

ТРАНСПОРТ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

УРАЛ

- ЦЕНТРАЛИЗАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗЧНЫМ ПРОЦЕССОМ
- МОДЕЛИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДВУХУРОВНЕВОЙ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ
- СОЗДАНИЕ ОТРАСЛЕВОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В ПУТИ СЛЕДОВАНИЯ





ТУ

ТЕМА НОМЕРА:


ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ
И КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ
ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ НА СТАНЦИЯХ

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОМ ФАКУЛЬТЕТЕ УРГУПС

 – разработка систем и устройств железнодорожной автоматики и телемеханики с использованием компьютерных и микропроцессорных технологий;

 – исследование и разработка новых принципов применения устройств счета осей в системах СЦБ;

 – совершенствование цифровых систем передачи информации и коммуникации информационных потоков;

 – исследование и разработка систем защиты информации;

 – математическое моделирование в задачах динамики, управления и оценки состояния эволюционных систем;

 – исследование возможностей применения средств оптоэлектроники в устройствах СЦБ.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

- 1 Ефимов Александр Васильевич — главный редактор, ректор УрГУПС.
 2 Сай Василий Михайлович — зам. главного редактора, проректор по научной работе (УрГУПС).
 3 Асадченко Виталий Романович — зам. главного редактора, д.т.н., профессор (УрГУПС).
 4 Силуков Юрий Дмитриевич — д.т.н., профессор (УГЛУ).
 5 Багин Юрий Иванович — д.т.н., профессор (УГТУ-УПИ).
 6 Урманов Рифат Нурович — д.т.н., профессор (УрГУПС).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

- 1 Аккерман Геннадий Львович — д.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
 2 Александров Александр Эрнстович — к.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
 3 Антропов Владимир Алексеевич — д.э.н., УрГУПС (Екатеринбург)
 4 Аржанников Борис Алексеевич — д.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
 5 Афанасьев Анатолий Ильич — д.т.н., УГТУ (Екатеринбург)
 6 Бачурин Николай Сергеевич — д.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
 7 Баутин Сергей Петрович — д.ф.-м.н., УрГУПС (Екатеринбург)
 8 Галкин Александр Геннадьевич — д.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
 9 Глушко Марат Иванович — д.т.н., УО ВНИИЖТ (Екатеринбург)
 10 Готлиб Борис Михайлович — д.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
 11 Грицык Валерий Иванович — д.т.н., РГУПС (Ростов-на-Дону)
 12 Ковалев Рудольф Николаевич — д.т.н., УГЛУ (Екатеринбург)
 13 Козлов Петр Алексеевич — д.т.н., ЗАО «Транспортный алгоритм» (Москва)
 14 Коротав Владимир Николаевич — д.т.н., ПГТУ (Пермь)
 15 Коркунова Ольга Владимировна — к.ф.н., УрГУПС (Екатеринбург)
 16 Кузнецов Константин Борисович — д.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
 17 Лапшин Василий Федорович — д.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
 18 Наговицын Виктор Степанович — к.т.н., (Москва)
 19 Павлюков Александр Эдуардович — д.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
 20 Паршин Анатолий Васильевич — к.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
 21 Пикалин Юрий Анатольевич — д.э.н. (Свердловская железная дорога)
 22 Попов Валерий Евгеньевич — д.т.н., НП «Спектр» (Екатеринбург)
 23 Рачек Светлана Витальевна — д.э.н., УрГУПС (Екатеринбург)
 24 Резник Леонид Григорьевич — д.т.н., ТГНУ (Тюмень)
 25 Самуйлов Валерий Михайлович — д.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
 26 Сергеев Борис Сергеевич — д.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
 27 Скоробогатов Семен Макеевич — д.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
 28 Смольянинов Александр Васильевич — д.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
 29 Ставрак Адольф Павлович — д.т.н., ЮУрГУ (Челябинск)
 30 Тимофеева Талина Адольфовна — д.ф.-м.н., УрГУПС (Екатеринбург)
 31 Умняшкин Владимир Алексеевич — д.т.н., УДГУ (Ижевск)
 32 Федотова Татьяна Николаевна — к.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
 33 Ялышев Юрий Иванович — д.ф.-м.н., УрГУПС (Екатеринбург)
 34 Яровой Юрий Иванович — д.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)

Выпускающий редактор — Неверова Людмила Васильевна.
 Контактные телефоны: (343) 373-07-41, 245-31-88
www.usurt.ru/science

В НОМЕРЕ

АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

- Сапожников В.В., Сапожников В.В., Валиев Р.Ш. / МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ САМОПРОВЕРЯЕМЫХ САМОДВОЙСТВЕННЫХ СТРУКТУР 2
 Никитин А.Б., Тильк И.Г. / ЦЕНТРАЛИЗАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗОЧНЫМ ПРОЦЕССОМ НА СТАНЦИИ 9
 Никитин А.Б., Бушуев С.В. / ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ НА СТАНЦИЯХ 14
 Набойченко И.О. / АНАЛИЗ РАБОТЫ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СИГНАЛЬНЫХ ТОЧЕК СЦБ 19
 Беляков И.В. / СИНТЕЗ АДАПТИВНОГО ПРИЕМНИКА СИГНАЛОВ РЕЛЬСОВЫХ ЛИНИЙ ПРИ МНОГОМОДАЛЬНОМ ХАРАКТЕРЕ ФУНКЦИИ ПРАВДОПОДОБИЯ 25
 Розенберг Е.Н., Шубинский И.Б. / МОДЕЛИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДВУХУРОВНЕВОЙ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ 30
 Тильк И.Г., Сергеев Б.С. / ПРИМЕНЕНИЕ УСТРОЙСТВ СЧЕТА ОСЕЙ В ПЕРЕЕЗДНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ 37
 Миронов А.А. / СОЗДАНИЕ ОТРАСЛЕВОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В ПУТИ СЛЕДОВАНИЯ 42
 Жироухов Е.И., Сачков Н.Г. / ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПАССАЖИРОВ В ПУТИ СЛЕДОВАНИЯ 48
 Сергеев Б.С., Савельев Е.О. / ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ В УСТРОЙСТВАХ СЦБ 52
 Художитков П.И. / О ПРОБЛЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА И ЛОКОМОТИВНОЙ РАДИОАППАРАТУРЫ 57

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

- Городкин В.А. / ОБГОН В ПРАВИЛАХ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ 61
 Яровой Ю. И., Перегритов С. В. / РАСЧЕТ ОСНОВАННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА АВТОМАГИСТРАЛИ I КАТЕГОРИИ 69

МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ САМОПРОВЕРЯЕМЫХ САМОДВОЙСТВЕННЫХ СТРУКТУР



Владимир Владимирович Сапожников,
Д.Т.Н., зав. каф. автоматики и теле-
механики (ПГУПС)



Валерий Владимирович Сапожников,
Д.Т.Н., проректор по научной работе
(ПГУПС)



Рафаил Шамилевич Валиев, к.т.н. (УрГУПС)

Рассматриваются три способа построения элементов, работающих во временной парафазной (самодвойственной) логике. Исследованы способы реализации преобразователя самодвойственных сигналов в пространственные парафазные, повторителя, переключателя, схемы сравнения самодвойственных сигналов и устройств включения исполнительных реле.

В работах [1 – 12] исследованы вопросы применения свойств самодвойственных функций для организации функционального контроля комбинационных и многотактных логических схем.

Функция $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ называется самодвойственной, если

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \bar{f}(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n). \quad (1)$$

где двоичные наборы (x_1, x_2, \dots, x_n) и $(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n)$ являются противоположными, т.е. имеют противоположные значения в одноименных разрядах. Из (1) следует, что самодвойственная фун-

кция имеет противоположные значения на противоположных наборах. В таблице истинности (ТИ) противоположные наборы расположены симметрично относительно средней линии. Например, в табл. 1 такие наборы составляют следующие пары: (0,7), (1,6), (2,5) и (3,4). В этой таблице задана одна из возможных самодвойственных функций от трех переменных:

$$f = x_1(\bar{x}_2\bar{x}_3 \vee x_2x_3) \vee \bar{x}_1(x_2\bar{x}_3 \vee \bar{x}_2x_3).$$

На рис. 1 показана структура функционального контроля схемы. Обозначим заданную схему через F . На ее входы поступают переменные x_1, x_2, \dots, x_n ,

Таблица 1 — Истинности самодвойственной комбинированной схемы

№ п/п	x_1	x_2	x_3	f
0	0	0	0	0
1	0	0	1	1
2	0	1	0	1
3	0	1	1	0
4	1	0	0	1
5	1	0	1	0
6	1	1	0	0
7	1	1	1	1

а на выходах реализуются функции f_1, f_2, \dots, f_m . При помощи элементов «сложение по модулю 2» (эле-

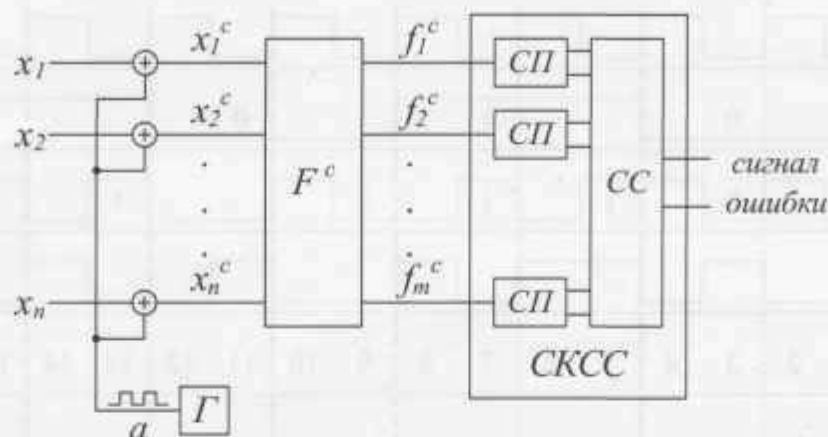


Рисунок 1 — Структура функционального контроля схемы

ментов М2) входные переменные x_1, x_2, \dots, x_n преобразуются в импульсные сигналы $x_1^c, x_2^c, \dots, x_n^c$. Для этого на вторые входы элементов М2 подается последовательность прямоугольных импульсов a , вырабатываемая генератором A . Выходы элементов М2 образуют новые входы схемы, на которые поступают сигналы x_i^c (рис. 2).

Период последовательности a содержит два такта (1 и 2). В информационном такте 1 значение сигнала x^c равно значению сигнала x , а в контрольном такте 2 — инверсно значению x . При такой организации переменных x на входы схемы в информационном такте поступают действующие входные наборы $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, а в контрольном такте — инверсные \bar{X} .

Если входные сигналы x_i^c поступают на вход схемы F^c , которая реализует самодвойственные функции (СД-функции) $f_1^c, f_2^c, \dots, f_m^c$, то в силу свойства (1) выходные сигналы будут представлять собой импульсные последовательности, аналогичные последовательности x^c на рис. 2.

Неисправности в схеме F^c (см. рис. 1) приводят к искажению одной или нескольких функций $f_1^c, f_2^c, \dots, f_m^c$. В результате искажения эти функ-

ции переходят в класс несамодвойственных, и поэтому на выходах возникают несамодвойственные последовательности выходных сигналов. Это фиксируется схемой контроля самодвойственных сигналов (СКСС).

Заданная схема F в общем случае описывается несамодвойственными функциями, поэтому она преобразуется в схему F^c методами, рассмотренными в [3 – 4, 6, 8 – 9, 11, 12].

Рассмотрим структуру схемы контроля самодвойственных сигналов, относящуюся к классу функциональных элементов самопроверяемых структур.

Основным требованием, предъявляемым к функциональным элементам самодвойственных структур, является обеспечение самопроверяемости схемной реализации и контроля свойства самодвойственности входного сигнала, поскольку по его форме можно судить об исправности внутренней структуры всей системы, к которой они подключены [12].

Один из способов контроля состоит в преобразовании временного парафазного (самодвойственного) сигнала в пространственный парафазный. В этом случае в структуру СКСС входят самодвойственные преобразователи (СП),

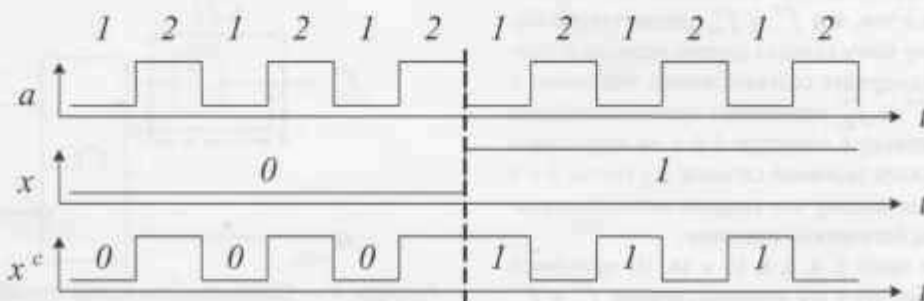


Рисунок 2 — Форма самодвойственного сигнала

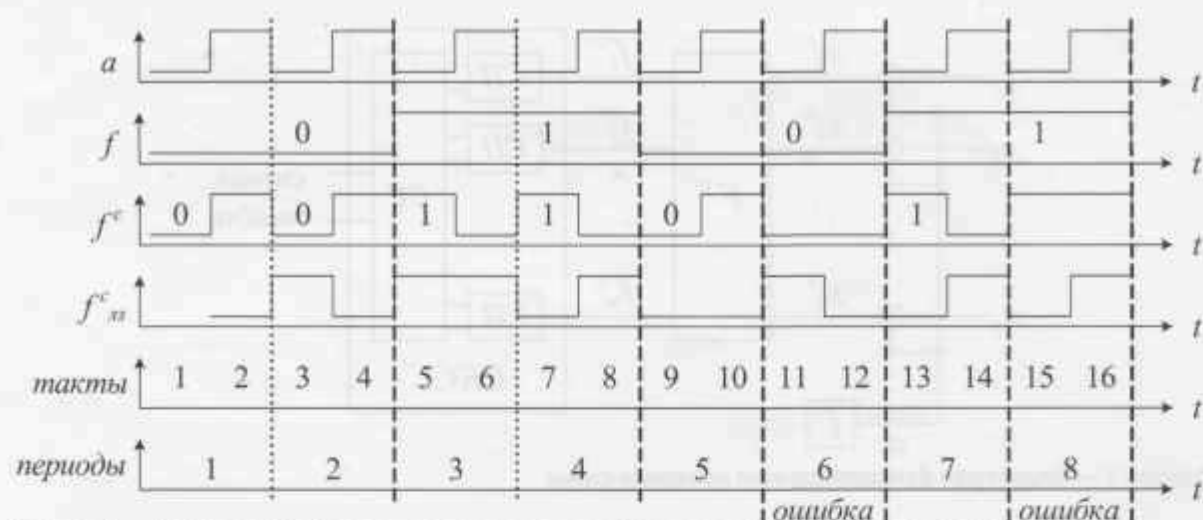


Рисунок 3 — Форма самодвойственного сигнала на выходе исправной и неисправной схемы

которые осуществляют преобразование СД-сигнала в пространственный парафазный. Если на вход СП поступает самодвойственный сигнал, то на его выходах формируются парафазные (разные) значения, в противном случае (при поступлении на вход СП несамодейственного сигнала) формируются одинаковые значения. Парафазные сигналы контролируются при помощи самопроверяемых схем сравнения (СС), методы построения которых подробно рассмотрены в [13]. Обнаруживаются также отказы входов схемы F^c , которые приводят к замене импульсных входных сигналов x^c на непрерывные.

