Удалить

➕ Создать

- Операция выполняется в настоящий момент
- ⚠ Выполнение операции просрочено
- ➡ Указание на операцию с поездом, прибытие которого ожидается в настоящий момент
- ⌚ Операция ожидает подхода времени выполнения
- ✓ Операция успешно выполнена
- ⊖ Операцию невозможно выполнить

Рис. 1. Вид программной реализации электронной ведомости занятия перронных путей ст. СПб-Ладожский Окт. ж. д. в системе автоматического задания маршрутов

Схема идентификации подходящих к станции поездов построена следующим образом. В программном модуле есть данные о том, в какое время и с какого направления ожидается появление поезда. Также в системе сохраняется информация об уже прибывших поездах. Таким образом, на основании критериев времени прибытия и последовательности прибытия осуществляется идентификация подходящего поезда [2].

Если включен автоматический режим и программному модулю не удалось идентифицировать подходящий к станции поезд, он запрашивает ввод номера и задание для поезда у ДСП. В полуавтоматическом режиме система требует у ДСП подтверждения того, что поезд идентифицирован верно, а также подтверждение выполнения запланированной над ним операции. В автоматическом режиме программный модуль самостоятельно выполняет операцию над прибывающим поездом в случае его успешной идентификации (рис. 2, 3).

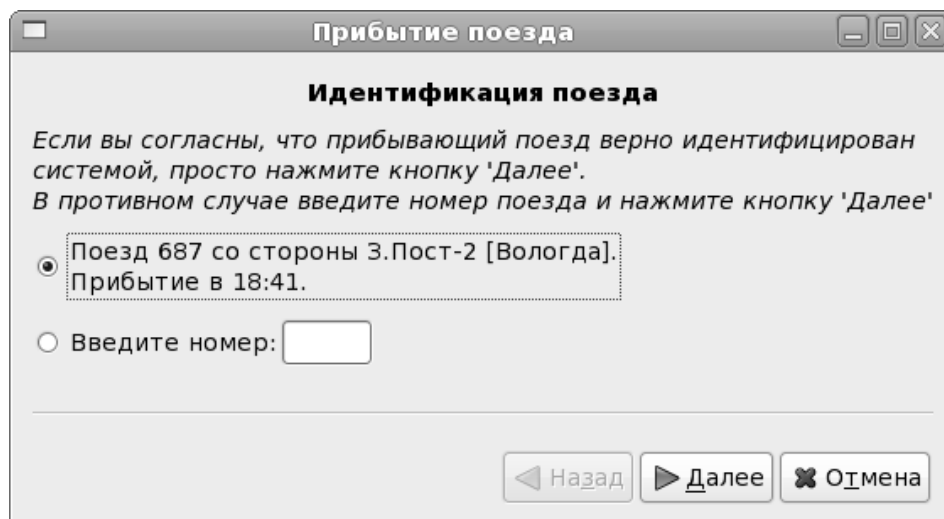


Рис. 2. Работа программного модуля при приеме поезда в полуавтоматическом режиме. Подтверждение номера поезда или требование ввести иной номер для прибывающего поезда

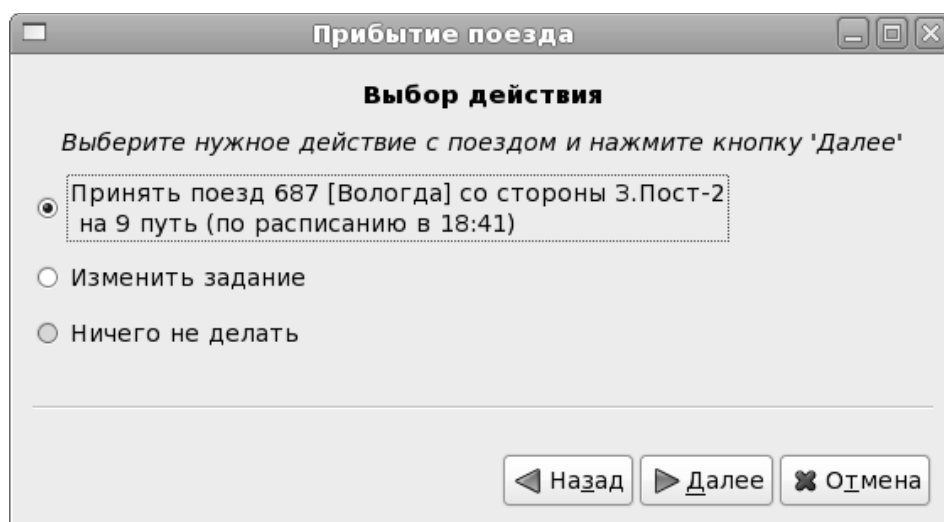


Рис. 3. Работа программного модуля при приеме поезда в полуавтоматическом режиме. Подтверждение выполнения запланированной операции над ним или требование ввода другого задания

Для отправляемых поездов действия системы несколько иные. Находясь в автоматическом режиме, система осуществляет перечисленные выше этапы по выполнению операции с учетом того, чтобы светофор для отправляемого поезда был открыт за одну минуту до его фактического отправления. В ручном режиме ДСП может самостоятельно выбрать нужное задание, а затем нажать кнопку «Выполнить» для его реализации.

Таким образом, при использовании системы автоматического управления маршрутами на основе электронной ведомости занятия перронных путей ДСП не требуется постоянно держать в памяти набор действий, которые требуется выполнить с подвижными единицами. Вместо этого он может контролировать ход выполнения составленного плана работ, вмешиваясь только в случае необходимости редактировать план.

Описанный программный модуль прошел эксплуатационные испытания в 2008 г. на ст. Санкт-Петербург-Ладужский Окт. ж. д.

В настоящее время Центр компьютерных железнодорожных технологий ПГУПС активно развивает направление дальнейшего совершенствования интеллектуальных компьютерных систем управления на железнодорожном транспорте. Такие системы избавляют ОП от рутинных операций, а также помогают быстро принимать правильные решения по управлению движением.

### **Библиографический список**

1. **Основы** эксплуатационной работы железных дорог : учеб. пособие / В. А. Кудрявцев, В. И. Ковалев, А. П. Кузнецов и др.; ред. В. А. Кудрявцев. – 2-е изд. – М. : Изд. центр «Академия», 2005. – 352 с.
2. **Автоматизация** оперативного управления движением поездов на железнодорожных станциях. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / Р. В. Кучумов. – СПб., 2009. – 268 с.
3. **Способы** сокращения ошибок оперативного персонала при использовании интеллектуальных средств маршрутизированных передвижений на крупных станциях / А. Б. Никитин, Р. В. Кучумов // Современные проблемы совершенствования работы ж. д. транспорта : межвуз. сб. научн. трудов. – М. : РГОТУПС, 2006. – Т. 1. – С. 114–117.

**УДК 656.25**

**Т. А. Белишкина**, канд. техн. наук

**А. Г. Вяткин**, канд. физ.-мат.наук

### **ВОПРОСЫ НОРМИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ УСТОЙЧИВОСТИ К ВНЕШНИМ МЕХАНИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ**

С развитием высокоскоростного движения в России встал вопрос о создании нормативной базы для строительства инфраструктуры и обеспечения безопасности для ВСМ. В настоящее время разработан проект тех-

нического регламента, посвященного вопросам безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта [1]. Но на данный момент документов, нормирующих требования по устойчивости к внешним механическим воздействиям с учетом специфики ВСМ в России, нет.

Следует отметить, что механические воздействия при увеличении скорости движения поездов до 250 км/ч по железнодорожному пути, используемому для обычного транспорта (как это сделано на участке Санкт-Петербург – Москва), будут возрастать. Как учесть специфику высокоскоростного движения и адаптировать требования по устойчивости к механическим воздействиям для устройств ЖАТ по сравнению с действующими нормами, является предметом рассмотрения данной статьи. В этом вопросе логично обратиться к опыту европейских производителей аппаратуры ЖАТ для ВСМ, в частности Великобритании, где при разработке нормативной базы учитывалась необходимость использования одних железнодорожных путей для пропуска высокоскоростных и обычных поездов.

В области проектирования устройств ЖАТ в России основным документом, определяющим требования к аппаратуре по устойчивости к внешним механическим условиям, является отраслевой стандарт ОСТ 32.146-2000 [2]. Этот стандарт применим для устройств ЖАТ, используемых на железнодорожных магистралях со скоростями движения до 160 км/ч. На данный момент ОСТ 32.146-2000 является единственным документом, нормирующим требования устойчивости к внешним механическим воздействиям для устройств ЖАТ. Поэтому он был взят за основу для сравнения существующих норм в России.

В качестве примера европейских норм к требованиям механической устойчивости железнодорожной аппаратуры взят проект стандарта Европейского железнодорожного агентства под названием EEIG 97s066 [3]. В основу этого документа легли действующие стандарты европейских стран. Данный проект стандарта имеет преимущество в том, что в нем была сделана попытка объединить и гармонизировать различные стандарты европейских стран с целью создания единых норм к требованиям по устойчивости железнодорожной аппаратуры к внешним механическим и климатическим условиям. Эти нормы применимы в том числе и к устройствам ЖАТ для ВСМ.

На основе двух нормативных документов: ОСТ 32.146-2000, действующего на данный момент в России, и проекта стандарта Европейского железнодорожного агентства EEIG 97s066 – был проведен сравнительный анализ требований к аппаратуре ЖАТ по устойчивости к механическим воздействиям.

## Классификация устройств ЖАТ по условиям размещения и устойчивости к механическим нагрузкам

В зависимости от условий размещения (то есть удаленности от источников механических воздействий) устройства ЖАТ подразделяются на классы. В таблице 1 представлена классификация устройств ЖАТ согласно европейским «НОРМАТИВНЫЙ ДОКУМЕНТ (EEIG 97s066)» и ОСТ 32.146. Следует отметить, что одному классу устройств, согласно EEIG 97s066, может соответствовать несколько классов по ОСТ. Это является следствием некоторых различий в подходе к классификации устройств в нормативной документации в Европе и России. Так в ОСТ 32.146 основной классификационной характеристикой является не просто расположение устройства в определенном месте, например на шпале, как в европейском «НОРМАТИВНЫЙ ДОКУМЕНТ», но расстояние от основного источника вибрации, в качестве которого выступают либо ближайший стык, либо ближайший рельс. Кроме того, в ОСТ есть подразделение на подклассы с учетом скорости движения поездов. Например, подклассы МС5.1, МС4.1, МС3.1 характеризуют устройства ЖАТ, используемые на участках дорог со скоростями движения поездов менее 60 км/ч. В дальнейшем данные классы устройств будут исключены из анализа, поскольку основное внимание в статье уделяется ВСМ.

**Таблица 1**

Классы по EEIG 97s066	Классы по ОСТ 32.146
На железнодорожном пути	
На рельсе	МС4, МС5
На шпале	МС4, МС5
Между рельсами, но не на шпале	МС3
Под шпалой (закопана в насыпь)	МС3
Вне рельсового пути	МС1, МС2, МС3

### *Примечание.*

МС1 – стационарное размещение в капитальных помещениях или вне капитальных помещений в местах, расположенных на расстоянии 5 м и более от ближайшего рельса (на грунте, полу, стативах, рамах, полках, в шкафах, ящиках, муфтах и устройствах кабельной канализации с закреплением или без закрепления; на столбах, опорах и т. п. с жестким закреплением);

МС2 – стационарное размещение в местах, расположенных на расстоянии в пределах от 1,8 до 5,0 м от ближайшего рельса (на грунте, полу, стативах, рамах, полках, в шкафах, ящиках, муфтах и устройствах кабельной канализации с закреплением или без закрепления; на столбах, опорах и т. п. с жестким закреплением);

МС3 – стационарное размещение в местах, расположенных на расстоянии 1,8 м и менее от ближайшего рельса (на грунте, полу, стативах, рамах, полках, в шкафах, ящиках, муфтах и устройствах кабельной канализации с закреплением или без закрепления; на столбах, опорах и т. п. с жестким закреплением);

МС4 – стационарное размещение в местах, расположенных на расстоянии 1 м и менее от ближайшего стыка, при станормативно-документартном консольном креплении к рельсам и шпалам;

МС5 – стационарное размещение в местах, расположенных на расстоянии 1 м и менее от ближайшего стыка, при непосредственном креплении к рельсам и шпалам или без крепления.

## Оценка устойчивости к механическим воздействиям

### Номенклатура видов испытаний

Степень обязательности проведения различных видов испытаний на устойчивость к внешним механическим воздействиям железнодорожного оборудования по требованиям EEIG 97s066 и ОСТ 32.146 представлена в таблице 2.

Таблица 2

Вид испытаний. Метод испытания. Станормативные документарты	Классы по EEIG 97s066		Классы по ОСТ 32.146				
	На железнодорожном пути	Вне железнодорожного пути	МС1	МС2	МС3	МС4	МС5
Одиночный удар. Метод Ea. IEC 68.2.27 (ГОСТ 28213)	о	о				о	о
Многократные удары. Метод Eb. IEC 68.2.29 (ГОСТ 28215)	о	о			о	о	о
Вибрация широкополосная случайная (цифровое управление). Метод Fh IEC 68.2.64 (ГОСТ 51502)	о	о					
Многократный удар маятникового молота. Метод Ef. IEC 68.2.62	о						
Вибрация широкополосная случайная. Метод Fdc. IEC 68.2.37 (ГОСТ 28223)				о	о	о	о
Вибрация синусоидальная. Метод Fc. IEC 68.2.6 (ГОСТ 28203)			Допускается использовать взамен метода Fdc (при отсутствии испытательного оборудования)				

*Примечания:* 1. **О** – обязательность выполнения испытания. 2. Для классов по ОСТ 32.146 взяты испытания для устройств ЖАТ, находящихся на стадии установившегося (серийного) производства.

Анализ таблицы 2 позволяет сделать следующие выводы. Проверки на устойчивость к воздействию одиночных, многократных ударов и вибрации по европейским нормам должны проводиться для всех классов оборудования ЖАТ, в то время как по российскому стандарту полный набор испытаний применяется только для классов МС4, МС5 (устройства, монтируемые на рельсе).

### **Виды и нормы воздействий механических нагрузок**

В таблицах 3, 4, 5 представлены нормы для испытаний аппаратуры ЖАТ со стационарным размещением аппаратуры (постовое и напольное оборудование) на устойчивость к воздействию одиночных и многократных ударов, а также вибрации. Ниже, после представления норм по каждому виду испытания, дается краткий анализ отличий требований европейского и российского нормативных документов.

При испытаниях устройств ЖАТ на воздействие одиночных ударов (табл. 3) европейские требования превосходят российские. Во-первых, в европейском нормативном документе требования по устойчивости к одиночным ударам предъявляются ко всем классам аппаратуры ЖАТ, в российском ОСТ – только к устройствам, монтируемым на рельсе и только в вертикальном направлении воздействия. Во-вторых, амплитудные значения ускорений по европейскому нормативному документу превосходят значения ускорений для аналогичных классов по российскому.

**Таблица 3**

Параметр	Классы по EEIG 97s066				Классы по ОСТ 32.146-2000				
	На рельсе	На шпале	На балласте	Вне ж.-д. пути	МС1	МС2	МС3	МС4	МС5
Амплитудное значение ускорения $g$ , $m/c^2$	250	80	10	2	–	–	–	40/80*	100/200*
Число ударов на ось	24	24	24	24	–	–	–	20	20
Длительность импульса, мс	11	11	11	11	–	–	–	5...20	1...3



*Примечание.* Для особо ответственных изделий (отказ которых может привести к последствиям катастрофического характера) амплитудное значение ускорения удваивается.

### **Многократные удары**

Нормы испытательных воздействий при испытаниях на устойчивость к многократным ударам (табл. 4) по европейскому нормативному документу также оказываются более жесткими. Отличия условия испытаний по требованиям европейского нормативного документа и российского ОСТ следующие. Прежде всего амплитудные значения ускорений по европейскому нормативному документу для всех классов превосходят значения ускорений для аналогичных классов по российскому ОСТ в 3–16 раз. В отличие от европейского нормативного документа в российском ОСТ требования устойчивости к многократным ударам для постового оборудования не предъявляются (классы МС2 и МС1). Число ударов при испытаниях устройств ЖАТ на каждое направление воздействия ударов по российскому ОСТ больше, чем по европейским требованиям, в 1,5 раза.

**Таблица 4**

Параметр		Классы по EEIG 97s066				Классы по ОСТ 32.146-2000				
		на рельсе	на шпале	на балласте	вне ж.-д. пути	МС1	МС2	МС3	МС4	МС5
Амплитудное значение ускорения $g$ , м/с <sup>2</sup>	X (гор.)	250	80	10	2	–	–	3/6	10/20*	15/30
	Y (гор.)					–	–	3/6	10/20*	15/30
	Z (верт.)					–	–	3/6	15/30*	40/80
Число ударов на ось		4000	4000	4000	4000	–	–	–	6000	6000
Длительность импульса, мс		11	11	11	11	–	–	–	2–10	1–3

*Примечание.* \* Для особо ответственных изделий (отказ которых может привести к последствиям катастрофического характера) амплитудное значение ускорения удваивается.

### **Вибрация широкополосная случайная**

Нормы для испытаний устройств ЖАТ на устойчивость к вибрации представлены в таблице 5. Отличия требований при испытаниях на устойчивость к воздействию вибрации по европейскому и российскому нормативным документам следующие.

1. Метод испытаний по европейскому нормативному документу – “Испытания на воздействие случайной широкополосной вибрации с использованием цифровой системы управления испытаниями.” IEC 68.2.64. Метод Fh. (ГОСТ 51502-99).

Таблица 5

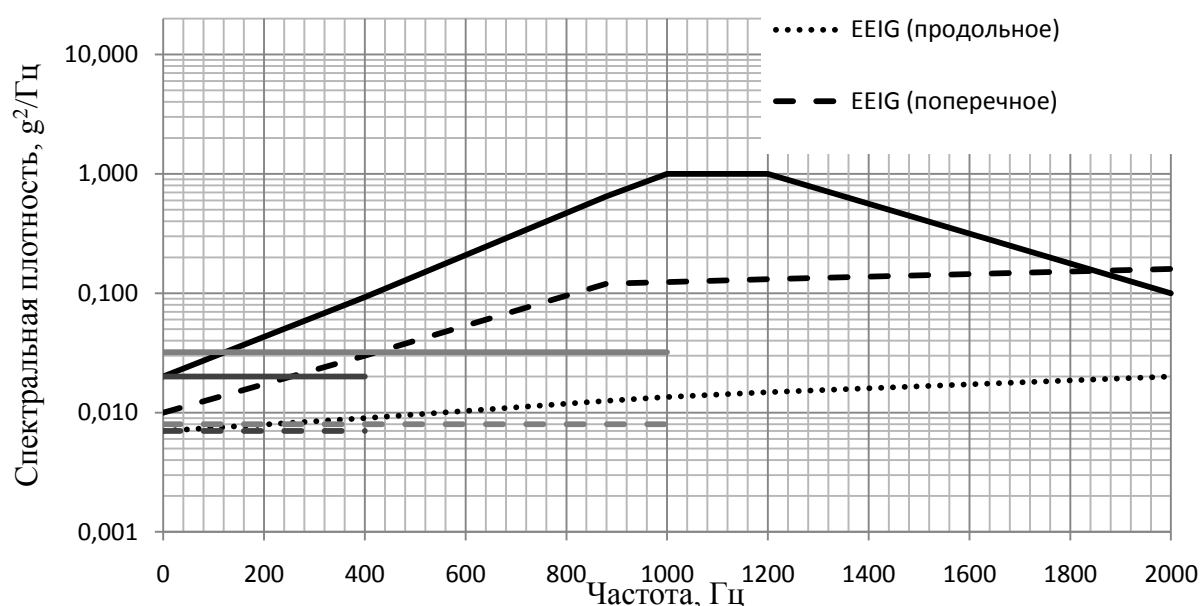
Параметр		Классы по EEIG 97s066				Классы по OCT 32.146-2000				
		На железнодорожном пути			Вне железно-дорожного пути	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5
		Рельс	Шпала	Балласт						
Метод испытаний		Метод Fh.(2) IEC 68.2.64 (ГОСТ 51502)				Метод Fdc. IEC 68.2.37 (ГОСТ 28223)				
Исследование отклика образца на вибрацию		Возбуждение случайной вибрацией				Возбуждение синусоидальной вибрацией				
Частотный диапазон, Гц		5...2000			5...2000	5...55	5...80	5...100	5...400	5...1000
Уровень спектральной плотности (СПУ)		Уникальный спектр для каждого класса и направления воздействия				Равномерный спектр в границах частотного диапазона				
Среднее квадратичное значение ускорения g, м/с <sup>2</sup>	поперечное	14,0	5,0	1,0	0,23	0,2/0,4	0,6/1,2	1,0/2,0	3,0/6,0	5/10
	продольное	5,0	9,0	1,0	0,23	0,2/0,4	0,6/1,2	1,0/2,0	3,0/6,0	5/10
	вертикальное	28,0	13,0	1,0	0,23	0,2/0,4	0,6/1,2	1,0/2,0	5,0/10	10/20
Время воздействия, мин		300			100	15 на каждой критической частоте				

Рекомендуемый российским ОСТ метод для испытаний серийных образцов – “Испытание Fdc. Широкополосная случайная вибрация. Низкая воспроизводимость.” ГОСТ 28223-89 (IEC 68-2-37). При отсутствии необходимого для испытаний по методу Fdc оборудования по российскому ОСТ допускается использовать испытание синусоидальной вибрацией – “Испытание Fc и руководство: вибрация (синусоидальная).” ГОСТ 28203-89 (IEC 68.2.6).

Реальность в сфере испытаний устройств ЖАТ на российских железных дорогах на сегодняшний день такова, что используется только метод испытаний синусоидальной вибрацией. Этому есть объективные причины. Основные из них – отсутствие аппаратуры для проведения испытаний на широкополосную случайную вибрацию и неоднозначность трактовки норм

проведения таких испытаний в ОСТ 32.146-2000. Однако для более адекватного воспроизведения реальных внешних механических воздействий испытания на широкополосную случайную вибрацию подходят больше, чем испытания на устойчивость к синусоидальной вибрации.

2. Нормы при испытаниях на воздействие широкополосной вибрации по европейским и российским нормативным документам отличаются почти по всем характеристикам, причем европейские нормы имеют более жесткие требования. В качестве примера на рисунке представлены уровни спектральной плотности (СПУ) для устройств ЖАТ, монтируемых на рельсе. Из рисунка видно, что частотный диапазон, среднее значение амплитудных значений ускорения, длительность воздействия вибрации по европейским нормам превышают аналогичные значения, установленные российским нормативным документом. Особо следует отметить то, что форма СПУ по европейскому нормативному документу для каждого направления воздействия вибрации имеет свои уникальные характеристики в отличие от требований российского стандарта, где используется равномерный спектр СПУ.



Спектры уровней СПУ для проведения испытаний Fh и Fd для устройств, монтируемых на рельсе, согласно EEIG 97s0665 и ОСТ 32.146

## Выводы

С учётом перспективы развития высокоскоростного железнодорожного движения в России разработчикам аппаратуры железнодорожной автоматики и телемеханики следует уделять особое внимание вопросам устойчивости к внешним механическим воздействиям. Переход к более вы-

соким скоростям движения железнодорожного транспорта в России требует обновления норм по устойчивости к воздействию механических нагрузок. Это согласуется с опытом эксплуатации ВСМ в европейских странах.

### **Библиографический список**

1. **Технический** регламент (проект). «О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта».
2. **ОСТ 32.146-2000**. Аппаратура железнодорожной автоматики, телемеханики и связи. Общие технические условия.
3. **ERTMS/ETCS**. Environmental requirements. Reference EEIG 97s066.

### **УДК 656.25**

**В. А. Шатохин**, канд. техн. наук

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ**

С 2000 года в Центре компьютерных железнодорожных технологий (ЦКЖТ) кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» Петербургского университета путей сообщения проводятся научно-исследовательские работы в направлении совершенствования электропитающих устройств микропроцессорных комплексов железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ).

В 2002 году централизованной системой бесперебойного питания (СБП) разработки ЦКЖТ был оборудован Центр диспетчерского управления (ЦДУ) Петербургского метрополитена. В 2004 году были приняты в эксплуатацию на железнодорожном узле Санкт-Петербург-Московский-Сортировочный Октябрьской железной дороги устройства электропитания микропроцессорного комплекса (УЭП-МПК) пятого парка, а затем комплекс был дополнен устройствами электропитания второго парка (2005) и парка Обухово (2006).

Комплекс из трех парков с системой бесперебойного питания на основе моноблочных устройств бесперебойного питания (УБП) в 2007 году был принят в промышленную эксплуатацию и рекомендован к тиражированию. В настоящее время данная система широко тиражируется на магистральном транспорте ОАО РЖД.

В 2006 году УЭП-МПК была интегрирована с микропроцессорной централизацией МПЦ-МЗ-Ф на элементной базе фирмы «Сименс» и включена в эксплуатацию на Юго-Восточной железной дороге. В 2008 году на Красноярской железной дороге были внедрены устройства электропитания микропроцессорных комплексов на основе шины постоянного тока (УЭП-МПК-ШПТ). В 2009 году УЭП-МПК-ШПТ были адаптированы для станций «Девяткино» и «Удельная» Петербургского метрополитена с учетом специфики работы в метрополитене (УЭП-МПК-ШПТ-М). Данная система может быть с успехом применена для любой электрической централизации (ЭЦ): релейной, релейно-процессорной, микропроцессорной. При этом можно достаточно экономично и компактно организовать электропитание и комплексной автоматизированной системы диспетчерского управления (КАСДУ), и электрической централизации, и прочего оборудования от одной и той же установки.

Обобщенная структурная схема СБП на основе шины постоянного тока (ШПТ) приведена на рисунке 1. СБП ШПТ по сравнению с СБП на основе моноблочных УБП имеет следующие преимущества:

- масштабируемость, то есть увеличения мощности при изменении потребления нагрузкой;
- унифицируемость, так как её открытая архитектура позволяет использовать компоненты разных производителей и разработчиков и однотипность оборудования для разных категорий станций;
- осуществление перехода от регламентного технического обслуживания к техническому обслуживанию по состоянию с возможностью автоматической (горячей) замены блоков;
- высокая живучесть за счет уменьшения напряжения (количества) аккумуляторных батарей (АКБ) и трансформации последовательного включения аккумуляторов в последовательно-параллельную;
- при резервировании переход от дублирования к технологии N+1, заключающейся в параллельном включении нескольких элементов (АКБ, выпрямителей, инверторов, конверторов) с избыточностью на один элемент по сравнению с расчетными значениями, что позволяет уменьшить нагрузку на сеть внешнего энергоснабжения и снизить проектную мощность резервной дизельной электростанции;
- построение системы питания с несколькими параллельно работающими входами без предварительной коммутации фидеров автоматом ввода резерва (АВР) и, как следствие, низкий уровень генерируемых коммутационных помех;
- построение системы питания с неодинаковыми фидерами (одно-, двух-, трех- и многофазными) с равномерной загрузкой последних.

Принцип работы СБП ШПТ заключается в следующем. Одно-, двух- или трехфазное входное напряжение равномерно распределяется между

всеми выпрямителями. Выходы выпрямителей объединяются ШПТ. Инверторы питаются от ШПТ через элементы токовой защиты. Контроль и управление осуществляет контроллер, основными функциями которого является равномерное распределение мощности между резервируемыми элементами и обеспечение диагностики и мониторинга работы системы. При отказе контроллера система питания способна работать самостоятельно длительное время, обеспечивая нагрузку необходимым питанием, а также заряжать батарею. Сигнализация состояния системы может выдаваться различными интерфейсами, а также безпотенциальными «сухими» контактами.

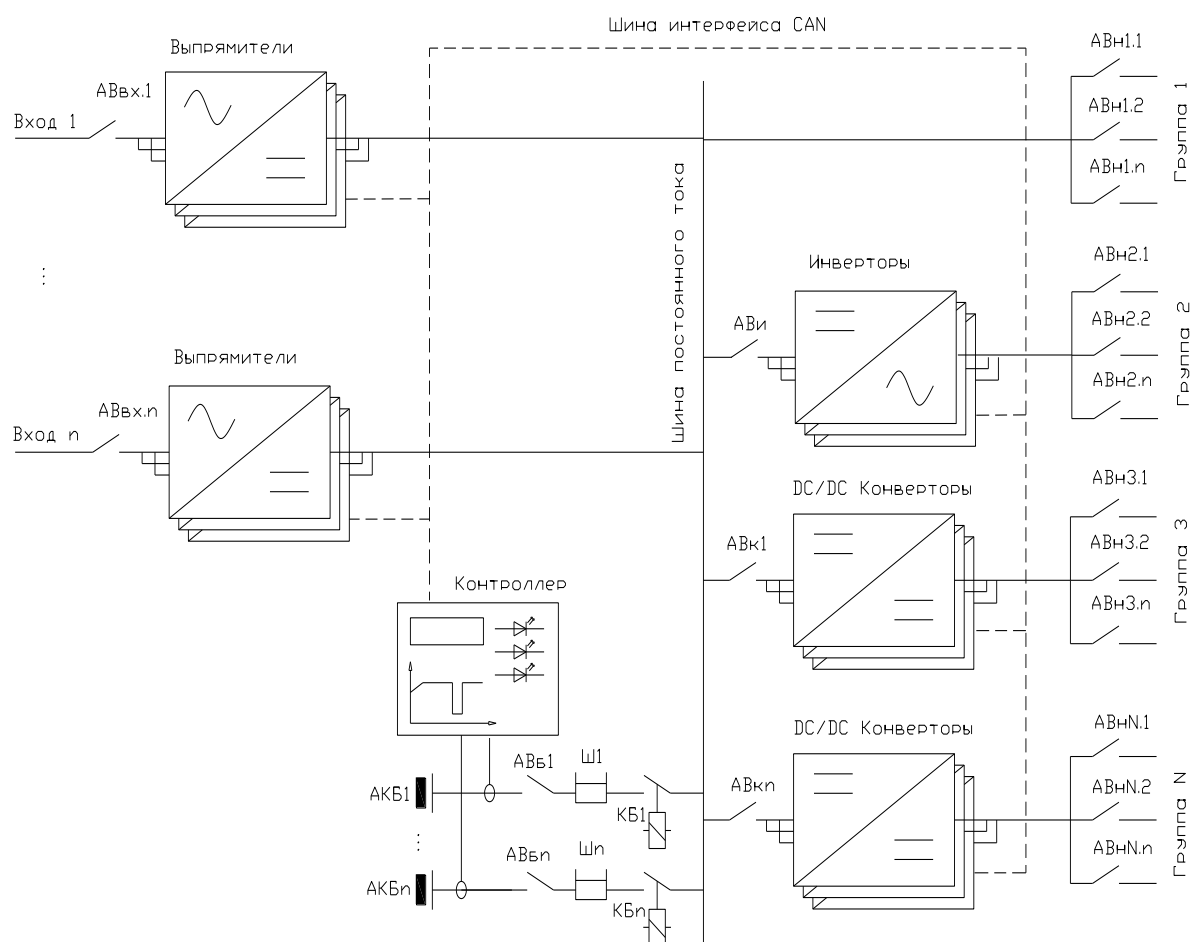


Рис. 1

В УЭП-МПК-ШПТ на автоматизированное рабочее место дежурного по станции (АРМ ДСП) передается обобщенный сигнал «Авария питающей установки», а детализированные сигналы, необходимые для поиска и устранения повреждения, отображаются на мнемосхеме рабочего места

дежурного электромеханика (АРМ ШН). Устройство выполнено по архитектуре N+1. Все блоки и аккумуляторные линейки меняются в «горячем» режиме. Кроме того, значительно снижены его вес и габариты за счет отказа от трансформаторов, работающих на частоте 50 Гц, а также применения преобразователей и конверторов с гальванической развязкой на высокочастотных трансформаторах.