Для рассмотрения принципа построения СП проанализируем форму самодвойственного сигнала на выходе исправной схемы, а также в случае появления ошибки (рис. 3). Для этого подадим f^c на элемент задержки, величина которой равна одному такту (половине периода) импульсной последовательности A , и проанализируем соотношение исходного сигнала f^c и сигнала с выхода элемента задержки f_{π}^c . Фактически произведем сравнение значений f^c в информационном и контрольном тактах.

В моменты информационных тактов (см. такты 3, 5, 7 и 9 на рис. 3) работы устройства сигналы f^c и f_{π}^c принимают как разные, так и одинаковые значения. Но это не означает искажения самодвойственности сигнала. Причина в том, что f^c и f_{π}^c соответствуют информационному такту сигнала одного периода и контрольному предыдущего соответственно. Например, в тактах 3 и 7 f^c и f_{π}^c принимают противоположные значения, поскольку в периодах 2 и 4 не происходит смены логического значения сигнала, а в тактах 5 и 9 f^c и f_{π}^c равны, потому что входная последовательность изменила логическое значение.

Рассмотрим такты 2, 4, 6, 8, 10 и 14. Из временной диаграммы видно, что в эти моменты сигналы f^c и f_{π}^c всегда различны. В этом случае они соответствуют контрольному и информационному тактам одного периода.

Таким образом, сигналы f^c и f_{π}^c являются пространственными парафазными только во время контрольных тактов работы самодвойственной системы.

Временная диаграмма показывает, что сигналы f^c и f_{π}^c в контрольных тактах периодов проявления ошибок (см. такты 12 и 16 на рис. 3) равны. Таким образом, при нарушении временной парафазности сигналы f^c и f_{π}^c в контрольных тактах будут равны.

На основании приведенных выше рассуждений построена схема преобразователя самодвойственного сигнала в пространственный парафазный (рис. 4), на выходе которого при сохранении временной парафазности входного сигнала и исправности внутренней структуры присутствует пространственный парафазный сигнал $z^1 \neq z^0$. В случае нарушения самодвойственности входного сигнала хотя бы в одном периоде или при возникновении одиночной константной неисправности в схеме преобразователя на его парафазном выходе устанавливаются одинаковые значения $z^1 \neq z^0$.

Используя преобразование парафазных сигналов и типовые схемы самопроверяемых устройств, работающих в пространственной парафазной логике

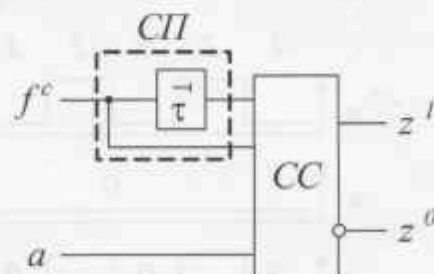


Рисунок 4 — Структурная схема преобразователя самодвойственного сигнала в пространственный парафазный

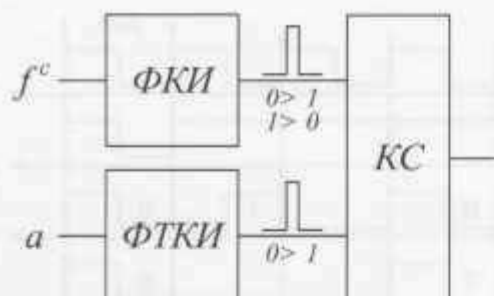


Рисунок 5 — Структура контроля самодвойственного сигнала

[13, 14], получены следующие схемы функциональных элементов: схема сравнения самодвойственных сигналов, используемая для контроля дублированных структур, устройства включения исполнительных реле.

Основным недостатком рассмотренного метода является большая сложность синтезированных схем, которая вносится самопроверяемыми парафазными устройствами.

Самодвойственный сигнал обладает еще одним свойством, полезным для осуществления его контроля: изменять в каждом периоде работы свое значение. Поэтому, фиксируя перепады сигнала в моменты перехода от информационного такта к контрольному (и только тогда), можно обнаружить нарушение временной парафазности. Структура устройства контроля, реализующая предложенный принцип, представлена на рис. 5.

Формирователь контрольных импульсов (ФКИ) осуществляет преобразование перепадов сигнала

вида $0 \rightarrow 1$ либо $1 \rightarrow 0$, возникающих по мере его поступления, в короткие импульсы (рис. 6). На выходе формирователя тактовых контрольных импульсов (ФТКИ) в моменты изменений вида $0 \rightarrow 1$ тактового сигнала a присутствуют управляющие импульсы.

Функции, выполняемые в конечном счете синтезируемым устройством, определяют структуру контрольной схемы (КС). Если необходимо получить фиксатор самодвойственного сигнала, КС должна проверять наличие короткого импульса, поступающего с выхода ФКИ, в моменты перехода схемы от работы в информационном такте к такту контрольному в каждом периоде работы самодвойственной системы (см. рис. 6). Схема совпадения и накопления служит выходным элементом в структуре устройства сопряжения с объектами. При этом осуществляется не только контроль наличия перепадов сигнала в каждом периоде работы, но и его вида, по которому определяется логическое значение управляющего сигнала.

Самопроверяемость схем функциональных элементов, основанных на контроле перепадов сигнала, достигается схемотехническими решениями.

На примере схемы повторителя самодвойственного сигнала рассмотрим еще один способ построения функциональных элементов самопроверяемых самодвойственных структур, а именно синтез их как конечного автомата, заданного временной диаграммой. При этом свойства и функциональность, которыми должен обладать синтезируемый элемент, учитываются на этапе построения временной диаграммы.

На рис. 7 приведена временная диаграмма схемы повторителя. При поступлении на вход альтер-

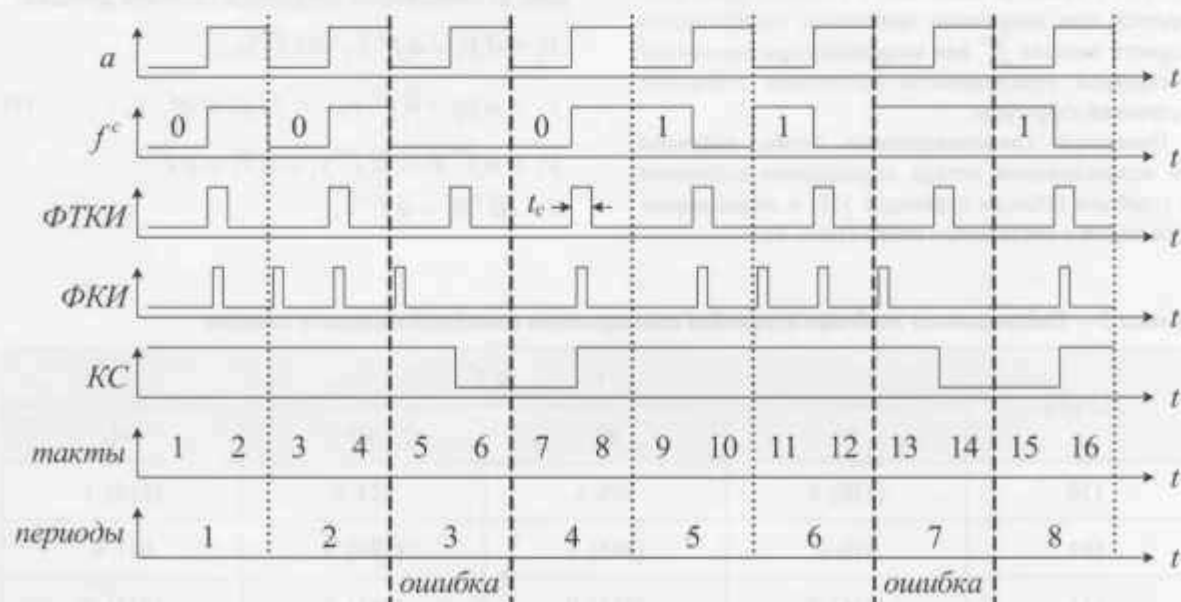


Рисунок 6 — Временная диаграмма работы структуры контроля самодвойственного сигнала

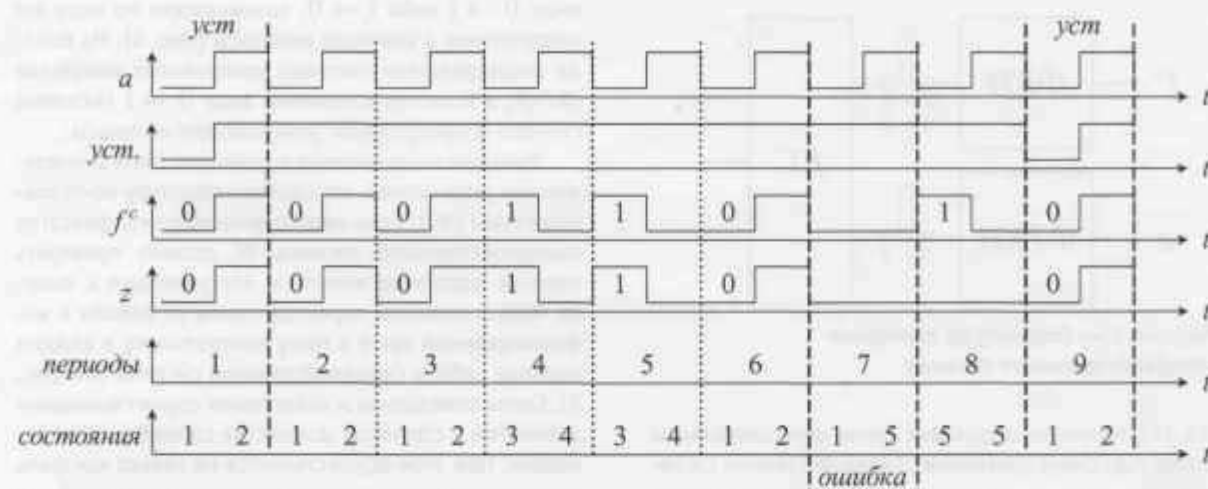


Рисунок 7 — Временная диаграмма работы повторителя самодвойственного сигнала

нативного сигнала f^c выход Z полностью его повторяет (периоды 1 – 6). В периоде 7 происходит нарушение самодвойственности сигнала f^c и схема переходит в защитное состояние и блокируется в нем (периоды 7 – 8). Восстановление самодвойственности сигнала f^c никак не влияет на работу устройства. Выход схемы из защитного состояния возможен только по цепи установки (период 9).

Таким образом, схема повторителя обладает свойствами контроля и сохранения самодвойственности входного сигнала, самопроверяемости и блокировки в защитном состоянии.

По временной диаграмме построена первичная таблица переходов (табл. 2). При этом состояние под номером 5 является защитным, в котором схема блокируется при нарушении временной парафазности входного сигнала f^c или возникновении одиночной константной неисправности логических элементов внутренней структуры.

Полностью самопроверяемые схемы получают при использовании метода кодирования состояний по столбцам таблицы переходов [15] и кодировании строк кодом с постоянным весом (табл. 3).

Таблица 2 — Первичная таблица переходов повторителя самодвойственного сигнала

S	$a f^c$			
	00	01	10	11
1	(1), 0	~	5, 0	2, 1
2	1, 0	3, 1	~	(2), 1
3	~	(3), 1	4, 0	5, 0
4	1, 0	3, 1	(4), 0	~
5	(5), 0	(5), 0	(5), 0	(5), 0

Схема повторителя самодвойственного сигнала (рис. 8) описывается следующей системой функций:

$$\begin{aligned}
 y_1 &= \bar{a} y_1 \vee a f^c \bar{y}_2 \vee a f^c \bar{y}_3; \\
 y_2 &= a y_2 \vee \bar{a} \bar{f}^c y_1 \vee \bar{a} f^c \bar{y}_1 \vee a f^c y_3; \\
 y_3 &= a f^c y_3 \vee \bar{a} f^c y_1 \vee \bar{a} \bar{y}_1 \vee a \bar{f}^c; \\
 v &= \bar{a} f^c y_1 \vee a f^c \bar{y}_3.
 \end{aligned} \quad (2)$$

Таблица 3 — Кодированная таблица переходов повторителя самодвойственного сигнала

$y_1 y_2 y_3$	$a f^c$			
	00	01	10	11
110	(110), 0	101, 1	011, 0	(110), 1
101	110, 0	(101), 1	(101), 0	011, 0
011	(011), 0	(011), 0	(011), 0	(011), 0

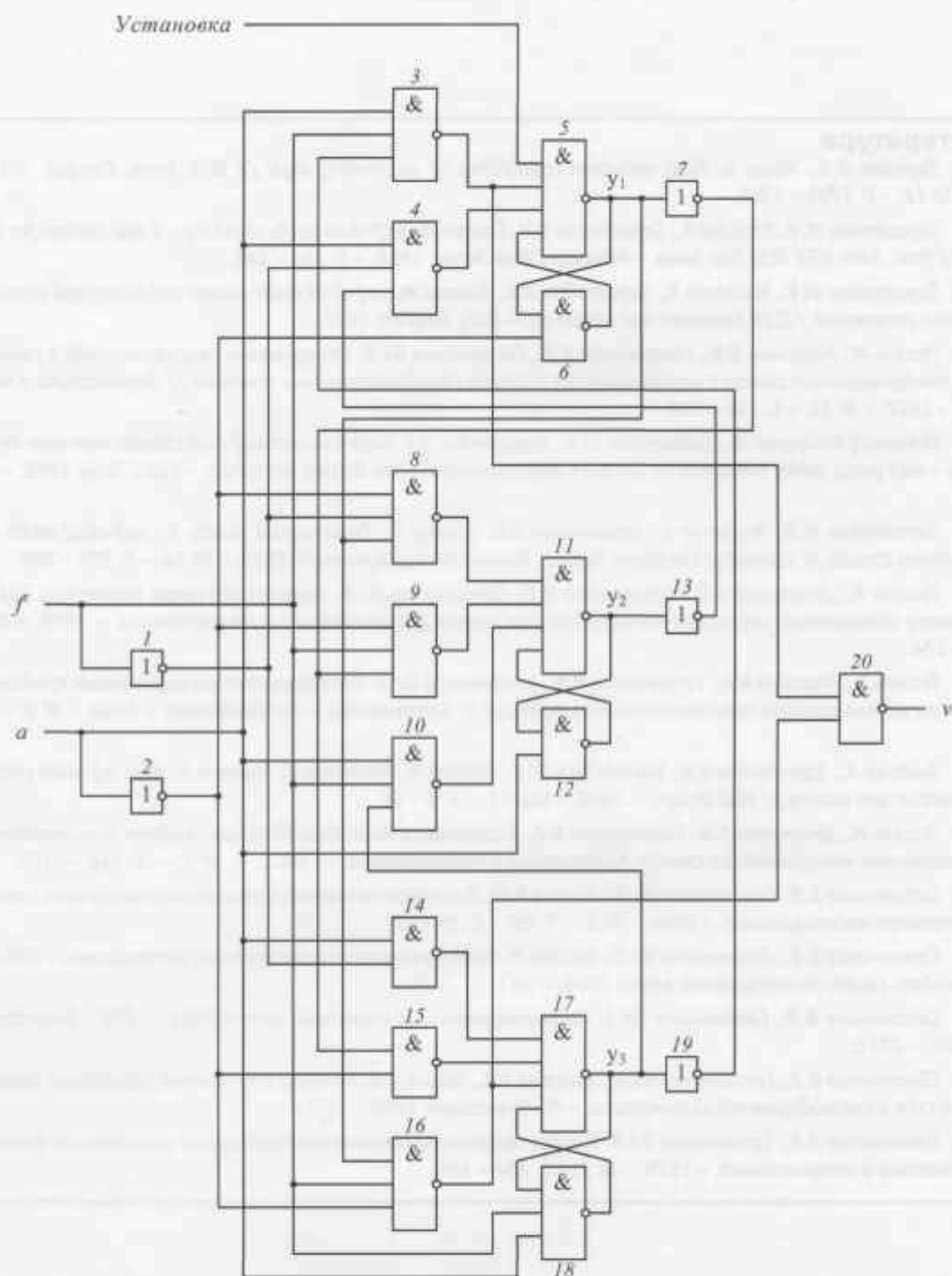


Рисунок 8 — Принципиальная схема повторителя самодвойственного сигнала

Метод построения самопроверяемых схем функциональных элементов самодвойственных структур по временной диаграмме отличается универсальностью и применимостью для решения любых

задач, связанных с контролем и преобразованием самодвойственных сигналов. Однако полученные схемы не всегда отличаются простотой схемной реализации.