Структура устройства электропитания, адаптированного для метрополитена, приведена на рисунке 2. По архитектуре построения УЭП-МПК-ШПТ-М имеет сквозную изоляцию от земли от фидеров до питаемого оборудования, что немаловажно для устройств СЦБ. Это необходимо для того, чтобы при одиночном отказе устройства не нарушалось функционирование нагрузки. При сообщении с землей одного полюса гальваноизолированного питания происходит трансформация в сеть питания с заземленным полюсом. При этом оборудование продолжает работать, а обслуживающему персоналу выдается сигнал неисправности.

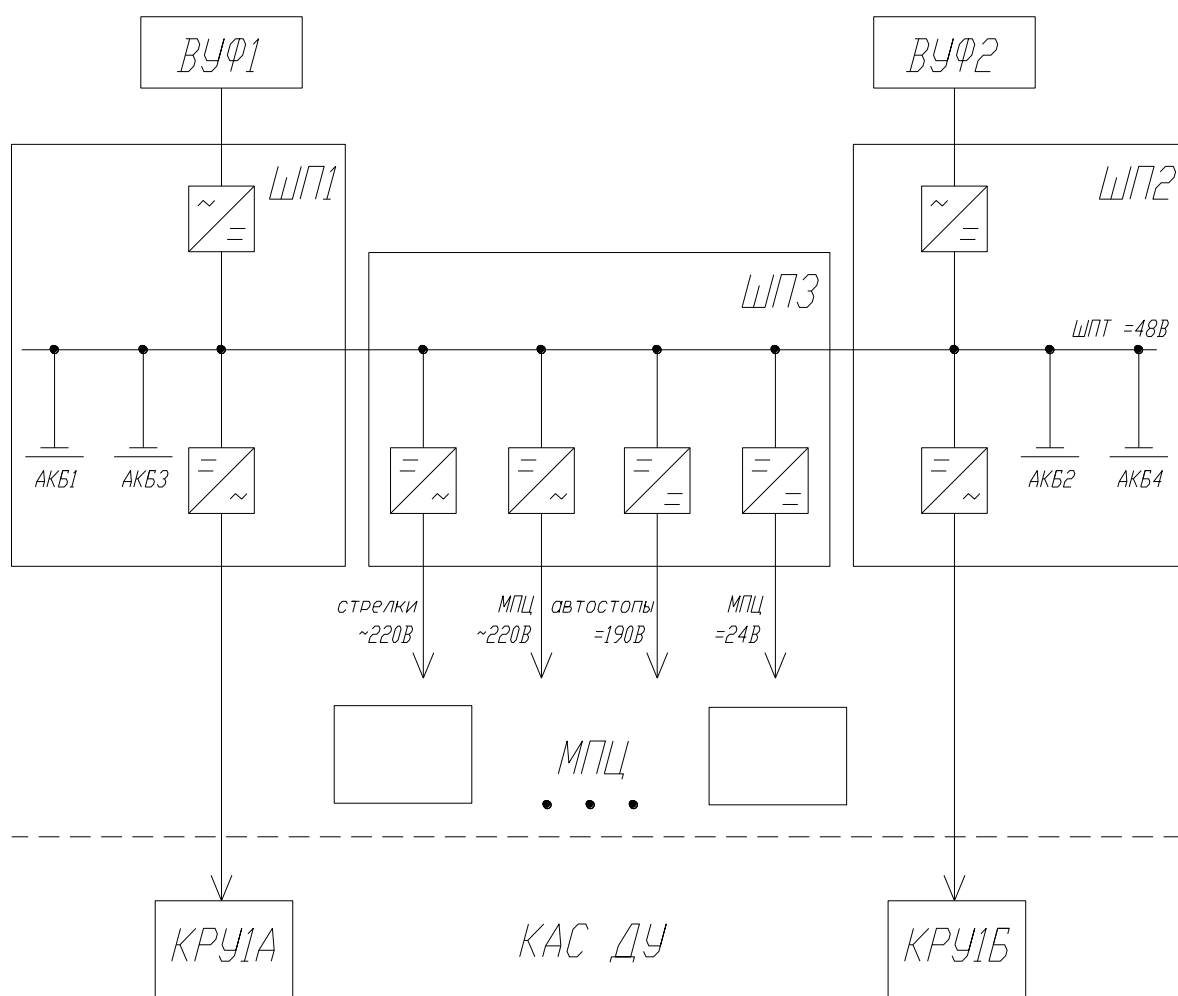


Рис. 2

В глухозаземленной системе при первом замыкании на землю фазного провода срабатывает токовая защита и оборудование нагрузки обесточивается. Во всех ответственных электроустановках (в медицинских, на атомных станциях, на судах) применяется изолированное от земли электропитание. Кроме того, что немаловажно для метрополитена, глухозаземленные сети питания являются более пожароопасными по сравнению с изолированными от земли сетями.

Для электропитания средств вычислительной техники, использующих в своем составе импульсные источники питания с симметричными фильтрами по входу, больше подходит симметрично изолированная от земли сеть электропитания, а питание компьютерной техники глухозаземленным напряжением ухудшает ее помехоустойчивость.

Важным аспектом применения СБП является проблема обеспечения функциональной безопасности. Суть проблемы состоит в том, что при любых отказах аппаратно-программных средств данного УБП, оно не должно допускать превышения выходного напряжения и генерировать частоты, совпадающие с рабочими частотами рельсовых цепей, цепей кодирования, цепей АЛС-АРС и функциональных преобразователей управления стрелок и сигналов ЭЦ. По своей сути УБП является мощным программно управляемым генератором. При превышении напряжения на выходе УБП выше 280 В (вследствие отказа его элементов или сбоя программного обеспечения) может не выполняться шунтовой режим рельсовой цепи, что является опасным отказом. При генерации частот, совпадающих с рабочими частотами рельсовых цепей и цепей кодирования, возможно включение путевого приемника от этих паразитных частот в обход рельсовой цепи, а это тоже опасный отказ.

В рамках научно-исследовательских работ ЦКЖТ проводил исследование соответствия требованиям функциональной безопасности различных типов УБП и инверторов различных производителей для ОАО РЖД. В результате этих исследований были выработаны рекомендации, на основании которых в настоящее время построены все установки бесперебойного питания на ОАО РЖД. Однако из-за разобщенности с магистральным транспортом метрополитены этим серьезным вопросам до сих пор не уделяют должного внимания и применяют для электропитания ЖАТ непроверенные УБП.

В установках электропитания разработки ЦКЖТ используется только качественные компоненты, прошедшие испытания на функциональную безопасность и электромагнитную совместимость, что выгодно отличает их от аналогичных средств других разработчиков.



**П. Е. Булавский, канд. техн. наук  
С. Б. Мухамедходжаев**

## **ЗАДАЧИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА В ХОЗЯЙСТВЕ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ**

Одна из главных проблем российских предприятий, в том числе и ОАО РЖД, – отсутствие единой системы электронного документооборота. Вследствие этого происходит необоснованное увеличение штата, возникает проблема с версиями документов, имеет место трудоёмкий контроль за исполнением того или иного поручения, увеличиваются сроки поиска информации в архивах [1].

Все присутствующие на российском рынке системы управления документами можно разделить на несколько классификационных групп, каждая из которых ориентирована на решение специфических задач и занимает свою нишу в рамках организации документооборота. Их отличия обусловлены способами реализации задач делопроизводства, что объясняется особенностями используемых концепций и моделей процессов, положенных в основу разработок.

Приблизительные оценки показывают, что в настоящее время только около 30% всей корпоративной информации хранится в электронном виде в соответствующих базах данных. Вся остальная информация (примерно 70%) хранится на бумаге, что обуславливает немалые трудности при ее поиске. Тем не менее это соотношение постепенно меняется в пользу электронной формы хранения, в частности благодаря развитию электронных архивов.

Под термином «электронный документ» в рассматриваемом контексте обычно понимается текстовый файл, документ MS Word, электронная таблица MS Excel, графический файл, несколько взаимосвязанных файлов разных форматов – так называемый составной документ – и др. [2].

В настоящее время существует немало подходов к решению проблем управления электронным документооборотом. Кроме так называемых универсальных систем электронного документооборота (EDMS), решить задачу управления документами можно при помощи следующих основных видов программных средств: систем групповой работы (Lotus, Novell GroupWise и MS Exchange); систем управления особыми видами документов (в частности, PDM-систем); специальных модулей управления документооборотом в составе корпоративных информационных систем для предприятий (SAP R/3, Baan и др.) [3].

Основная масса внедренных на территории России продуктов написана нашими соотечественниками на основе иностранных платформ. Таблица 1 демонстрирует общую ситуацию на рынке систем электронного документооборота (СЭД) в России [4].

**Таблица 1**

**Процентное отношение внедренных СЭД в РФ**

Название системы	Доля на рынке, %	Название системы	Доля на рынке, %
Евфрат	6	Directum	3
Босс-референт	6	Documentum	4
DIS	3	Эффект-офис	2
Optima	9	NauDoc	2
Landocs	2	Ган-док	3
Дело	50	Кодекс: Документооборот	4
Company& Office Media	2	Остальные	4

Можно выделить следующие основные моменты, на которые опираются разработчики систем электронного документооборота:

- практическая неограниченность размера электронного архива;
- встроенная поддержка полнотекстовой индексации;
- поддержка версий и подверсий документов;
- возможность хранения документов в архиве в исходном формате;
- защищенность данных;
- возможность ведения журналов действий пользователей.

Сравнение систем электронного документооборота на уровне разработок конструкторской и технологической документации показано в таблице 2.

Известные СЭД в соответствии с [5] подразделяются на:

- отечественные;
- зарубежные;
- отечественные, выполненные на платформе Lotus/Domino.

«Происхождение» СЭД отражается на их потребительских свойствах и ставит потребителя перед осмысленным выбором.

Таблица 2

## Характеристики систем электронного документооборота

Наименование систем электронного документооборота	Что представляет собой обрабатываемый «электронный документ» в СЭД	Что выступает в качестве хранилища документов	Что выступает в качестве хранилища шаблонов документов	Что выступает в качестве хранилища архивных документов	Наличие механизмов автоматического архивирования	Используемые ЭЦП
ЛОЦМАН	Файл+текстовые поля на карточке+дополнительные атрибуты	СУБД Oracle или MS SQL Server	Не обозначено хранилища шаблонов документов	Та же	(+)	(+) Нет данных
SERCH	Файл любого расширения	СУБД MS SQL Server и/или Inter-Base	Та же СУБД MS SQL Server и/или файловые каталоги	Та же Oracle 9i	(+)	(+) Встраиваемая опция
LOTUS	Файл любого расширения	СУБД MS SQL Server, Oracle 9i, IBM DB2 DataBase	Системная библиотека шаблонов	БД 1C:Архив MS SQL Server и/или файловые каталоги	(+)	(+) Crypto-PRO

По признаку титульной функциональности можно выделить следующие классы СЭД:

- OCR & Production System. Средства и системы для создания электронных документов и электронных аналогов бумажных документов;
- регистрационные (картотечные) системы. Реализуют основные учетные функции и автоматизируют процессы регистрации документов и событий в их жизненном цикле;
- системы автоматизации групповой работы с корпоративными хранилищами информации (groupware);

- системы управления электронными архивами документов;
- системы извлечения знаний из архивов документов и других источников корпоративной информации (knowledge management);
- системы управления деловыми процессами обработки документов и деятельностью персонала, привлекаемого к этой обработке (workflow);
- системы управления устройствами для хранения информации (storage management system).

Достоинством данной классификации является ее информативность.

Объектами классификации могут быть не только целостные СЭД. Можно классифицировать функциональность систем и их компоненты.

Данная классификация включает в себя 86(!) типов функциональных компонентов, собранных в 17 групп. Эта классификация весьма подробна, поэтому мы не можем воспроизвести ее. Достоинство этой классификации – продуктивность.

Внедрение электронного документооборота является одной из важнейших задач программы технического и технологического перевооружения хозяйства автоматики и телемеханики ОАО РЖД. В хозяйстве автоматики и телемеханики хранятся большие объемы технической документации на бумажных носителях. Объем этой документации, выраженный в листах формата А4, может достигать 250 тыс. экз. на одно линейное предприятие.

Сама существующая технология, основанная на хранении бумажных экземпляров технической документации (ТД), имеет ряд недостатков по сравнению с электронным вариантом [1].

Экономическая эффективность технологий электронного документооборота весьма высока. Широкое внедрение этих технологий избавляет сотрудников от выполнения большого количества рутинных операций, повышает скорость передачи и обработки информации, эффективность обработки и анализа ТД дает возможность осуществлять комплексный контроль качества технической документации, тем самым увеличивая производительность труда в ходе пусконаладочных работ и в процессе эксплуатации.

Электронный документооборот технической документации ОАО РЖД должен базироваться на новых принципах формирования, передачи и обработки технических документов. Основные задачи электронного документооборота изложены в [6].

Система поддержки принятия решений на основе электронного документооборота на базе автоматизированных рабочих мест ведения (ТД), проектирования (ТД) и организации электронного документооборота (АРМ-ОДА) является важнейшей интегрирующей частью автоматизированной системы управления хозяйством сигнализации, связи и вычислительной техники и в значительной степени определяет эффективность этой системы в целом.

К факторам, влияющим на экономическую эффективность внедрения системы поддержки принятия решений на основе ЭД, можно отнести: повышение производительности труда всех пользователей СЭД, занимающихся проектированием, содержанием и обработкой (съемом информации) технической документации за счет преимуществ электронной технологии; сокращение эксплуатационных расходов на содержание и пересылку технической документации; повышение эффективности функционирования систем (АТК УДП); повышение эффективности и уровня интеграции информационно-управляющих систем хозяйства сигнализации, связи и вычислительной техники с другими системами управления ОАО РЖД.

### **Библиографический список**

1. **Эффективный** документооборот: от традиционного к электронному / М. П. Бобылева. – М. : Московский энергетический институт, 2004. – 172 с.
2. **Электронные** системы управления документооборотом : учеб. пособие / Г. Н. Смирнова. – М. : Московский международный институт эконометрики, информатики, финансов и права, 2003. – 168 с.
3. **Сравнительные** характеристики систем электронного документооборота для промышленных предприятий города Омска / Н. С. Иванова // Математические структуры и моделирование. – 2008. – № 18. – С. 116–125.
4. **Рынок ПО** : Обзор систем электронного документооборота / А. Пахчанян, Д. Романов // C-News-2002.
5. <http://cnews.ru/newcom/index.shtml?2002/05/17/140012>.
6. **Принципы** организации электронного документооборота технической документации / М. Н. Василенко, Б. П. Денисов, П. Е. Булавский, Д. В. Седых // Транспорт Российской Федерации. – 2006. – №7. – С. 31–35.

**УДК 656.25**

**Т. А. Белишкина, канд. техн. наук**

**О. А. Абрамов**

### **ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ И УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ**

В последние три года наметилась положительная тенденция снижения числа отказов устройств ЖАТ. В соответствии с данными Департамента автоматики и телемеханики ОАО РЖД [1], [2], [3] общее количество нарушений нормальной работы устройств СЦБ в 2007–2009 годах по сети

железных дорог снизилось с 39 852 случаев (в конце 2006 г.) до 33 628 случаев (в конце 2009 г.).

Если рассматривать динамику отказов устройств СЦБ по элементам за период с 2005 по 2009 год, можно сделать вывод о том, что каждый год распределение отказов среди технических средств остается практически неизменным. Наибольшее количество отказов приходится на монтаж статов и релейных шкафов, отказы аппаратуры СЦБ и отказы элементов рельсовых цепей.

По-прежнему основное количество отказов устройств СЦБ приходится на системы ЭЦ (55,5%) и на устройства АБ (40,4%). Распределение отказов по системам СЦБ приведено на рисунке 1.

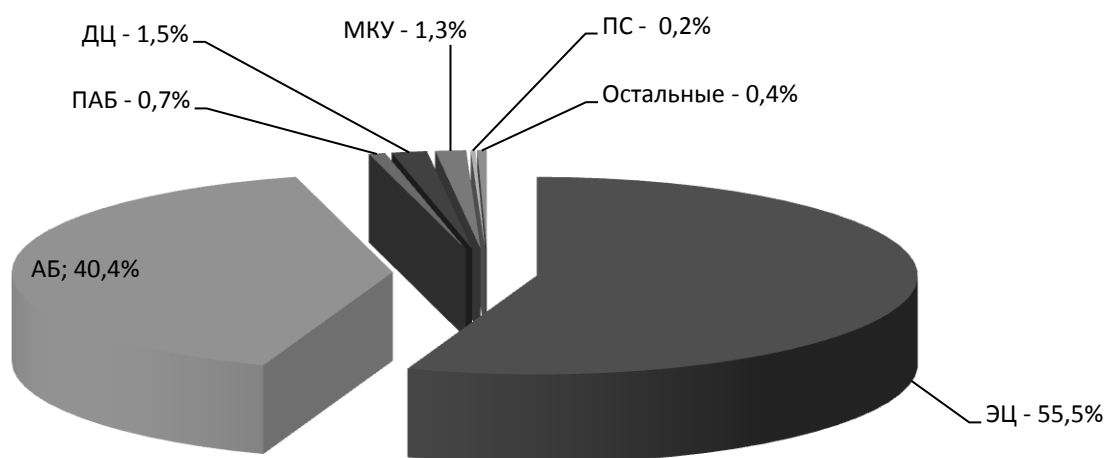


Рис. 1. Распределение количества отказов систем СЦБ

На основании полученной статистической информации [1], [2], [3] и данных по оснащённости были произведены расчеты показателей надежности устройств и систем ЖАТ. С учетом ранее полученных результатов [4] удалось проследить динамику изменения уровня надежности технических средств за последние 18 лет.

Результаты расчетов приведены в таблице 1 и отображены на диаграмме (рис. 2), по которой можно судить:

- о реальных уровнях надежности различных технических средств ЖАТ;
- о характере изменения уровней надежности за временные промежутки (улучшение/ухудшение);
- о взаимном “расположении” уровней относительно друг друга.

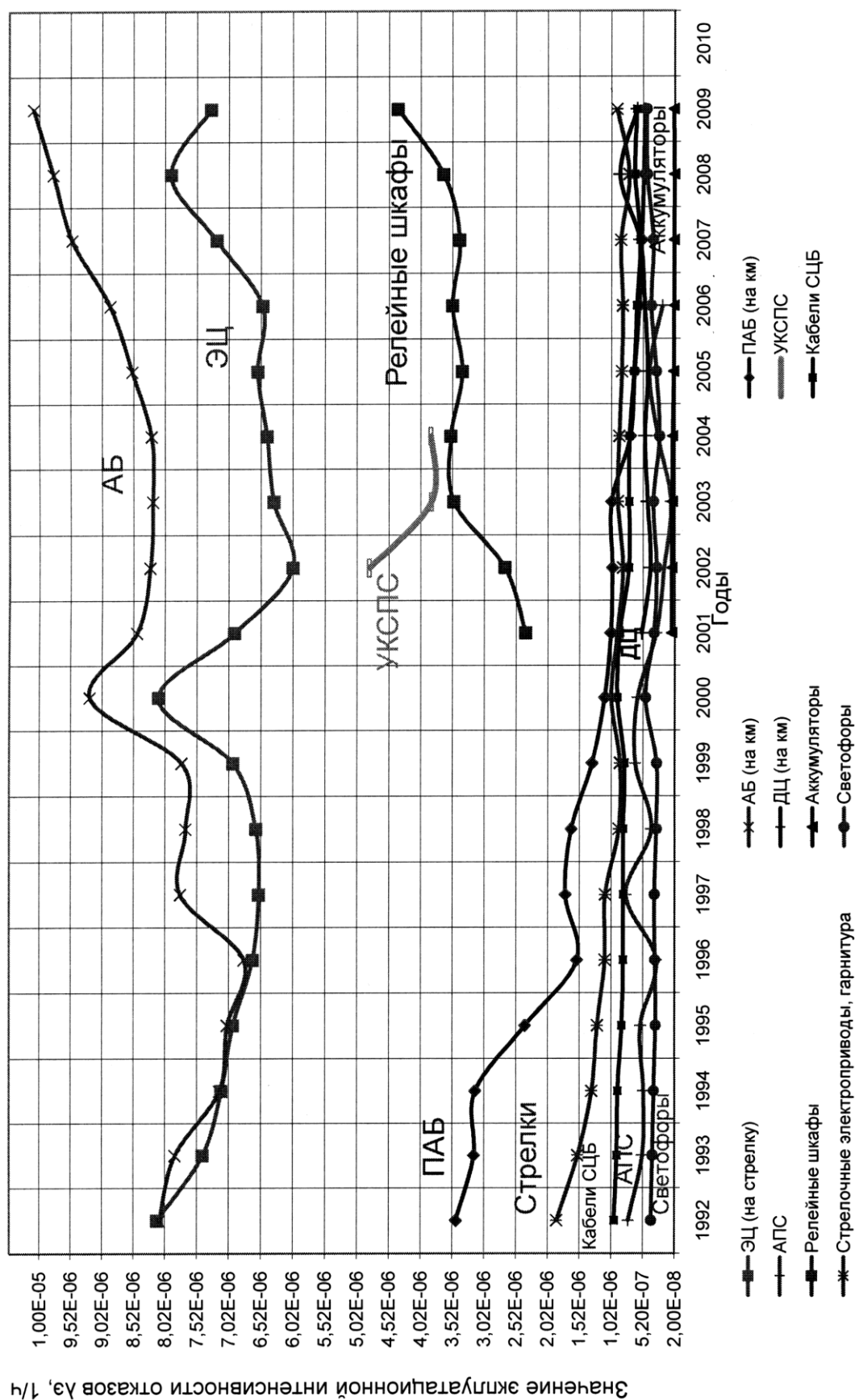


Рис. 2. График изменения интенсивностей отказов технических средств ЖАТ за период 1992 – 2009 гг.

Таблица 1

**Средние значения эксплуатационной интенсивности  
отказов устройств и систем ЖАТ за период 1992–2009 гг.**

Вид технического средства ЖАТ	Среднее значение интенсивности отказов $\lambda_o$
ЭЦ, 1/ч на стрелку	$6,99 \cdot 10^{-6}$
ЭЦ, 1/ч на станцию	$1,73 \cdot 10^{-4}$
АБ, 1/ч на км	$8,31 \cdot 10^{-6}$
ПАБ, 1/ч на км	$1,45 \cdot 10^{-6}$
АЛС, 1/ч на км	$7,51 \cdot 10^{-5}$
АПС, 1/ч	$4,40 \cdot 10^{-7}$
ДЦ, 1/ч на км	$5,44 \cdot 10^{-7}$
УКСПС, 1/ч	$4,18 \cdot 10^{-6}$
САУТ, 1/ч	$6,99 \cdot 10^{-5}$
Релейные шкафы, 1/ч	$3,39 \cdot 10^{-6}$
Аккумуляторы, 1/ч	$4,88 \cdot 10^{-8}$
Кабели СЦБ, 1/ч	$7,83 \cdot 10^{-7}$
Стрелочные электроприводы, гарнитура, 1/ч	$1,05 \cdot 10^{-6}$
Светофоры, 1/ч	$3,58 \cdot 10^{-7}$

С началом активного внедрения на сети железных дорог России релейно-процессорных и микропроцессорных централизаций (в дальнейшем РПЦ и МПЦ соответственно) в последние годы появилась возможность получать статистические данные об отказах этих типов станционных систем, что в свою очередь позволило проанализировать их уровень надежности.

Согласно [3], всего по сети железных дорог в 2009 году на станциях, оборудованных МПЦ, произошло 244 отказа против 248 в 2008 году (включая традиционные устройства СЦБ – стрелка, светофор, рельсовая цепь и т. д.), т. е. уменьшение на 1,6 %. На станциях, оборудованных системами РПЦ, – 133 отказа, против 154 в 2008 году (включая традиционные устройства СЦБ), т. е. уменьшение на 16,5 %.

Полученные данные позволили произвести обработку полученной статистической информации и выполнить расчет эксплуатационной интенсивности отказов систем МПЦ и РПЦ. Результаты расчетов приведены в таблице 2 и отображены на диаграмме (рис. 3), из которой видно, что среди систем РПЦ меньше всего отказов приходится на РПЦ на базе ТУМС, а среди систем МПЦ – на систему ЭЦ-ЕМ. Кроме этого, из диаграммы видно соответствие эксплуатационной интенсивности отказов между системами РПЦ и МПЦ.



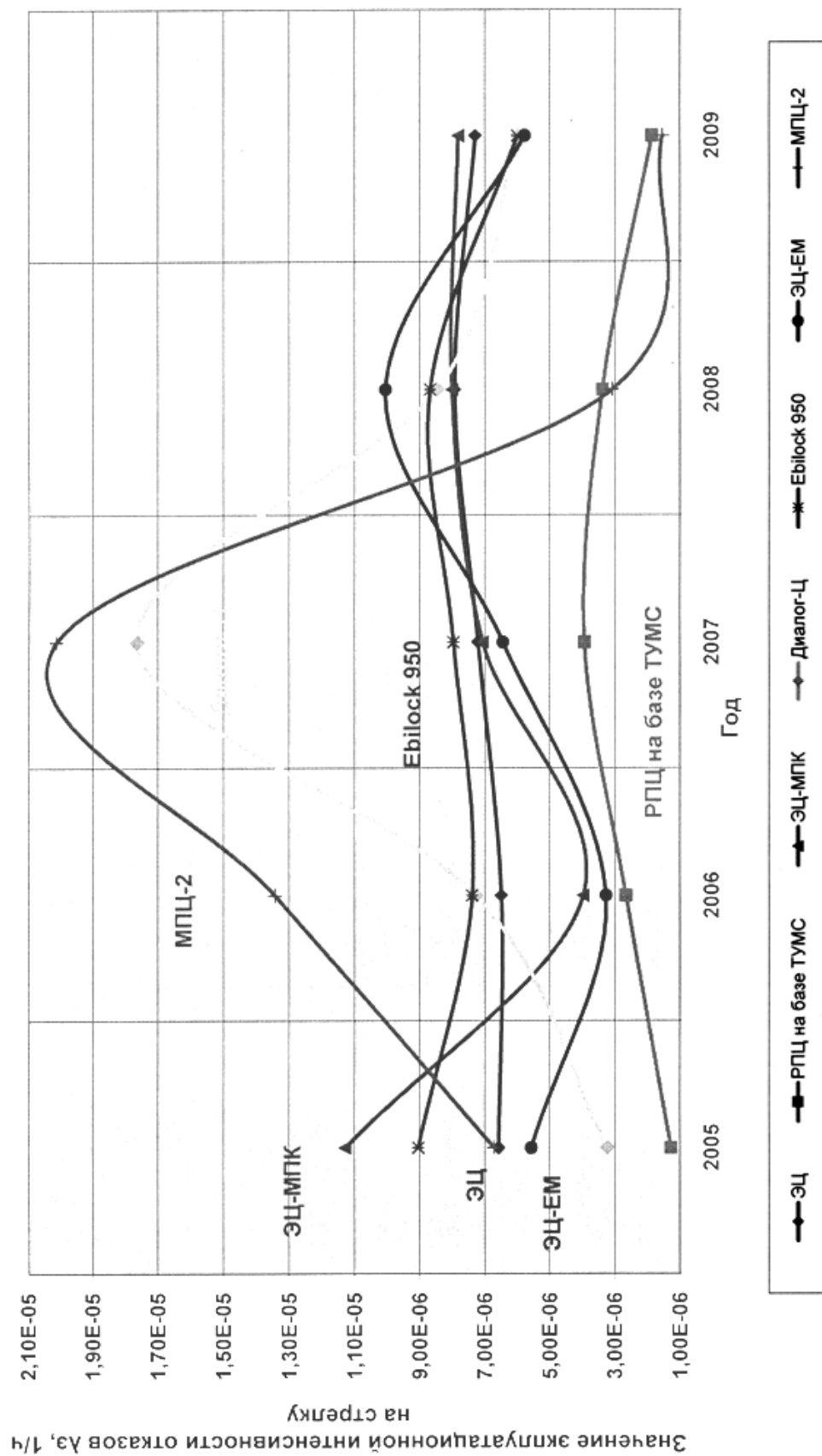


Рис. 3. Распределение эксплуатационной интенсивности отказов ЭЦ, РПЦ и МПК

Таблица 2

**Значения эксплуатационной интенсивности  
отказов систем ЭЦ, РПЦ и МПЦ за период 2005–2009 гг.**

Год	ЭЦ	РПЦ				МПЦ			
		РПЦ на базе ТУМС	ЭЦ- МПК	Диалог- Ц	Сред- нее по РПЦ	Ebilock- 950	ЭЦ- ЕМ	МПЦ- 2	Среднее по МПЦ
		1/ч на стрелку							
2005	$6,57 \cdot 10^{-6}$	$1,28 \cdot 10^{-6}$	$1,13 \cdot 10^{-5}$	$3,22 \cdot 10^{-6}$	$5,27 \cdot 10^{-6}$	$9,05 \cdot 10^{-6}$	$5,57 \cdot 10^{-6}$	$6,72 \cdot 10^{-6}$	$7,11 \cdot 10^{-6}$
2006	$6,49 \cdot 10^{-6}$	$2,66 \cdot 10^{-6}$	$3,97 \cdot 10^{-6}$	$7,29 \cdot 10^{-6}$	$4,64 \cdot 10^{-6}$	$7,39 \cdot 10^{-6}$	$3,28 \cdot 10^{-6}$	$1,34 \cdot 10^{-5}$	$8,03 \cdot 10^{-6}$
2007	$7,21 \cdot 10^{-6}$	$3,94 \cdot 10^{-6}$	$7,06 \cdot 10^{-6}$	$1,76 \cdot 10^{-5}$	$9,55 \cdot 10^{-6}$	$7,97 \cdot 10^{-6}$	$6,45 \cdot 10^{-6}$	$2,01 \cdot 10^{-5}$	$1,15 \cdot 10^{-5}$
2008	$7,93 \cdot 10^{-6}$	$3,38 \cdot 10^{-6}$	$8,01 \cdot 10^{-6}$	$8,47 \cdot 10^{-6}$	$6,62 \cdot 10^{-6}$	$8,69 \cdot 10^{-6}$	$1,01 \cdot 10^{-5}$	$3,09 \cdot 10^{-6}$	$7,28 \cdot 10^{-6}$
2009	$7,30 \cdot 10^{-6}$	$1,86 \cdot 10^{-6}$	$7,83 \cdot 10^{-6}$	$6,00 \cdot 10^{-6}$	$5,23 \cdot 10^{-6}$	$6,01 \cdot 10^{-6}$	$5,78 \cdot 10^{-6}$	$1,54 \cdot 10^{-6}$	$4,44 \cdot 10^{-6}$
Сред нее зна- чение $\lambda_3$	$7,10 \cdot 10^{-6}$	$2,62 \cdot 10^{-6}$	$7,63 \cdot 10^{-6}$	$8,52 \cdot 10^{-6}$	$6,26 \cdot 10^{-6}$	$7,82 \cdot 10^{-6}$	$6,23 \cdot 10^{-6}$	$8,98 \cdot 10^{-6}$	$7,68 \cdot 10^{-6}$

Среднесетевое значение эксплуатационной интенсивности отказов  $\lambda$  за несколько лет для систем РПЦ составило  $6,26 \cdot 10^{-6}$  1/ч на стрелку, а для систем МПЦ  $7,68 \cdot 10^{-6}$  1/ч на стрелку, из чего следует, что на данный момент системы РПЦ являются более надежными, чем системы МПЦ.

На рисунке 3 приведен график изменения интенсивности отказов для релейных систем ЭЦ, среднесетевое значение которой составляет  $7,10 \cdot 10^{-6}$  1/ч на стрелку. Полученное значение говорит о том, что уровень надежности релейных ЭЦ выше уровня надежности МПЦ и несколько ниже уровня РПЦ.

Произведем сравнение полученных реальных значений эксплуатационной интенсивности отказов систем ЭЦ, РПЦ и МПЦ с существующими требованиями по надежности. В настоящее время в отрасли все требования к устройствам железнодорожной автоматики и телемеханики, в том числе по надежности, установлены в нормативном документе ОСТ 32.146 [4]. В соответствии с данным документом для систем и устройств ЖАТ преду-

смотрено три класса безотказности, каждый из которых определяется классификационным признаком – средней наработкой на отказ  $T_{\text{ср}}$ . Так, классу безотказности Н1 соответствует наработка  $T_{\text{ср}} \leq 10000$  часов ( $\lambda \geq 10^{-4}$  1/ч), классу Н2 –  $T_{\text{ср}} = 10000 \dots 40000$  часов ( $\lambda = 2,5 \cdot 10^{-5} \dots 10^{-4}$  1/ч), классу Н3 –  $T_{\text{ср}} \geq 40000$  ( $\lambda \leq 2,5 \cdot 10^{-5}$  1/ч). Класс безотказности выбирается в зависимости от последствий отказов: Н1 – для изделий, не относящихся к классу особо ответственных, отказ которых не приводит к последствиям катастрофического характера; Н2 – для изделий, не относящихся к классу особо ответственных, отказ которых может привести к последствиям катастрофического характера; Н3 – для особо ответственных изделий.

Анализ данных таблицы 2 показывает, что средняя наработка на отказ систем ЭЦ, РПЦ и МПЦ значительно выше 40 000 часов, что доказывает соответствие данных технических средств самому высокому классу безотказности.

По сравнению с другими системами самой стабильной во времени характеристикой надежности обладают релейные системы ЭЦ (рис. 3). Это объясняется тем, что в традиционных системах ЭЦ используются уже отлаженные технические решения, которые устойчиво работают в течение всего периода эксплуатации, в то время как в новых системах (РПЦ и МПЦ) технические решения могут находиться на стадии совершенствования и доработок.

Результаты расчетов можно использовать при определении нормативных значений для вновь разрабатываемых систем РПЦ и МПЦ. При этом целесообразно учитывать принцип GAMAB (Globalement Au Moins Aussi Bon), установленный в стандарте EN 50126 [5]: «Степень риска при использовании любой новой системы транспортного управления не должна превышать степени риска при использовании уже существующих систем аналогичного назначения».

## Библиографический список

1. **Анализ** состояния безопасности движения поездов в хозяйстве сигнализации и связи и надежности работы устройств ЖАТ на сети железных дорог за 2007 год / Департамент автоматики и телемеханики ОАО РЖД. – М., 2007.
2. **Анализ** состояния безопасности движения поездов в хозяйстве сигнализации и связи и надежности работы устройств ЖАТ на сети железных дорог за 2008 год / Департамент автоматики и телемеханики ОАО РЖД. – М., 2008.
3. **Анализ** состояния безопасности движения поездов в хозяйстве сигнализации и связи и надежности работы устройств ЖАТ на сети железных дорог за 2009 год / Департамент автоматики и телемеханики ОАО РЖД. – М., 2009.
4. **ОСТ 32.146-2000**. Аппаратура железнодорожной автоматики, телемеханики и связи. Общие технические условия.
5. **EN 50126** Railway Applications – The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS), CENELEC.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕНТИЛЬНЫХ КОНТРОЛЬНЫХ ЦЕПЕЙ В МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ

Одной из важнейших задач, решаемых разработчиками при создании новых микропроцессорных систем централизации стрелок и сигналов (МПЦ), является контроль положения стрелок. При этом остается актуальным применение для этих целей вентильных контрольных цепей, так как на сегодняшний день вентильная контрольная цепь является единственным вариантом двухпроводной контрольной цепи, не требующим размещения электронных устройств за пределами поста централизации.

Бесконтактное сопряжение вентильной контрольной цепи с вычислительными средствами МПЦ достаточно просто реализуется путем использования электронных схем преобразования с несимметричным отказом в силу их естественной чувствительности к полярности входного напряжения. Одним из вариантов такого устройства сопряжения (УС) является схема, состоящая из двух релаксационных генераторов, питание которых обеспечивается от энергии входного сигнала (рис. 1).

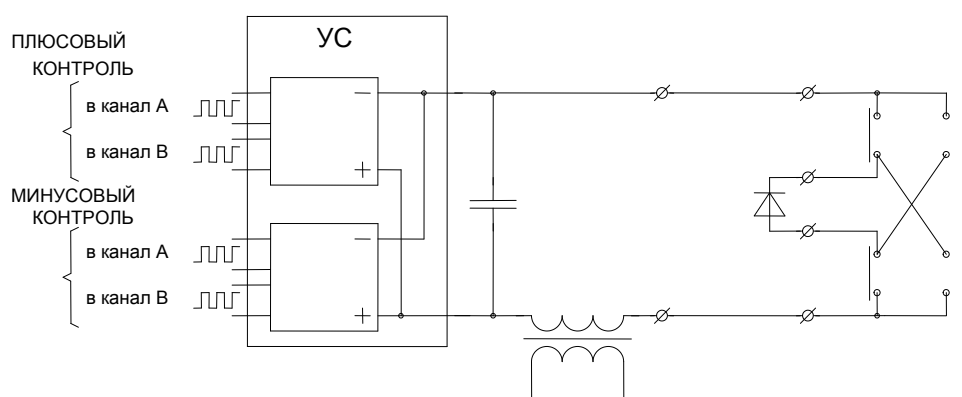


Рис. 1. Пример бесконтактного сопряжения вентильной контрольной цепи с вычислительными средствами микропроцессорной централизации

За счёт вентильной в схеме автопереключателя стрелочного электродвигателя в крайнем положении стрелки в цепи питания одного из генераторов УС появляется постоянное напряжение необходимой полярности. Этот генератор начинает формировать импульсные сигналы, передаваемые на соответствующие входы дублированной структуры управления стрелкой.

Частота импульсного сигнала в данной схеме существенно превышает частоту напряжения питания контрольной цепи. При пробое вентиля формирование постоянного напряжения на входе УС осуществляться не будет.

В этом случае в цепи питания генераторов возможно лишь появление переменного или пульсирующего напряжения (последнее может иметь место, если схемотехника генераторов будет создавать выпрямительный эффект). При этом будет происходить либо поочередная активизация обоих генераторов, либо прерывистая активизация одного из генераторов. Ложный контроль положения стрелки в этом случае исключается за счет проверки непрерывности формирования динамических сигналов, реализуемой на уровне программного обеспечения системы.

Известной проблемой, стоящей перед разработчиками при использовании вентиляльных контрольных цепей в релейных системах централизации, являлась возможность получения ложного контроля при перепутывании проводов. Эта же проблема в полной мере присутствует и в современных МПЦ, использующих вентильную контрольную цепь. Можно выделить два основных направления в решении данной проблемы: использование дополнительного амплитудного признака и увеличение количества проводов.

Использование дополнительного амплитудного признака предполагает наличие на посту централизации устройств сопряжения, осуществляющих не только контроль полярности выпрямленного напряжения, но и измерение его величины. Современные микроэлектронные средства позволяют осуществить такое измерение, обеспечив безопасность путем дублирования аппаратуры. Разница в величине напряжения для различных положений стрелки может обеспечиваться, например, путем включения резистора в контрольную цепь. Недостатком такой контрольной цепи является сложность обеспечения работоспособности в условиях воздействия дестабилизирующих факторов, к которым можно отнести влияние на результат измерения параметров конкретной кабельной линии, а также возможное отклонение величины напряжения питания контрольной цепи и разброс параметров элементов аппаратуры.

Увеличение количества проводов позволяет решать проблему перепутывания без значительного усложнения аппаратуры. При этом значительного эффекта можно достичь, добавив всего лишь один провод. Так, трехпроводная вентильная контрольная цепь с двумя вентилями (рис. 2) будет защищена от ложного контроля при перепутывании любых двух линейных проводов (кабельных жил). Ложный контроль возможен лишь при неправильном подключении всех трех линейных проводов. Важным моментом является и то, что в данной схеме полностью исключена возможность ложного контроля при любом варианте неправильного подключения вентилях.

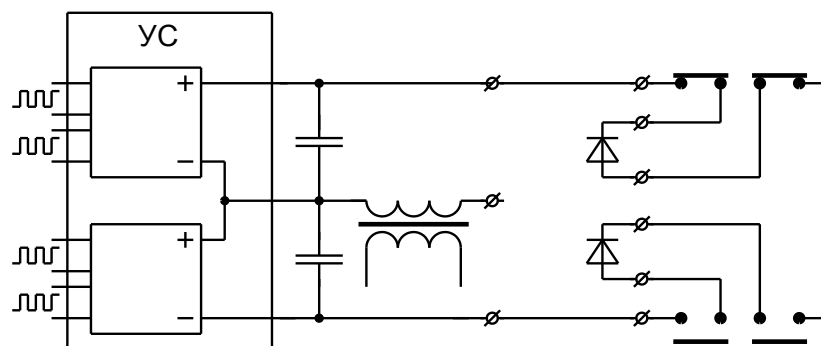


Рис. 2. Трехпроводная вентильная контрольная цепь

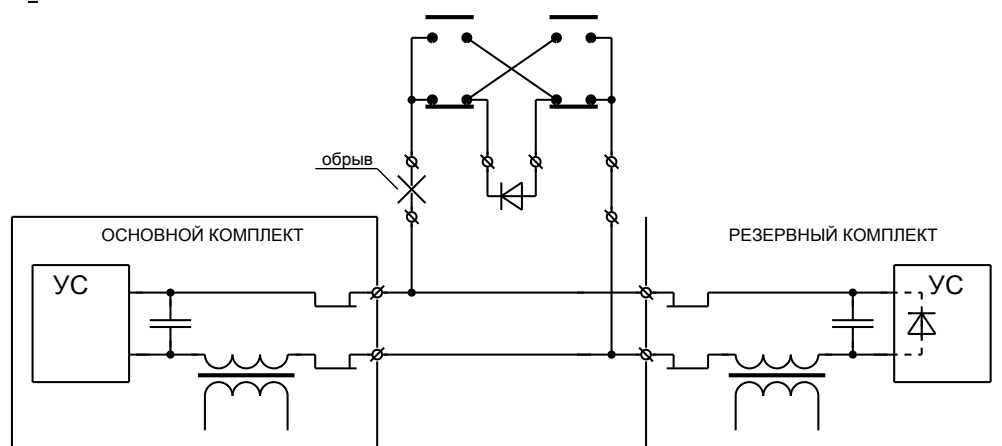
При оценке эффективности приведённых технических решений необходимо учитывать, что в эксплуатационных условиях подавляющее большинство перепутываний проводов происходит именно при замене отказавших вентилей (блоков БДР) и лишь незначительная часть перепутываний приходится на ошибочное подключение линейных проводов. Поэтому использование трехпроводных вентильных контрольных цепей можно считать достаточно перспективным методом защиты от ложного контроля при ошибочных действиях обслуживающего персонала.

В процессе разработки современных систем МПЦ необходимо учитывать, что наряду с известной проблемой ложного контроля при перепутывании проводов возникает новая проблема, связанная с обеспечением безопасности при резервировании бесконтактной аппаратуры сопряжения. Возникновение опасной ситуации в работе вентильной контрольной цепи при использовании резервированной структуры можно объяснить следующим образом.

Для нормальной работы вентильной контрольной цепи необходимо, чтобы к линейной цепи был подключен только один комплект аппаратуры сопряжения, являющийся в данный момент активным. В случае некорректной работы коммутационных устройств пассивный комплект аппаратуры сопряжения может оказаться подключенным к контрольной цепи вместе с активным комплектом. При этом будет существовать реальная опасность получения контроля положения стрелки, возникающая вследствие выпрямительного эффекта, создаваемого пассивным комплектом (рис. 3).

Одним из путей решения данной проблемы является использование схемы коммутации, исключающей возможность одновременного подключения к линейной цепи двух комплектов аппаратуры. Однако данный путь нельзя назвать оптимальным, поскольку он предполагает использование внешнего реле для коммутации комплектов. Это реле должно иметь конструкцию, не допускающую мостового замыкания контактного тройника.

В полной мере такому требованию удовлетворяют лишь реле первого класса надежности. При использовании иных реле могут возникать проблемы с доказательством безопасности<sup>1</sup>.



**Рис. 3. Возникновение опасной ситуации в вентильной контрольной цепи при некорректной работе коммутационных устройств в резервированной структуре**

Другой способ решения данной проблемы предполагает использование монтажного метода для исключения возможности получения контроля без участия вентильной контрольной цепи. Суть метода заключается в том, что питание в контрольную цепь должно подаваться между вентилем и точкой соединения основного и резервного комплектов. В этом случае цепь протекания тока вторичной обмотки питающего трансформатора может проходить только через вентиль контрольной цепи, который и будет определять полярность выпрямленного напряжения вне зависимости от выпрямительного эффекта, создаваемого схемотехникой устройств сопряжения. В случае пробоя вентиль эквивалентный диод, отображающий наличие выпрямительного эффекта, окажется подключенным параллельно нагрузке. Поэтому на входах преобразователей активного комплекта при некорректной работе коммутационных устройств будет формироваться не постоянное, а пульсирующее напряжение, что будет восприниматься программным обеспечением как отсутствие контроля.

Реализация данного метода для двух- и трехпроводной контрольной цепи показана на рисунках 4 и 5 соответственно. При этом достаточно предусмотреть в каждом комплекте аппаратуры четырехпроводный выход (питание контрольной цепи должно выводиться на отдельные клеммы) и обеспечить правильное выполнение монтажа контрольной цепи на посту цен-

<sup>1</sup> Безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики. Методы и принципы обеспечения безопасности микроэлектронных СЖАТ. РТМ 32 ЦШ 1115842.01-94. – СПб. : ПГУПС, 1994. – 120 с.

трализации (последнее можно гарантированно реализовать путем применения изделий с печатным монтажом). Коммутация комплектов при использовании данного метода проблем не вызывает и может выполняться с помощью любых малогабаритных реле, размещаемых в конструктиве комплекта.

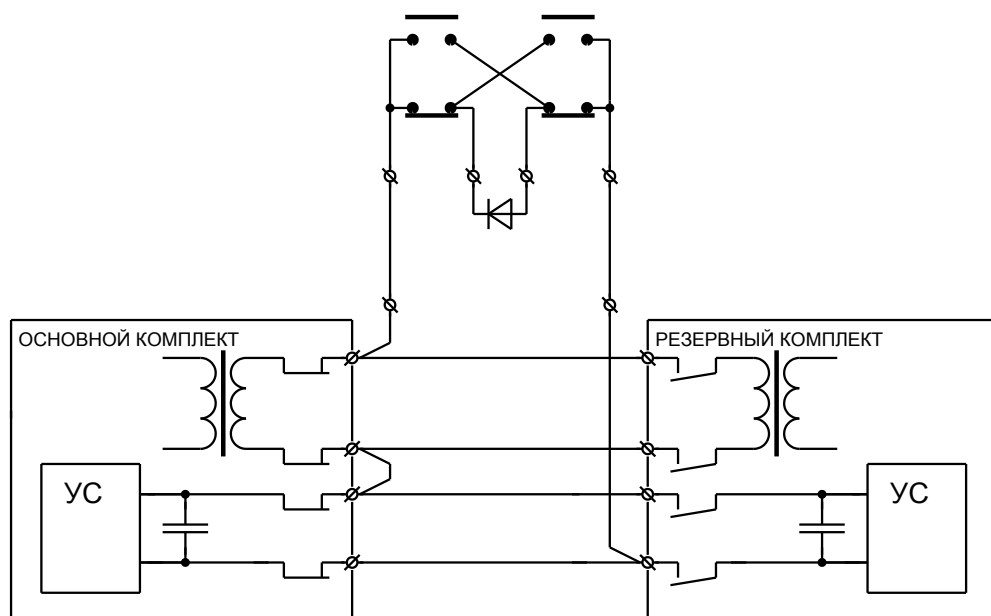


Рис. 4. Монтажный метод исключения опасного воздействия выпрямительного эффекта при использовании двухпроводной контрольной цепи

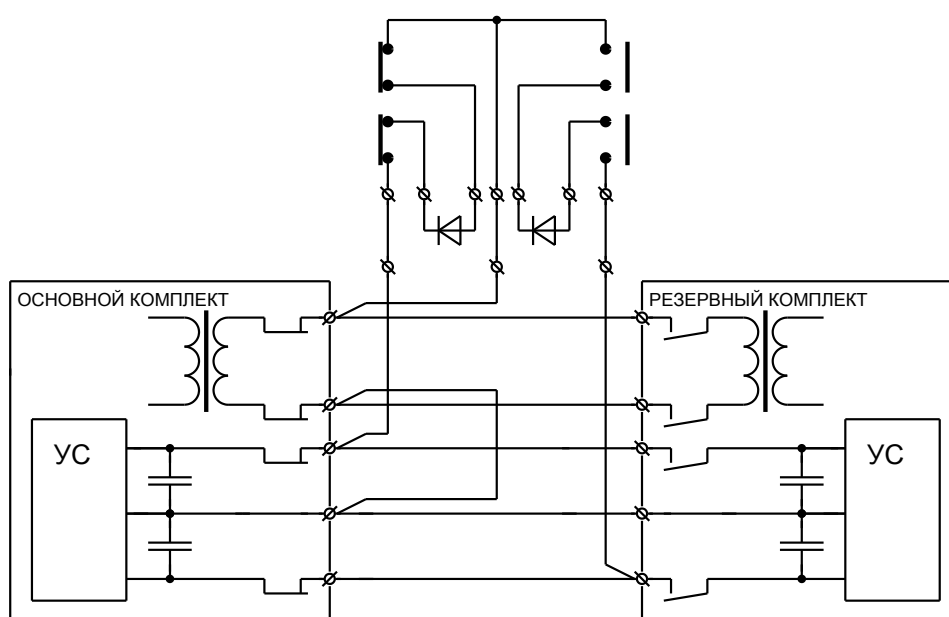


Рис. 5. Монтажный метод исключения опасного воздействия выпрямительного эффекта при использовании трехпроводной контрольной цепи



**П. Е. Булавский, канд. техн. наук  
Д. Х. Баратов**

## **ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИЙ, УЧАСТВУЮЩИХ В КАПИТАЛЬНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕМОНТЕ СИСТЕМ СЦБ**

В настоящее время взаимодействие организаций, участвующих в капитальном ремонте и капитальном строительстве систем автоматики и телемеханики, четко не регламентировано. Информация между проектными организациями, генеральным подрядчиком и субподрядчиками, департаментом капитального строительства (ДКСС), департаментом капитальной реконструкции и строительства (ДКРС), департаментом и службами автоматики и телемеханики (АТ) железных дорог, поставщиками, заводами, дистанциями (ШЧ) и ремонтно-технологическими участками (РТУ) передается долго, часто возникают несогласованности и потери информации, при возникновении задержек невозможно определить их причину, сроки устранения и последствия.

Работа с заказными спецификациями (ЗС) на устройства автоматики и телемеханики является актуальной задачей управления информацией как в проектных организациях, так и в дистанциях СЦБ, службах АТ и организациях, связанных со строительством и проведением пусконаладочных работ. Процесс разработки задания на проектирование объектов СЦБ, заключения договоров на разработку проектно-сметной документации, формирования договоров на поставку приборов и оборудования, формирования заказных спецификаций для поставщиков, получения оборудования в дистанции СЦБ и на складе требует автоматизации. Как правило, все операции, связанные с указанными выше процессами, выполняются «бумажным», неавтоматизированным способом. Отсутствие единой информационной среды между участниками процессов проектирования, строительства, проведения пусконаладочных работ службой АТ и дистанцией СЦБ приводит к несвоевременному формированию заказов, задержкам выполнения заказов, нерациональной последовательности доставки приборов и оборудования и в конечном счете – к нарушению сроков ввода в эксплуатацию объектов автоматики и телемеханики.

Для устранения этих проблем и создания единой информационной среды, единой формы обращения и контроля над всеми процессами сотрудниками НТЦ САПР ПГУПС был разработан комплекс задач «Автоматизированное рабочее место по формированию и ведению заказных спецификаций» (КЗ АРМ-ВЗС).

Назначение КЗ АРМ-ВЗС состоит в повышении эффективности процессов ведения базы данных по заказам оборудования, ведения и использования ЗС на дорожном и дистанционном уровнях управления хозяйством АТ за счет использования компьютерных технологий.

Порядок взаимодействия организаций при использовании КЗ АРМ-ВЗС и алгоритмы, реализованные в данной информационной технологии, освещены в предыдущих публикациях [1], [2]. Рассмотрим структуру информационного обеспечения КЗ АРМ-ВЗС.

При разработке КЗ АРМ-ВЗС реализованы следующие основные принципы:

- максимальное использование баз данных, общих для всех хозяйств инфраструктуры, и создаваемых справочных баз данных (СБД-И);

- максимальное использование существующей инфраструктуры информатизации железнодорожного транспорта (ИВЦ, сети связи, СПД);

- общие принципы повышения эффективности работы с базами данных (БД) и надежности хранения информации;

- учет специфических особенностей технологии работы с заказными спецификациями в хозяйстве АТ.

При разработке КЗ АРМ-ВЗС реализована концепция единого информационного пространства, максимального использования отраслевых СБД-И. Программное обеспечение тесно взаимодействует с автоматизированной системой управления хозяйством сигнализации, централизации и блокировки второго поколения АСУ-Ш-2.

Сбор информации в КЗ АРМ-ВЗС производится автоматизированным способом и автоматически из систем САПР, использующих отраслевой формат хранения данных.

Схема источников информации и направлений информационных потоков для всех типов схем, составляющих основной объем ЗС, приведена на рисунке 1.

Разработка выполнена по технологии клиент–сервер с использованием MySQL-сервера. Передача информации между рабочими станциями и сервером организована по протоколу ТСР/ІР с выделением статических ІР-адресов. Обмен данными между серверами осуществляется как с использованием протокола ТСР/ІР, так и с использованием электронной почты.

КЗ АРМ-ВЗС взаимодействует со службами АТ, дистанциями СЦБ, проектными организациями, департаментом капитального строительства (ДКСС) и ремонта (ДКРС), поставщиками оборудования (подрядчиками) и производителями (заводами).

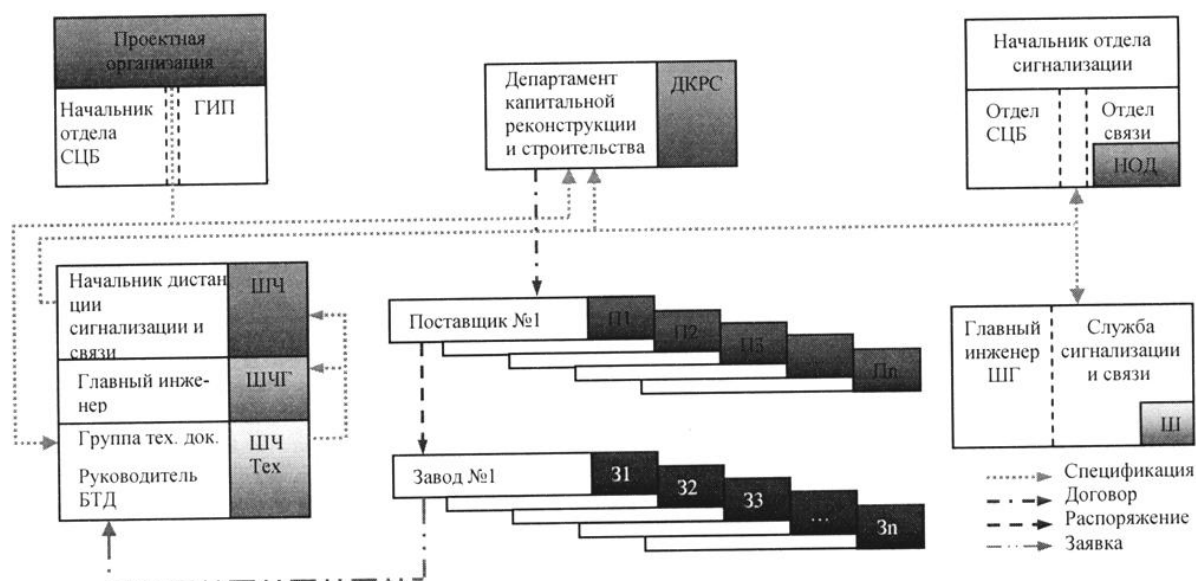


Рис. 1. Структура источников информации АРМ-ВЗС

В логической модели БД представлены таблицы базы данных и их взаимосвязь. Например, таблица TITULS (титулы) имеет три поля (FK), которые связаны с соответствующими полями другой таблицы, и одно поле, относящееся только к этой таблице.

Заполнение баз данных КЗ АРМ-ВЗС должно осуществляться в службе АТ, проектных организациях, ДКРС, заводах-изготовителях, дистанциях СЦБ ответственными исполнителями в автоматическом или ручном режиме.

Комплексная автоматизированная система управления хозяйством сигнализации, централизации и блокировки АСУ-Ш2 представляет собой многоуровневую систему, функционирующую на уровнях дистанций сигнализации и связи, служб сигнализации, централизации и блокировки управления дорог и Департамента сигнализации, централизации и блокировки ОАО РЖД. АСУ-Ш2 реализует три направления интегрированной информационной системы хозяйства СЦБ (ИИС-СЦБ). Подробно АСУ-Ш2 описана в [3], [4]. Соответствующий фрагмент структуры БД АСУ-Ш2 представлен на рисунке 2.

При взаимодействии с базой АСУ-Ш2 в КЗ АРМ-ВЗС получение информации осуществляется из нескольких таблиц. Из таблицы ПРЕДПРИЯТИЯ выбирается список заводов-изготовителей, из таблицы МАРКИ ОБОРУДОВАНИЯ получается список наименований оборудования, марки оборудования, единицы измерения и др.