Литература

1. Reynolds D.A., Metze G. Fault detection capabilities of alternating logic // IEEE Trans. Comput - 1978. - V. 27. - N2 12. - P. 1093 - 1098.
2. Saposhnikov V. I., Dmitriev A., Saposhnikov V. I., Goessel M. Self-dual parity checking - a new method for on-line testing// Proc. 14th IEEE VLSI Test Symp. - Princeton, New Jersey, 1996. -P. 162- 168.
3. Saposhnikov V. V., Moshanin V., Saposhnikov V. V., Goessel M. Self-dual multi-output combinational circuits with output data compaction//IEEE European Test Workshop. -Italy, Gaglian) 1997.
4. Гессель М., Мoshанин В. И., Сапожников В. В., Сапожников Вл.В. Обнаружение неисправностей в самопроверяемых комбинационных схемах с использованием свойств самодвойственных функций// Автоматика и телемеханика. - 1997. - N2 12. -С. 193- 200.
5. Ocheretnij V., Goessel M., Saposhnikov V. V., Saposhnikov V. V. Fault-tolerant self-dual circuits with error detection by parity - and group parity prediction // 4th IEEE International On-line Testing Workshop. - Capri, Italy, 1998. -P. 124 -130.
6. Saposhnikov V. V., Moshanin V., Saposhnikov V. V., Goessel M. Experimental results for self-dual multi-output combinational circuits//Journal of Electronic Testing: Theory and Applications. - 1999. - N2 14. - P. 295 - 300.
7. Гессель М., Дмитриев А.В., Сапожников В.В., Сапожников Вл.В. Само тестируемая структура для функционального обнаружения отказов в комбинационных схемах// Автоматика и телемеханика. - 1999. - N2 11. - С. 162-174.
8. Гессель М., Морозов А.А., Сапожников В.В., Сапожников Вл.В. Построение самопроверяемых комбинационных схем на основе свойств самодвойственных функций // Автоматика и телемеханика. - 2000. - N2 2. - С. 151 -163.
9. Dmitriev A., Saposhnikov V. V., Saposhnikov V. V., Goessel M., Moshanin V., Morosov A. New self-dual circuits for error detection and testing// VLSI Design. - 2000. -Vol. 11. - P. 1 - 21.
10. Гессель М., Дмитриев А.В., Сапожников В.В., Сапожников Вл.В. Исследование свойств самодвойственных самопроверяемых многотактных схем//Автоматика и телемеханика. — 2001. — N2 4. — С. 148 — 159.
11. Сапожников В. В., Сапожников Вл. В., Валиев Р. Ш. О синтезе самодвойственных логических схем с памятью //Электронное моделирование. - 2004. -N2 2.- Т. 26. - С. 39 - 57.
12. Сапожников В. В., Сапожников Вл.В., Гессель М. Самодвойственные дискретные устройства. - СПб.: Энергоатомиздат, Санкт-Петербургское отд-е, 2001. - 31 с.
13. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В. Самопроверяемые дискретные устройства. - СПб.: Энергоатомиздат, 1992. - 224 с.
14. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В., Христов Х.А., Гавзов Д.В. Методы построения безопасных микросхем железнодородной автоматики. - М.: Транспорт, 1995. - 272 с.
15. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В. Синтез полностью самоконтролирующихся асинхронных автоматов //Автоматика и телемеханика. - 1979. - N2 1. -С. 154- 166.

ЦЕНТРАЛИЗАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗОЧНЫМ ПРОЦЕССОМ НА СТАНЦИИ

По статистическим данным, в общем объеме времени около 80% составляет длительность нахождения подвижного состава на железнодорожных станциях. Поэтому эффективность перевозочного процесса в значительной степени определяется работой станций и соответственно зависит от системы управления и используемых технических средств. Тенденция тиражирования релейно-процессорных (РПЦ) и микропроцессорных систем (МПЦ) создает предпосылки для новых возможностей функционального развития ЭЦ.



Александр Борисович Никитин,
Д.Т.Н., руководитель Центра
компьютерных железнодорожных
технологий (ПГУПС)



Игорь Германович Тильк, к. т. н.,
директор НПЦ «Промэлектроника»
(УрГУПС)

К современным подходам увеличения эффективности работы станций относится реализация принципов централизации с обеспечением оптимизации технологического процесса на выделенных полигонах. Примером тому может служить кодовое управление соседними станциями с опорной при мини-ДЦ, централизация на направлениях при диспетчерском руководстве из центров.

В общем случае кодовое управление объектами на технологическом полигоне предполагает три группы устройств: технические средства пункта управления (ПУ), аппаратуру и каналы информационного обмена, а также технические средства нижнего (станционного) уровня – контролируемый пункт (КП).

Это предъявляет ряд новых требований не только к уровню ПУ, но и к станционному. В развитии станционного комплекса автоматизации можно выделить следующие тенденции:

- 1) переход на современную элементную базу;
- 2) повышение показателей надежности и безопасности;
- 3) расширение функциональных возможностей;
- 4) интеграция с автоматизированными подсистемами станционного уровня и вышестоящими системами управления;

5) достижение высоких показателей технико-экономической эффективности и улучшения эксплуатационных показателей.

Выполнение функций КП вычислительными средствами РПЦ или МПЦ предопределяет место их программной реализации в составе аппаратных средств технического комплекса и соответственно накладывает на него дополнительные требования, связанные с требованием выключения оборудования АРМ при передаче станции на дистанционное управление. Поэтому ряд эксплуатационно-технических требований предъявляется к выбору программно-аппаратных средств управляющего вычислительного комплекса (УВК), который и должен включать функции КП. Высокая производительность вычислительных средств УВК делает возможной интеграцию функций КП, а стремление рациональной конфигурации РПЦ и МПЦ для малых станций ее обосновывает. Поэтому использование дополнительных выделенных вычислительных средств для функций КП не оправдано по экономическому критерию. Рассматривая эту задачу в пределе для станций в 2-5 стрелок, можно сделать вывод, что состав аппаратуры будет необоснованно увеличен при незначительной загрузке УВК.

С учетом изложенного основными требованиями, предъявляемыми дополнением кодового управления к станционным системам, являются:

1) применение средств, не содержащих механических устройств (вентиляторов, винчестеров и т.п.), отказ которых может служить причиной возникновения пожара на посту ЭЦ. Иначе должна проектироваться отдельная подсистема контроля исправного функционирования и автоматического отключения при нарушениях работы;

2) обеспечение требований электромагнитной совместимости с учетом работы по каналам передачи данных, в том числе и по низкоскоростным физическим линиям связи;

3) автоматическая загрузка системного и программного обеспечения в случае сбоев и нарушений электроснабжения;

4) то же для сетевого оборудования и аппаратуры передачи данных;

5) применение аппаратных средств, не требующих профилактического обслуживания;

6) восстановление работы устройств КП при отказах без перерыва работы ДЦ, например, путем переключения на резервный комплект.

Также на уровне УВК легче решаются вопросы обеспечения высоких показателей надежности за счет резервирования устройств. Причем резервирование аппаратуры должно охватывать не только средства вычислительной техники (контроллер, чем обычно ограничиваются разработчики систем ДЦ), но и все элементы КП, непосредственно обеспечивающие непрерывность перевозочного процесса (устройства сопряжения по контролю и управлению ЭЦ, каналы, каналообразующую аппаратуру, источники питания) [1].

В этом случае резервирование позволяет также обеспечить съем и передачу состояния контролируемых объектов по независимым программно-аппаратным каналам, повышающим достоверность информации, что особенно важно во вспомогательных режимах управления при принятии диспетчером решения о пользовании ответственными командами.

В современных системах кодового управления увеличен объем передаваемых ответственных команд, реализуемых по правилам построения безопасных схем. Перечень команд вспомогательного режима управления включает:

- аварийную смену направления на перегоне, оборудованном двусторонней автоблокировкой;
- искусственное размыкание маршрутов или секций маршрута;
- вспомогательное открытие переезда;
- открытие входного светофора на разрешающее сигнальное показание при ложном срабатывании устройств контроля схода подвижного состава;

– вспомогательный перевод стрелок при ложной занятости рельсовой цепи стрелочно-путевой секции;

– разблокирование перегона на малодеятельных участках ДЦ, оборудованных устройствами счета осей, в случае сбоя в работе;

– пользование пригласительными сигналами (для метрополитенов).

Выполнение этих функций системой повышает живучесть перевозочного процесса при нарушениях нормальной работы устройств СЦБ.

Применение программируемой элементной базы позволяет реализовать существующие функции КП меньшими аппаратными средствами, а также достичь их значительного расширения. С учетом требования выключения АРМ при кодовом управлении АРМом не должны решаться задачи двукратного перевода стрелок, оповещения работающих на путях, последовательного пуска стрелок, автоматического речевого оповещения по громкой парковой связи о приеме и отправлении поездов, автоматической установки маршрутов и др.

Применительно к решаемым задачам КП системы ЭЦ-МПК [2] функция двукратного перевода стрелок не требует дополнительных реле для схем управления стрелками благодаря соответствующей программной реализации алгоритма.

При проектировании на станции автоматического оповещения монтеров пути о приближении поездов станция делится на зоны. В случае выполнения работ в какой-либо зоне и при необходимости задания через нее маршрута для своевременной уборки инструмента и ухода работников из опасного места в КП программно задерживается открытие сигнала. Одновременно с этим от звуковой карты контроллера автоматически непрерывно передается синтезированное речевое сообщение о предстоящем передвижении на громкоговорители парковой связи или носимую радиостанцию руководителя работ.

Этот же подход, когда функции реализуются программной логикой, использован и для задач автоматической установки маршрутов (АУМ). Целесообразность сохранения этой задачи в новых системах ДЦ обусловлена не только функцией освобождения диспетчера от выполнения повторяющихся операций по установке маршрутов на отдельных пунктах, но и необходимостью обеспечения непрерывности движения поездов в случаях повреждений кодовой линии или устройств ДЦ. Известные решения в системе АУМ-76 требуют установки статов и соответствующих увязок с устройствами ЭЦ. Программная реализация этой задачи не только их сокращает, но и позволяет применять функцию АУМ с учетом возможных вариантов для всего путевого развития станции, тогда как автоматический режим в системе АУМ-76 практически предоставляет эту возможность только по трем путям станции.

Принципиально новая задача АУМ реализуется при условии передачи с центрального поста на каждый КП массива данных прогнозного графика диспетчера с периодическим его обновлением при изменениях планирования пропусков поездов. Такой подход обеспечивает реализацию режима АУМ по согласованному с диспетчером машинному плану, в отличие от существующего подхода, когда прием и отправление поездов осуществляется по упрощенным алгоритмам. Кроме того что в режиме автоматического управления на основе прогнозного графика достигается сокращение рутинных операций, оптимизируется загрузка канала тракта телеуправления, возрастает временной интервал обеспечения непрерывности перевозочного процесса по запланированной диспетчером схеме в случае нарушений передачи данных между центральным постом и КП. Эффективность реализации этой функции возрастает при вводе устройств автоматической идентификации номеров поездов с возможностью прогноза не только поездной, но и местной работы станции.

Наличие интеллектуальных средств в составе КП позволяет осуществить простую увязку по стандартным стыкам с устройствами считывания номеров поездов. Сопряжение системы идентификации с КП позволяет без дополнительных каналов, используя тракт ДЦ, обеспечить передачу номеров поездов (подвижных единиц) в центр диспетчерского управления для задач первичной идентификации, поддержки алгоритмов трансляции, а также корректировок в случаях возникновения сбоев на центральном посту.

КП компьютерных систем увязывается и с другими вспомогательными станционными подсистемами — управления электрообогревом стрелок, устройствами автоматической очистки и др. Как и в предыдущих случаях, здесь также использован метод сокращения числа стативов и реле, реализующих логику управления. Например, для устройств автоматической очистки стрелок полностью ликвидируется релейная часть, а выбор индивидуальной или циклической обдувки и ее режимов содержится в команде телеуправления и программным путем реализуется КП.

На крупных станциях вследствие больших капитальных вложений на строительство ЭЦ предъявляются требования по обоснованному принятию решений зон централизации с целью получения наибольшей эффективности. При этом решаются две задачи. Первая из них заключается в определении стрелочных переводов, подлежащих оборудованию электроприводами, а вторая — в обосновании границ зон централизации.

Маршрутизация передвижений на станции является гарантией обеспечения безопасности. Поэтому полностью централизуются все виды поездных передвижений на станции (прием, отправление и передача

управления из одного района станции в другой), которые осуществляются по разрешающим показаниям поездных сигналов (входных, выходных и маршрутных).

По разрешающим показаниям маневровых светофоров, управляемых дежурным по станции, выполняются маневровые передвижения, в которых участвуют рельсовые участки и стрелки, используемые и для поездных маршрутов. Кроме того, в ЭЦ включаются ходовые и охранные стрелки маневровых маршрутов передачи составов из одного парка в другой, подачи локомотивов под поезда и уборки в депо, надвига составов на сортировочные горки. Также централизуются стрелки маневровых районов и отдельные стрелки, ручное обслуживание которых технически и экономически нецелесообразно.

Редко переводимые стрелки и входящие в маршруты в одном положении могут оборудоваться контрольными замками. Также не оборудуются рельсовые цели и сохраняются ручные стрелки в зонах депо, грузовых дворов, а также в изолированных зонах сортировки и формирования составов при незначительных объемах или сезонном характере работы. В таких районах применяются немаршрутизированные передвижения по ручным сигналам составителей или стрелочников.

При регулярном выполнении сортировочной работы в изолированной зоне стрелки оборудуются электроприводами. Однако применение способа централизованного управления с поста ЭЦ в этом случае становится невозможным вследствие того, что для своевременного перевода стрелок и передачи команд машинисту эта работа требует от руководителя непрерывного контроля за передвижениями. Вменить руководство этой работой дежурному по станции при существующих ограничениях релейных ЭЦ считается нецелесообразным по нескольким причинам. Во-первых, из-за его занятости организацией передвижений в других районах станции. Во-вторых, маршрутизация такого рода маневровых полурейсов вызовет дополнительные потери в движении, обусловленные перебегами из-за необходимости освобождения всей трассы для предстоящего маневрового передвижения, а также для обеспечения размыкания маршрута требуется либо его полное использование, либо установка дополнительных светофоров, тогда как при непосредственном управлении достаточно визуального контроля освобождения зоны стрелки, определяющей направление дальнейшего маневра. Поэтому в этих зонах организуют специальные маневровые районы, работающие независимо от централизации всей станции, а управление стрелками осуществляется с пульты, расположенного в маневровой вышке (на стрелочном посту, будке) или с маневровой колонки. При этом для оператора маневрового района должна обеспечиваться хорошая видимость района руководства маневров.