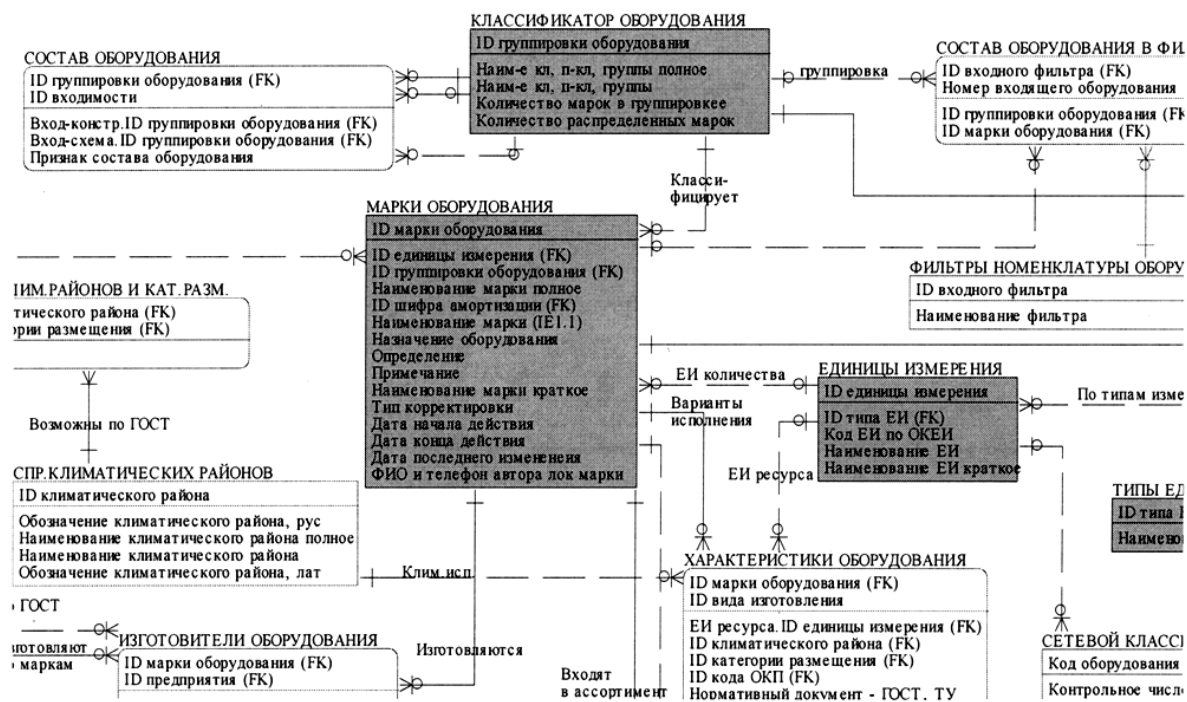


Рис. 2. Фрагмент логической модели БД АСУ-Ш2 «Оборудование ЖАТ» (Ш-Кл-Обор)

При формировании новых позиций в спецификации КЗ АРМ-ВЗС соединяется с сервером АСУ-Ш2 и получает из БД необходимую информацию об оборудовании.

Взаимодействие с АСУ-Ш2 позволяет повысить эффективность применения КЗ АРМ-ВЗС, существенно ускорить и упорядочить информационное взаимодействие всех организаций, участвующих в проектировании, строительстве и капитальном ремонте систем СЦБ, повысить качество ведения ЗС и формирования заказов оборудования, повысить оперативность предоставления информации. Организация на основе КЗ АРМ-ВЗС единого информационного пространства позволяет повысить достоверность и информативность процессов взаимодействия, улучшить информационную поддержку принятия решений на всех уровнях управления и обеспечить сокращение сроков проектирования, строительства и капитального ремонта систем СЦБ.

## Библиографический список

1. **Управление** заказами оборудования и материалов автоматизированным способом // П. Е. Булавский, Д. Х. Баратов // Доклады XIII международной научно-практической конференции «Информационные технологии на железнодорожном транспорте» Инфотранс-2008. – М., 2008. – С. 121–127.

2. **Управление** заказами оборудования на основе баз данных технической документации / П. Е. Булавский, Д. Х. Баратов // Материалы XI Санкт-Петербургской международной конференции «Региональная информатика-2008», Санкт-Петербург, 22–24 октябрь, 2008. – СПб., 2008. – С. 176–177.

3. **Новые** возможности АСУ-Ш2 в части контроля факта выполнения работ по техническому обслуживанию устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / В. В. Задорожный // II международная научно-практическая конференция «Автоматика и телемеханика на ж.-д. транспорте», Сочи, 11–14 октября 2005, ТрансЖАТ-2005 : сб. докладов. – Ростов-на-Дону, 2005. – С. 210–215.

4. **Комплексная** автоматизированная система управления хозяйством сигнализации, централизации и блокировки второго поколения АСУ-Ш-2 // Железнодорожный транспорт. Сер. Сигнализация и связь / ЭИ/ЦНИИТЭИ МПС. – 2000. – № 4. – С. 1–42.

**УДК 681.326.7**

**Д. В. Ефанов**, канд. техн. наук

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ФУНКЦИЙ АНАЛИЗА ДИАГНОСТИРУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ**

Устройства железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) обеспечивают безопасность перевозочного процесса, поэтому необходимо следить за их состоянием. Область технической диагностики [1] позволяет осуществлять контроль подобного рода.

В настоящее время на железных дорогах России организуются центры технической диагностики и мониторинга [2], сотрудники которых анализируют функциональные способности диагностируемых устройств.

Часть работы по анализу параметров диагностируемых объектов ЖАТ выполняет сама система технической диагностики и мониторинга (СТДМ). Автоматизация анализа работ по выявлению технологических ситуаций (отказов, предотказных состояний) позволит в дальнейшем осуществить переход на обслуживание устройств по состоянию [3].

В то же время часть ситуаций, возникающих с ЖАТ в процессе эксплуатации, анализируются не автоматизированно (выполнение графика технического обслуживания, технологические ситуации в поездной и маневровой работе).

В статье [4] рассматривается метод, расширяющий функции систем технической диагностики и мониторинга, основанный на кодировании состояний диагностируемых объектов. Приведем примеры алгоритмов, основанных на этом методе, позволяющих автоматизировать работу технологов

дистанций сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ), а также центров мониторинга устройств ЖАТ.

Рассмотрим принцип построения алгоритмов анализа диагностируемых объектов.

Анализ проводится на основании сигнализации индикаторов устройств СЦБ, обеспечивающих перевозочный процесс, на так называемом пультовом отображении (рис. 1).

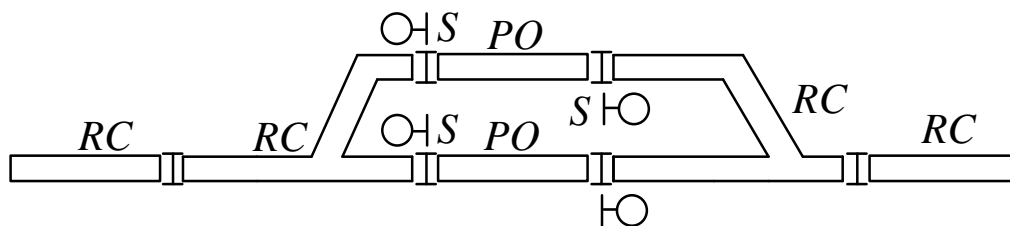


Рис. 1. Пультовое отображение станции

Каждый индикатор объекта СЦБ имеет конечное число состояний ( $N_s$ ), при этом число их кодируется натуральным двоичным кодом следующим количеством переменных ( $a_x$ ):

$$a_x = \lceil \log_2 N_s \rceil, \quad (1)$$

выражение  $\lceil x \rceil$  обозначает ближайшее целое число, превосходящее данное.

Таким образом, каждому состоянию одного индикатора объекта СЦБ соответствует кодовый вектор  $X_i$ . В таблицах 1 и 2 предложены состояния индикаторов рельсовых цепей и светофоров.

Таблица 1

#### Состояния индикаторов светофоров

Состояния светофора	Индикация	Внутренние переменные	
	$S_i$	$x_3$	$x_4$
Разрешенное показание	$S_s^r$	0	0
Запрещенное показание	$S_s^z$	0	1
Показание неисправности	$S_s^n$	1	0
Отсутствие диагностической информации	$S_s^0$	1	1

Таблица 2

Состояния индикаторов рельсовых цепей

Состояние рельсовой цепи	Индикация	Внутренние переменные		
	$S_i$	$x_5$	$x_6$	$x_7$
Показание о свободности и незамкнутости	$S_{rc}^s$	0	0	0
Показание о замкнутости и свободности	$S_{rc}^{sz}$	0	0	1
Показание о занятости	$S_{rc}^z$	0	1	0
Показание об искусственном размыкании	$S_{rc}^{ir}$	0	1	1
Отсутствие диагностической информации	$S_{rc}^0$	1	0	0

Анализ проводится по совокупности состояний индикаторов объектов СЦБ, участвующих в реализации алгоритма, моделирующего ту или иную ситуацию. Все объекты анализа объединяются в один кодовый вектор  $x$  для дальнейшего анализа.

Для защиты информации от искажений применим избыточное кодирование кодом с суммированием. Код с суммированием [5] является разделимым и содержит  $k = \lceil \log_2(m+1) \rceil$  контрольных разрядов, составляемых по следующему правилу: контрольный вектор содержит двоичный эквивалент десятичного числа, равного количеству единиц в информационном векторе.

Например, на рисунке 2 представлена логическая ситуация занятости рельсовой цепи приемоотправочного пути. Для фиксации такого события требуется информация только об одном индикаторе – индикаторе ячейки рельсовой цепи приемоотправочного пути ( $PO$ ).

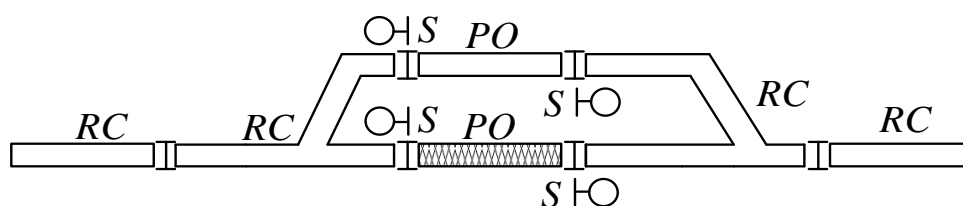


Рис. 2. Логическая ситуация «занятость рельсовой цепи»

Рассмотрим ситуацию задания маршрута и проследования подвижной единицы по этому маршруту.

Из логики работы устройств СЦБ [6] следует, что на светофоре ( $S$ ) будет включено разрешающее показание только при замыкании рельсовых цепей стрелочно-путевых секций ( $RC$ ) по всей трассе маршрута (рис. 3).

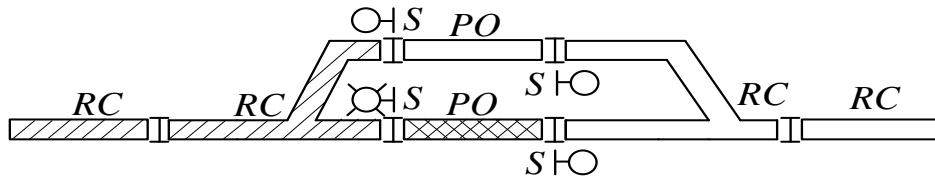


Рис. 3. Ситуация «задан маршрут с приемоотправочного пути»

Однако нет необходимости рассматривать все стрелочно-путевые секции, поскольку при разрешающем показании индикатора светофора достаточно знать, что следующая за ним рельсовая цепь замкнута. Таким образом, для анализа ситуации задания маршрута и проследования подвижной единицы по нему нам необходима информация лишь о трех объектах: рельсовой цепи приемоотправочного пути, выходного светофора и первой рельсовой цепи маршрута (рис. 4).

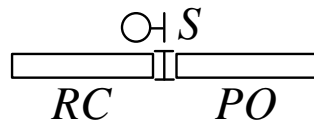


Рис. 4. Совокупность индикаторов объектов, необходимых для анализа

На рисунке 5 представлен алгоритм фиксации ситуации «задание маршрута».

Рассмотрим реализацию алгоритма, предложенного на рисунке 5.

Блок 0 – начало работы; блоку 1 соответствует кодирование состояний объектов, участвующих в реализации задания маршрута.

Блок 2 – подсчет числа единиц в полученном кодовом векторе.

Блок 3 – полученная в блоке 2 сумма заносится в память, после чего запускается таймер (блок 4). По истечении некоторого промежутка времени  $\Delta t$ , прежде чем приступить к выполнению условия (блок 7), сумма, полученная в блоке 2, проверяется.

В случае искажения информационных разрядов (и при отсутствии необнаруживаемых ошибок информационной части) осуществляется перерасчет переменных  $x_i$  (тем самым устраняется ошибка), в противном случае – переход к ожиданию (блок 6).

В блоке 7 проверяется совокупность состояний объектов, благоприятствующих событию «Задан маршрут отправления»; в случае несоответствия данных осуществляется переход в режим ожидания по условию (блок 4), иначе – фиксируется искомое событие.

Блок 9 – конец работы алгоритма.



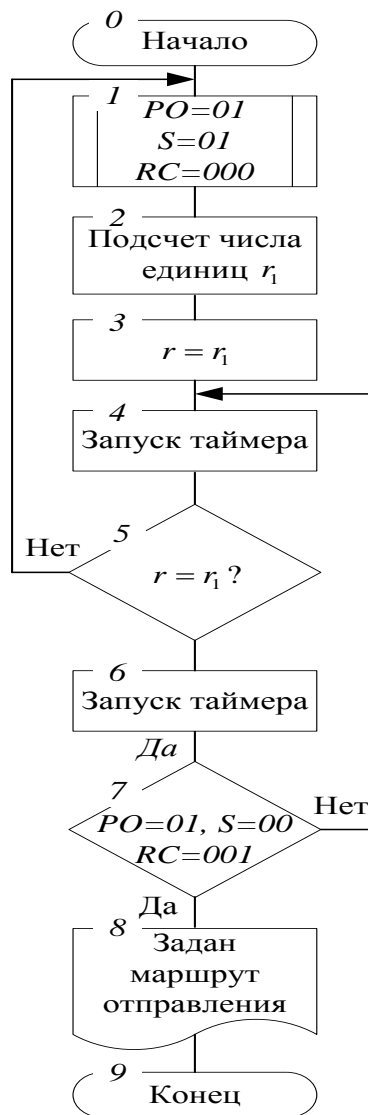


Рис. 5. Алгоритм задания маршрута

На рисунке 6 предложен алгоритм фиксации ситуации «Проследование подвижной единицы по трассе маршрута».

Описание алгоритма, изображенного на рисунке 6, опустим, т. к. оно составляется по аналогии с приведенным выше алгоритмом задания маршрута (см. рис. 5).

Предложенные алгоритмы можно расширить до фиксации нарушения логики работы устройств СЦБ, например: подвижная единица проследовала по маршруту, а рельсовая цепь осталась занята и т. п., что позволяет в дальнейшем фиксировать неисправности и технологические ситуации, а также выдавать сообщения о данных событиях.



Приведем список ситуаций, фиксация которых возможна с помощью предложенного метода.

1. Отказы.

1.1. Отказы СТДМ.

Отказ устройств СТДМ (потеря связи, отказ контроллера).

Отказы устройств самодиагностики СТДМ.

1.2. Отказы устройств ЖАТ, задействованных в перевозочном процессе.

Логическая занятость рельсовой цепи приемо-отправочного пути после прохода подвижной единицы.

Ложная занятость/свободность рельсовых цепей.

Неисправности индикаторов о состоянии устройств.

Невозможность задания маршрута.

Перекрытие сигналов.

Перекрытие сигналов с проездом.

Перекрытие сигнала перед подвижной единицей.

Потеря полюсов питания.

Неисправности светофоров, например неисправности индикации.

2. Технологические ситуации.

2.1. Ситуации, связанные с логикой работы устройств СЦБ.

Отмена маршрута.

Отмена окончательно замкнутого маршрута.

Включение комплекта искусственной разделки.

Задание маршрутов на неправильный путь.

Открытие пригласительных сигналов.

Переключение фидеров питания.

Включение смены направления.

Занятость перегона.

2.2. Ситуации, связанные с работами по графику технологического процесса.

Контроль за выполнением технического обслуживания (фиксация факта выполнения ТО).

В списке ситуаций указаны лишь основные, предложенный список можно дополнить.

Приведенный метод анализа эксплуатационной работы на основании индикации о состоянии диагностируемых объектов позволяет расширить функциональные возможности СТДМ. При этом снижаются трудозатраты на обработку данных технологами центров технической диагностики и мониторинга и дистанций сигнализации, централизации и блокировки, а также исключается «человеческий фактор», несомненно, влияющий на указанный процесс.

## Библиографический список

1. **Основы** технической диагностики / В. В. Карибский, П. П. Пархоменко, Е. С. Согомонян, В. Ф. Халчев; ред. П. П. Пархоменко. – М. : Энергия, 1976. – 464 с.
2. **Развитие** центра диагностики и мониторинга / Е. А. Москвина // Автоматика, связь, информатика. – 2009. – № 11. – С. 2–6.
3. **Метод** кодирования состояний диагностируемых объектов / Д. В. Ефанов // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2010. – №3. – С. 17–22.
4. **Автоматизация** технического обслуживания устройств СЦБ / Е. А. Гоман, А. Л. Вотолевский, Е. М. Шандин, К. В. Маслов // Автоматика, связь, информатика. – 2008. – № 4. – С. 22–25.
5. **A note** on error detecting codes for asymmetric channels / J. M. Berger // Information and Control. – 1961. – 4, №3. – P. 68–73.
6. **Станционные** устройства автоматики и телемеханики / А. А. Казаков, В. Д. Бубнов, Е. А. Казаков. – М. : Транспорт, 1990. – 431 с. – ISBN 5-277-00951-5.

**УДК 656.25**

**М. А. Бутузов**

## **ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЕРТИЗЫ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ**

Рассмотрим, что такое алгоритмическое обеспечение (АО), зачем необходима его экспертиза и почему возникают проблемы при экспертизе АО микропроцессорных систем железнодорожной автоматики и телемеханики (МП СЖАТ). Под экспертизой АО в данной статье понимается не только собственно экспертиза, но также и испытания АО, так как на практике испытания АО отдельно не проводятся, а являются составной частью других видов испытаний.

Введём следующие понятия.

**Алгоритм** – это конечная последовательность действий, описывающая процесс преобразования объекта (автомата) из начального состояния в конечное, записанная с помощью точных и понятных исполнителю команд, например программ, логических схем алгоритмов.

**Алгоритмическое обеспечение** – это совокупность математических методов, моделей и алгоритмов, используемых в объекте (системе) для решения задач и обработки информации.

Таким образом, АО – это описание работы объекта (системы) с той или иной степенью детализации. Современные МП СЖАТ имеют весьма сложный алгоритм работы, документирование которого требует от разработчика больших трудозатрат высококвалифицированного персонала. Поэтому эксперт может услышать от разработчика следующее: «Микропроцессорная централизация – это система, которая предназначена для безопасного управления стрелками и сигналами. Какое еще её описание вам нужно? Мы же не можем описать работу каждого транзистора».

В чем состоит особенность описания микропроцессорных систем и почему проблемы анализа их АО возникли именно сейчас?

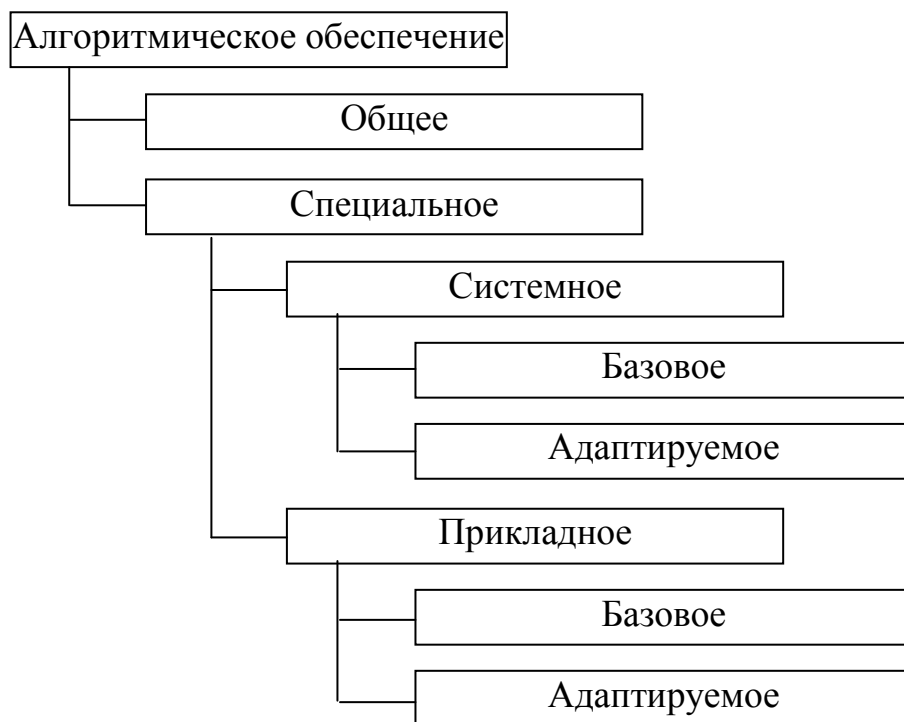
Основных причин несколько, и между ними можно проследить четкую взаимосвязь.

Известно, что алгоритм работы любого автомата (системы) можно реализовать двумя основными способами: программным и аппаратным. До середины 90-х годов прошлого века алгоритмы СЖАТ реализовывались в основном аппаратно с помощью реле (для безопасных систем ЖАТ на реле первого класса надежности). Такой метод позволял «маскировать» анализ алгоритмического обеспечения, заменяя его анализом схемных решений, а малая функциональность систем не требовала создания большой описательной базы.

Основными целями создания микропроцессорных систем ЖАТ являлись расширение функциональных возможностей (в том числе с точки зрения самодиагностики), повышение надёжности и уменьшение занимаемых площадей. Добиться этих целей можно только с применением программных методов реализации алгоритмов. Таким образом, одна из причин усложнения АО (расширение функциональных возможностей) напрямую связана с целью создания нового поколения систем, другие причины связаны с переходом на другой тип технической реализации алгоритмов.

Усложнение систем, широкое применение программного обеспечения вызвало не только количественный рост АО, но и усложнение его структуры, выделение нескольких типов АО, достаточно отличающихся друг от друга. Можно выделить три основных типа АО (см. рисунок).

Общее АО представляет собой совокупность «стандартных» алгоритмов, как правило, уже имеющих свою программно-аппаратную реализацию в виде операционных систем, драйверов, сетевых карт и т. д. Несмотря на то, что подобные продукты, как правило, имеют достаточно подробную документацию, экспертиза данного типа АО затруднена его большой сложностью, огромным количеством вариантов настройки и взаимодействия отдельных частей, а также требует от экспертов большого количества специфических знаний.



Типы алгоритмического обеспечения

Специальное системное АО разрабатывается для применения в конкретной СЖАТ и направлено на обеспечение безопасности, связи между отдельными частями системы, управления специализированными объектами и т. д. Подобное АО тесно связано с программно-аппаратными средствами системы и должно обеспечивать высокий уровень надежности, четкое выполнение временных параметров, корректно реагировать на возникающие сбои и отказы оборудования. Все это определяет высокий уровень требований к качеству экспертных работ.

Специальное прикладное АО предназначено для выполнения системой своих основных функций и с точки зрения пользователя является одним из основных показателей, характеризующих эффективность управления движением поездов. Создание и экспертиза АО данного типа требует привлечения персонала высокой квалификации с широкими знаниями в области управления и обеспечения безопасности движения поездов.

Помимо соответствующего усложнения структуры АО переход на широкое применение программных средств явился косвенной причиной еще ряда трудностей.

Существует широко распространенное заблуждение, приравнивающее алгоритмическое обеспечение к программному обеспечению (ПО), следствием чего являются попытки представить АО как описание ПО. Предпосылки такого подхода понятны, так как текст программы (согласно

определению, приведенному выше) в определённом смысле является алгоритмом.

Однако необходимо четко понимать, что программа – это реализация алгоритма, написанная с большим количеством ограничений, которые определяются языком программирования, программно-аппаратной средой, квалификацией программиста и т. д., то есть это отдельный «продукт». В процессе жизненного цикла ПО системы часто подвергается изменениям, иногда довольно сильным (например: изменение операционной системы). При этом система, как правило, реализует одни и те же «изначальные» алгоритмы.

Еще одной проблемой, которая тесно связана с вопросами программной реализации алгоритмов и напрямую вытекает из последней части определения самого понятия алгоритма, является проблема представления АО. Существует множество способов описания алгоритмов с разной степенью формализации (программа, как указано в определении, является одним из таких способов). Однако не существует однозначных правил того, когда и какой метод описания должен применяться. Более того, у каждого специалиста в этой области существуют собственные субъективные предпочтения, а у многих компаний (в том числе зарубежных) – еще и корпоративные правила, связанные с организацией в них производства.

В настоящее время серьезной проблемой при анализе АО выступает отсутствие нормативно закрепленных требований к алгоритмам, определяющим правила управления движением поездов, что в первую очередь затрагивает экспертизу микропроцессорных систем электрической централизации и автоблокировки. Попытки брать за основу алгоритмы систем предыдущего – релейного – поколения этих СЖАТ не дают однозначных результатов, так как все эти системы имеют свои особенности. Кроме того, перечень функций у релейных систем значительно уже, чем у микропроцессорных, и для многих алгоритмов МП СЖАТ аналогов не существует. Все это ведет к ситуации, когда разработчик объясняет использование тех или иных решений в основном с помощью двух аргументов. Первый: «Это сделано так, потому что так было сделано в старой системе(ах)». Второй: «Это сделано так потому, что наша система является новой и более современной». Использование того или иного аргумента определяется разработчиком, как правило, по соображениям упрощения разработки.

Обобщим рассмотренные выше объективные трудности экспертизы АО. Покажем, каким образом они решаются на сегодняшний день, определим перспективные пути решения этих проблем.

С точки зрения влияния на процесс экспертизы АО все проблемы можно условно разделить на две группы: влияющие на «организационную» и на «техническую» стороны экспертизы. Под «организационной» проблемой экспертизы подразумеваются вопросы, связанные с финанси-

ванием, с временем проведения работ, с необходимостью привлечения трудовых ресурсов и т. д. Под «технической» проблемой экспертизы понимаются вопросы, связанные с научно-техническим обеспечением, нормативными документами, методиками и т. п.

К организационным проблемам экспертизы АО следует отнести следующие:

- большой объем работ;

- необходимость в квалифицированном персонале с разной специализацией;

- итерационный характер процесса экспертизы (в том числе связанный с неопределенностью необходимой степени детализации).

Все эти проблемы так или иначе влияют на стоимость разработки, скорость внедрения систем, а значит на получаемую при этом прибыль. Известно, что сокращение вложений и сроков разработки – главное направление повышения эффективности бизнеса.

В настоящее время объем, а значит и стоимость проводимых работ по доказательству безопасности МП СЖАТ (в состав которых входит экспертиза АО) определяется субъективно – на основании мнения экспертов, проводящих эти работы. В то же время зачастую необходимость проведения таких работ зависит от желания заказчика и мнения разработчика. Это часто приводит к ситуациям, когда разработка, по мнению разработчика, завершена, наступают сроки её внедрения. В этот момент неприятной неожиданностью для разработчика становится необходимость проведения работ по доказательству безопасности разработанной системы, для чего, естественно, потребуются дополнительные средства и время. В худшем варианте вопросы безопасности при разработке системы вообще не рассматривались.

Решение этих проблем, на наш взгляд, возможно с помощью расширения и доработки хозяйством автоматики и телемеханики ОАО РЖД нормативной базы, регламентирующей порядок разработки и требования к СЖАТ. Необходимо добиться того, чтобы, опираясь на эту нормативную базу, разработчик мог однозначно определить необходимость выполнения тех или иных требований к новой СЖАТ (и, следовательно, работ по подтверждению их выполнения), а руководители, определяющие финансирование и календарные сроки внедрения системы, убедились в неизбежности затрат на эти работы.

К техническим проблемам экспертизы АО следует отнести:

- проблемы выбора формы описания АО;

- отсутствие эталонных алгоритмов для прикладного АО.

В настоящее время эти проблемы решаются также субъективно договором между экспертом и разработчиком, зачастую путем принятия компромиссных решений.



Единственный путь решения технических проблем экспертизы АО МП СЖАТ – разработка соответствующей нормативно-методической базы, необходимой для снижения влияния на качество экспертных работ субъективных факторов.

**УДК 656.25**

**Д. Е. Абрамов**

## **СТАНДАРТИЗАЦИЯ ТЕРМИНОЛОГИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ**

Термины являются смысловым стержнем профессионального языка и передают основную содержательную информацию среди соответствующих специалистов. В современном мире в результате роста научно-технических знаний основную долю новых слов, появляющихся в языках, составляют специальные слова. Потребность в терминах среди специалистов в ряде дисциплин не меньше, чем в общеупотребительных словах. Рост числа терминов некоторых наук может даже обгонять рост числа общеупотребительных слов национального языка.

Образование новых дисциплин влечет за собой потребность в собственной терминологии, что приводит к стихийному возникновению терминологии. В условиях «терминологического потопа» перед специалистами встает проблема упорядочения массивов терминологий. В этом случае на первый план выдвигается такой важный аспект, как нормативность. Терминология, занимающая в специальных языках центральное место, обладает определенной самостоятельностью формирования и развития. Отсюда неизбежно вытекает и некоторая самостоятельность лингвистического критерия оценки термина, в частности его нормативной оценки.

Правовым обеспечением стандартизации в России является Закон Российской Федерации «О техническом регулировании» [1]. Этот закон устанавливает правовые основы стандартизации в Российской Федерации на принципах добровольного применения документов в области стандартизации, максимального учета при разработке стандартов законных интересов заинтересованных лиц, применения международных стандартов как основы разработки национальных стандартов, недопустимости установления таких стандартов, которые противоречат техническим регламентам, обеспечения условий для единообразного применения стандартов. Мини-

мально необходимые требования к стандартизации установлены в ГОСТ Р 1.0–2004 [2].

Основными задачами стандартизации терминологии является фиксация в национальных стандартах терминов и определений, отражающих современный уровень научного и технического развития [3], и обеспечение взаимосвязанного и согласованного развития лексических средств, используемых в информационных системах. При этом необходимо учитывать и тот факт, что стандартизация терминов приводит к непосредственному выявлению и устранению недостатков терминологии, используемой в нормативной, проектной, технической, справочной документации, а также в технической литературе.

Каждый работник предприятия в той или иной степени имеет дело с терминами, связанными с его профессиональной деятельностью. Предприятия же оперируют как терминами собственной отрасли, так и терминологией других сфер производства. Поэтому гораздо выгоднее разработать единую и централизованную стратегию работы с терминологией, вместо того чтобы оставлять разработку на усмотрение отдельных работников, отделов, департаментов.

Систематизация терминов также позволяет повышать уровень знаний и интегрировать их, что облегчает взаимодействие работников между собой и с представителями других предприятий. Таким образом, стандартизация терминологии помогает справиться с ростом объема информации, ее изменением, может использоваться в качестве ключевого ресурса при управлении информацией.

Сказанное в полной мере относится и к железнодорожной автоматике и телемеханике (ЖАТ), являющейся самостоятельной областью науки и техники. В то же время ЖАТ до настоящего времени не имела единой структурированной и документально оформленной терминологической системы.

В процессе жизненного цикла ЖАТ участвуют заказчики, проектировщики, разработчики, изготовители и эксплуатационники. Поэтому крайне важно наличие для всех этих специалистов единого профессионального языка, на котором должны происходить формирование заказа на систему или устройство ЖАТ, разрабатываться техническое задание, осуществляться проектирование, изготовление и эксплуатация.

Кафедрой автоматики и телемеханики на ж. д. ПГУПС был разработан ГОСТ Р 53431–2009 «Автоматика и телемеханики железнодорожная. Термины и определения». При разработке данного стандарта были учтены положения нормативных документов [1] и [2].

Разработанный национальный стандарт ГОСТ Р 53431–2009 является одним из ключевых документов в области ЖАТ. Он включает в себя 238 терминов с соответствующими определениями. Термины разбиты на сле-

дующие шесть разделов: общие понятия, объекты управления и контроля, устройства и оборудование железнодорожной автоматики и телемеханики, системы железнодорожной автоматики и телемеханики, технологические понятия, безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики.

Ожидаемый эффект от использования разработанного стандарта заключается в устранении экономических потерь от ошибок, вызванных различием терминов, используемых в своей профессиональной деятельности разработчиками, проектировщиками и работниками, эксплуатирующими устройства и системы ЖАТ.

### **Библиографический список**

1. **Федеральный** закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».
2. **ГОСТ Р 1.0-2004.** Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения.
3. **Р 50-603-1-89.** Рекомендации по разработке стандартов на термины и определения.

### **УДК 6.011.56**

**А. М. Горбачев, канд. техн. наук**

### **ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ МУФТ КАБЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ**

Кабельные сети железнодорожной автоматики и телемеханики (КСЖАТ) являются важным звеном, обеспечивающим правильное функционирование устройств систем централизации и блокировки. В то же время на практике достаточно сложно отслеживать точное размещение как самих кабелей, так и кабельных муфт под землей. Данная информация практически не отражается в документации на станцию или перегон, а при создании электронных карт железнодорожных станций и перегонов требуется нанесение на них точных географических координат изделий КСЖАТ.

В качестве исходных данных для электронных карт могут быть использованы уточненные двухниточные планы станций и перегонов. С этой целью необходима доработка системы автоматизированного ведения документации по кабельным сетям для работы с электронными картами в векторном и/или растровом форматах.

Для определения точных географических координат местоположения изделий КСЖАТ может быть использована система спутниковой навигации, обладающая достаточной для нужд железнодорожного транспорта точностью определения объектов, или совокупность таких систем.

Глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС) позволяет определить местоположение объекта в любое время, при любых погодных условиях, в любой точке земной поверхности. В настоящее время функционируют в том или ином объёме три таких системы: GPS [1], ГЛОНАСС [2] и Galileo [3].

Структура ГНСС предусматривает разные типы сигналов, обеспечивающие разный уровень точности позиционирования объекта на местности. Например, в системе GPS поправки в кодовый сигнал на частоте L1, содержащей «грубый» код, обеспечивают субметровую точность при постобработке, в то время как поправки в фазу несущей на той же частоте позволяют достичь субсантиметровой точности [1]. Корректная технология работ с использованием двухчастотных GPS/ГЛОНАСС-приемников позволит получить сантиметровую точность позиционирования в режиме реального времени.

Рассмотрим причины, по которым предпочтительнее использовать двухчастотные приемники. Скорость распространения сигнала зависит от частоты, на которой он передается. Зная значение псевдодальности, полученное по измерениям на двух частотах, передаваемых одним и тем же спутником, можно минимизировать ошибку в определении координаты. Помимо этого, комбинируя длины волн на двух частотах, можно значительно быстрее вычислить значение псевдодальности, что ускорит инициализацию приемника. Прием двух разных частот, излучаемых разными спутниками (при двухсистемных приемниках) не предоставляет описанных преимуществ.

Рассмотрим подробнее работу системы GPS.

Каждый спутник передает два уникальных кода. Первый, более простой код называется C/A (грубым) кодом, второй называется P (точным) кодом. Этими кодами модулируются две несущих волны L1 и L2. L1 несет C/A и P-код, а L2 несёт только P-код.

GPS-приёмники подразделяются на одночастотные и двухчастотные. Одночастотные приёмники принимают только несущую L1, а двухчастотные – L1 и L2. Координаты вычисляются методом трилатерации после определения дальности до каждого видимого спутника. Дальности определяются по коду или фазе несущей.

Между генерацией кода в спутнике и приёмом его GPS-антенной проходит определённый период времени. Кодовые измерения позволяют определить этот промежуток времени. Умножив его на скорость света, мы получим дальность от приёмника до спутника.

Сантиметровую точность, необходимую при точном определении положения подземной муфты, могут обеспечить только приемники геодезического класса. Рассмотрим работу таких приемников подробнее.

GPS-приёмники геодезического класса измеряют фазу в пределах цикла несущей. Длины волн L1 и L2 известны, поэтому дальности до спутников можно определить, добавив фазовое доизмерение к общему числу длин волн между спутником и антенной приёмника.

Определение полного числа циклов несущей (длин волн) между антенной и спутником называется разрешением неоднозначности – поиском целого значения числа длин волн. Для измерений в режиме с постобработкой (PP), который используется для определения местоположения с точностью на уровне сантиметра, это целое значение определяется во время обработки на компьютере. Для измерений в реальном времени, которые используются для определения местоположения с точностью на уровне сантиметра, это целое значение определяется в течение процесса, называемого инициализацией.

Для геодезических GPS-измерений необходимо одновременное наблюдение одних и тех же четырёх (или более) спутников по крайней мере двумя GPS-приёмниками. Рассмотрим использование для этих целей двух приёмников: базового и ровера.

Базовый приёмник в течение всего процесса измерений располагается в точке с известными координатами. Ровер перемещается по искомым точкам. Результатом объединения данных, полученных этими двумя приёмниками, является пространственный вектор между базой и ровером. Этот вектор называется базовой линией.

Для определения положения ровера относительно базы можно использовать различные методы измерений. Эти методы отличаются длительностью выполнения измерений.

Для измерений в реальном времени используется радиомодем, который передаёт данные базы роверу. Результаты получаются непосредственно в поле.

Методы измерений с постобработкой требуют записи данных в поле и последующей их совместной обработки на офисном компьютере.

Для поиска объекта, расположенного под землей, подходит, естественно, только измерение в режиме реального времени.

Рассмотрим общую технологию поиска объекта, расположенного под землей, при помощи ГНСС.

С этой целью предлагается использовать фазовые измерения от четырёх или более спутников, общих для ровера и базы. Для достижения точности на уровне сантиметра вначале нужно инициализировать измерения. Инициализация может быть достигнута различными способами.

При использовании одночастотных приёмников измерения инициализируют, устанавливая ровер на пункте с известными координатами или на определяемой точке, или с помощью специальной штанги для инициализации. Штанга для инициализации задаёт жёсткую искусственную базовую линию.

При использовании для измерений в реальном времени двухчастотных приёмников ровер устанавливается над определяемой точкой или над пунктом с известными координатами. Если ровер имеет возможность непрерывной инициализации, а в поле зрения антенны имеются по крайней мере пять общих спутников, инициализация произойдёт в процессе перемещения ровера. Если во время измерений число общих спутников станет меньше четырёх, измерения должны быть повторно инициализированы после появления четырёх или более спутников.

Необходимо отметить, что в геодезических измерениях для картографии используются заранее определенные опорные пункты. Между тем на практике на железных дорогах такие точки могут отсутствовать изначально. Поэтому необходимо трансформировать существующую технологию применительно к железным дорогам России. С этой целью опорные точки необходимо определять заранее при прокладке кабеля. Основным требованием к опорным точкам является неизменность их местоположения.

Полученные координаты подземных объектов железнодорожной автоматики и телемеханики могут с помощью специальной программы-конвертора преобразовываться в электронную документацию.

Рассмотрим технологию поиска и доступа к кабельной муфте с использованием предлагаемой технологии (рисунок).

1. На этапе закладки муфты (9) рядом с ней размещается радиометка (7), связанная с муфтой гибкой сцепкой (8). Далее с помощью приёмника системы спутниковой навигации (1) определяются координаты радиометки (7), а значит и муфты, которые записываются в базу данных ноутбука (2).

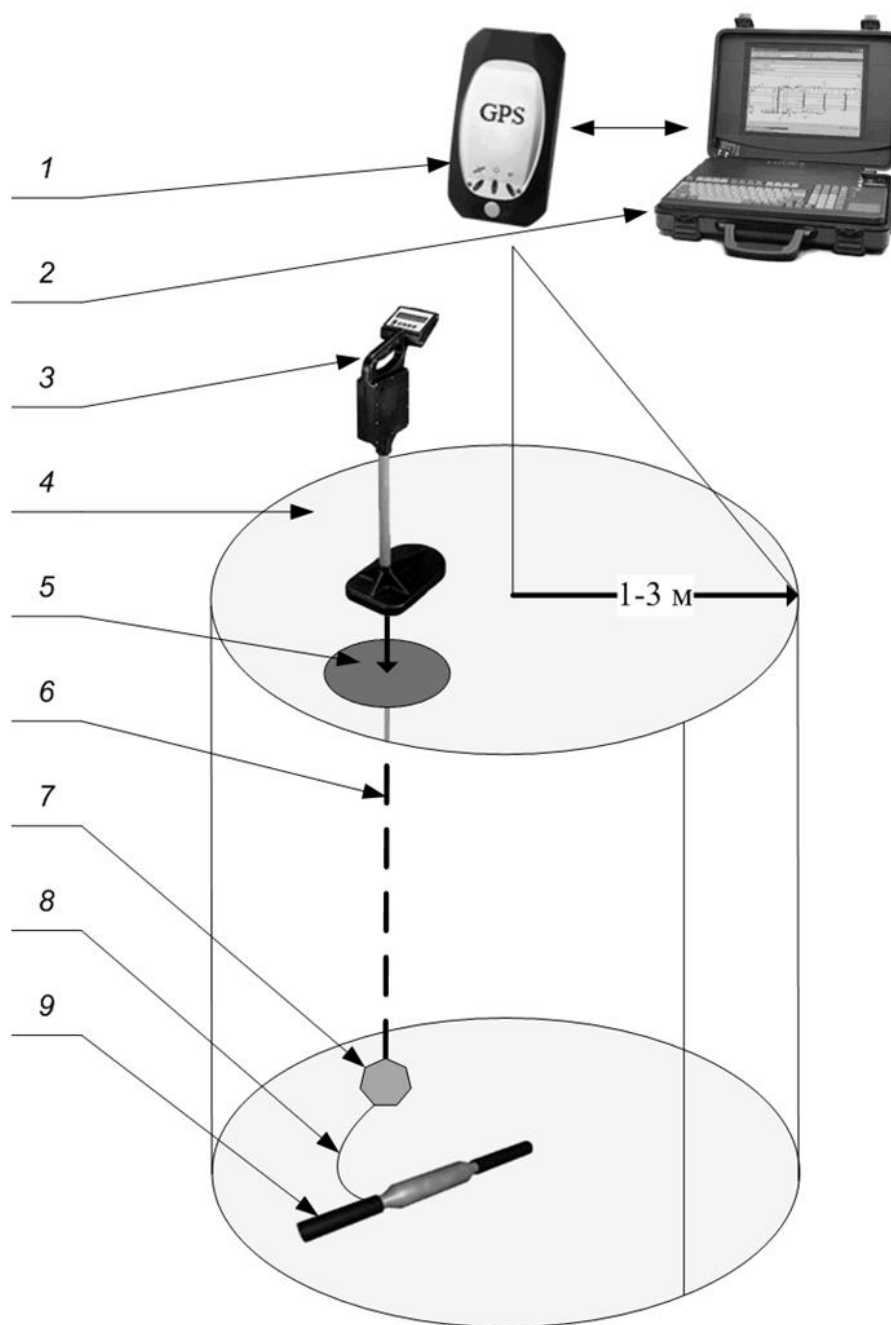
2. Доступ к установленной подземной муфте осуществляется в три этапа:

определение области залегания муфты (4) с помощью приёмника спутниковой навигации (1) и данных о координатах искомой муфты, хранящихся в ноутбуке (2);

уточнение (5) координат залегания радиометки (7) с помощью специализированного маркероискателя (3);

откапывание радиометки (7) и по гибкой связке (8) доступ к кабельной муфте (9).

Заметим, что гибкая связка (8) используется для того, чтобы в процессе движения грунта радиометка (7) не отдалялась от муфты (8), а также для того, чтобы на этапе выкапывания не была повреждена муфта (8).



Технология поиска подземной кабельной муфты при помощи GPS и радиометок

Рассмотренная технология поиска кабельных муфт на основе ГНСС и, при необходимости, радиометок реализована в опытном режиме в модуле ведения технической документации по кабельным сетям в составе автоматизированного рабочего места ведения технической документации (АРМВТД).

## **Библиографический список**

1. **Global** Positioning System Standard Positioning Service Signal Specification. – Вашингтон, 1995. – 51 с.
2. **ГЛОНАСС**. Интерфейсный контрольный документ. Редакция 5.1 / Российский научно-исследовательский институт космического приборостроения. – М., 2008. – 74 с.
3. **GALILEO**: Satellite System Design and Technology Developments / J. Benedicto, S.E.Dinwiddy, G. Gatti, R. Lucas, M. Lugert, European Space Agency, 2000. – 21 с.

**УДК 656.25**

**Ю. Л. Горлов**

## **НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА УСТРОЙСТВ СЦБ С УЧЕТОМ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В ОТРАСЛИ**

Вопросы развития и совершенствования технологии перевозочного процесса были и остаются приоритетными на железнодорожном транспорте России. Утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации №877-р от 17 июня 2008 г. «Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года» предусматривает «коренную модернизацию существующих объектов инфраструктуры, разработку новых технических требований к технике и технологии, ... выход на мировой уровень технологического и технического развития железнодорожного транспорта и повышение глобальной конкурентоспособности российского железнодорожного транспорта».

В рекомендациях участников научно-практической конференции «Комплексная система содержания инфраструктуры ОАО РЖД, проведенной 28 октября 2009 года, отмечено: «Организовать работу по внедрению инновационных решений по следующим основным направлениям:

- по всем объектам инфраструктуры осуществлять оптимизацию ремонтных циклов основных фондов с переходом от преимущественно планово-предупредительной системы ведения работ к работам на основе оценки устройств по фактическому состоянию;
- развивать новые технологии организации текущего содержания объектов инфраструктуры при укрупнении линейных структур и их подразде-



лений, в том числе бригадный метод текущего содержания устройств автоматики и телемеханики.

Основные направления реорганизации системы технической эксплуатации средств ЖАТ в дистанциях СЦБ ОАО РЖД определены в «Типовом проекте организации обслуживания и ремонта технических средств железнодорожной автоматики и телемеханики» (далее – Типовой проект). Типовой проект разработан Петербургским государственным университетом путей сообщения (ПГУПС) и утвержден Департаментом сигнализации, централизации и блокировки МПС России (в настоящее время Департамент автоматики и телемеханики) №ЦШ-24/19 от 07 марта 2003 года.

В 2003–2009 годах кафедрой «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» ПГУПС и отделом информационных технологий ГТСС были разработаны «Рабочие проекты организации обслуживания и ремонта средств ЖАТ» практически для всех для дистанций СЦБ железных дорог России (далее – Проекты ТОиР СЖАТ).

За время разработки Проектов ТОиР СЖАТ для дистанций СЦБ были приняты новые нормативно-технические документы:

- «Об обеспечении объектов ЖАТ технологическим оборудованием, специализированными наборами инструмента, средствами измерений и контроля»: указания МПС №М-1582у от 14.09.01г. и №ЦШЦ-37/77 от 07.05.02 г.;

- «Нормативы численности работников дистанций СЦБ ОАО РЖД» от 20.04. 2006 г. №817р;

- «Нормативы численности работников, обслуживающих механизированные и автоматизированные сортировочные горки ОАО РЖД» от 21.09.2005 г. №1511р;

- «Отраслевые нормы времени на техническое обслуживание устройств железнодорожной автоматики и телемеханики» № Р-200у от 03.03.2003 г.

Распоряжением ОАО РЖД №2150р от 22.10.2009 г. утверждена и введена в действие новая «Инструкция по технической эксплуатации устройств и систем СЦБ ЦШ-720-09».

В этой Инструкции техническая эксплуатация устройств разбита на две составляющие:

- организация и проведение работ по контролю технического состояния устройств и систем СЦБ;

- организация технического обслуживания и ремонта устройств и систем СЦБ.

Кроме того, в Инструкции ЦШ-720-09 впервые отражено, что методы и виды технического обслуживания и ремонта устройств и систем СЦБ для устройств и участков дистанции СЦБ определяются «Проектом организации обслуживания и ремонта технических средств железнодорожной

автоматики и телемеханики», разрабатываемым для каждой дистанции СЦБ проектной организацией.

Проект ТОиР СЖАТ для дистанции СЦБ в свою очередь разрабатывается на основании «Типового проекта организации обслуживания и ремонта технических средств железнодорожной автоматики и телемеханики» с учетом действующих нормативных, технологических, ремонтных и эксплуатационных документов.

В Инструкции ЦШ-720-09 также отмечено, что проектом ТОиР СЖАТ определяются места размещения производственных баз, их состав и оснащение механизмами и транспортными средствами.

В 2009 году на Красноярской и Октябрьской железной дорогах начались структурные преобразования, которые отразились на организации работы хозяйств автоматики и телемеханики этих дорог.

С октября 2009 года на Красноярской железной дороге начата реализация первого этапа пилотного проекта реформирования системы управления – переход на двухзвенную систему управления и обособления региональных дирекций. В масштабе дороги для перехода на двухзвенную систему управления «Территориальный филиал – линейное предприятие» перераспределяются следующие функции:

- деятельность по технической эксплуатации инфраструктуры осуществляется территориальным филиалом создаваемой дирекции инфраструктуры;

- ремонт объектов инфраструктуры обеспечивает специализированная дирекция по её ремонту. Контроль качества ремонта должен осуществляться территориальным филиалом дирекции инфраструктуры.

Для исключения потери хозяйственных связей при ликвидации отделенческого уровня на Красноярской ж. д. выполнен перевод хозяйственных функций отделений в соответствующие отраслевые службы с сохранением оперативного руководства в районах обслуживания.

На Октябрьской ж. д. в сентябре 2009 года создана ремонтная дистанция СЦБ на базе Псковской дистанции СЦБ. При создании ремонтной дистанции СЦБ введен в действие «Регламент взаимодействия Псковской дистанции СЦБ с Дновской и Великолукской дистанциями СЦБ при ремонте средств ЖАТ, обеспечивающих эксплуатацию средств ЖАТ, а также другими подразделениями Октябрьской ж. д. при производстве ремонтных работ устройств СЦБ».

Основными функциями Псковской ремонтной дистанции СЦБ являются:

- предоставление услуг по ремонту и проверке аппаратуры железнодорожной автоматики и телемеханики в ремонтно-технологическом участке (РТУ);

- ремонт и замена стрелочных электроприводов, а также электроприводов автошлагбаумов;
- подготовка и замена всех видов светофоров, релейных и батарейных шкафов, оснований для них, а также замена светофорных головок;
- комплексная проверка и ремонт питающих установок, а также ремонт дизель-генераторов (ДГА);
- ремонт и замена кабелей СЦБ;
- сопровождение работ, сопутствующих капитальному ремонту смежных служб железной дороги.

Структурные преобразования в хозяйстве автоматики и телемеханики Октябрьской ж. д. можно назвать смелым экспериментом в разделении функций обслуживания и ремонта устройств и систем СЦБ.

В соответствии с изложенными фактами можно сделать вывод о том, что разработанный в 2003 году Типовой проект требует существенных изменений.

В частности, в его состав необходимо включить следующие принципиально новые разделы:

- Организация обслуживания и ремонта устройств на механизированной сортировочной горке (с учетом разработанных ПГУПС проектов ТООР СЖАТ для Пензенской и Ульяновской дистанций СЦБ Куйбышевской ж. д.);
- Особенности организации технического обслуживания и ремонта устройств и систем СЦБ с применением средств диагностики и мониторинга (с учётом разработок в этой области ГТСС).

При корректировке положений действующего Типового проекта должны быть также учтены результаты структурных преобразований на Красноярской и Октябрьской железных дорогах.

**УДК 656.25**

**В. В. Комаров, С. В. Ракчеев**

## **СОВРЕМЕННЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА СЛУЖБЫ ДВИЖЕНИЯ**

Центром компьютерных железнодорожных технологий (ЦКЖТ) кафедры «Автоматика и телемеханика на ж. д.» Петербургского государственного университета путей сообщения (ПГУПС) выполнены изыскатель-

ские, проектные, монтажные и пусконаладочные работы по модернизации учебной базы кафедры «Управление эксплуатационной работой», результатом которых стало создание Учебного центра управления перевозками (УЦУП ПГУПС).

Эта работа требовала капитального переустройства эксплуатировавшегося с 1960-х годов учебного макета железной дороги и устройств управления движением поездов лаборатории «Организация движения» ПГУПС. Потребовалась разработка программно-аппаратного имитатора электрической и диспетчерской централизации, автоматической и полуавтоматической блокировки для участка железной дороги, а также устройства для непосредственного управления движением поезда, которыми могли бы пользоваться студенты в учебном процессе.

В ходе предпроектных проработок была создана Концепция организации УЦУП, в которой, в свою очередь, нашли отражение основные задачи, требования и цели модернизации и переоснащения учебно-лабораторной базы. На этой стадии также были решены вопросы:

- организационной структуры УЦУП;
- технического обеспечения;
- функциональных возможностей;
- объемов и сроков выполнения работ.

Основным критерием выбора организационной структуры управления УЦУП явилось обеспечение работы максимального количества учащихся на автоматизированных рабочих местах (АРМ) всех уровней управления с учетом имеющегося путевого развития макета и возможных учебных задач.

Была выбрана следующая схема организации:

- высший уровень АРМ старшего диспетчера, обеспечивающий контроль за всем участком макета;
- средний уровень, включающий в себя три АРМ поездных диспетчеров (ДНЦ), каждый из которых обеспечивает управление перевозочным процессом в пределах своего диспетчерского круга;
- нижний уровень – восемь АРМ и два пульт-табло дежурного по станции (ДСП), обеспечивающих выполнение перевозочного процесса в пределах станции.

В качестве технических средств реализации Концепции УЦУП использованы разработки ЦКЖТ, применяемые на магистральном железнодорожном транспорте и в метрополитене – системы диспетчерской и электрической централизации на базе микроЭВМ и программируемых контроллеров ДЦ-МПК и ЭЦ-МПК.

Использование в качестве путевых датчиков миниатюрных герконовых реле, интеграция управления несколькими станциями в одном контро-

лируемом пункте (КП) позволило сократить расходы на проектирование и монтаж всего комплекса устройств УЦУП.

В ходе работы над программным обеспечением были реализованы функции электрической централизации стрелок и сигналов.

Для организации обмена данными между АРМ использована стандартная локальная вычислительная сеть Ethernet 10/100 Мбит/с, в которую включены АРМ ДСП, АРМ ДНЦ, контроллеры КП, сервер данных (рис. 1).

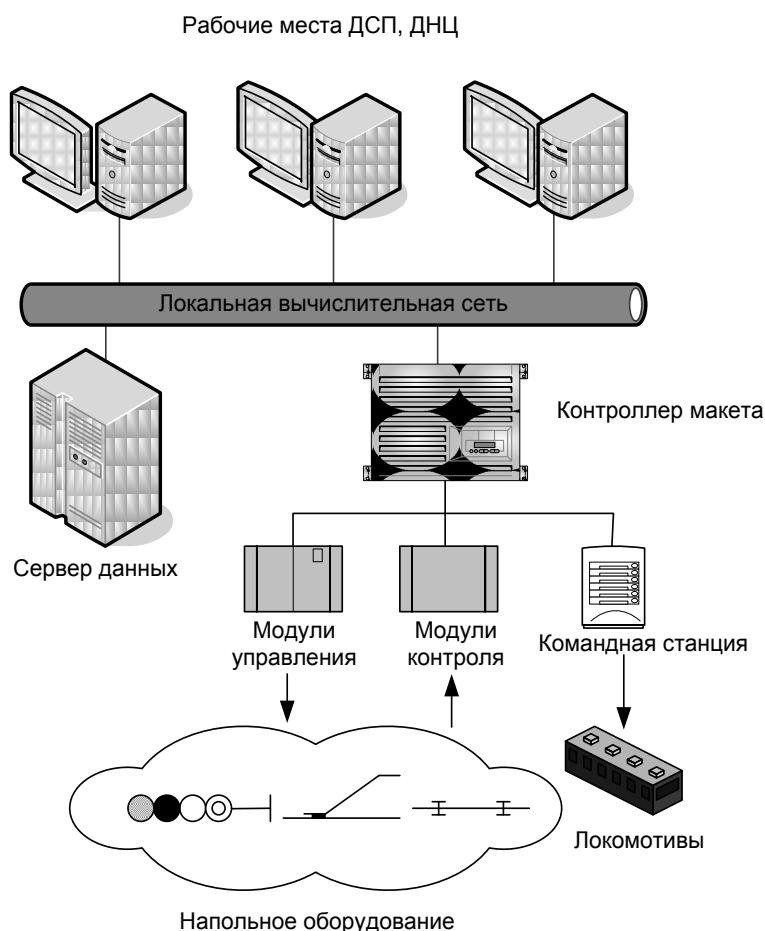


Рис. 1. Структурная схема УЦУП

План и схема размещения оборудования УЦУП ПГУПС показаны на рисунке 2.

По аналогии с системой управления, используемой на макете УЦУП ПГУПС, была разработана система с виртуальным полигоном для лаборатории управления движением Петрозаводского колледжа железнодорожного транспорта, где технологическая ситуация задается на АРМ преподавателя, а управление движением поездов по шести станциям участка осуществляется с АРМ ДСП и АРМ ДНЦ.

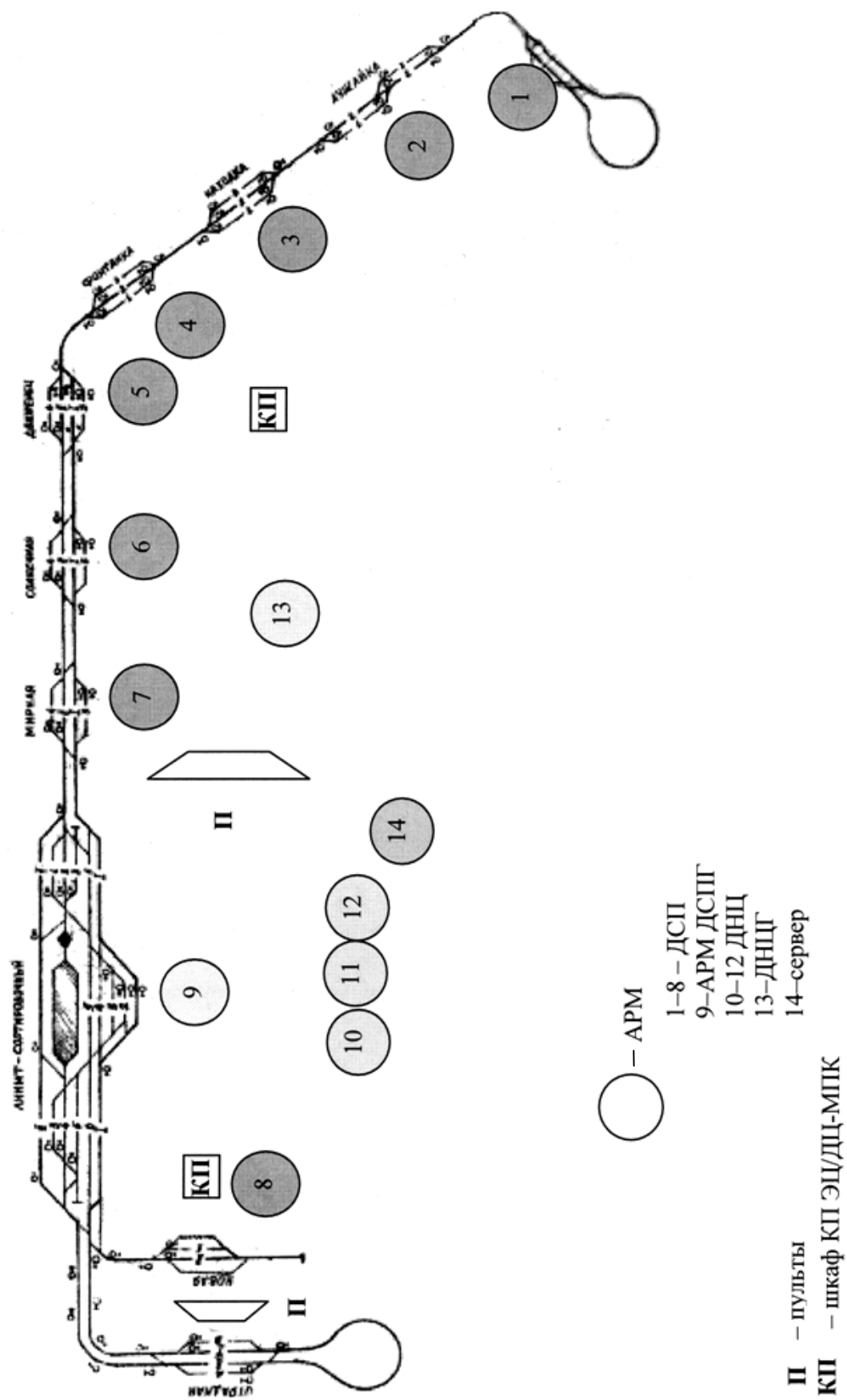


Рис. 2. План и схема размещения оборудования УЦУП

С учетом опыта, полученного при выполнении описанных работ, ЦКЖТ выполнил разработку и монтаж системы управления макетом интремодальных перевозок РЖД, демонстрируемым в настоящее время в выставочном зале Центра научно-технической информации ОАО РЖД, а также ведет работу по реконструкции учебной базы кафедры «Управление эксплуатационной работой» Уральского государственного университета путей сообщения.