При необходимости использования в работе маневрового района отдельных стрелок, управляемых дежурным по станции, они могут замыкаться в определенных положениях или временно передаваться на местное управление оператору. Способ двойного управления стрелками приходится также применять при регулярной маневровой работе с вагонами, выполняемой в зоне поездных передвижений. В этом случае управление стрелками временно отключается от пульта ДСП и передается руководителю маневров, который переводит стрелки при помощи рукояток маневровой колонки или ключа в путевых коробках, расположенных у стрелок. Во время передачи на местное управление стрелки должны быть свободны от подвизного состава и не использоваться в поездных маршрутах. Команды на передвижение руководителя маневров передает машинисту с помощью радиосвязи или ручных сигналов. На маневровых светофорах, расположенных в районе двойного управления стрелками, во время местного управления включаются разрешающие сигнальные показания.

Изложенные принципы существующей структуры организации оперативной работы станции следует пересмотреть при использовании гибких технических средств компьютерных технологий. При этом схему оперативного командования для новых систем следует разрабатывать на основе расчета загрузки агентов управления с учетом главного принципа – обеспечения возможности наиболее предпочтительного в технологическом отношении размещения персонала станции без необходимости традиционно жесткой привязки рабочего места и аппаратных средств релейных ЭЦ.

На основе технологического процесса станции определяется наличие на станции зон маневровой работы. При незначительных объемах сортировки, носящих сезонный характер, сохраняются ручные стрелки, что обеспечивает не только снижение капитальных вложений, но и сокращение эксплуатационных расходов на содержание малодейственных стрелок зоны в случае оборудования их стрелочными приводами. Нерегулярная работа в этом случае требует непроизводительных затрат на текущее содержание стрелок с целью обеспечения работоспособности при возникновении потребности в производстве сортировочной работы.

Если зона оборудуется приводами, то определяются затраты времени на руководство работой с учетом размеров движения, а также маршрутизированных маневровых передвижений.

Практический положительный опыт по тиражированию систем ЭЦ на основе вычислительных средств (EbiLock-950, ЭЦ-МПК, ЭЦ-ЕМ) ставит задачу поиска наиболее эффективных схем концентрации и централизации отдельных районов, примыкающих соседних станций, блок-постов и предузловых развязок (рис. 1).

Актуальность этой задачи вызвана тем, что она позволяет за счет повышения оперативности управления и «информационного» эффекта достичь новых возможностей с меньшими капитальными вложениями по сравнению с другими мероприятиями (строительством двухпутных вставок, переустройством путевого развития и т.п.).

Кроме того, управление расширенным полигоном обеспечивает не только сокращение потерь в движении из-за возможности достоверного прогноза и своевременности выполнения технологических операций, но и сокращает эксплуатационные расходы на содержание персонала дежурных.

Таким образом, гибкость программно-аппаратных средств ЭЦ позволяет реализовать управление соседними станциями из опорной станции или ОЦ – мини-ДЦ. Технология мини-ДЦ, интегрированная в системы ДЦ/ДК ЦУП, кроме того, благодаря выполнению функций управления ДСП ОЦ, снижает загрузку поездного диспетчера и является дополнительным резервом централизации управления направлениями.

Исследования показывают, что работа станции на кодовом управлении при ее включении в ДЦ составляет 80-90%. В этом случае возможным вариантом сокращения капитальных вложений является отказ от стационарного АРМ для резервного управления.

По рассмотренным причинам для станций с числом стрелок менее 5 предлагается расширить варианты технической структуры с возможным включением кнопочного пульт-манипулятора, увязываемого с УВК. При этом обеспечивается интерфейс для подключения АРМ дежурного по станции на базе ноутбука.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Централизация оперативного управления на выделенных полигонах обеспечивает повышение эффективности работы станций.

2. Переход на кодовое управление при централизации управления определяет программную реализацию функций автоматизации в составе аппаратных средств управляющего вычислительного комплекса компьютерных систем.

3. Определены требования по обоснованию вида управления станциями, маршрутизации и границ зон централизации. При этом обосновано выделение на крупных станциях зон местного управления для сортировочной работы.

Технологические схемы централизации оперативного управления предузловыми развязками, соседними станциями с опорной, а также выделенными полигонами на направлениях обеспечивают повышение эксплуатационных показателей за счет повышения оперативности управления и «информационного» эффекта.



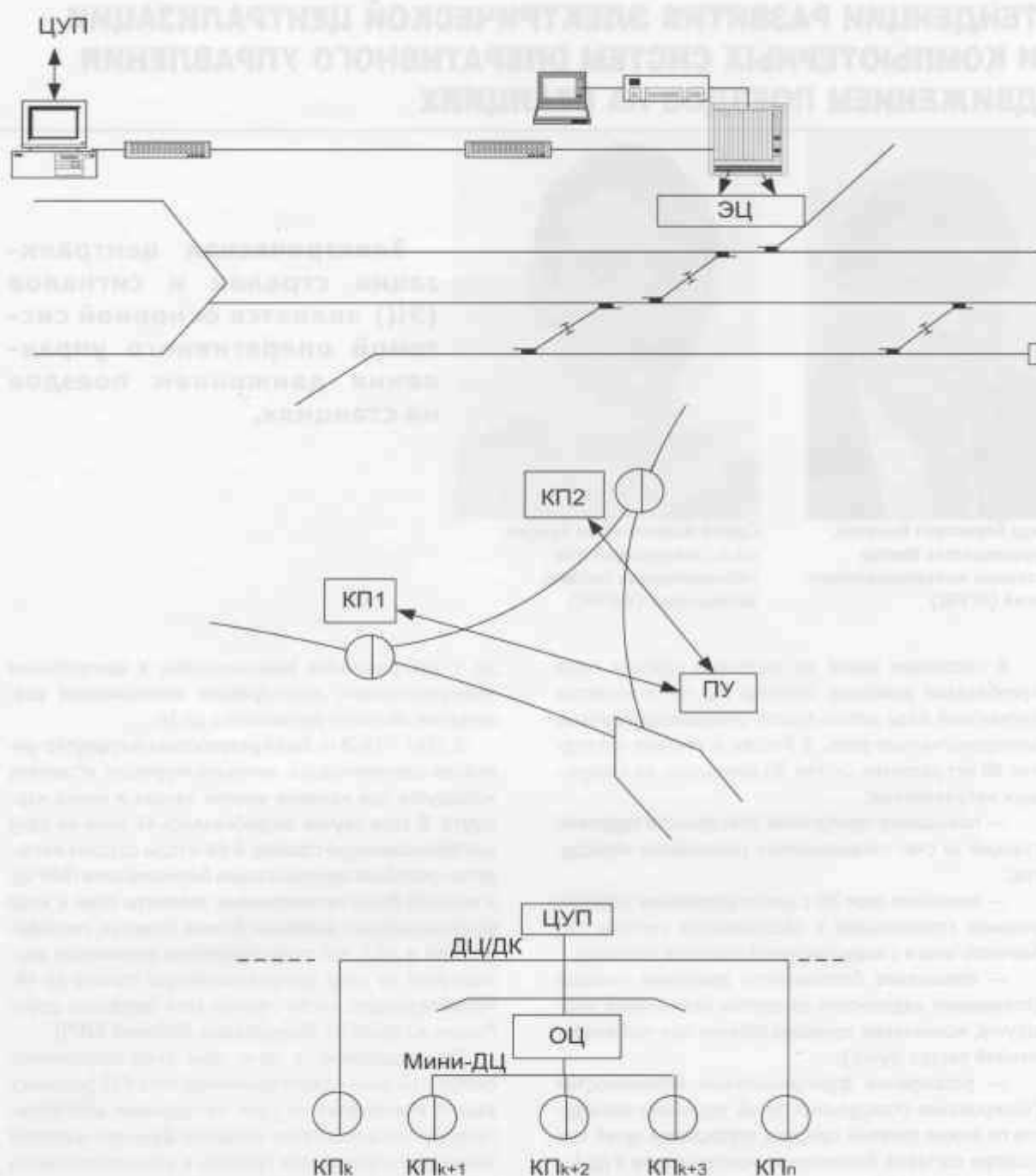


Рисунок 1 — Пример путевого и информационного развития станции

Литература

1. Гавзов Д.В., Никитин А.Б., Талалаев В.И. и др. Эксплуатационно-технические требования к системам ДЦ: ОСТ32,112-98,-М., 1998,-30 с.
2. Гавзов Д.В., Никитин А.Б. Релейно-процессорная централизация ЭЦ-МПК// Автоматика, связь, информатика, - 2002. -N2 4. -С. 12-15.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ НА СТАНЦИЯХ



Александр Борисович Никитин, Д.Т.Н., руководитель Центра компьютерных железнодорожных технологий (ПГУПС)



Сергей Валентинович Бушуев, К.Т.Н., заведующий НИЛ «Компьютерные системы автоматики» (УрГУПС)

Электрическая централизация стрелок и сигналов (ЭЦ) является основной системой оперативного управления движением поездов на станциях.

В настоящее время на железных дорогах мира преобладают релейные системы ЭЦ, где в качестве элементной базы используются специализированные электромагнитные реле. В России в течение последних 60 лет развитие систем ЭЦ проходило по следующим направлениям:

- повышение пропускной способности горловин станций за счет посекционного размыкания маршрутов;
- типизация схем ЭЦ с целью упрощения проектирования, строительства и обслуживания системы (ЭЦ блочного типа и с индустриальной системой монтажа);
- повышение безопасности движения поездов (повышение надежности алгоритма размыкания маршрутов, исключение перевода стрелок при кратковременной потере шунта);
- расширение функциональных возможностей (кодирование станционных путей, установка маршрутов по ложно занятым секциям, ограждение путей при осмотре составов, оповещение монтеров пути и др.);
- увязка с системами верхнего иерархического уровня и диагностической аппаратурой.

Реализация этих мероприятий сопровождалась увеличением числа реле [1–3], приходящихся на одну централизованную стрелку (рис. 1).

В первых системах ЭЦ, в которых реализовались центральные зависимости и местное электропитание, выполнялось маршрутное размыкание стрелок и требовалось всего 24 реле на одну централизованную стрелку. В последующих унифицированных системах

ЭЦ с центральными зависимостями и центральным электропитанием, реализующим посекционное размыкание, их число увеличилось до 36.

В 1947 – 1948 гг. была разработана маршрутно-релейная централизация, автоматизирующая установку маршрутов при нажатии кнопок начала и конца маршрута. В этом случае потребовалось 46 реле на одну централизованную стрелку. В 50-е годы создана маршрутно-релейная централизация блочного типа (БМРЦ), в которой были типизированы элементы схем в виде функциональных релейных блоков (стрелки, светофора, пути и др.), что предопределило увеличение расхода реле на одну централизованную стрелку до 48. Преобладающее число стрелок сети железных дорог России и стран СНГ оборудованы системой БМРЦ.

При разработке в 80-е годы унифицированной системы на реле нового поколения типа РЭЛ решались задачи исключения из схем ненадежных электролитических конденсаторов, введения функции усиления замыкания стрелок, что привело к увеличению числа реле до 64 на стрелку.

Стандартизация блоков с использованием шлангового монтажа, заложенная в основу системы ЭЦИ (ЭЦ с индустриальной системой монтажа), обусловила увеличение числа реле до 88 шт. Система ЭЦИ рекомендована для применения на крупных станциях сети дорог. Ее функциональным аналогом по основным схемным решениям является система ЭЦ-12, рекомендованная МПС для применения на станциях с числом стрелок до 20. На таких станциях число реле на стрелку достигает 128 шт.

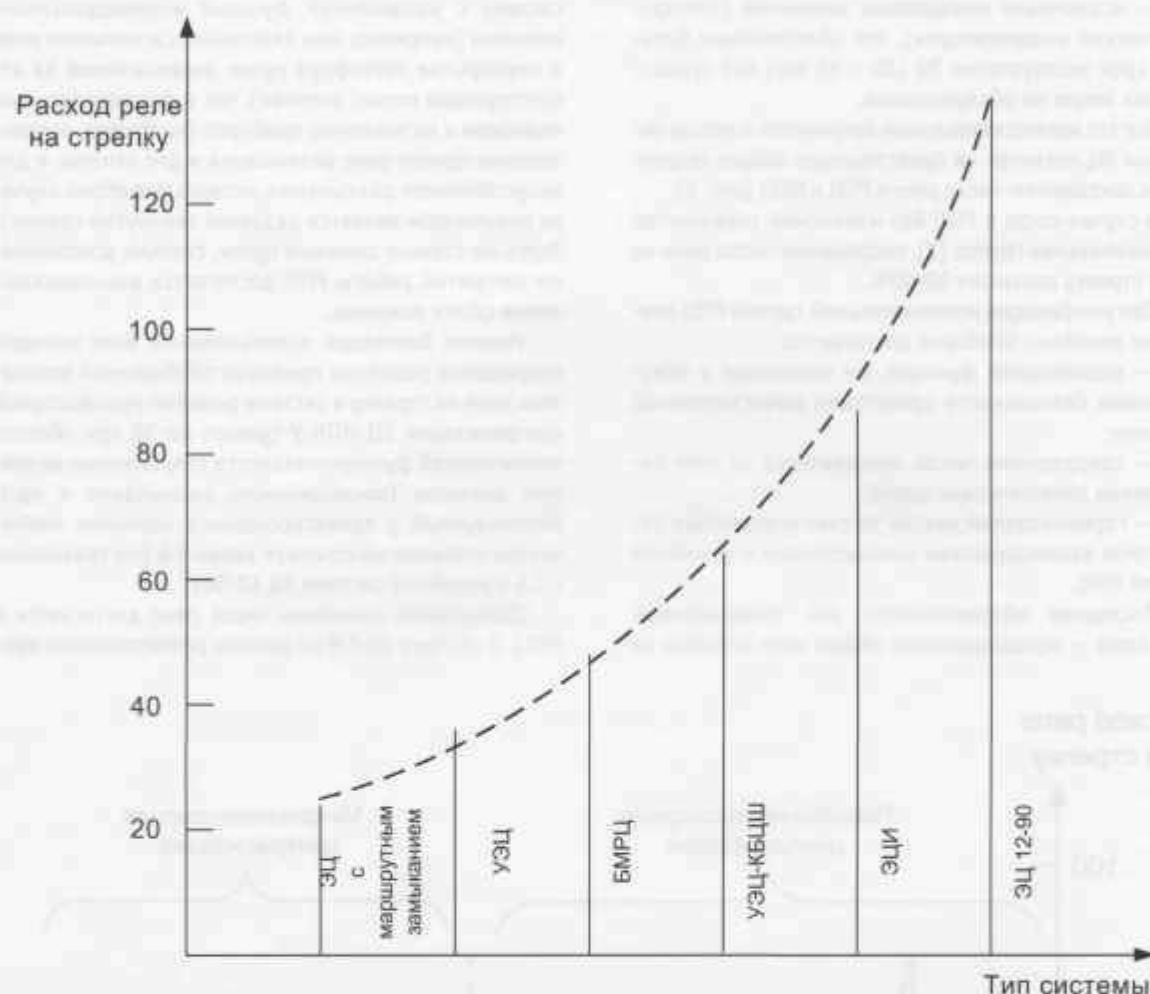


Рисунок 1 — График числа реле, приходящихся на одну стрелку, в зависимости от типа ЭЦ

Очевидно, что столь стремительное увеличение числа реле на стрелку влечет за собой существенное удорожание системы и при сохранении существующих темпов строительства ЭЦ требует ввода в действие дополнительных мощностей для их производства. Кроме того, высокие показатели материалоемкости новых релейных систем не позволяют выполнить модернизацию устройств на существующих площадях и требуют строительства новых зданий постов ЭЦ.