Работа УЦУП кафедры «Управление эксплуатационной работой» ПГУПС основывается на действии макета железной дороги типоразмера Н0, состоящего из:

- 10 станций;
- 11 перегонов, 2 из которых – возвратные петли;
- 3 контролируемых пунктов на базе комплексов технических средств управления и контроля (КТСУК);
- устройств локальной автоматики на основе плат управления и контроля УДО-48Р, УДО-24Р, УМВ-64/8-S, УКППС;
- 2 пульт-табло аппаратов управления станций Отрадная и ЛИИЖТ-Сортировочный;
- 8 автоматизированных рабочих мест дежурных по станции АРМ ДСП;
- 1 АРМ дежурного по горке и району формирования;
- 3 АРМ ДНЦ (диспетчеров) и 1 АРМ ДНЦГ (старшего диспетчера);
- сервера данных;
- локальной вычислительной сети;
- устройств электроснабжения.

УЦУП условно представляет собой отделение дороги, состоящее из трех диспетчерских кругов: ДНЦ-1, включающий станции Отрадная, Новая, ЛИИЖТ-Сортировочный; ДНЦ-2, включающий станции Мирная, Солнечная, Движенец, Фонтанка; ДНЦ-3, включающий станции Находка, Лужайка, Новинка.

Проектом УЦУП предусмотрено два типа рабочих мест дежурных по станции. Для малых станций Новинка, Лужайка, Находка, Фонтанка, Движенец, Солнечная, Мирная, Новая применяется автоматизированное рабочее место ДСП на базе персональной микроЭВМ, для станции ЛИИЖТ-Сортировочный сохраняются существующие пульт-табло желобкового типа совместно с АРМ дежурного по горке, для станции Отрадная – пульт типа «домино» с точечной индикацией.

В качестве аппарата управления движением поездов на участке макета УЦУП, входящего в диспетчерский круг, применяется автоматизированное рабочее место поездного диспетчера (АРМ ДНЦ) на базе персональной микроЭВМ. ДНЦ-2 и ДНЦ-3 обеспечивают диспетчерский контроль за поездной ситуацией и диспетчерское управление движением поез-

дов в пределах кругов, ДНЦ-3 обеспечивает диспетчерский контроль за поездными передвижениями на ст. ЛИИЖТ-Сортировочный и Новая и диспетчерское управление на ст. Отрадная.

Проектом УЦУП предусмотрена также реализация функций управления и контроля устройствами ЭЦ и АБ на станциях и перегонах, а также управление поездами средствами вычислительной техники по цифровому рельсопроводному каналу.

Электрическая централизация ЭЦ-МПК строится по трехуровневой структуре, где верхний уровень представляет собой автоматизированные рабочие места дежурных по станции (АРМ ДСП). К среднему уровню относится комплекс технических средств управления и контроля (КТСУК), к нижнему уровню – напольные устройства макета (стрелки, светофоры, устройства контроля занятости участка пути).

Интерфейс пользователя на АРМ ДСП макета по контролю и управлению объектами построен по тем же принципам, что и на АРМ ДСП действующих станций магистральных железных дорог, оборудованных системой ЭЦ-МПК.

Для малых станций применяется типовая архитектура ЭЦ-МПК, обеспечивающая выполнение следующих функций:

- задание поездного маршрута;
- отмена поездного маршрута;
- индивидуальное управление стрелками;
- смена направления на перегоне;
- для станций Мирная и Солнечная – режим автодействия сигналов в правильном направлении;
- прием-отправление поезда по запрещающему показанию светофора;
- искусственное размыкание секций маршрута;
- открытие пригласительного сигнала;
- перевод ложно занятой стрелки;
- аварийная смена направления на перегоне.

Набор реализуемых ЭЦ функций расширен следующими:

- на ст. Отрадная введено переключение режимов управления диспетчерское/резервное ключом-жезлом;
- на ст. Новая и ЛИИЖТ-Сортировочный реализуется маневровая маршрутизация.

Автоблокировка (АБ) в УЦУП представляет собой независимую автоматическую систему, работающую самостоятельно при подаче управляющего напряжения на исполнительные модули.

Контроль занятости участка пути производится с помощью специализированных модулей УКППС (устройство контроля проследования подвижного состава). В основе работы УКППС лежит счетный принцип: на



каждое ветвление отдельного контролируемого участка устанавливается два геркона типа МКА-10109, которые подключаются к счетным входам УКППС. При проследовании над парой герконов локомотивов или вагонов состава, на котором установлены контрольные магниты, происходит счет подвижных единиц – в зависимости от направления движения сложение или вычитание общей суммы. Если сумма равна нулю, то участок считается свободным, в противном случае – занятым. Подобным образом осуществляется функционирование системы счета осей (ЭССО) магистральных железных дорог.

Модуль УКППС имеет три установочных входа для предварительного ввода данных (например, для инициализации устройств при включении макета или обнуления в случае ложной занятости) и три выхода для подключения контрольных реле. УКППС может конфигурироваться под различные варианты путевого развития контрольного участка (путь с двумя ветвлениями, одиночная стрелка с тремя ветвлениями, две стрелки в одной секции с четырьмя ветвлениями, три стрелки в одной секции с пятью ветвлениями) и обслуживать от одного до трех таких участков. На макете выделено 150 контролируемых путевых участков, для их контроля используется 100 модулей УКППС.

Управление движением поездов осуществляется на уровне программного обеспечения (ПО) контроллера макета путем формирования команд на локомотивы. Существуют два режима управления локомотивами: маршрутный и принудительный. При маршрутном режиме команды на движение локомотива формируются в момент задания маршрута. Каждому элементу путевого развития, входящему в маршрут, соответствует свое значение скорости. При занятии рельсовой цепи на локомотив отправляется команда с соответствующим значением скорости. При прохождении поезда по маршруту программа отслеживает его местоположение (на какой РЦ он находится) и сохраняет его адрес в базе данных.

При принудительном режиме управление поездом осуществляется с любого АРМ ДСП путем непосредственного формирования команд для выбранного локомотива. Программно-аппаратные средства УЦУП позволяют управлять движением до 10 поездов одновременно.

Для сопряжения с контроллером макета разработана командная станция DCC-ЦКЖТ, осуществляющая посылку кодов в рельсовые нити. Передача команд управления движением поездов осуществляется по цифровому каналу в стандарте NMRA (наиболее распространенный международный стандарт цифрового управления модельными железными дорогами). Каждый локомотив оборудован стандартным микроконтроллером (декодером), настроенным на определенный адрес. Приняв команду со своим адресом, декодер выдает управляющее воздействие в соответствии с этой командой на тяговый двигатель локомотива.

Питание устройств макета осуществляется с использованием двух универсальных источников питания, обеспечивающих выдачу ряда напряжений для:

- ламп светофоров +6 В;
- стрелок и контрольных схем ~16 В;
- плат УКППС и путевых реле +12 В;
- управляющих плат, расположенных непосредственно под макетом ~ 36 В.

Для питания элементов УЦУП организованы продольные шины электроснабжения по всей длине макета. Соответствующая шина заводится на клеммную панель макета или на плату управления/контроля.

Для питания устройств АРМ и КП используется внешнее электропитание 220 В.

Потребляемая мощность устройствами АРМ – 1000 Вт.

Потребляемая мощность устройствами КТСУК – 250 Вт.

Потребляемая мощность напольным оборудованием макета – 500 Вт.

Потребляемая мощность пульт-табло – 2 кВт.

Общая потребляемая мощность устройств УЦУП составляет ~30 кВт.

Все подключения источников электроснабжения выполнены через отдельные предохранители.

Локальная вычислительная сеть (ЛВС) обеспечивает передачу данных между АРМ ДСП, КП, АРМ ДНЦ, сервером. Общее количество абонентов ЛВС равняется 16.

Кабельная сеть проложена кабелем «витая пара» категории 5 или 5Е от розеток абонентов до патч-панели типа 110, размещаемой на стойке сетевым оборудованием.

ЛВС УЦУП построена на основе технологии коммутируемого Ethernet 10/100 Мбит/с. Скорость 10 Мбит/с используется контроллерами КП, АРМ работают на скорости 100 Мбит/с.

Применение системы цифрового управления при создании УЦУП позволило расширить функциональность макета, добавив новые функции:

- возможность плавного изменения скорости движения;
- управление локомотивом напрямую с компьютера АРМ;
- прицельная остановка в пределах пути;
- управление дополнительными функциями (звук, освещение, отцепка);
- слежение за каждым локомотивом.

В процессе реконструкции макета было разработано новое программное обеспечение для АРМ и для контроллера, которое, помимо зависимостей ЭЦ, установки маршрутов, выбора сигнальных показаний на све-

тофорах, включает в себя функции цифрового управления локомотивами. Программа контроллера в зависимости от технологической ситуации формирует команды управления локомотивом. Команды передаются через командную цифровую станцию в рельсы и далее на декодер локомотива. Обмен данными между командной станцией и контроллером построено по последовательному интерфейсу RS-485.

Основные особенности программной реализации цифрового управления заключаются в следующем.

1. Адреса декодеров локомотивов прописываются в исходных данных.

2. При движении поездов по маршрутам программа отслеживает и сохраняет в базе данных текущее местоположение локомотива (на какой РЦ он находится).

3. Все возможные передвижения поездов по макету на станциях и перегонах поделены на маршруты. В каждый маршрут входит минимум два участка: как правило, перед светофором (предмаршрутный) и за светофором.

4. Имеется возможность ручного управления локомотивом с АРМ ДСП или АРМ ДНЦ.

Принцип работы программы при движении поезда по маршруту представлен в виде блок-схемы алгоритма на рисунке 3. При открытии сигнала и нахождении поезда на предмаршрутном участке по адресу локомотива подается команда на движение в соответствующем направлении со скоростью, указанной в исходных данных маршрута. Далее ожидается занятие поездом следующей РЦ по маршруту в течение определенного времени. Если этого не происходит, то на локомотив посылается команда остановки, так как в данном случае возможна нештатная ситуация – сход локомотива или ложная свобода РЦ, по причине которой невозможно дальнейшее отслеживание движения поезда по макету.

При занятии следующей РЦ фиксируется нахождение локомотива и устанавливается скорость движения. Когда локомотив занимает последнюю РЦ по трассе маршрута, проверяется состояние следующего светофора (светофора следующего маршрута). Если светофор открыт, то движение поезда переходит под управление следующего маршрута (рис. 4). Если светофор закрыт, то устанавливается соответствующая скорость движения и на локомотив поступает команда остановки через выдержку времени, необходимого для проследования поездом до закрытого светофора.

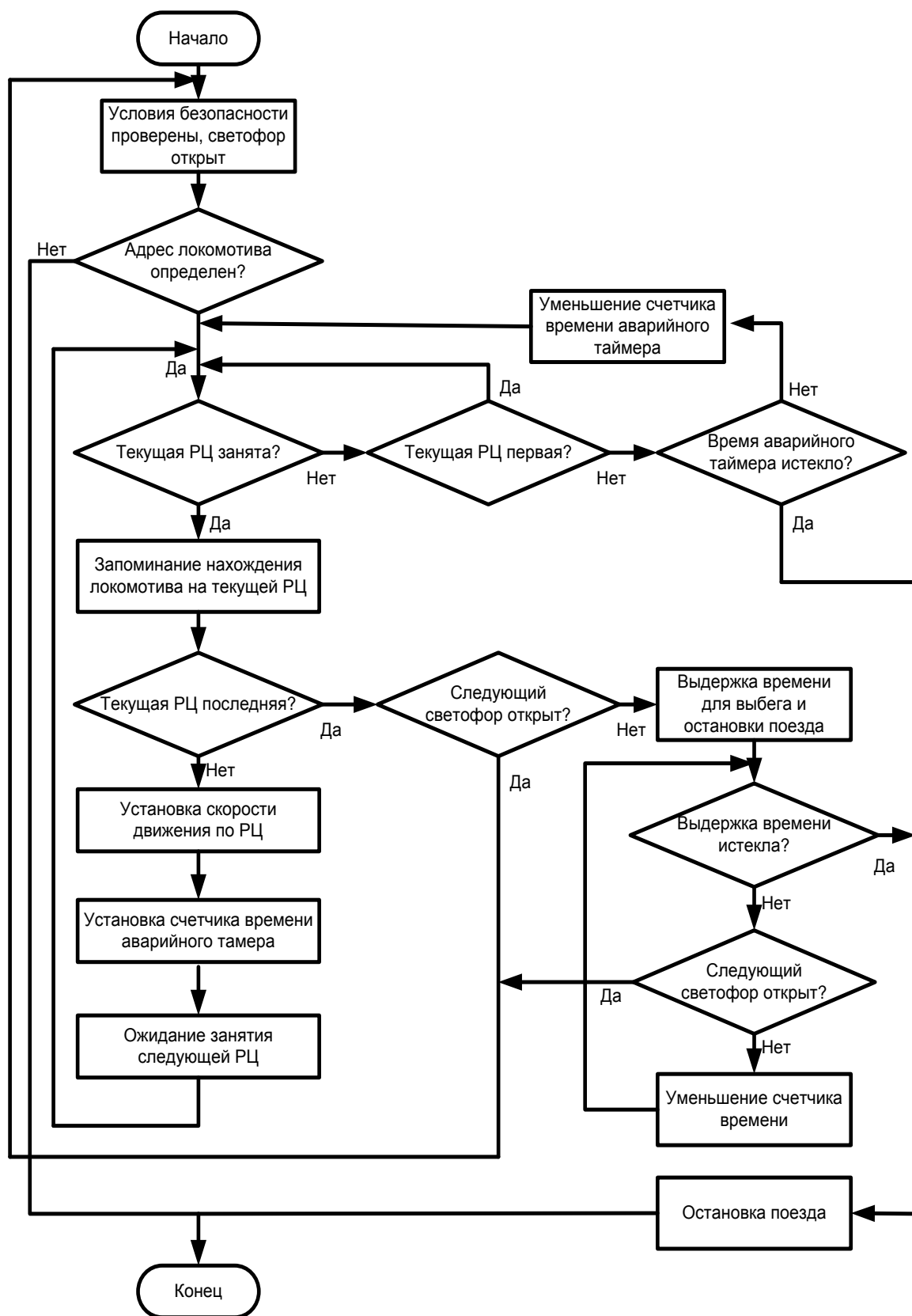


Рис. 3. Блок-схема алгоритма управления движением поезда на макете УЦУП

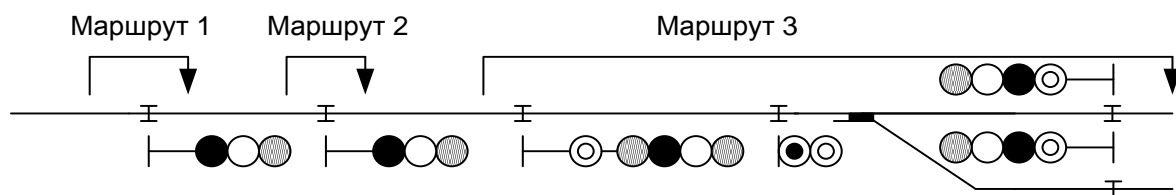


Рис. 4. Технологический алгоритм управления движением поезда

Проведенные мероприятия по созданию УЦУП ПГУПС позволяют в полной мере кардинально изменить уровень обучения и переподготовки специалистов службы движения. Это в первую очередь касается интерфейса автоматизированных рабочих мест дежурных по станции и диспетчеров, которые получают возможность обучаться на программных средствах, тиражируемых по сети дорог. Кроме того, широкие возможности цифрового управления дают возможность развивать и совершенствовать содержание и методы учебного процесса. К последнему, в частности, относятся:

- моделирование маневровой работы на станции, связанной с перформированием поездов;
- моделирование погрузочно-выгрузочной работы;
- моделирование работы локомотивного депо;
- моделирование действий оперативного персонала при возникновении неисправностей;
- ведение и анализ графика исполненного движения и пр.

К существенному качественному изменению подготовки специалистов следует отнести возможность осуществлять роспуск состава на сортировочной горке по заранее сформированному в отдельном программном приложении листку сортировки, также реализованному на цифровой программно-аппаратной базе. Работа по роспуску состава показана на макете в полном соответствии с технологией работы существующих в реальности устройств горочной сортировочной системы.

Расширено функциональное содержание работы на сортировочной станции. Если ранее ДСП мог только принимать и отправлять поезда с возможностью передачи из парка в парк маневровыми маршрутами, то теперь на сортировочной станции появился отдельный АРМ дежурного по горке, в задачи которого входит обеспечение процесса роспуска и формирование поездов.

Немаловажным фактором в эксплуатации комплекса устройств УЦУП ПГУПС является визуальное восприятие студентами и учащимися целостной картины работы железнодорожного участка, что способствует лучшему пониманию технологии работы железной дороги и ее составляющих частей (устройств СЦБ, локомотивной и вагонной служб и т. д.).

Разработанные для УЦУП варианты нормативного графика движения поездов от самого простого, содержащего только прием, отправление и пропуск поездов, до более сложного, охватывающего местную, сортировочную и вывозную работу, дают возможность в течение семестра научить студентов решать самые разнообразные задачи, связанные с организацией управления перевозочным процессом как на уровне линейного предприятия – станции, так и на вышестоящих уровнях в отделении или управлении дороги – диспетчерского круга, дежурного по отделению, оперативно-го отдела.

Компьютерные средства управления позволяют также выполнять имитацию неисправностей (ложная занятость или свободность, потеря контроля стрелки, неразмыкание маршрута и т. п.), что способствует отработке действий в различных аварийных ситуациях.

**УДК 656.25**

**Д. Г. Никулин**

### **ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ**

Комплексная автоматизированная система диспетчерского управления движением поездов (КАСДУ) предназначена для оперативного управления объектами инфраструктуры линии метрополитена. Ее неотъемлемой частью является сеть передачи данных (СПД), предназначенная для информационного обмена между компонентами вычислительных средств. Для сложной иерархической системы, каковой является КАСДУ, вопросы передачи данных могут решаться наилучшим образом при её разработке. При изменениях и модернизации уже существующей системы эти же вопросы могут быть решены по-другому. В результате СПД модернизированной системы становится неоднородной. Эта тенденция прослеживается на примере развития СПД КАСДУ, в котором можно выделить несколько этапов.

На первом этапе развития СПД КАСДУ была выполнена адаптация её программных средств к технологии работы Санкт-Петербургского метрополитена, которая обеспечивала замену устаревших устройств центрального поста (ЦП) диспетчерского управления вычислительными средствами пункта управления (ПУ) системы диспетчерской централизации ДЦ

МПК. При этом было произведено подключение ПУ к эксплуатируемым низкоскоростным каналам связи системы телемеханики типа СКЦ-67.

Особенностью систем диспетчерского управления движением поездов метрополитена являются повышенные требования к их надежности, обеспечиваемые использованием резервированных комплектов оборудования. При этом связь между комплектами ПУ осуществляется с помощью локальной вычислительной сети (ЛВС) Ethernet. На момент внедрения на метрополитене в системе ДЦ МПК использовался сетевой протокол IPX. Он позволял легко реализовать особенности обмена информацией внутри системы, главной из которых было наличие одного источника данных и нескольких получателей. Протокол IPX лег в основу сети КАСДУ.

Программно-аппаратные средства, применявшиеся на том этапе, включали в себя: персональные компьютеры (ПК) на базе Pentium1, контроллеры на основе процессора i486, операционную систему MS-DOS.

Второй этап развития СПД КАСДУ на метрополитене характеризовался появлением линейных пунктов (ЛП) станций, оборудованных первыми компьютерными контролируемыми пунктами (КП) на базе комплекса технических средств управления и контроля КТСУК [1].

Задача связи ЦП и ЛП на тот момент имела несколько решений. Один из вариантов решения основывался на применении специализированных модемов и физической линии. Его недостатками являются: высокая стоимость, относительная сложность и низкая пропускная способность. Другой вариант предполагал с использованием ЛВС на ЦП и ЛВС на ЛП объединить обе эти сети, для чего пришлось прибегнуть к услугам оператора, предоставляющего телекоммуникационные услуги. Преимущества этого решения состоят в следующем: оператор не только предоставляет каналы связи в соответствии с техническими требованиями системы ДЦ МПК, но и своими силами обеспечивает их необходимые эксплуатационные параметры, вплоть до коэффициента готовности предоставляемых каналов не хуже 0,9995. В связи с этим на втором этапе развития СПД КАСДУ было принято решение для подключения к ней станций «Старая деревня», «Крестовский остров», «Чкаловская» Санкт-Петербургского метрополитена воспользоваться услугами оператора Метроком (рис. 1).

Отказоустойчивость оптоволоконных линий связи обеспечивается кольцевой топологией, при которой каждая станция имеет две физические линии связи. На станциях установлены преобразователи физического уровня оптика–медь (медиаконвертеры). Поскольку замкнутые топологии в сетях Ethernet запрещены, все резервные линии связи автоматически отключались протоколом Spanning Tree Protocol (STP), реализованным в активном сетевом оборудовании. Протокол STP позволяет также автоматически подключать необходимые резервные связи при повреждении линий на любом участке кольца.

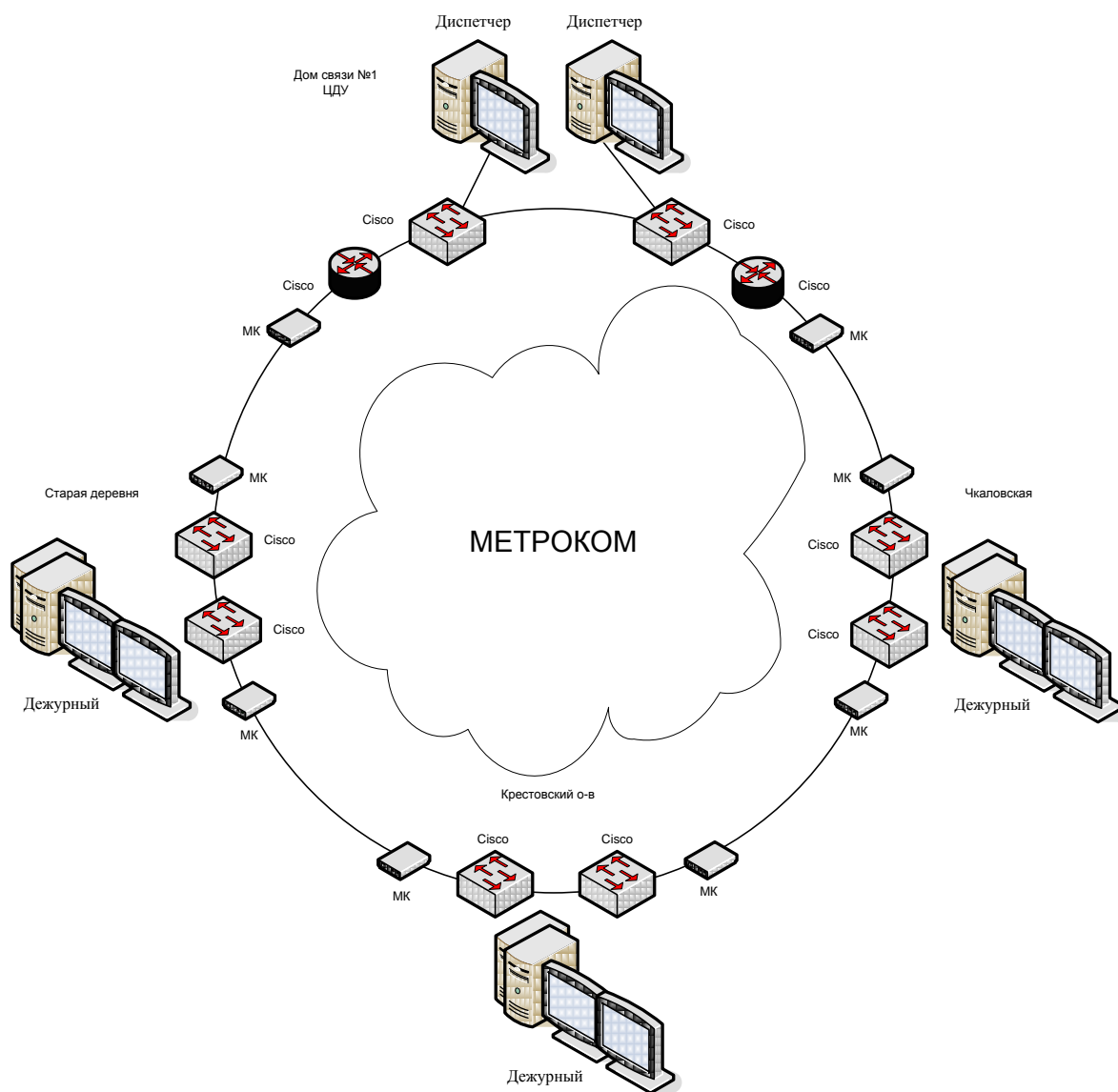


Рис. 1

Третий этап развития СПД КАСДУ связан с её дополнением функциями телеуправления других служб метрополитена: электромеханической и энергоснабжения.

Усложнение программного обеспечения (ПО) автоматизированных рабочих мест (АРМ) системы по мере реализации названных этапов развития КАСДУ привело к увеличению требований к его оборудованию. Перед разработчиками встает задача: либо эксплуатировать существующее ПО, либо разрабатывать новое, действующее под управлением более совершенной операционной системы.

Разработчиками КАСДУ были предприняты попытки использовать существующий АРМ под управлением разных операционных систем. Наиболее удачным было решение использовать существующее ПО под управ-



лением OS\2. До сегодняшнего дня в КАСДУ эксплуатируются АРМ под управлением этой ОС, а более чем 10-летняя эксплуатация этого ПО подтвердила правильность принятого решения.

Другой важной чертой третьего этапа развития КАСДУ становится разработка нового ПО согласно требованиям службы энергоснабжения. При этом новое ПО создается под управлением ОС Linux. На этом этапе СПД разрастается вширь.

Четвертым этапом развития СПД явился очередное усложнение СПД, связанное с оборудованием новых станций метрополитена устройствами КАСДУ. Расширить структуру, приведенную на рисунке 1, путем включения в кольцо еще хотя бы одной станции оказалось невозможно, поскольку в ней был достигнут предел количества коммутаторов для работы протокола STP. Оператором связи было принято решение подключения новых станций через маршрутизатор, для чего оператор использует свою первичную сеть.

Таким образом, в КАСДУ появляется разбиение СПД на маршрутизируемые подсети станций и сеть центра диспетчерского управления (ЦДУ). Последняя также включает в себя станции «Чкаловская», «Крестовский остров» и «Старая деревня». При этом возникают проблемы с широкополосным способом передачи, так как способ сильно загружает сеть и с маршрутизацией IPX возникают конфликты. Поэтому производители сетевого оборудования отказываются от дальнейшей поддержки сетевого протокола IPX.

Пятый этап развития СПД КАСДУ также инициирован необходимостью подключения новых станций. На этом этапе по экономическим причинам было принято решение отказаться от услуг оператора связи. Разработчики предложили использовать технологию SHDSL и маршрутизацию передаваемых по СПД данных. Примером такого участка СПД является объединенный узел станций «Площадь восстания» – «Маяковская» Санкт-Петербургского метрополитена, показанный на рисунке 2.

Для такой схемы остро стоит проблема так называемого «бутылочного горла». Канал DSL между модемами имеет пропускную способность в 10–100 раз меньшую, чем Ethernet. Широковещательный обмен по IPX не подходит, так как сильно загружает канал трафиком, не связанным с конкретным ЛП. В связи с этим было принято решение перейти на протоколы связи семейства TCP/IP. Протокол IP multicast обладает требуемыми свойствами, так как им обеспечивается доставка информационной посылки из одного источника нескольким получателям. Это позволило, не меняя протоколов обмена высокого уровня, с минимальными корректировками использовать IP multicast в системе КАСДУ.

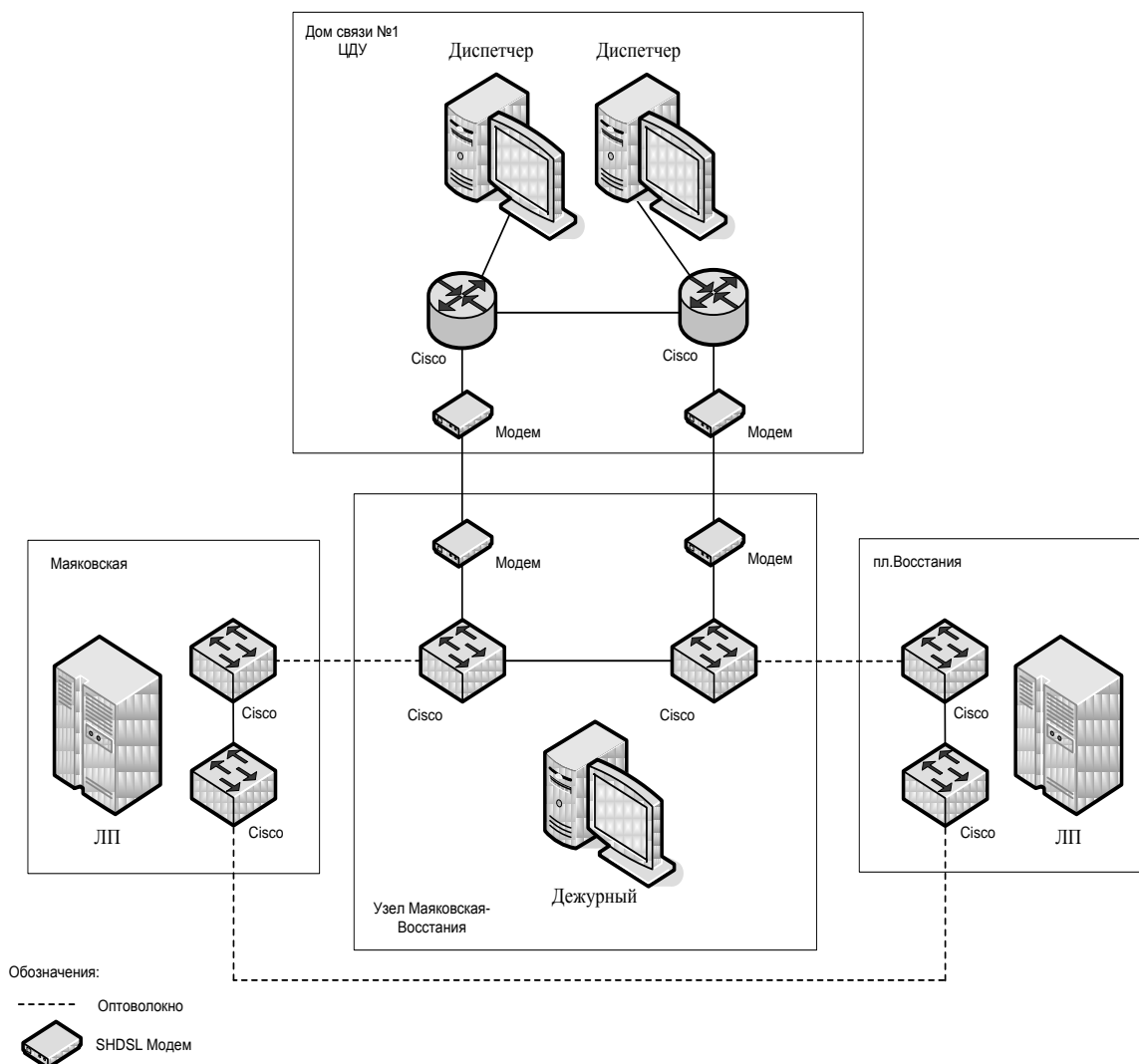


Рис. 2

Шестой этап развития СПД КАСДУ вызван появлением собственной технологической сети связи метрополитена (ТССМ). Сеть должна стать транспортом для всех систем, установленных в метрополитене (КАСДУ, КАСИП, АСКОП и др.) Однако в отличие от сети Метроком, которая являлась операторской сетью, ТССМ является корпоративной сетью. Это не позволило СПД КАСДУ выдвигать собственные требования к сети передачи. Но и использовать ее в чистом виде не представляется возможным. ТССМ не поддерживает работу IP multicast и требует перехода на другую IP-адресацию.

Эта задача была решена на уровне СПД КАСДУ с помощью технологии IP-тоннелей. При этом никаких модификаций в логической части работы КАСДУ не понадобилось. Соответствующие изменения были внесены в аппаратные средства ЛВС, а для подключения новых станций потребовалось применение коммутаторов третьего уровня.

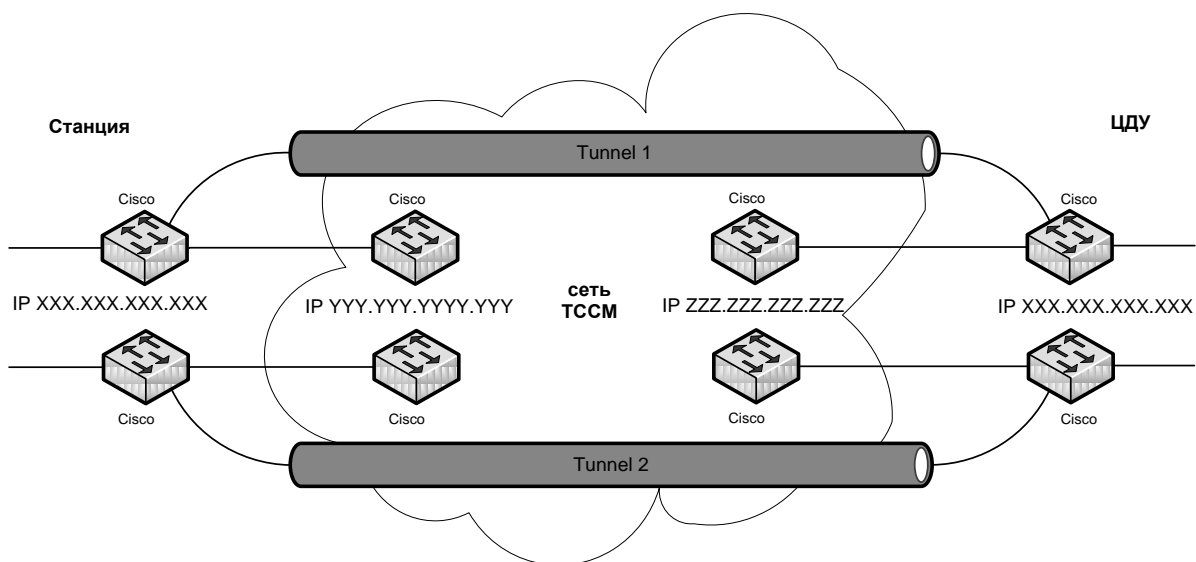


Рис. 3

Седьмым этапом развития СПД КАСДУ можно назвать появление в сети «не характерных» для неё ранее пользователей, требующих решения вопросов безопасности. Так, в связи с тем, что в составе КАСДУ появилась подсистема учёта и анализа работы линий метрополитена (АСУ АРЛМ), круг пользователей КАСДУ значительно расширился. Для обеспечения работы этих пользователей в СПД КАСДУ использовано защищенное соединение с сетью метрополитена. Защита осуществляется на всех уровнях как программными, так и аппаратными средствами. Основная цель защиты – исключение возможности любого несанкционированного воздействия на технологический процесс.

На этом этапе можно отметить и появление в СПД КАСДУ беспроводных подключений на уровне станций. С помощью этих технологий решаются вопросы связи с поездом на станции для передачи информации с бортовых устройств регистрации.

В заключение необходимо отметить следующее. На сегодняшний день КАСДУ работает на 39 станциях Санкт-Петербургского метрополитена. СПД КАСДУ представляет собой сложную территориально распределенную сеть, построенную с использованием различных технологий. Работа отдельных участков сети обеспечивается разными операторами. Часть сети относится к зоне ответственности Метрокома, часть эксплуатируется службами метрополитена (сеть ТССМ) совместно с ПГУПС.

КАСДУ продолжает развиваться, вместе с ней растет и развивается СПД. С увеличением числа абонентов АСУ АРЛМ резко увеличивается трафик. Каким же будет следующий этап в развитии СПД системы? В дальнейшем предполагается использовать исключительно сеть ТССМ для связи со всеми станциями, упростить СПД путём поэтапной замены старых технологических решений унифицированными новыми.

## **АВТОПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ СТРЕЛОЧНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

Любой отечественный и зарубежный стрелочный электропривод (СЭП), независимо от конструктивных различий, способа установки на стрелочном переводе и условий эксплуатации, выполняет три основные функции: переводит острия стрелки на заданное расстояние, запирает их в крайних положениях, а также контролирует запирание и фактическое перемещение остриев.

На железнодорожном транспорте применяются в основном электро-механические приводы, в которых вращение вала электродвигателя преобразуется с помощью механического редуктора в поступательное линейное перемещение шибера. В редукторе находится элемент защиты от чрезмерного усилия, которое может развиваться на шибере, – регулируемая фрикционная муфта.

На российских железных дорогах применяются в основном электроприводы серии СП.

Наиболее ответственным элементом привода этого типа является автопереключатель (АП), который исполнен как механический компаратор, контролирующий, во-первых, нормированный ход шибера и его запирание, во-вторых, фактическое перемещение на заданное расстояние контрольных линеек вслед за остриями стрелки.

В случае совпадения этих двух событий в АП под действием пружины переключается контрольный рычаг. Западание ролика рычага в вырез шайбы главного вала СЭП подтверждает, что шибер заперт после нормированного хода, а западание клювообразного конца рычага в вырезы контрольных линеек подтверждает, что острия стрелки переместились на заданное расстояние. Контрольный рычаг управляет электрическим элементом АП.

Электрический элемент приводов СП – это контактная группа, состоящая из открытых подвижных и неподвижных контактов. По статистике, около 50% от всех отказов привода происходит по вине контактного блока. Причиной отказов АП в процессе эксплуатации является нарушение соосности его подвижных и неподвижных контактов. Это приводит к изгибу неподвижных контактов АП, уменьшению контактного давления, искрению и нагреву контактной поверхности, в итоге – к нарушению (обрыву) контакта электрической цепи. Кроме этого, поверхности открытых

контактных пружин индевеют при низких температурах окружающего воздуха, что также приводит к нарушению проводимости контакта.

В качестве электрических элементов АП в зарубежных электроприводах чаще всего используются электрические кнопочные микропереключатели. Благодаря малому ходу кнопки (2–3 мм) происходит практически мгновенное переключение их контактов. Такие микропереключатели иногда используют непосредственно для контроля допустимого зазора между острием и рамным рельсом.

В большинстве зарубежных современных схем управления СЭП рабочая цепь управления электродвигателем и цепь контроля положения электропривода не совмещены, а проходят по отдельным линейным проводам. Кроме этого, в цепи электродвигателя отсутствуют контакты АП привода, включение и отключение электродвигателя осуществляется аппаратурой поста электрической централизации (ЭЦ). Командой на отключение электродвигателя является включение контрольных контактов АП.

Такой принцип построения схемы управления электроприводом позволяет в качестве контрольных электрических элементов АП использовать слаботочные коммутационные выключатели.

Выключатели электродвигателя СЭП (датчики перемещения) могут быть контактными и бесконтактными. Выключатели могут различаться, во-первых, по способу взаимодействия с контролируемым объектом, т. е. с физической механической связью или без нее, во-вторых, по используемой элементной базе. В качестве датчиков могут применяться элементы с физическим разрывом электрической цепи (контактные) или бесконтактные: полупроводниковые, трансформаторные, резисторные. По способу управления к бесконтактным выключателям также можно отнести датчики с магнитоуправляемым герметизированным контактом – герконом.

Примером использования отечественных бесконтактных датчиков является стрелочный горочный электропривод СПГБ-4. В нём применяются бесконтактные датчики типа ДБП и ДБЛ трансформаторного типа с подвижным сердечником, которым управляет контрольный рычаг АП.

Из всего многообразия бесконтактных датчиков, давно и успешно применяемых в промышленности, для стрелочных электроприводов подходят далеко не многие. Их применение ограничено требованиями безопасности, которые предъявляются к напольным устройствам и ответственным цепям железнодорожной автоматики.

При этом главным требованием является то, что отказ любого элемента контрольной цепи, в том числе и датчика АП, схемы управления электроприводом не должен привести к сохранению контроля или получению на посту ЭЦ ложного контроля положения стрелки.

Причиной ложного контроля могут послужить как внешние воздействия на контрольный датчик, так внутренние изменения – внезапные или постепенные отказы.

В контрольной цепи СЭП отказы, приводящие к ложному контролю, являются опасными, а отказы, связанные с потерей контроля фактического положения, – защитными. В первом случае возникает угроза для безопасных передвижений подвижных единиц на станции. Во втором случае исключается возможность использования стрелки в маршрутизированных передвижениях, что зачастую влечет задержки поездов.

Отказами схемы управления и контроля электроприводом (далее – схемы) являются случайные однополюсные сообщения проводов, в том числе с проводами смежных цепей. Отказы схемы могут быть вызваны также ошибочными действиями обслуживающего персонала, в том числе перепутыванием линейных проводов (жил) в кабельных муфтах, проводов контрольных датчиков, а также коротким замыканием или обрывом проводов.

На работу датчиков могут оказывать влияние соседние (по общему кабелю) цепи (через емкость кабельных жил), наведенные электромагнитные токи от линий электротяги и высоковольтных линий электропередачи, внешние электростатические источники, выбросы токов при выключении индуктивных нагрузок (реле) ЭЦ и другие.

В этой связи датчики, чувствительные к внешним электромагнитным влияниям (к ним относятся индуктивные, емкостные, оптические, датчики Холла, магниторезистивные и др.), обязательно следует проверять на электромагнитную совместимость со схемой их включения. Реально возникающие при эксплуатации внешние воздействия не должны приводить к отказу датчика, даже защитному.

Все датчики должны проверяться также на функциональную безопасность, при которой отказ в виде короткого замыкания или обрыва внутреннего элемента датчика не должен приводить к возникновению полезного сигнала на выходе, т. е. к ложному контролю.

В полупроводниковых датчиках, кроме коротких замыканий и обрывов, при анализе схем на безопасность учитывается возможная трансформация (переход) транзистора или тиристора в неуправляемый диод. Если схема не переходит при этом в состояние защитного отказа, применение такого датчика недопустимо.

Исследования автора статьи структур различных датчиков, их характеристик, конструкций, опыта применения в промышленности, соответствия датчиков отраслевым требованиям РЖД к безопасности, а также экономической целесообразности привели к выводу, что наиболее пригодными для применения в АП электропривода являются датчики трех типов: трансформаторные с подвижным сердечником, резистивные и герконовые.

Принцип действия трансформаторного датчика основан на индуктивном взаимодействии двух электрических обмоток через общий сердечник (рис. 1), который непосредственно физически связан с контрольным рычагом АП. На одну обмотку датчика подается напряжение, вторая его обмотка подключена к нагрузке. Если контрольный рычаг подвел сердечник к обмоткам, происходит трансформация полезного сигнала на выходе датчика.

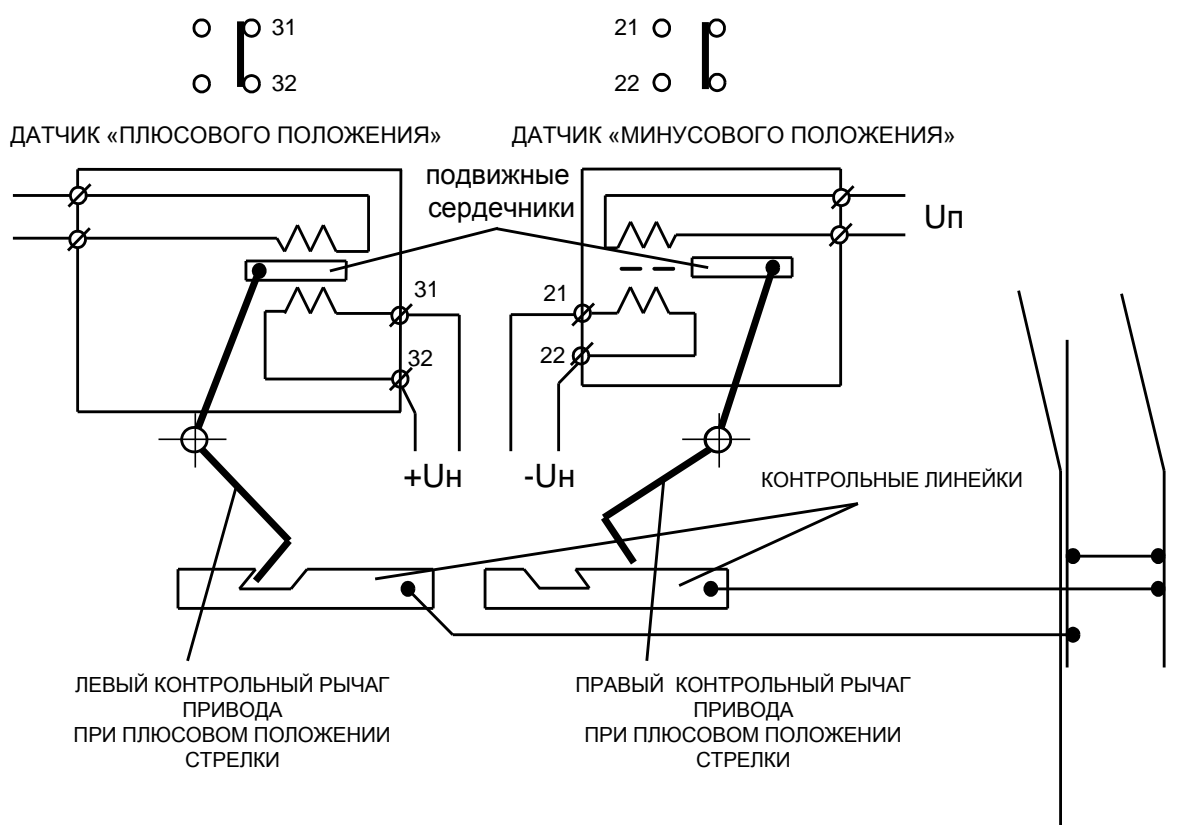


Рис. 1

Принцип действия резистивного датчика основан на изменении электрического сопротивления в контрольной цепи при взаимодействии контрольного рычага АП и ползунка переменного резистора (рис. 2). Переменный резистор при этом работает в режиме «включено – выключено». Выключению соответствует максимальное сопротивление на выходе датчика, включению – минимальное. Коммутация тока происходит без физического разрыва электрической цепи. Современные переменные резисторы с металлопластиковой дорожкой обеспечивают высокую надежность датчиков в условиях эксплуатации железных дорог. При этом в процессе старения таких резисторов обеспечивается постоянство либо увеличение их сопротивления.

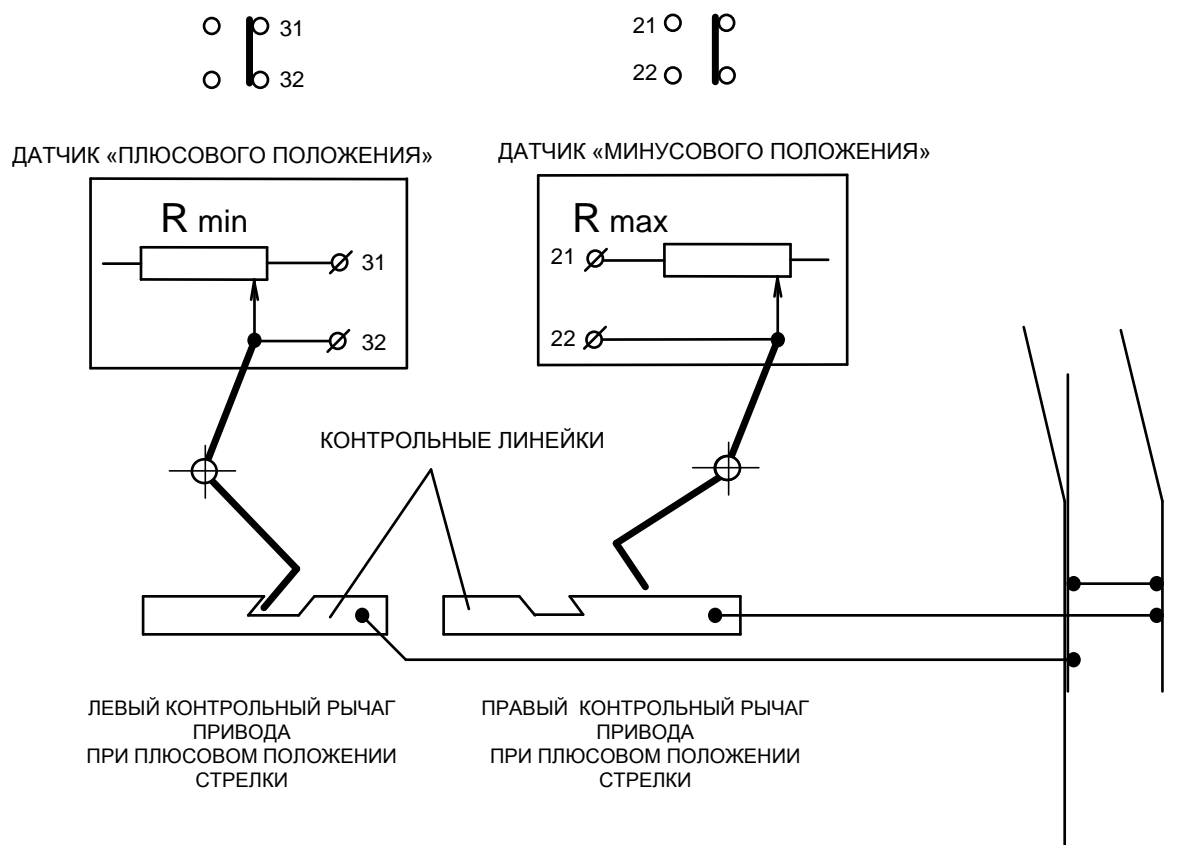


Рис. 2

Принцип действия герконового датчика основан на взаимодействии и взаимоположении геркона и постоянного магнита, который конструктивно связан с контрольным рычагом АП. В зависимости от положения магнита включается или выключается геркон (рис. 3). Закрытый стальной корпус датчика защищает геркон от внешних магнитных полей. Герконы и герконовые датчики широко применяются в устройствах связи, станкостроении, авиации, автомобильной и других отраслях экономики, как дешевые и надежные устройства.

Описанные три типа датчиков имеют общее достоинство – являются необслуживаемыми элементами и надежны при работе в условиях эксплуатации стрелочного электропривода.

Применение указанных датчиков позволит исключить характерные отказы типового АП стрелочного электропривода и сделать его необслуживаемым на весь срок эксплуатации.

Следует отметить, что по сравнению с типовыми схемами управления СЭП (двух- и пяти проводной) новая схема управления электроприводом без контактов АП в рабочей цепи электродвигателя при применении рассмотренных датчиков в контрольной цепи потребует большей емкости



кабельных жил. Однако при этом значительно повышается надежность схемы управления СЭП в целом, что несомненно даст экономию при обслуживании приводов и повысит безопасность движения поездов.

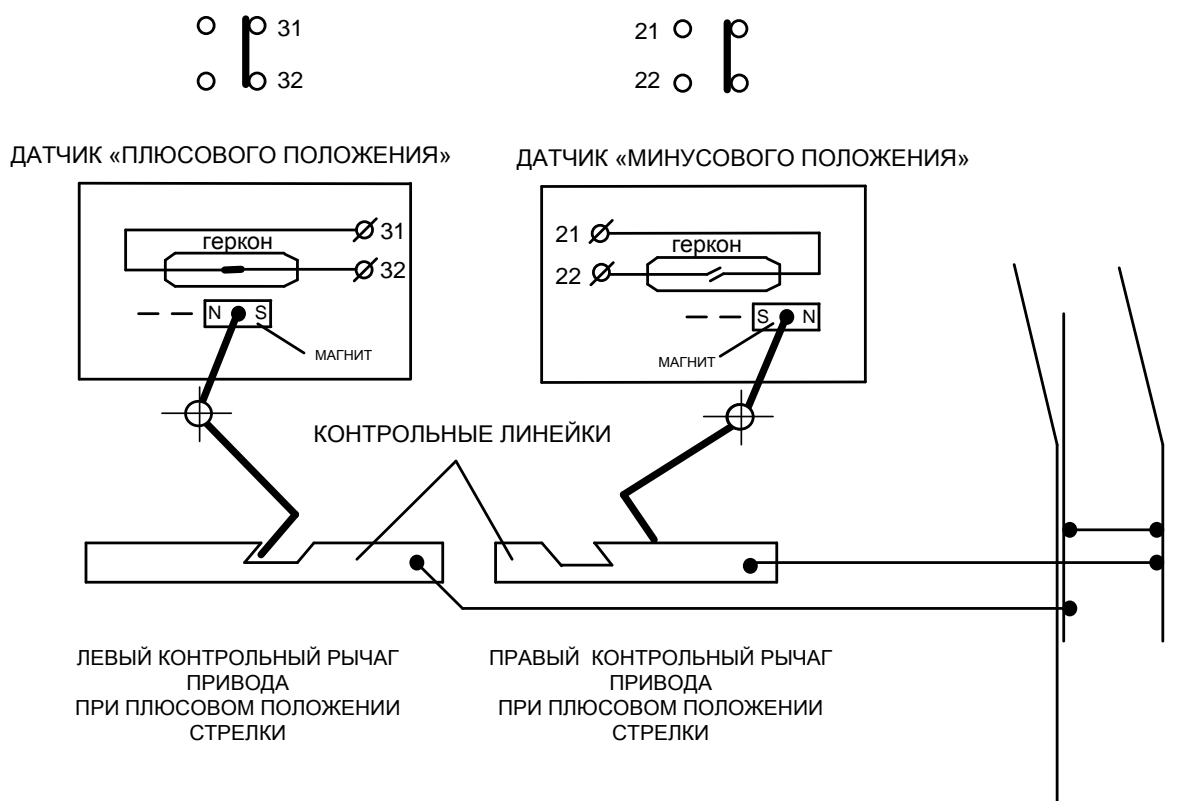


Рис. 3

УДК 656.25

Д. А. Васильев

## ИМИТАТОРЫ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

В последние годы на железных дорогах России появляется все больше микропроцессорных систем железнодорожной автоматики (ЖАТ), в том числе систем микропроцессорной централизации (МПС) и автоблокировки. В этих системах основной объем решений, связанных с безопасностью, возложен на программное обеспечение (ПО). Среди комплекса задач по обеспечению безопасности функционирования, решаемых средствами

ПО, следует выделить задачи технологического характера. Иными словами, в таких микропроцессорных системах ЖАТ именно программа решает практически все вопросы обеспечения безопасности движения поездов на станциях и перегонах. Эта часть ПО называется технологическим программным обеспечением (ТПО).

Возросшая роль ПО в системах ЖАТ, связанных с безопасностью движения поездов, требует серьезной его проверки. В то же время становится очевидным, что:

традиционные подходы к проверке систем ЖАТ на базе вычислительных комплексов во время пусконаладочных работ являются недостаточными для допуска их к эксплуатации;

необходимы дополнительные возможности для более эффективных проверок при условии моделирования среды функционирования ТПО в лабораторных условиях.

Реализация технологических задач управления движением поездов в виде программ позволяет приступать к процедурам проверки результатов на ранних стадиях разработки, когда функциональность системы еще невелика. Это дает возможность досконально проверить «костяк» будущей системы, учесть возможные проблемы при его расширении и предусмотреть дополнительные возможности для отладки, что в результате приводит к повышению качества ТПО.

В зависимости от варианта проведения испытаний ТПО МПЦ используют два типа имитатора:

*программный (автономный) имитатор*, применяемый для тестирования ТПО вне программно-аппаратной платформы будущей системы МПЦ;

*комплексный имитатор* – программно-аппаратный комплекс, включающий в себя программную часть (основанную на названном программном имитаторе), компьютер для ее выполнения и специальный аппаратный интерфейс для подключения к управляющему вычислительному комплексу (УВК) системы МПЦ. Такой имитатор дает возможность проверить функционирование системы в целом, включая ТПО, системное ПО и аппаратную часть МПЦ.

В рамках испытаний МПЦ наиболее возможно совместное использование обоих вариантов. Однако для тестирования ТПО основным должен быть программный имитатор, поскольку он дает возможность управления всеми параметрами выполняющейся программы, позволяет проводить автоматизированное тестирование в ускоренном режиме и отслеживание всех потоков обмена данными между ТПО и «внешним миром». В то же время вследствие сложности моделирования среды выполнения ТПО, обусловленной сильной системной зависимостью последнего, могут возникнуть трудности при создании программного имитатора для конкретной

системы. В этом случае для испытаний применяется комплексный имитатор, что в значительной степени ограничивает возможности углубленного тестирования ТПО. Отсюда следует вывод о том, что проведение полноценных испытаний ТПО системы МПЦ должно отвечать требованию минимальной зависимости от целевой программно-аппаратной платформы.

Для проведения испытаний ТПО МПЦ могут использоваться методы «черного ящика», «прозрачного ящика» и их комбинация.

Тестирование методом «прозрачного ящика» определяется внутренней структурой ТПО и является специфичным для каждой системы. Хотя оно и является обязательным, но относится в большей степени к компетенции разработчика системы. В дальнейшем метод «прозрачного ящика» рассматриваться не будет.

Основным методом динамического тестирования на безопасность ТПО является метод «черного ящика». При его использовании проверяется соответствие поведения программы требованиям, описанным в терминах предметной области, а именно – в терминах технологии работы станции. Метод «черного ящика» дает возможность выработать схожие подходы для различных систем МПЦ в силу того, что они решают в основном одну и ту же задачу.

Для проведения испытаний ТПО по методу «черного ящика» важнейшим является его функциональная (поведенческая) модель (ФМ). Она строится на основе эксплуатационно-технических требований (ЭТТ) к системе и описывает желаемое поведение системы в терминах предметной области. ФМ применяется для построения тестов и обработки их результатов. Значительная часть ЭТТ для разных систем МПЦ должна быть похожей в силу того, что предметная область и решаемые в ней задачи практически одни и те же. Например, требование *«При занятости стрелочно-путевой секции не допускается перевод ни одной из стрелок, входящих в данную секцию»* предполагает следующее:

1) в ТПО должно существовать представление о напольных объектах «стрелочно-путевая секция» и «стрелка»;

2) в ТПО должна учитываться связь между объектами «секция» и «стрелки». В одну секцию может входить несколько стрелок;

3) в ТПО должна учитываться занятость или свобода секции при обработке команды на перевод стрелки.

Объекты, представляющие напольные устройства в ТПО МПЦ, а также внутренние объекты ТПО, не имеющие соответствующих им напольных объектов, называются *логическими объектами МПЦ*. Когда при проведении испытаний мы говорим, что «стрелка замкнута в плюсе» или «светофор заблокирован», мы имеем в виду статус логического объекта.

Таким образом, функциональная модель ТПО представляет собой совокупность связанных между собой логических объектов, а также сово-

купность требований к взаимодействию между ними. Каждый объект характеризуется:

а) набором атрибутов, например: занятость, замкнутость, блокировка секции; плюсовой, минусовый контроль положения, индивидуальное замыкание (блокировка) стрелки;

б) множеством действий, которые могут быть над ним выполнены оператором (системой);

в) множеством событий, которые могут с ним происходить.