Тренд роста показателя числа реле на стрелку (рис. 1) отражает ситуацию, когда **релейные системы практически исчерпали себя для расширения функциональных возможностей**. За последние 60 лет информационное обеспечение дежурного по станции и степень автоматизации функций управления не изменились. Очевидно, что попытка дальнейшего совершенствования релейных систем ЭЦ привела бы к еще более существенному увеличению количества реле. Выход из создавшегося положения лежит в переходе

на новую элементную базу, которая откроет новые возможности развития информационного обеспечения и логики работы системы.

Вместе с тем, благодаря большому опыту производства и эксплуатации релейных систем, нельзя не отметить целый ряд их положительных свойств:

- высокую устойчивость к электромагнитным помехам, грозовым перенапряжениям и к экстремальным климатическим воздействиям;
- подтвержденные большим опытом эксплуатации высокие показатели безопасности железнодорожных реле;
- наглядность схем, обеспечивающих безопасность, что позволяет широкому кругу специалистов вносить изменения и контролировать условия обеспечения безопасности движения по станции;
- применение малогабаритных реле новых типов РЭЛ и 1Н с большим ресурсом, а также новых блоков на их основе (возрастает гарантия завода-изготовителя);

— исключение ненадежных элементов (электролитических конденсаторов), что обеспечивает большой срок эксплуатации ЭЦ (20 – 25 лет) без существенных затрат на обслуживание.

Все это является серьезным аргументом в пользу релейных ЭЦ, несмотря на существующую общую тенденцию к сокращению числа реле в РПЦ и МПЦ (рис. 2).

В случае когда в РПЦ без изменений сохраняется исполнительная группа [1], сокращение числа реле на одну стрелку достигает 30-40%.

При унификации исполнительной группы РПЦ снижение релейных приборов достигается:

— реализацией функций, не связанных с обеспечением безопасности средствами вычислительной техники;

— сокращением числа повторителей за счет сокращения электрических цепей;

— гармонизацией увязки за счет усложнения алгоритмов взаимодействия компьютерной и релейной частей РПЦ.

Последнее обеспечивается как традиционным подходом – использованием общих шин питания на

систему с разделением функций индивидуальными ключами (например, шин включения сигнального реле и перекрытие светофора путем переключения на отсутствующий полюс питания), так и функциональным подходом к назначению приборов (например, использование одного реле размыкания и для отмены, и для искусственного размыкания, поскольку в обоих случаях результатом является разделка замкнутой секции). Здесь не столько схемным путем, сколько усложнением алгоритма работы РПЦ достигается взаимоисключение обоих режимов.

Именно благодаря использованию всех методов сокращения релейных приборов обобщенный показатель реле на стрелку в системе релейно-процессорной централизации ЭЦ-МПК-У снижен до 36 при обеспечении полной функциональности современных релейных аналогов (посекционного размыкания и пр.). Используемый у проектировщиков норматив «количество стативов на стрелку» равен 0,6 (по сравнению с 1,5 в релейной системе ЭЦ 12-00).

Дальнейшее снижение числа реле достигается в МПЦ. В системе ЭЦ-ЕМ по данным реализованных про-

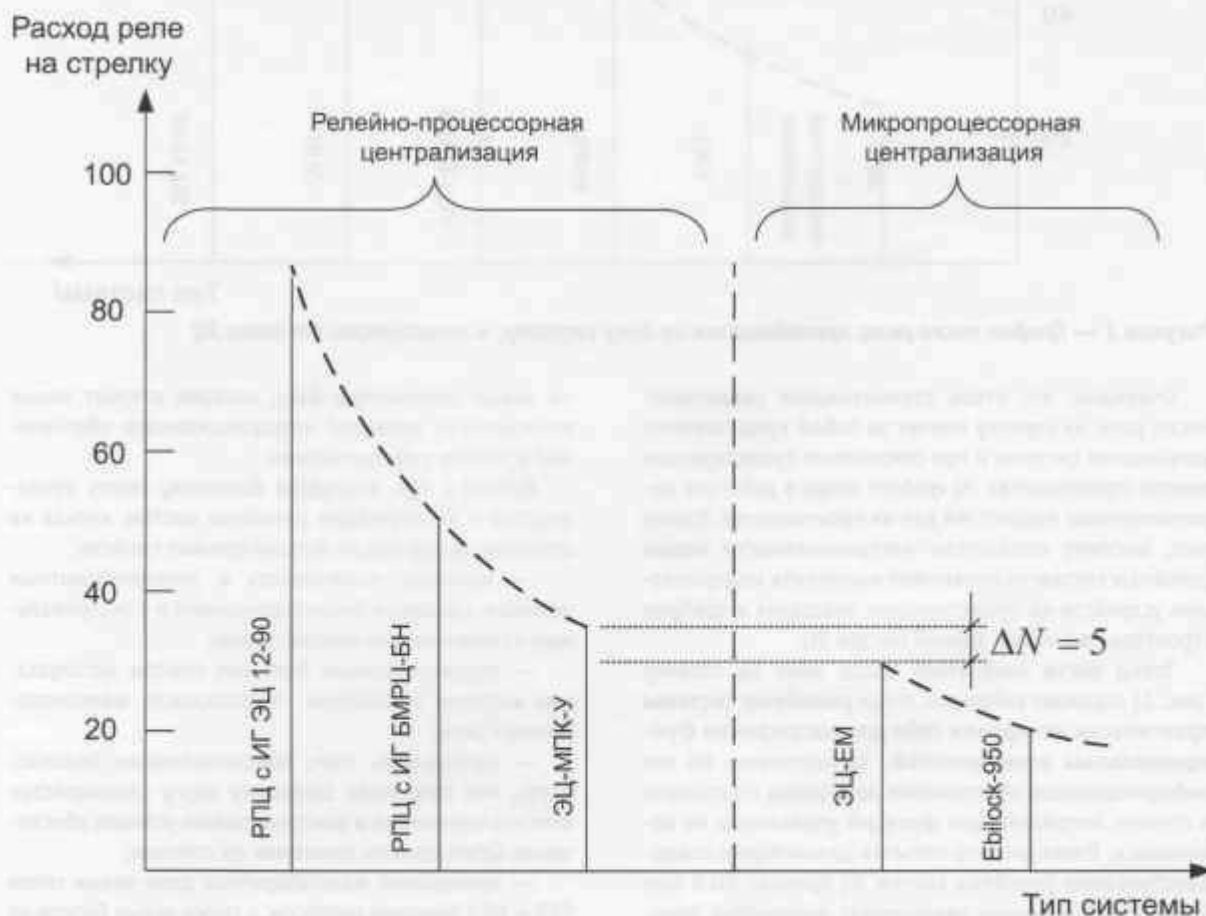


Рисунок 2 – Сравнительная характеристика числа реле для РПЦ и МПЦ

ектов (ст. Н. Петергоф, Жихарево, Назия Октябрьской ж.д.) при сохранении релейного интерфейса увязки с объектами управления число реле на стрелку равно 30. При бесконтактных устройствах сопряжения с объектами в системе EbiLock-950 это число равно 19.

Современная тенденция интеграции в ЭЦ функций станционных и перегонных систем, а также в перспективе реализация станционных подсистем (переездных устройств, компьютерных систем для районов местного управления) создают предпосылки для полного исключения реле в схемотехнике систем железнодорожной автоматики. Схемные решения этого подхода апробированы в реальных условиях на Октябрьской железной дороге в составе МПЦ-МПК, а опытные образцы используются в качестве лабораторных установок в пяти университетах путей сообщения России.

Таким образом, на нынешнем этапе при выборе системы ЭЦ не следует применять морально устаревшие релейные системы. Эти обстоятельства определили в мировой практике **стратегическое направление совершенствования ЭЦ на основе использования вычислительной техники и внедрение только релейно-процессорных (РПЦ) и микропроцессорных (МПЦ) систем ЭЦ.**

По данным института Гипротрансигналсвязь, а также по мнению зарубежных специалистов и российских ученых, имеющие место на практике большие капитальные вложения в МПЦ экономически оправданы и окупаются только на больших станциях (от 40 стрелок и более), расположенных на участках с большими размерами движения.

Особенность МПЦ состоит в том, что на вычислительные средства в таких системах возлагаются функции безопасности, что предопределяет:

- применение аппаратной избыточности безопасного управляющего вычислительного комплекса;
- использование специализированных электронных компонентов для увязки с оборудованием СЦБ;
- применение специализированных программных средств, работающих в масштабе реального времени, с жестким контролем регламента выполнения задач.

Именно это обстоятельство, а также «непрозрачность» характеристик реализации алгоритма работы системы по сравнению с традиционными релейными схемами приводит к значительным дополнительным затратам при разработке и определении доказательства безопасности МПЦ [2, 3]. Поэтому реконфигурация путевого развития горловин, что особенно важно для промышленных и портовых станций, при МПЦ является значительно более сложной и соответственно более дорогостоящей задачей, чем для релейных или релейно-процессорных систем.

Таким образом, по сравнению с РПЦ **реализация в МПЦ функций безопасности средствами вычислительной техники определяет увеличение капи-**

тальных вложений при строительстве как в оборудование, так и в работы по монтажу и пусконаладке (в среднем в 10-15 раз для реализованных проектов на Российских железных дорогах), в то время как РПЦ требует увеличения инвестиций на 10-20% по сравнению с релейными системами.

Рассмотрим источники экономической эффективности при внедрении электрической централизации на основе использования вычислительной техники. Оказывается, что основные статьи экономической эффективности для РПЦ и МПЦ совпадают, в частности, это:

- 1) сокращение площадей служебно-технических помещений поста ЭЦ;
- 2) сокращение потерь в перевозочном процессе;
- 3) расширение следующих функциональных возможностей систем:
 - выполнение функций контролируемых пунктов ДЦ;
 - телеизмерение, диагностика;
 - протоколирование и архивация (функции «черного ящика»);
 - объединение зон управления нескольких ДСП (мини-ДЦ) и сокращение персонала дежурных;
 - автоматизация управления заданием маршрутов – авторежимы;
 - интеграция функций других систем (оповещение монтеров пути, очистка стрелок);
 - обеспечение ДСП нормативно-справочными данными;
 - ведение электронных журналов, переход на безбумажную технологию документооборота.

Релейно-процессорная централизация позволяет высвободить до 30% площади релейного помещения, в то время как микропроцессорная централизация — до 50%. В некоторых случаях эти площади могут быть использованы под другие нужды. Однако **экономию при строительстве за счет сокращения служебно-технических помещений несущественна**, поскольку площадь релейного помещения по отношению к общей площади здания составляет не более 7%, а основные затраты по-прежнему определяются устройством водоснабжения, канализации, электроснабжения поста от независимых фидеров и другими не связанными с типом ЭЦ.

С точки зрения строительства большой эффект дает применение новых типов питающих установок на основе необслуживаемых аккумуляторов, что позволяет исключить специализированные аккумуляторные помещения и удешевить систему приточно-вытяжной вентиляции. Такие питающие устройства применяются и в микропроцессорных, и в релейно-процессорных централизациях, что является их общим преимуществом перед релейными системами как с точки зрения экономии затрат при строительстве зданий, так и с

точки зрения сокращения потерь в перевозочном процессе за счет полноценного функционирования станции даже при аварийном отключении всех источников питания.

Также к сокращению потерь в перевозочном процессе при РПЦ и МПЦ приводят следующие факторы:

- интеллектуальный интерфейс системы, снижающий вероятность неправильных или несвоевременных действий дежурного по станции (речевые подсказки и логический контроль над действиями человека);

- расширенный объем предоставляемой информации (по перегонам, переездам и другим объектам контроля);

- более высокие показатели надежности за счет резервирования микропроцессорной части системы, объективно даже по сравнению с релейными системами эта составляющая будет незначительна, поскольку большую часть дают отказы не постового, а напольного оборудования, и по этой причине сокращения эксплуатационного обслуживающего персонала не происходит.

Таким образом, основной эффект по сравнению с релейными системами определяется расширением и появлением новых функциональных возможностей систем ЭЦ, набор которых для РПЦ и МПЦ на практике одинаков и является сервисным, а при наличии вычислительной техники может эквивалентно дополняться для обеих систем.

Дополнительно следует отметить, что имеется еще ряд факторов экономии эксплуатационных расходов при внедрении электрической централизации на основе использования вычислительной техники, однако существенными их признать нельзя. Так, на практике при внедрении РПЦ и МПЦ не отмечается сокращения электроэнергии, поскольку более высокое, но кратковременное ее потребление (включение реле, горение лампочек на табло только на момент установки и использования маршрута) в релейных системах оказывается соизмеримым с более низким, но зато непрерывным потреблением электроэнергии вычислительными средствами в РПЦ и МПЦ.

Также не следует планировать сокращения эксплуатационных расходов на материалы и ЗИП, поскольку, прежде всего для МПЦ, оборудование вычислительной техники и специализированных модулей будет более дорогостоящим по сравнению с реле. А низкий ресурс отдельных компонентов (монитора, мыши, клавиатуры, вентиляторов системных блоков и процессоров) потребуют дополнительных расходов для обеспечения периодической замены.

Через 5-10 лет эксплуатации могут возникнуть трудности при замене отказавшей аппаратуры МПЦ на новую из-за необходимости доказательства безопасности и совместимости эксплуатируемой программы с изменившейся из-за бурного развития вычислительной техники аппаратной платформой.

Как уже ранее отмечалось, не следует ожидать сокращения численности обслуживающего персонала по причине сохранения традиционного напольного оборудования, которое и определяет основные регламентные работы и служит причиной основной части отказов (более 70%).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Очевидно, что при выборе системы ЭЦ на нынешнем этапе не следует применять морально устаревшие релейные системы.

При практически равных функциональных возможностях РПЦ и МПЦ в настоящее время экономически более оправданным является применение именно релейно-процессорных систем.

Однако в перспективе с накоплением отечественного и мирового опыта тиражирования безопасных систем, дальнейшим совершенствованием элементной базы и появлением конкуренции на рынке разработчиков микропроцессорных систем электрической централизации, возможно, произойдет снижение стоимости МПЦ, что позволит экономически оправданно применять их для любого полигона, в том числе для малых станций, сложных увязок в узлах, для групп станций в портах и на крупных промышленных предприятиях.

Литература

1. Гавзов Д.В., Никитин А.Б. Релейно-процессорная централизация ЭЦ-МПК// Автоматика, связь, информатика. - 2002. - № 4. - С. 12-15.
2. Гавзов Д.В., Никитин А.Б. Микропроцессорные централизации стрелок и сигналов// Ж.-д. транспорт. Сер. Электрификация. Автоматика и связь. АСУ/ЭИ; ЦНИИТЭИ МПС. - 1999. - Вып. 2. - 40 с.
3. Nikitin A.B., Nassedkin O.A., Komin N.D. Tendenzen der Stelwerkentwicklung in Russland.// Signal+Draht. - 2003. - N 11, Nov. - P. 20 - 24.