Подобный подход схож с объектно-ориентированным проектированием (ООП), так как ООП позволяет получить описание системы максимально близко к логике предметной области. Однако это не означает, что тестируемая система должна быть разработана по принципам объектно-ориентированного проектирования и что она должна реализовывать понятие логического объекта. Как бы ни была реализована технологическая программа: как классическая процедурная программа, в виде совокупности конечных автоматов, реализованных соответствующими таблицами, — она должна вести себя так, чтобы существовала возможность отследить состояния логических объектов и взаимодействия между ними. В рамках нашего примера должна быть возможность проверить, что при вводе в систему информации о занятии секции и команды на перевод стрелки система не выдаст команду на перевод стрелки.

Функциональная модель ТПО лежит в основе системы автоматического тестирования, входящей в состав имитатора.

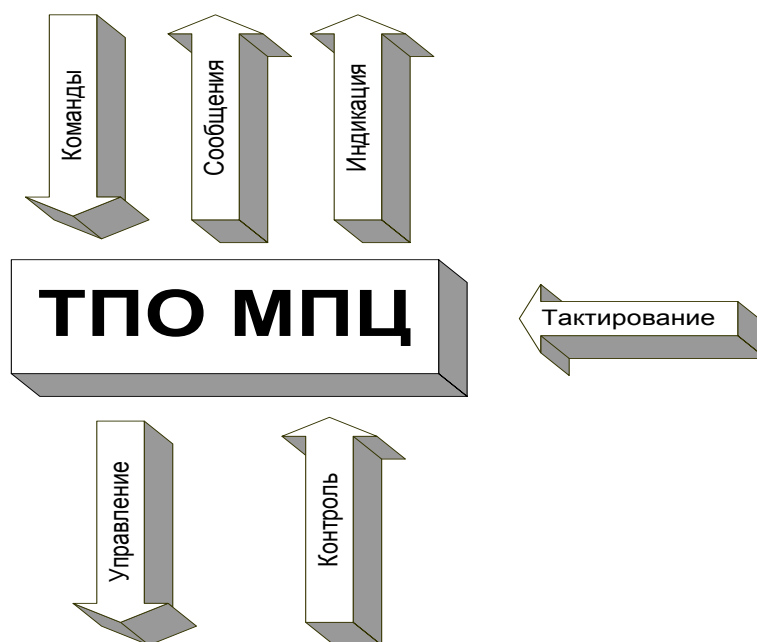
Рассмотрим внешние интерфейсы ТПО, на которых строится взаимодействие между ним и внешней средой (системным ПО или имитатором). Соответствующая схема приведена на рисунке 1.

ТПО взаимодействует с внешней средой посредством обмена информацией следующего вида:

- команды оператора для системы МПЦ;
- команды системы на напольные объекты;
- контрольная информация от напольных объектов;
- индикационная информация;
- технологические сообщения от МПЦ;
- тактирование системы МПЦ.

Реализация обмена информацией специфична для конкретной системы МПЦ. Наиболее распространёнными вариантами являются следующие.

1. Обмен данными через внешний массив, в котором каждый элемент соответствует атрибуту логического объекта МПЦ. Например, элемент массива может обозначать занятость секции или наличие плюсового/минусового контроля положения стрелки.



**Рис. 1. Обмен между ТПО МПЦ  
и внешней средой**

2. Обмен данными через передачу сообщений. При этом каждое сообщение характеризует событие, связанное с логическим объектом МПЦ. Например, сообщение может содержать информацию о занятости секции или положении стрелки.

Структура имитатора для испытаний системы МПЦ представлена на рисунке 2.

Как видно из рисунка 2, тестируемое технологическое программное обеспечение встраивается в имитатор посредством специального адаптера, разрабатываемого для каждой системы МПЦ индивидуально, с учетом ее особенностей. Адаптер ТПО МПЦ решает следующие задачи.

1. Моделирует управляющий вычислительный комплекс (УВК) тестируемой системы. Данная функция необходима, поскольку реализация ТПО может учитывать состояние аппаратуры и системного программного обеспечения УВК. Детализация модели определяется объемом и характером информации, которая должна передаваться в ТПО.

2. Обмен данными с моделями напольных объектов. Для управления напольными объектами и контроля их состояния каждая система МПЦ использует свой протокол, который должен быть адаптирован к универсальному (не привязанному к конкретной системе) протоколу, используемому для взаимодействия с моделями напольных объектов имитатора.

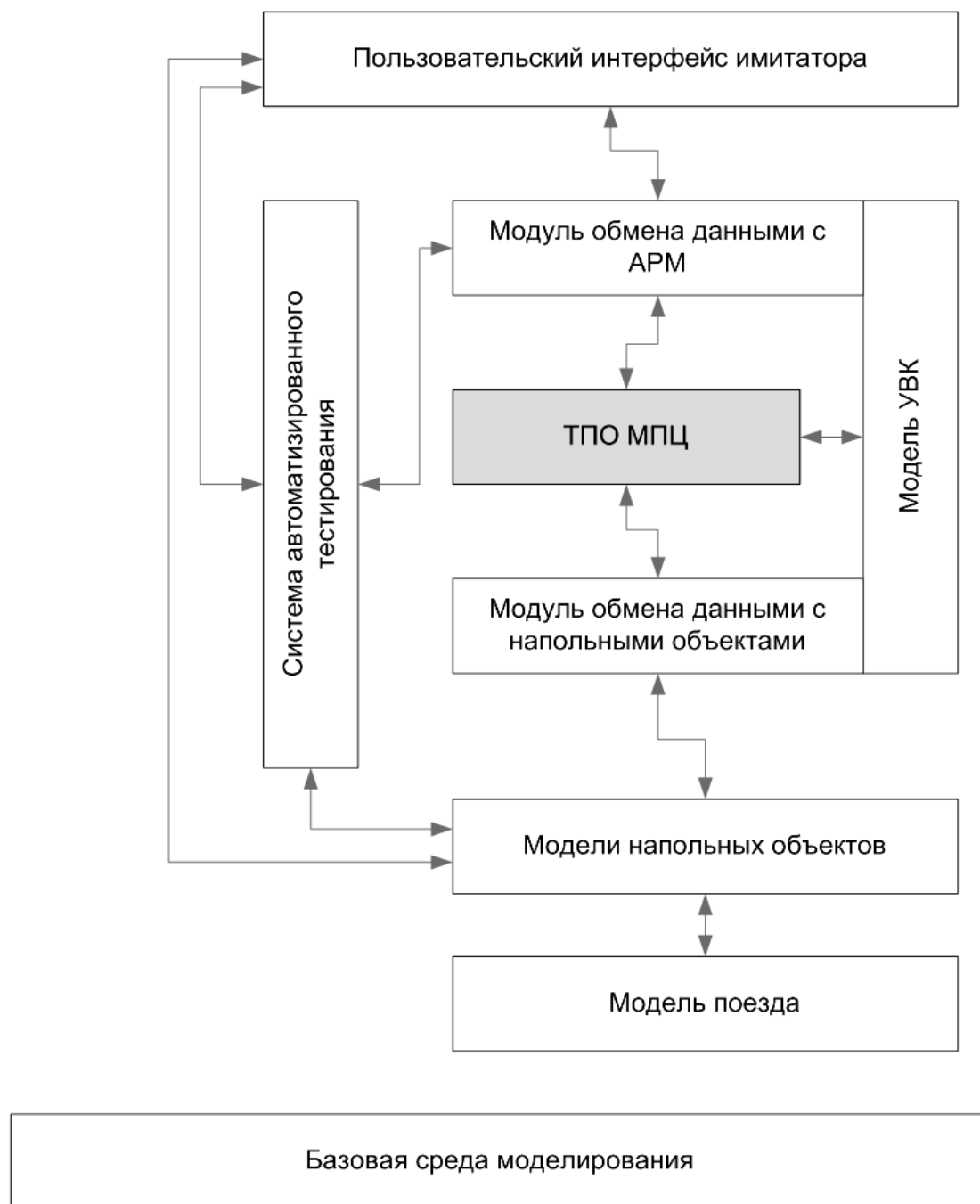


Рис. 2. Структура имитатора

3. Обмен данными с АРМ оператора (дежурного по станции). Аналогично п. 2 протокол обмена данными с АРМ в конкретной МПЦ приводится к общему для всех систем интерфейсу.

4. Тактирование ТПО. В том случае, если тестируемое ТПО непосредственно встраивается в программу имитатора, а не запускается на отдельном компьютере, должен быть реализован механизм запуска функции, отвечающей за периодическую обработку сигнала от таймера.

Таким образом, адаптер ТПО МПЦ инкапсулирует всю специфику системы МПЦ и позволяет использовать ТПО любой системы единообразно.

В имитаторе моделируются напольные объекты следующих основных типов: стрелка, светофор, переезд, стрелочная секция, бесстрелочный участок, приемоотправочный путь, блок-участок перегона, тупик, контрольно-габаритное устройство, устройство контроля схода подвижного состава, питающая установка.

Кроме того, имитатор моделирует релейные схемы увязки ЭЦ с автоматической и с полуавтоматической блокировкой.

Модель поезда в имитаторе позволяет упростить ряд типичных проверок ТПО, связанных с размыканием секций при движении подвижных единиц с разными значениями длины и скорости.

Система автоматизированного тестирования служит для автоматической генерации тестов и проверки их результатов. Она включает в себя:

- подсистему записи/воспроизведения действий оператора для конкретной станции;

- подсистему алгоритмов функционального тестирования.

Тесты задаются в виде алгоритма проверки, применяемого к множеству объектов, отвечающих определённым критериям, например проверка отсутствия перевода стрелки при занятости секции, в которую эта стрелка входит. В этом случае тест программируется явным образом и применим к любой станции. Основой для построения алгоритмов тестирования является функциональная модель ТПО, свойства которой были рассмотрены выше.

Пользовательский интерфейс имитатора можно разделить на следующие составные части:

- 1) интерфейс для управления моделями напольных объектов, который отображает текущее состояние моделей и дает возможность устанавливать модели в произвольное состояние, в том числе вводить отказы моделируемых устройств;

- 2) эмулятор АРМ системы МПЦ, который служит для задания команд дежурного по станции, отображения индикации логических объектов МПЦ и вывода технологических сообщений МПЦ;

- 3) интерфейс для управления автоматическим тестированием, позволяющий выбирать алгоритм и управлять процессом тестирования, в том числе останавливать и возобновлять тестирование и задавать скорость выполнения тестов;

- 4) интерфейс для настройки адаптера МПЦ.

Все перечисленные модули строятся «поверх функциональности», предоставляемой базовой средой моделирования. Среди её механизмов можно выделить следующие.

- Протоколирование. Для всех составных частей имитатора обеспечивается единообразный механизм вывода диагностической информации.
- Отсчет времени. Обеспечивает все части имитатора единым механизмом отсчета времени и тактированием процесса имитации.
- Загрузка данных по объектам станции с диска.

Разработка имитаторов для систем автоматики началась в испытательном центре кафедры «Автоматика и телемеханики на ж. д.» Петербургского государственного университета путей сообщения в первой половине 1990-х годов, параллельно с появлением первых отечественных систем микропроцессорной централизации. В 1997 году специалистами Института ГТСС был осуществлён перенос технологических алгоритмов уже работавшей в то время на станции Шоссейная Октябрьской железной дороги системы ЭЦ-Е с управляющего комплекса ПС1001 на новую аппаратную платформу УВК-РА. В конечном итоге это привело к рождению новой системы МПЦ типа ЭЦ-ЕМ, которая была установлена на станции Новый Петергоф той же дороги.

Для проведения испытаний программного обеспечения ЭЦ-ЕМ в испытательной лаборатории при кафедре автоматики и телемеханики ПГУПС был разработан имитатор, учитывающий особенности этой системы. Работа имитатора была построена таким образом, что ТПО проверялось по мере добавления функций (первоначально единственной функцией системы ЭЦ-ЕМ был перевод стрелки). После окончания разработки ТПО было проведено его полное тестирование. Можно утверждать, что достигнутое качество ТПО системы ЭЦ-ЕМ, подтвержденное дальнейшей её эксплуатацией, объясняется, кроме всего прочего, и пониманием разработчиками роли средств имитации при создании системы.

В дальнейшем в испытательном центре были разработаны имитаторы для тестирования различных систем МПЦ и АБТЦ. В их числе:

- станционная часть системы «Движение» (НИИ ТМ);
- АБТЦ-М (ВНИИАС);
- АБТЦ-ЕМ (ГТСС);
- МПЦ-И («Промэлектроника»);
- МПЦ «МЗ-Ф» (ЗАО «Форатек»).

В ходе работы с перечисленными системами были выработаны требования к имитаторам и основные принципы их построения, а также намечены пути их развития. Если первоначально имитатор представлял собой в большей степени средство для интерактивной работы с системой, то со временем акцент его применения стал перемещаться на проведение автоматизированных проверок. Именно автоматизация тестирования технологических программ и является, по нашему мнению, основным направлением развития имитационных средств испытаний микропроцессорных систем железнодорожной автоматики и телемеханики.



## МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Одним из самых распространенных методов испытаний программного обеспечения (ПО) микропроцессорных систем является *метод черного ящика*. При этом эксперта, как правило, не интересует, как выполнено устройство или программное обеспечение вычислительной системы. Главное, чтобы выходные данные или действия ПО удовлетворяли требованиям, которые предъявляются к этому «изделию» программно-аппаратных средств.

Однако применения только этого метода недостаточно для ПО микропроцессорных систем железнодорожной автоматики и телемеханики (МПЖАТ), к которым предъявляются требования безопасности. В этом случае средствами ПО реализуются дополнительные процедуры контроля и диагностики. При этом возникает необходимость проверки эффективности самих процедур контроля и диагностики.

Существует несколько подходов, позволяющих решить эту задачу. Первым из них является *метод программных закладок*. Данный метод даёт возможность имитации различных ситуаций, в том числе активизировать программные механизмы защиты и тем самым оценить степень их эффективности.

Метод «программных закладок» предполагает изменение исходного кода целевого ПО путём преобразования в контрольно-испытательное ПО (КИПО). Изменения, которые вносятся при этом в исходный код ПО, не влияют на логику его исполнения, так как эти изменения нацелены на проверку ответственных участков кода, которые генерируют и/или проверяют ответственную информацию. Активация «программных закладок» осуществляется по некоторому условию, которое является «спусковым механизмом», например, для внесения искажений в области памяти или умышленного искажения данных. Эти действия имитируют внешние воздействия на ПО, к которым относятся последствия отказов и сбоев аппаратных средств.

Метод «программных закладок» является весьма эффективным, однако для его реализации требуются реальные технические средства, в составе которых работает испытуемое ПО. В связи с этим процедура управляемости проверкой сильно усложняется, а механизм внесения «программных закладок» становится трудоёмким.

Второй метод проверки ПО реализуется вне реального аппаратного обеспечения при помощи средств виртуализации. Он использует «программные закладки» и виртуальные аппаратные средства. Метод позволяет заменять практически любую конфигурацию реальных аппаратных средств их виртуальными аналогами – «виртуальными машинами».

Виртуальная машина представляет собой программный комплекс, в среде которого выполняется КИПО. При этом КИПО остаётся полностью подконтрольным, и с ним можно производить практически любые манипуляции, контролируя все интересующие эксперта показатели в любой момент времени.

Наиболее известными виртуальными машинами, обладающими большими функциональными средствами и открытым исходным кодом, являются виртуальные машины VirtualBox компании Sun Microsystems и QEMU.

Большинство известных средств виртуализации являются кросс-платформенными, имеющими в качестве платформы для проведения экспертизы и испытаний все современные операционные системы: GNU/Linux, Apple Mac OS и Microsoft Windows.

Наиболее удобной для реализации задач экспертизы ПО МПЖАТ является операционная система Linux.

Недостатком применения известных виртуальных машин является то, что они были разработаны с учётом стандартных аппаратных конфигураций. Поэтому при применении разработчиком специфичных аппаратных средств требуется их доработка.

Третьим подходом испытаний ПО МПЖАТ, который предлагается автором, является метод испытаний в масштабном времени. Данный метод требует создания определённого программного окружения для КИПО.

Существенным отличием метода испытаний в масштабном времени от метода виртуализации оборудования является то, что при его реализации не возникает необходимости в создании виртуальных устройств и моделировании их работы. Вместо моделирования работы устройств моделируется только ответная реакция устройства в виде возвращаемых данных. Это достигается за счёт изменения драйверов устройств.

Как правило, этим методом испытываются отдельные компоненты ПО, которые являются аппаратно независимыми или слабо зависят от других компонентов ПО.

В масштабном времени можно провести испытания и всего комплекса КИПО, но в нём не должно быть зависимости от конкретных аппаратных средств. Для абстрагирования КИПО от аппаратной части особым образом модифицируются драйверы аппаратных устройств. Взаимодействие любого ПО с аппаратурой является самым нижним уровнем абстракции и сводится к определённым манипуляциям с данной аппаратурой. По своей

сути самый нижний уровень абстракции над аппаратным обеспечением есть драйвер конкретного устройства. Драйвер конкретного аппаратного устройства претерпевает изменения, а все его действия сводятся к тому, что вместо подачи управляющих последовательностей на устройство он выполняет их контроль или запись в журнал для дальнейшего анализа. Управляющие последовательности, которые предназначены для конкретного устройства, могут быть проанализированы программным окружением, в рамках которого исполняется ПОКИ. Результат анализа может быть возвращён в драйвер устройства и далее по цепочке передан следующим уровням. Таким образом, появляется возможность проверять реакцию КИПО на действия аппаратуры, не имея при этом самой аппаратуры, что очень удобно для целей экспертизы и испытаний.

Структура программного окружения, необходимого при реализации данного метода, представлена на рисунке. Оно включает в себя четыре уровня: ПОКИ, программные «заглушки», программное окружение имитатора и графическую оболочку, предназначенную для визуализации результатов испытаний.



Структура программного окружения

Применение данного метода позволяет контролировать процессы, происходящие в «недрах» испытываемого ПО. Программное окружение, снабженное графическим интерфейсом, позволяет визуализировать результаты испытаний в удобном виде (таблицы, диаграммы).

Рассмотренные методы испытаний программного обеспечения МПЖАТ могут быть использованы на разных стадиях разработки этих систем. Так, метод испытаний с использованием «виртуальных машин» и метод масштабного времени может быть использован на ранних этапах разработки, в рамках автономных испытаний программных модулей или комплексов программ. Метод с использованием реальных технических средств целесообразно применять на этапе комплексных испытаний МПЖАТ.

**УДК 656.25**

**А. А. Прокофьев, канд. техн. наук**

### **ПСИХОФИЗИЧЕСКИЕ ТИПЫ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ДИСТАНЦИИ СИГНАЛИЗАЦИИ, ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ И БЛОКИРОВКИ**

Дистанции сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) должны иметь в своём штате как исполнителей, то есть специалистов с высшим и средним специальным образованием и кадры рабочих квалификаций, так и руководителей, прошедших соответствующую профессиональную подготовку и обладающих определенными компетенциями и личностными качествами.

Отнести человека к тому или иному психофизическому виду исполнителя при его приёме на работу практически невозможно даже при использовании службой управления персоналом современных методов тестирования. Следует также учитывать, что отрицательные личностные качества вновь принятого работника могут полностью проявиться и после окончания испытательного срока. Вследствие этого в дистанцию СЦБ, в особенности в условиях имеющегося дефицита исполнителей, могут попасть работники, способные как положительно, так и отрицательно повлиять на работу трудового коллектива. В последнем случае эффективность работы подразделения дистанции СЦБ (бригады, участка производства), в котором работает такой исполнитель, будет низкой.

Увольнение от занимаемой должности исполнителя, отрицательно влияющего на эффективность работы своего коллектива, не всегда возможно, так как его поведение на работе, как правило, не подпадает под действие соответствующих статей Трудового кодекса Российской Федерации [1]. Таким образом, на руководителей дистанции всех уровней управления – от старшего электромеханика (руководителя бригады, в которой трудится такой исполнитель) до начальника дистанции СЦБ – возлагается

задача формирования личности исполнителя или её корректировка (разумеется, в лучшую сторону) уже в процессе его трудовой деятельности.

В таблице 1 приведены психофизические типы исполнителей (специалистов и рабочих квалификаций), основанные на общей классификации видов тружеников, разработанной Институтом психологии Российской Академии наук [2], а также соответствующие рекомендации их руководителям применительно к соответствующему типу исполнителя.

**Таблица 1**

**Психофизические типы исполнителей и основные рекомендации их руководителям**

Психофизический тип исполнителя	Достоинства	Недостатки	Рекомендации руководителю
1	2	3	4
Нормативный	Надёжность, добросовестность, продуктивность. Обеспечивает стабильность работы коллектива	Отсутствие творческой жилки. Выполнение работы «от А до Я»	Периодический контроль. Мотивация на раскрытие творческого потенциала: повышение квалификации, получение второй специальности, включение в резерв руководителей и др.
Сверхнормативный («ударник», «стахановец»)	Ответственность, самостоятельность. Положительно влияет на работу коллектива	Отсутствие творческой жилки	
Креативный (творческий)	Стремление улучшить полученное задание, использовать решения, до которых руководитель «не додумался», создать что-то своё, новое. Способен существенно улучшить эффективность работы коллектива	Конфликтен, плохо управляем, излишне эмоционален	Периодический контроль. Недопустимость авторитарного стиля управления. Индивидуальная воспитательная работа. Мотивация на изобретательство, рационализаторство
«Ни рыба, ни мясо»	—	Не проявляет себя ни в работе, ни в общественной, ни в личной жизни. Может понизить эффективность работы коллектива	Постоянный контроль. Использование материального и морального стимулирования. Привлечение специалиста службы управления персоналом для разработки мер мотивации активного образа работы и жизни

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Трансформирующийся («киндерсюрприз»)	—	Часто, не понимая сути задания, делает всё по-своему, исходя из собственных мотивировок и представлений. Это может быть обычное жульничество (обман), желание отомстить руководителю, стремление отличиться любой ценой. Может вызвать сбой в работе коллектива	Индивидуальный контроль. Поручение работ, которые в наименьшей степени влияют на эффективность работы коллектива. Привлечение специалиста службы управления персоналом для разработки адекватных мер мотивации честного труда
Пассивно следующий	—	Плохо разбирается в работе, тем не менее супермотивирован и весьма ответственен. Из-за боязни ошибиться буквально истязает руководителя бесконечными вопросами и уточнениями. Чрезвычайно опасен непосредственно для руководителя, так как может довести его до нервного срыва, гипертонического криза и инфаркта	Поручение в основном простой, понятной (рутинной) работы. Жёсткое ограничение контактов с руководителем установленным временем. Привлечение специалиста службы управления персоналом для разработки мер повышения мотивации самостоятельности в принятии решений, уверенности в себе
Уклонист	—	Избегает взаимодействия с руководителем. Если же его всё-таки «поймают и нагрузят», то он быстро схалтурит и снова уйдёт «в подполье» (сферы интересов «уклониста» лежат в иной области, где он себя полностью реализует: спорт, рыбалка и т.д.)	Постоянный контроль каждого этапа реализации поставленной задачи. Использование материальных и моральных стимулов. Привлечение специалиста службы управления персоналом для разработки индивидуальных мер мотивации интереса к труду

Формирование личности исполнителя, её корректировка в процессе трудовой деятельности в лучшую сторону во многом зависит от личности руководителя соответствующего подразделения дистанции СЦБ и характера поручаемых исполнителю задач.

Основные рекомендации к профессиональной компетенции и личностным качествам руководителей всех уровней управления в дистанции СЦБ с учётом требований [3], приведены в таблице 2.

**Таблица 2**

**Основные рекомендации к профессиональной компетенции и личностным качествам руководителей всех уровней управления в дистанции СЦБ**

Рекомендации	
к профессиональной компетенции	к личностным качествам
Знание принципов управленческого труда, должностных обязанностей, а также нормативных документов, регламентирующих как отношения в коллективе, так и профессиональную деятельность	Высокое чувство долга и преданность порученному делу. Ответственность, инициативность, исполнительность
Умение чётко формулировать цели и задачи коллектива, владение методами для их достижения	Честность в отношении с подчиненными людьми, доверие к партнерам. Общительность
Умение эффективно использовать в работе современные информационные технологии и средства коммуникации	Уважительное, заботливое отношение к людям вне зависимости от занимаемой должности
Умение решать как производственные проблемы, так и конфликты, возникающие в коллективе	Способность к правильной самооценке, стремление к непрерывному повышению своей квалификации (обучаемость)
Владение методами налаживания внешних связей, умение вести переговоры и убеждать собеседника, в том числе вышестоящего руководителя	Способность делать правильные выводы из ошибок и критики (самокритичность)
Владение методами развития творческого потенциала и навыков подчиненных	Способность быстро восстанавливать физические и душевные силы (стрессоустойчивость)
Умение рационально использовать рабочее время	Харизматичность (способность влиять на людей посредством позитивной социальной мотивации, без использования административного ресурса, материальных и других аналогичных стимулов)

### *Примечания к таблице 2*

1. Психофизический вид претендента на замещение вакантной должности руководителя в дистанции СЦБ не должен относиться к последним четырём видам, описанным в таблице 1.

2. Начиная с определённого уровня управления (должности начальника участка и выше) наличие харизмы соискателя должно учитываться при назначении его на соответствующую должность.

### **Библиографический список**

1. **Трудовой** кодекс Российской Федерации (с изменениями, внесенными Постановлением Конституционного Суда РФ от 15.03.2005 № 3-П, Определениями Конституционного Суда РФ от 11.07.2006 № 213-О, от 03.11.2009 № 1369-О-П).

2. **Пешками** не рождаются / А. Н. Журавлев // Аргументы недели. – 2010. – № 9.

3. **СТК 1.04.005.** Стандарт по качеству ОАО РЖД. Обучение и повышение квалификации персонала. Введен в действие Распоряжением ОАО РЖД № 2757р от 31.12.2009 г.



## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Сапожников В. В., Сапожников Вл. В., Ефанов Д. В.</i> Вероятностные свойства кода с суммированием в схемах функционального контроля . . .	3
<i>Никитин А. Б., Козлов А. А., Ракчеев С. В.</i> Этапы реконструкции центра диспетчерского управления на Литовской железной дороге . . . . .	14
<i>Чухонин В. М., Горбунов Б. Л., Бакалов С. П.</i> Функциональная проверка программных реализаций многотактных автоматов в аппаратно-программных средствах железнодорожной автоматики . . . . .	20
<i>Соколов В. Б., Соколов В. А., Долинский К. Ю.</i> Контроль состояния железной дороги в местах пересечения с автомобильной дорогой на разных уровнях . . . . .	24
<i>Баратов Д. Х., Булавский П. Е., Марков Д. С.</i> Формализация анализа процесса ведения заказных спецификаций в хозяйстве автоматики и телемеханики РЖД . . . . .	30
<i>Никитин А. Б., Кучумов Р. В., Бутузов М. А.</i> Технология программной реализации режима автоматической установки маршрутов на крупных станциях . . . . .	36
<i>Белишкина Т. А., Вяткин А. Г.</i> Вопросы нормирования требований устойчивости к внешним механическим воздействиям устройств железнодорожной автоматики и телемеханики, используемых для высокоскоростных магистралей . . . . .	42
<i>Шатохин В. А.</i> Совершенствование устройств электропитания железнодорожной автоматики и телемеханики . . . . .	50
<i>Булавский П. Е., Мухамедходжаев С. Б.</i> Задачи применения систем электронного документооборота в хозяйстве автоматики и телемеханики. . . . .	55
<i>Белишкина Т. А., Абрамов О. А.</i> Динамика изменения уровня надежности систем и устройств железнодорожной автоматики и телемеханики . . . . .	59
<i>Ковкин А. Н.</i> Использование вентильных контрольных цепей в микропроцессорных системах централизации . . . . .	66
<i>Булавский П. Е., Баратов Д. Х.</i> Информационное обеспечение организаций, участвующих в капитальном строительстве и ремонте систем СЦБ . . . . .	71

<i>Ефанов Д. В.</i> Автоматизация функций анализа диагностируемых объектов . .	75
<i>Бутузов М. А.</i> Проблемы экспертизы алгоритмического обеспечения микропроцессорных систем железнодорожной автоматики и телемеханики . . . . .	82
<i>Абрамов Д. Е.</i> Стандартизация терминологии железнодорожной автоматики и телемеханики . . . . .	87
<i>Горбачев А. М.</i> Возможность использования спутниковой навигации для обнаружения подземных муфт кабельных сетей железнодорожной автоматики . . . . .	89
<i>Горлов Ю. Л.</i> Направления совершенствования технологии обслуживания и ремонта устройств СЦБ с учетом инфраструктурных преобразований в отрасли . . . . .	94
<i>Комаров В. В., Ракчеев С.В.</i> Современные компьютерные технологии для обучения персонала службы движения . . . . .	97
<i>Никулин Д. Г.</i> Этапы развития сети передачи данных комплексной автоматизированной системы диспетчерского управления движением поездов . . . . .	108
<i>Кондратенко С. Л.</i> Автопереключатель стрелочного электропривода . .	114
<i>Васильев Д. А.</i> Имитаторы для испытаний программного обеспечения микропроцессорных систем железнодорожного транспорта . . . . .	119
<i>Белоус А. М.</i> Методы и средства экспертизы программного обеспечения микропроцессорных систем железнодорожной автоматики и телемеханики . . . . .	127
<i>Прокофьев А. А.</i> Психофизические типы исполнителей и их влияние на эффективность работы дистанции сигнализации, централизации и блокировки . . . . .	130

**Научное издание**

**АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА  
ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ РОССИИ.  
ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ**

**Сборник научных трудов**

**Под редакцией д-ра техн. наук Вл. В. Сапожникова**

Редактор и корректор *Н. В. Фролова*  
Технический редактор *А. В. Никифорова*

План 2010 г., № 84

Подписано в печать с оригинал-макета 25.10.2011.  
Формат 60×84 1/16. Бумага для множ. апп. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 8,625. Тираж 150 экз.  
Заказ 950.

Петербургский государственный университет путей сообщения.  
190031, СПб., Московский пр., 9.  
Типография ПГУПС. 190031, СПб., Московский пр., 9.