АНАЛИЗ РАБОТЫ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СИГНАЛЬНЫХ ТОЧЕК СЦБ

Общеизвестны факты конфликтных ситуаций между эксплуатационным штатом дистанций СЦБ и дистанций электроснабжения в части качества переменного напряжения $U_n = 220$ В питания сигнальных точек СЦБ. Во многих случаях причина выявляемых браков — невыполнение норм нестабильности напряжения, равной $U = 198 - 231$ В.



Игорь Олегович Набойченко, гл. инженер Свердловской ж.д. - филиала ОАО «РЖД»

Анализ работы устройств СЦБ на Свердловской железной дороге [1—3] показал, что отказы по вине службы электроснабжения составляют примерно 6% от общего числа отказов устройств СЦБ. Следует отметить, что данные рис. 1 не отражают достаточно полной и объективной картины причин отказов устройств СЦБ по вине службы энергоснабжения. Это объясняется следующими обстоятельствами.

Аппаратура СЦБ состоит из различных функциональных узлов и приборов, определенная часть из которых критична к изменениям величины переменного напряжения U_n , причем степень критичности может

быть различна. Это может быть рассмотрено на некоторых примерах.

Если практически измеренное в какой-либо конкретный момент времени переменное напряжение питания $U_n = 220$ В находится в пределах норм, то при расследовании браков в работе устройств СЦБ во многих случаях не выясняется предыдущая первопричина отказа того или иного функционального узла, а констатируется лишь факт отказа. Если, например, сгорает трансформатор, то обычно это списывается на его производственный дефект. Это же относится и к предохранителям в различных электрических цепях.

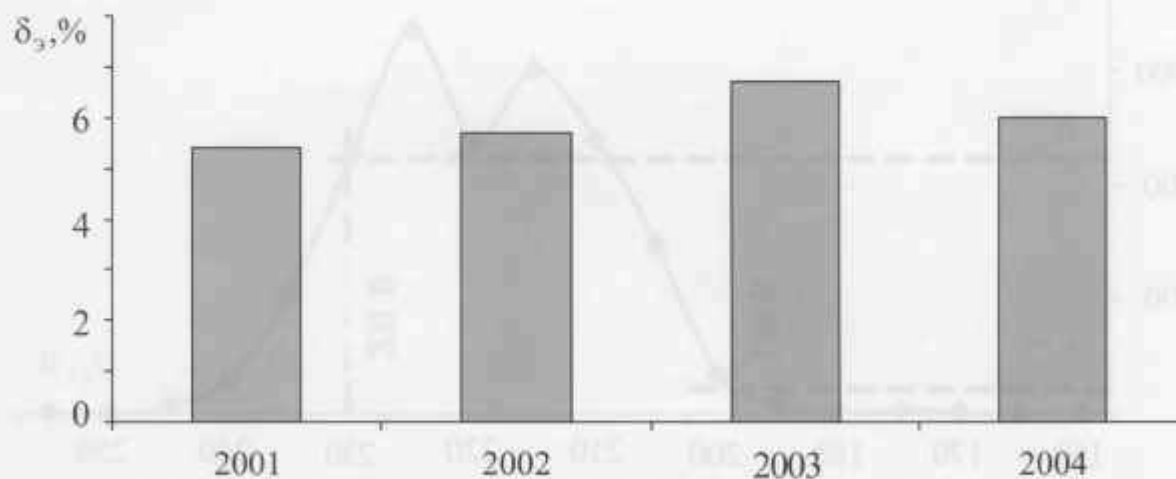


Рисунок 1 — Процентное распределение отказов δ устройств СЦБ по вине службы электроснабжения

Перегорание лампы светофора является типично не выясняемой причиной отказа, хотя известно [4], что увеличение напряжения питания лампы накаливания на 10% сокращает срок ее службы почти в 4 раза. Причины кратковременной занятости рельсовых цепей иногда также остаются невыясненными, хотя они могут быть вызваны снижением напряжения U_n . Увеличение напряжения U_n может обусловить появление ложной занятости рельсовой цепи при движении по участку пути некоторых видов подвижного состава, что является наиболее тяжелым видом брака, приводящим к нарушению безопасности движения. Перечень подобных примеров может быть существенно продолжен.

Эти обстоятельства определяют сложную картину взаимосвязи функциональных узлов аппаратуры СЦБ между собой и, очевидно, с величиной переменного напряжения U_n . Вместе с этим нельзя утверждать, что отсутствие достоверной методики выявления истинных причин отказов устройств СЦБ является недоработкой эксплуатационного штата сети дорог или отсутствием достаточных научно-технических проработок в этой области. Принципиально возможно создание достоверных диагностических систем, но для этого требуются определенные финансовые затраты. В современной практике разработки и эксплуатации устройств СЦБ происходит увеличение сложности диагностических систем, однако при этом имеет место определенный компромисс между финансовыми вложениями и требуемыми функциональными возможностями вводимых диагностических систем.

Изложенное показывает, что данные процентного распределения, приведенные на рис. 1, не могут быть

признаны абсолютно достоверными, а являются в некоторых случаях следствием назначения того или иного подразделения в качестве «стрелочника» при разборе причин появления брака в работе, в результате которого должна быть формально выяснена причина для разработки соответствующих руководящих оргтехмероприятий.

Представляют интерес данные по реальным значениям напряжения U_n в устройствах СЦБ железных дорог. Результаты обследования [5] работы сигнальных точек и входных светофоров на 441 станции Свердловской железной дороги приведены на графике рис. 2, где показано распределение числа сигнальных точек $N_{ст}$ с различными значениями напряжения U_n . Измерения были проведены за период январь – август 2000 г. при работе сигнальных точек как от основного, так и от резервного фидеров электроснабжения. При этом фиксировались измеренные минимальные и максимальные значения напряжений U_n . Суммарное количество проведенных измерений, равное числу полученных данных, равно $N_{изм}^{\Sigma} = 4853$.

Как видно из графика рис. 2, количество сигнальных точек, напряжение питания U_n которых выходит за пределы допустимых норм ($U_n = 198-231$ В), значительно. Вместе с этим при измерениях были зафиксированы экстремальные данные по величинам напряжения питания, далеко выходящие за пределы допустимых. Они приведены в таблице.

Приведенные практические данные показывают якобы неудовлетворительную работу дистанций электроснабжения. Однако при всех, даже экстремальных случаях отклонения напряжения U_n обеспечивалась работоспособность устройств СЦБ. Это можно поста-

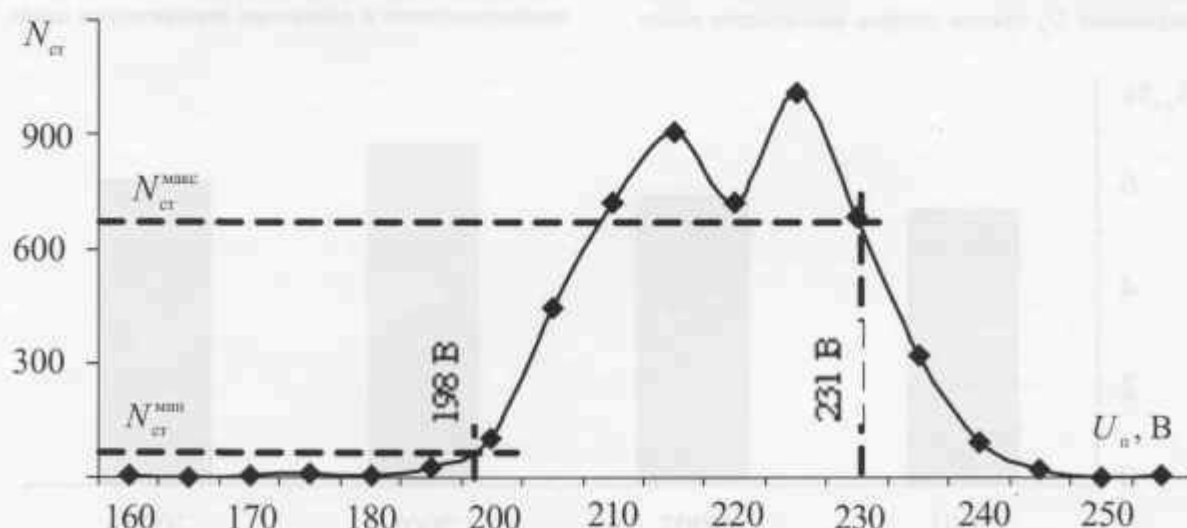


Рисунок 2 — График распределения количества сигнальных точек $N_{ст}$ с различными значениями напряжения питания U_n

Таблица — Экстремальные данные величин напряжения питания

U_n	160	170	180- -185	186- -190	191- -195	236- -245	241- -245	246- -250	251- -255	260
$N_{ст}$	4	2	5	9	7	322	92	12	3	4

вить в заслугу эксплуатационному штату дистанций СЦБ, вследствие того что в аппаратуре СЦБ имеются определенные запасы по возможности ее функционирования в расширенном диапазоне изменений напряжения U_n . Кроме того, если выход напряжения U_n за пределы норм носит во времени относительно постоянный характер, то электромеханик СЦБ может изменить регулировку рельсовых цепей для обеспечения работоспособности устройств СЦБ. Очевидно, что это является далеко не рациональным выходом из трудного положения, так как последующее приведение напряжения U_n к нормам будет выполняться эксплуатационным штатом дистанций электроснабжения без соответствующего предупреждения.

Графическая иллюстрация, показывающая области работоспособности сигнальных точек СЦБ при изменении напряжения U_n , показана на рис. 3. Он определяет следующие основные закономерности.

Если напряжение питания сигнальных точек лежит в пределах допустимых норм: $U_n \Rightarrow U_{n \text{ мин}} \dots U_{n \text{ макс}}$, а $\Delta U_n = U_{n \text{ макс}} - U_{n \text{ мин}}$, то для нормального функционирования устройств СЦБ должно выполняться неравенство

$$\Delta U_{n \text{ ном}} > \Delta U_{\text{стр}} \quad (1)$$

где $\Delta U_{n \text{ ном}}$ – допустимый диапазон изменения напряжения питания устройств СЦБ. При наличии в системе электроснабжения экстремальных значений напряжения $U_{\text{стр. макс}}$ и $U_{\text{стр. мин}}$ желательным является выполнение условия

$$\Delta U_{n \text{ ном}} > (U_{\text{стр. макс}} - U_{\text{стр. мин}}). \quad (2)$$

Для данных, полученных по результатам измерений на Свердловской дороге, условие (2) выполнимо только при введении в аппаратуру сигнальных точек специальных стабилизаторов напряжения, которые должны компенсировать изменения напряжения U_n от 160 до 260 В. Очевидно, что это справедливо для большинства железных дорог России.

Если такие стабилизаторы отсутствуют, то, как было упомянуто выше, электромеханики СЦБ для обеспечения функционирования рельсовых цепей осуществляют смещение области работоспособности. Это показано примером области напряжений $\Delta U_{\text{стр. ном}}$ на рис. 3, смещенной вверх по оси напряжений U_n . При этом, очевидно, должно выполняться условие

$$\Delta U_{\text{стр}} > 0. \quad (3)$$

Рисунок 3 — Иллюстрация сравнения областей изменения напряжения U_n и функционирования сигнальных точек СЦБ

По аналогии можно сделать вывод, что если в системе электроснабжения напряжение U_n уменьшается до значения $U_{n \text{ ном}}^{\text{электр}}$, то область напряжений $\Delta U_{n \text{ ном}}^{\text{электр}}$ должна быть смещена вниз. В общем случае здесь может иметь место неравенство

$$\Delta U_{n \text{ ном}} \neq \Delta U_{n \text{ ном}}^{\text{электр}} \quad (4)$$

Таким образом, работоспособность сигнальных точек СЦБ, если она может быть практически реализована, при существующих реальных показателях качества питающего напряжения U_n обеспечивается путем принятия нестандартных мер, которые во многих случаях противоречат правилам эксплуатации, вызывают задержки поездов и могут в некоторых случаях нарушать условия безопасности движения.

Существует несколько объективных причин значительной нестабильности напряжения питания U_n сигнальных точек СЦБ. Рассмотрим их на примере обобщенной структурной схемы системы электроснабжения сигнальных точек СЦБ, которая приведена на рис. 4. Подобная структура хотя и обладает рядом недостатков, широко применяется на сети дорог [6].

Здесь обозначения соответствуют: $Z_{\text{сиг}}$ — полное входное сопротивление n -й сигнальной точки; W_{TV_n} — комплексная передаточная функция n -го линейного трансформатора, питающего соответствующую сигнальную точку; $W_{\text{ВЛ}(1...n)}$ — комплексные передаточные функции элементов высоковольтной линии электроснабжения СЦБ (ВЛ СЦБ), каждая из которых определяется местом подключения соответствующего линейного трансформатора к ВЛ СЦБ; Z_i — полное внутреннее сопротивление первичного источника электроснабжения с напряжением, величина которого $U_i = \text{var}$.

Рассматриваемая система является многосвязной и многомерной структурой с размерностью, равной n , и выходными параметрами $U_{\text{сиг}1} \dots U_{\text{сиг}n}$.

$U_{\text{сиг}i}$, причем полное входное сопротивление любой i -й сигнальной точки $Z_{\text{сиг}i}$, подключенной к рассматриваемой ВЛ СЦБ, имеет вид следующей функциональной зависимости:

$$Z_{\text{сиг}i} = \begin{cases} Z_{\text{сиг}i \text{ вл}} = \text{const}, \\ Z_{\text{сиг}i \text{ зам}} = \text{var}, \end{cases} \quad (5)$$

где $Z_{\text{сиг}i \text{ вл}}$ — входное сопротивление i -й сигнальной точки при свободности i -й рельсовой цепи; $Z_{\text{сиг}i \text{ зам}}$ — входное сопротивление i -й сигнальной точки при движении поезда по i -й рельсовой цепи (ее занятости). Значительная часть полной мощности $S_{\text{сиг}i}$ потребляемой сигнальной точкой, приходится на рельсовую цепь, что в наиболее значительной степени сказывается при наличии в ней режима АЛС. Поэтому здесь имеет место неравенство $Z_{\text{сиг}i \text{ вл}} < Z_{\text{сиг}i \text{ зам}}$ и величина мощности $S_{\text{сиг}i}$ будет максимальной при шунтировании подвижным составом питающего конца i -й рельсовой цепи. При вступлении поезда на начало i -й рельсовой цепи выполняется приближенное равенство $S_{\text{сиг}i \text{ зам}} \cong S_{\text{сиг}i \text{ вл}}$ или, что равносильно, $Z_{\text{сиг}i \text{ вл}} \cong Z_{\text{сиг}i \text{ зам}}$. Таким образом, движение поездов по участку пути вызывает изменения тока, потребляемого i -й сигнальной точкой, что, в свою очередь, обусловит изменения токов в ВЛ СЦБ и тока, потребляемого от первичного источника.

Могут существовать два основных типа первичных источников электроснабжения. При электротяге это будет тяговая подстанция, а при автономной тяге могут быть самые различные источники, начиная от ЛЭП РАО ЕЭС и кончая гораздо менее надежными и в некоторых случаях некачественными промышленными или другими источниками переменного напряжения. Как у первого, так и у второго типов источников имеется объективно существующая нестабильность напряже-

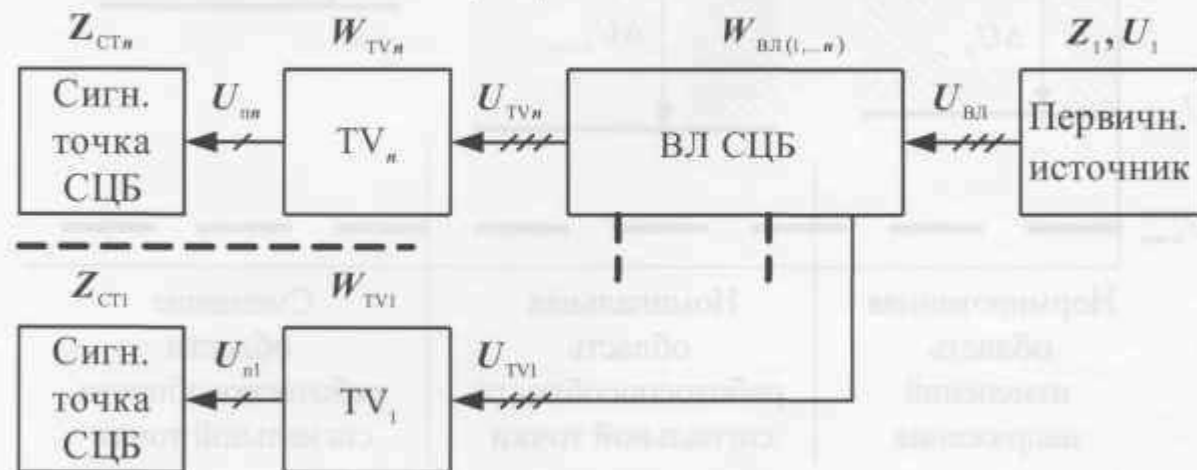


Рисунок 4 — Обобщенная структурная схема системы электроснабжения сигнальных точек СЦБ

ния $\Delta U_i = U_{i, \text{норм}} - U_{i, \text{факт}}$. Выходное напряжение первичного источника, являющееся входным для ВЛ СЦБ, выражается функцией

$$U_{\text{вл}} = f[U_1, Z_1, (Z_{\text{сцб1}}, \dots, Z_{\text{сцбn}})], \quad (6)$$

которой будет соответствовать своя нестабильность напряжения $\Delta U_{\text{вл}}$.

С функциональной точки зрения ВЛ СЦБ имеет n выходов, к которым подключены линейные трансформаторы TV_1, \dots, TV_n сигнальных точек. Если принять, что для всех сигнальных точек $Z_{\text{сцб}} = \text{const}$, то напряжение на каждом из выходов ВЛ СЦБ, равное напряжениям U_{TV_i} , будет зависеть от значений соответствующих передаточных функций $W_{\text{вл}i}$, которые определяют передачу электроэнергии от первичного источника на соответствующую i -ю сигнальную точку. Однако наличие свойства $Z_{\text{сцб}} = \text{var}$ обуславливает появление другой передаточной функции $W_{\text{вл}i}^{\text{обр}}$, которую можно условно назвать обратной передаточной функцией. В частном случае, например, она выражает влияние сопротивления $Z_{\text{сцб}}$ на все остальные сигнальные точки, кроме i -й. Это же относится и к передаточной функции W_{TV_i} , которой будет соответствовать аналогичная обратная функция $W_{TV_i}^{\text{обр}}$.

Следовательно, напряжение питания каждой из сигнальных точек может быть описано следующей функциональной зависимостью:

$$U_{\text{вл}} = f[U_1, Z_1, (Z_{\text{сцб1}}, \dots, Z_{\text{сцбn}}), W_{TV_i}, W_{TV_i}^{\text{обр}}, W_{TV_j}, W_{TV_j}^{\text{обр}}], \quad (7)$$

где комплексные передаточные функции выражают совокупность соответствующих параметров, так же как и значения $(Z_{\text{сцб1}}, \dots, Z_{\text{сцбn}})$.

Для обеспечения работоспособности сигнальных точек СЦБ необходимо, чтобы при всех дестабилизирующих воздействиях аргументов, входящих в выражение (7), выполнялось условие (1). Практика показывает, что это не всегда выполнимо, что подтверждается также данными, приведенными на графике рис. 2 и в таблице.

Наиболее радикальным средством выполнения условия (1) является реализация принципа стабилизации напряжения $U_{\text{вл}}$ непосредственно на входе каждой сигнальной точки. Первая попытка использования стабилизирующих устройств в системы электроснабжения сигнальных точек СЦБ была реализована в трансформаторных подстанциях КТПОЛ-1,25/10 (6; 27,5; 35)-0,22У1, эксплуатируемых на ряде железных дорог [7]. Там стабилизация напряжения осуществлялась путем переключения вторичной обмотки линейного трансформатора при помощи двух симисторных ключей, что позволило получить трехпозиционное дискретное регулирование выходного напряжения. Кроме того, эта подстанция выполняла ряд дополнительных функций, повышающих надежность работы системы электроснабжения.

Однако, как показал теоретический и практический анализ работы этой подстанции в существующих системах электроснабжения, трехпозиционный принцип регулирования не обеспечивает требуемой стабильности напряжения $U_{\text{вл}}$ при всех воздействиях дестабилизирующих факторов [8]. При сохранении прежнего дискретного принципа регулирования требуется увеличение количества позиций переключения, а это приводит к существенному усложнению устройства стабилизации. Кроме того, использование дискретного принципа переключения переменного напряжения вызывает определенные трудности в выполнении норм коммутационных режимов полупроводниковых приборов. Поэтому более рациональным является реализация режима стабилизации напряжения при помощи известных непрерывных методов регулирования [8]. Причем в качестве регулятора необходимо применять высокочастотные импульсные стабилизаторы напряжения, КПД которых мало зависит от диапазона изменения входного напряжения трансформаторной подстанции.

В настоящее время опытные образцы трансформаторной подстанции с непрерывным стабилизатором напряжения проходят испытания на Свердловской железной дороге.

Литература

1. Анализ состояния безопасности движения на Свердловской железной дороге в 2002 году. - Екатеринбург: ФГУП «Свердловская железная дорога», - 2003. - 116 с.
2. Анализ производственно-хозяйственной деятельности хозяйства сигнализации, централизации и блокировки за 2003 год. - Екатеринбург: филиал ОАО «РЖД» Свердловская железная дорога, 2004. - 84 с.
3. Анализ производственно-хозяйственной деятельности хозяйства сигнализации, централизации и блокировки за 2004 год. - Екатеринбург: филиал ОАО «РЖД» Свердловская железная дорога, 2005. - 97 с.
4. Герман Л. А., Калинин А.Л. Электроснабжение автоблокировки и электрической централизации. - М.: Транспорт, 1974. - 168 с.
5. Анализ систем электропитания устройств СЖАТ, элементной базы и функциональных параметров: Отчет о НИР (Этап 1) / УрГУПС - ВНИИАС. - Екатеринбург, 2001. - 78 с.
6. Набойченко И.О., Аржанников Б.А., Сергеев В.С. Электроснабжение устройств и систем автоматики, телемеханики и связи // Железнодорожный транспорт. - 2004. - № 6. - С. 48-49.
7. Аржанников В. А., Набойченко И.О., Фролов Л. А. Влок контроля и управления электропитанием сигнальной точки СЦВ// Теория и практика железнодорожных и промышленных систем и приборов автоматики, информатики и связи: Межвуз. сб. науч. тр. - Екатеринбург: УрГУПС. - 2003. - Вып. 23 (105). - С. 8-14.
8. Набойченко И.О., Аржанников В. А., Сергеев В.С. Повышение надежности электропитания сигнальных точек СЦВ // Современные информационные технологии, электронные системы и приборы железнодорожного транспорта: Сб. науч. тр. - Екатеринбург: УрГУПС. - 2005. - Вып. 36 (119). - С. 97-102.

ЭТФ изобретает...

Предложено техническое решение, которое позволяет определить свободность участка пути путем сравнения показания счетчиков осей подвижного состава на входе и на выходе участка. Отличительной особенностью изобретения является то, что сравнение оценивают с учетом начальных значений показаний счетчиков при подаче на них напряжения питания. Это позволяет повысить надежность работы устройства контроля и улучшить его помехоустойчивость.

Пат. РФ № 2106993. Способ определения свободности от подвижного состава участка пути / И.Г. Тильк, В.И. Самодуров, М.А. Кривда и др. - Публ. 1998.





СИНТЕЗ АДАПТИВНОГО ПРИЕМНИКА СИГНАЛОВ РЕЛЬСОВЫХ ЛИНИЙ ПРИ МНОГОМОДАЛЬНОМ ХАРАКТЕРЕ ФУНКЦИИ ПРАВДОПОДОБИЯ

в шунтовом режиме работы рельсовой цепи плотность распределения вероятностей помех на входе приемного устройства имеет бимодальный характер [1]. Функция правдоподобия (ФП) обнаружителя полезного сигнала, обусловленная шумовыми выбросами корреляционной функции мешающих воздействий, также является мультимодальной. Наличие двух и более максимумов ФП может приводить к неправильным решениям относительно состояния контролируемой линии и неверным оценкам информационных параметров полезного сигнала.



Игорь Васильевич Беляков, д.т.н.,
начальник отдела перспективных
разработок ОАО «ЭЛТЕЗА» (Москва)

Таким образом, специфические особенности статистических характеристик мешающих воздействий в нестандартных каналах систем контроля состояний рельсовых линий (КРЛ) приводят к необходимости конкретизации метода совместного обнаружения и оценивания применительно к реальным условиям функционирования рельсовых цепей.

Рассмотрим задачу синтеза квазиоптимальных алгоритмов обработки сигналов на фоне негауссовских помех в условиях многомодального характера функции правдоподобия. Предположим, что на вход приемного устройства в дискретные моменты времени t_k поступают выборки аддитивной смеси сигнала $S(\Theta_k, t_k)$ и негауссовской помехи $n(t_k)$

$$y_k = \Theta_k S(\Theta_k, t_k) + n(t_k), \quad (1)$$

где $t_k = T_0 h$, T_0 – интервал временной дискретизации; Θ_k – случайная величина, принимающая два значения: $\Theta = 1$ – нормальный режим работы системы КРЛ; $\Theta_k = \beta$ – шунтовой или контрольный режим ($0 \leq \beta < 1$).

Последовательности $\{\Theta_k\}$ и $\{n_k\}$ являются марковскими и задаются своими начальными $W_0(\Theta)$, $W_{00}(n)$ и условными плотностями распределения вероятностей $W(\Theta_{k+1} | \Theta_k)$ и $W(n_{k+1} | n_k)$.

Синтез квазиоптимальных алгоритмов демодуляции в гауссовском приближении при негауссовском

характере информационного процесса и помех рассмотрен в работе [2]. Распространим полученные там результаты на случай, когда функция правдоподобия может быть представлена в виде суммы парциальных составляющих,

$$W_n(n_{k+1} | n_k) = \sum_{i=1}^M p_{ik+1} W_i$$

$$[y_{k+1} - S(\Theta_{k+1}, t_{k+1}) y_k - S(\Theta_k, t_k)].$$

где p_{ik+1} – апостериорные вероятности нахождения информационного параметра Θ_k в i -м интервале разбиения области определения сообщения $M_i \{ \Theta_k, h = \overline{1, H} \}$; M – число интервалов разбиения; $\sum_{i=1}^M p_{ik+1} = 1$.

Величина элементарного отрезка разбиения $\Delta\Theta$ определяется интервалом корреляции помех. Этим условием гарантируется, что в каждом $\Delta\Theta$ будет возникать не более одного шумового выброса функции правдоподобия.

Следуя результатам работы [3], алгоритм фильтрации информационного параметра в условиях воздействия негауссовских коррелированных помех при многомодальном характере функции правдоподобия может быть записан следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} \hat{\Theta}_{h+1} &= \hat{\Theta}_{zh+1} = \sum_{i=1}^M p_{ih+1} \cdot \hat{\sigma}_{zh+1}^2 \cdot B'_{i\Theta} (n_{h+1} | n_h)_{\Theta_{h+1} = \hat{\Theta}_{zh+1}} \\ \hat{\sigma}_{zh+1}^2 &= \hat{\sigma}_{zh+1}^2 + \hat{\sigma}_{zh}^4 \times \frac{dB'_{i\Theta} (n_{h+1} | n_h)}{d\Theta_{h+1}} \\ \hat{\Theta}_{zh+1} &= \sum_{i=1}^M p_{ih+1} \cdot \hat{\Theta}_{zh+1} \\ \hat{\sigma}_{zh+1}^2 &= \sum_{i=1}^M p_{ih+1} \cdot \hat{\sigma}_{zh+1}^2 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где $\hat{\Theta}_{zh+1}$, $\hat{\sigma}_{zh+1}^2$, $\hat{\sigma}_{zh}^2$ – суммарные экстраполированные оценка и дисперсия апостериорной погрешности фильтрации; $B_{i\Theta} (n_{h+1} | n_h)$ – логарифм функции правдоподобия; $B'_{i\Theta} (n_{h+1} | n_h)$ – производная логарифма функции правдоподобия по параметру Θ на i -м интервале разбиения;

$$B'_{i\Theta} (n_{h+1} | n_h) = \frac{B_{i\Theta} (n_{h+1} | n_h)}{d\Theta_{h+1}} = S'_{\Theta} (\Theta_{h+1}, t_{h+1}) \cdot Z_{ih+1} (n_{h+1}, n_h) + S'_{\Theta} (\Theta_{h+1}, t_{h+1}) \cdot Z_{ih} (n_{h+1}, n_h)$$

$$S_{\Theta} (\Theta_{h+1}, t_{h+1}) = \frac{dS_{\Theta} (\Theta_{h+1}, t_{h+1})}{d\Theta_{h+1}}; \quad Z_{ik} (n_{h+1}, n_h) = -\frac{d \ln W_{i\Theta} (n_{h+1} | n_h)}{dn_h}; \quad k = h, h+1;$$

$Z_{ik} (n_{h+1}, n_h)$ – характеристика нелинейного преобразования для i -го отрезка аппроксимации функции правдоподобия.

Правило формирования весовых коэффициентов p_{ih+1} , определяющих вероятность попадания в i -й интервал на $(h+1)$ -м, описывается следующим выражением [3]:

$$p_{ih+1} = \frac{\sum_{j=1}^M \int_{\Theta_j}^{\Theta_{j+1}} \int_{\Theta_i}^{\Theta_{i+1}} W_{i\Theta} [y_{h+1} - S(\Theta_{h+1}, t_{h+1})] y_h - S(\Theta_h, t_h) W(\Theta_{h+1} | \Theta_h) W(\Theta_h) d\Theta_{h+1} d\Theta_h}{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M \int_{\Theta_j}^{\Theta_{j+1}} \int_{\Theta_i}^{\Theta_{i+1}} W_{i\Theta} [y_{h+1} - S(\Theta_{h+1}, t_{h+1})] y_h - S(\Theta_h, t_h) W(\Theta_{h+1} | \Theta_h) W(\Theta_h) d\Theta_{h+1} d\Theta_h} \quad (3)$$

В начальные моменты времени при $t_0 = 0$ и $t_1 = T_0$ вероятность p_{i0} определяется следующим образом:

$$p_{i0} = \frac{\sum_{j=1}^M \int_{\Theta_j}^{\Theta_{j+1}} \int_{\Theta_i}^{\Theta_{i+1}} W_{i\Theta} [y_1 - S(\Theta_1, t_1)] y_0 - S(\Theta_0, t_0) W(\Theta_1 | \Theta_0) W_0(\Theta_0) d\Theta_1 d\Theta_0}{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M \int_{\Theta_j}^{\Theta_{j+1}} \int_{\Theta_i}^{\Theta_{i+1}} W_{i\Theta} [y_1 - S(\Theta_1, t_1)] y_0 - S(\Theta_0, t_0) W(\Theta_1 | \Theta_0) W_0(\Theta_0) d\Theta_1 d\Theta_0}$$

Соотношения (2) – (3) определяют квазиоптимальный алгоритм совместного обнаружения и оценивания сигнала при наблюдении его в аддитивной смеси с негауссовской помехой при многомодальном характере функции правдоподобия и квадратичной функции потерь.

Структурная схема такого демодулятора, синтезированного по критерию минимума среднего квадрата ошибки, содержит M каналов обработки, соответствующих числу интервалов разбиения области определения Θ . На выходе каждого канала формируются парциальные оценки полезного сигнала $\hat{\Theta}_{ik+1}$, апостериорной дисперсии $\hat{\sigma}_{ik+1}^2$ и весовые коэффициенты p_{ik+1} . Искомая оценка $\hat{\Theta}_{k+1}$ образуется на выходе сумматора.

Для случая помех с независимыми значениями выражения для апостериорной вероятности в произвольный $(h+1)$ -й и начальный при $t_0 = 0$ моменты времени находятся как:



$$P_{ih+1} = \frac{\int_{\Theta_i}^{\Theta_{i+1}} W_{ni} [y_{h+1} - S(\Theta_{h+1}, t_{h+1})] \cdot W(\Theta_{h+1}) d\Theta_{h+1}}{\sum_{i=1}^M \int_{\Theta_i}^{\Theta_{i+1}} W_{ni} [y_{h+1} - S(\Theta_{h+1}, t_{h+1})] \cdot W(\Theta_{h+1}) d\Theta_{h+1}};$$

$$P_{i0} = \frac{\int_{\Theta_i}^{\Theta_{i+1}} W_{n0} [y_0 - S(\Theta_0, t_0)] \cdot W(\Theta_0) d\Theta_0}{\sum_{i=1}^M \int_{\Theta_i}^{\Theta_{i+1}} W_{n0} [y_0 - S(\Theta_0, t_0)] \cdot W(\Theta_0) d\Theta_0}.$$

В качестве примера рассмотрим задачу фильтрации полезного сигнала КРЛ на фоне негауссовских коррелированных помех. Пусть информационное сообщение является гауссовским случайным процессом с условной плотностью распределения вероятностей вида:

$$W(\Theta_{h+1}|\Theta_h) = \frac{1}{\sqrt{2\pi(1-r_c^2)\sigma_\Theta^2}} \exp\left\{-\frac{(\Theta_{h+1} - r_c \cdot \Theta_h)^2}{2(1-r_c^2)\sigma_\Theta^2}\right\},$$

где r_c , σ_Θ^2 — коэффициент корреляции и дисперсия сообщения.

Помеха $n(t)$ имеет бимодальное распределение, для которого условная плотность распределения вероятностей записывается следующим образом [1]:

$$W(n_{h+1}|n_h) = \frac{1}{\sqrt{2\pi(1-r_n^2)\sigma_n^2}} \exp\left\{-\frac{(n_{h+1} - r_n \cdot n_h)^2}{2(1-r_n^2)\sigma_n^2}\right\} \exp\left\{-\frac{a^2}{2\sigma_n^2} \cdot \frac{1-2 \cdot r_n \cos \gamma}{2(1-r_n^2)}\right\} \times \frac{A}{C},$$

$$\text{где } C = \sum_{k=0}^{\infty} \varepsilon_k (-1)^k \cdot I_k\left(\frac{a^2}{2\sigma_n^2}\right) \cdot I_{2k}\left(\frac{a \cdot n_h}{\sigma_n^2}\right);$$

$$A = \sum_{k=0}^{\infty} \varepsilon_k (-1)^k I_k\left(\frac{a^2}{2\sigma_n^2} \cdot \frac{1-r_n \cos \gamma}{1-r_n^2}\right) \cdot I_{2k}\left[\frac{a}{\sigma_n} \cdot \sqrt{\left(\frac{n_{h+1}-n_h}{1-r_n} \cdot \sin \frac{\gamma}{2}\right)^2 + \left(\frac{n_{h+1}-n_h}{1+r_n} \cdot \cos \frac{\gamma}{2}\right)^2}\right] \times$$

$$\times \cos\left\{2k \cdot \arctg\left[\frac{n_{h+1}-n_h}{n_{h+1}+n_h} \cdot \frac{1+r_n}{1-r_n} \cdot \tg \frac{\gamma}{2}\right]\right\};$$

I_k — модифицированная функция Бесселя k -го порядка; a — амплитуда гармонической составляющей помехи; $\varepsilon_k = 1$ при $k = 0$, $\varepsilon_k = 2$ при $k > 0$, $\gamma = \omega_0 \tau$; r_n , σ_n^2 — коэффициент корреляции и дисперсия помех.

Определим экстраполированную оценку сообщения Θ_{h+1} из условия равенства нулю производной логарифма условной ПРВ информационного процесса

$$\frac{\partial}{\partial \Theta_{h+1}} \ln W(\Theta_{h+1}|\Theta_h) \Big|_{\Theta_{h+1}=\hat{\Theta}_{h+1}} = \frac{\hat{\Theta}_{h+1} - r_c \cdot \Theta_h}{(1-r_c^2)\sigma_\Theta^2} = 0,$$

откуда имеем $\hat{\Theta}_{n+1} = r_n \cdot \hat{\Theta}_n$.

В качестве модели сигнала, используемого в системах контроля состояний рельсовых линий, рассмотрим следующее выражение:

$$S(\Theta, t) = m \cdot \Theta \sin(\omega_0 t)$$

где m – индекс амплитудной модуляции.

Производная модели сигнала по параметру Θ на произвольном $(h+1)$ -м шаге равна

$$S'_{\Theta} = m \cdot \sin(\omega_0 t_{h+1})$$

Определим структуру блоков нелинейных преобразований:

$$Z(n_{h+1}) = -\frac{\partial}{\partial n_{h+1}} \ln W_n(n_{h+1}|n_h) \Big|_{\Theta_{h+1} = \hat{\Theta}_{h+1}} = \frac{n_{h+1} - r_n \cdot n_h}{(1 - r_n^2) \sigma_n^2} - \frac{A'}{A},$$

$$\text{где } A'_{n_{h+1}} = \sum_{k=0}^{\infty} \varepsilon_k (-1)^k I_k \left(\frac{a^2}{2\sigma_n^2} \cdot \frac{1 - r_n \cos \gamma}{1 - r_n^2} \right) \times \left\{ \frac{\cos \beta}{2} [I_{2k-1}(\alpha) + I_{2k+1}(\alpha)] \alpha' - \beta' \cdot I_{2k}(\alpha) \cdot \sin \beta \right\};$$

$$\alpha = \frac{a}{\sigma_n^2} \sqrt{\left(\frac{n_{h+1} - n_h}{1 - r_n} \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \right)^2 + \left(\frac{n_{h+1} - n_h}{1 + r_n} \cdot \cos \frac{\gamma}{2} \right)^2}; \quad \beta = 2k \cdot \arctg \left(\frac{n_{h+1} - n_h}{n_{h+1} + n_h} \times \frac{1 + r_n}{1 - r_n} \times \tg \frac{\gamma}{2} \right);$$

$$\alpha'_{n_{h+1}} = \frac{a}{\sigma_n} \frac{\left[\frac{n_{h+1} - n_h}{(1 - r_n)^2} \cdot \sin^2 \frac{\gamma}{2} + \frac{n_{h+1} - n_h}{(1 + r_n)^2} \cdot \cos^2 \frac{\gamma}{2} \right]}{\sqrt{\left(\frac{n_{h+1} - n_h}{(1 - r_n)^2} \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \right)^2 + \left(\frac{n_{h+1} - n_h}{(1 + r_n)^2} \cdot \cos \frac{\gamma}{2} \right)^2}};$$

$$\beta'_{n_{h+1}} = \frac{2k}{1 + \left(\frac{n_{h+1} - n_h}{n_{h+1} + n_h} \times \frac{1 + r_n}{1 - r_n} \times \tg \frac{\gamma}{2} \right)^2} \times \frac{2n_h}{(n_{h+1} + n_h)^2} \times \frac{1 + r_n}{1 - r_n} \times \tg \frac{\gamma}{2};$$

$$n_{h+1} = y_{h+1} - m \cdot \hat{\Theta}_{n+1} \sin(\omega_0 t_{h+1})$$

Выражение для логарифмической производной функции правдоподобия запишем следующим образом:

$$B'_{\Theta}(n_{h+1}) = -m \cdot \sin(\omega_0 t_{h+1}) \times \left\{ \frac{y_{h+1} - m \cdot \hat{\Theta}_{n+1} \cdot \sin(\omega_0 t_{h+1}) - r_n \cdot n_h}{\sigma_n^2 (1 - r_n)} - \frac{A'}{A} \right\}.$$

Аналогично получим выражение для второй производной

$$B''_{\Theta}(n_{h+1}) = -\frac{\partial^2}{\partial \Theta_{h+1}^2} \ln W_n(n_{h+1}|n_h) = -\frac{m^2 \cdot \sin^2(\omega_0 t_{h+1})}{\sigma_n^2 (1 - r_n)} + \frac{A'' \cdot A - (A')^2}{A^2},$$

где

$$\begin{aligned}
 A'' = & \sum_{k=0}^{\infty} \varepsilon_k (-1)^k I_k \left(\frac{a^2}{2\sigma_n^2}, \frac{1-r_n \cos \gamma}{1-r_n^2} \right) \times \left\{ (\alpha')^2 \left[\frac{I_{2k-2}(\alpha) + I_{2k+2}(\alpha)}{2} + I_{2k}(\alpha) \right] \cos \beta - \right. \\
 & - \alpha \beta' \cdot [I_{2k-1}(\alpha) + I_{2k+1}(\alpha)] \sin \beta - \beta'' \cdot I_{2k}(\alpha) \sin \beta - (\beta')^2 \cdot I_{2k}(\alpha) \cos \beta + \\
 & \left. + \alpha'' \cdot [I_{2k-1}(\alpha) + I_{2k+1}(\alpha)] \cos \beta - \frac{\alpha \beta'}{2} [I_{2k-1}(\alpha) + I_{2k+1}(\alpha)] \sin \beta \right\}; \\
 \alpha'' = & \frac{a}{\sigma_n} \times \frac{\left(\frac{\sin^2 \frac{\gamma}{2}}{(1-r_n)^2} + \frac{\cos^2 \frac{\gamma}{2}}{(1+r_n)^2} \right) \sqrt{\left(\frac{n_{h+1}-n_h}{1-r_n} \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \right)^2 + \left(\frac{n_{h+1}-n_h}{1+r_n} \cdot \cos \frac{\gamma}{2} \right)^2} - \rightarrow}{\left(\frac{n_{h+1}-n_h}{1-r_n} \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \right)^2 + \rightarrow} \\
 \rightarrow & \frac{\left(\frac{n_{h+1}-n_h}{(1-r_n)^2} \sin^2 \frac{\gamma}{2} + \frac{n_{h+1}-n_h}{(1+r_n)^2} \sin \frac{\gamma}{2} \right) \cdot \left[\sqrt{\left(\frac{n_{h+1}-n_h}{1-r_n} \sin \frac{\gamma}{2} \right)^2 + \left(\frac{n_{h+1}-n_h}{1+r_n} \cos \frac{\gamma}{2} \right)^2} \right]^{\frac{1}{2}}}{\rightarrow + \left(\frac{n_{h+1}-n_h}{1+r_n} \cdot \cos \frac{\gamma}{2} \right)^2} \\
 \beta'' = & \frac{2k \cdot n_{h+1} \cdot \frac{1+r_n}{1-r_n} \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} \left[n_{h+1} + n_h + (n_{h+1} - n_h) \cdot \frac{1+r_n}{1-r_n} \cdot \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} \right]}{\left[(n_{h+1} + n_h)^2 + (n_{h+1} - n_h)^2 \cdot \left(\frac{1+r_n}{1-r_n} \cdot \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}}.
 \end{aligned}$$

Подставив выражения для логарифмических производных в систему уравнений (2), получим алгоритм фильтрации информационного процесса при многомодальном характере функции правдоподобия.

Обнаружитель, построенный по методу кумулятивных сумм [4] и выражения (2), представляет собой адаптивный приемник, рассчитанный на работу в условиях воздействия негауссовских коррелированных помех с бимодальным распределением и априорной неопределенности относительно амплитуды полезного сигнала.

Литература

1. Беляков И. В. Анализ электромагнитных помех в рельсовых линиях от тягового электропривода с зонно-фазовым регулированием // Изв. вузов. Электромеханика. - 1991. - № 12. - С. 69-72.
2. Новоселов О.Н., Фомин А.Ф. Основы теории и расчета информационно-измерительных систем. - М.: Машиностроение, 1991. - 336 с.
3. Ярлыков М.С. Применение марковской теории нелинейной фильтрации в радиотехнике. - М.: Сов. радио, 1980.-360 с.
4. Шелухин О.И., Беляков И.В. Негауссовские процессы. - СПб.: Политехника, 1992. - 312 с.

МОДЕЛИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДВУХУРОВНЕВОЙ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ



Ефим Наумович Розенберг,
%. т. н., первый заместитель
директора ВНИИУП МПС



Игорь Борисович Шубинский,
Д.Т.Н., профессор, директор
отделения информационной
безопасности ВНИИУП МПС

Исследуется двухуровневая система управления и обеспечения безопасности движения поездов. Она состоит из двух небезопасных систем железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) и безопасного устройства управления ими. Под небезопасной СЖАТ понимается система, вероятность (интенсивность) опасного отказа которой ниже требований четвертого уровня полноты безопасности согласно стандарту EN 50129. Под опасным отказом понимается событие, при котором СЖАТ

не находится ни в работоспособном, ни в защитном состоянии. В частности, состояние необнаруженного отказа является опасным. Безопасным считается устройство, отвечающее требованиям четвертого уровня полноты согласно EN 50129.

В каждой исследуемой СЖАТ (или в устройстве управления) содержится определенным образом организованная подсистема контроля и обнаружения опасных отказов. Это может быть либо встроенная аппаратная подсистема, либо программная, либо аппаратно-программная, либо подсистема внешнего функционального контроля, либо комбинированная подсистема, построенная с применением перечисленных методов и средств контроля. Полнота охвата контролем, непрерывность, достоверность контроля, оперативность принятия решения об обнаружении опасного отказа устройства (системы) могут оцениваться частными количественными показателями. В данном исследовании используется комплексный показатель эффективности контроля и обнаружения опасного отказа – вероятность правильного обнаружения опасных отказов, который имеет разное значение для каждой из СЖАТ (α_1 и α_2 соответственно) и для устройства управления (α_0). События необнаружения опасных отказов наступают в исследуемой системе с вероятностями $\bar{\alpha}_1 = 1 - \alpha_1$, $\bar{\alpha}_2 = 1 - \alpha_2$, $\bar{\alpha}_0 = 1 - \alpha_0$.

Рассматриваются две исходные стратегии обеспечения функциональной безопасности многоуровневой системы.

Стратегия 1. При обнаружении отказа одной из двух небезопасных СЖАТ двухуровневая система продолжает функционировать, опираясь на результаты работы исправной СЖАТ.

Опасные отказы любой из двух составных небезопасных СЖАТ трансформируются на уровне двухуровневой системы (ДС) в неопасные отказы. К опасным отказам ДС могут привести следующие события: необнаруженный отказ устройства управления; необнаруженные отказы (опасные отказы) двух составных СЖАТ; обнаруженный отказ одной СЖАТ и необнаруженный отказ другой системы.

Стратегия 2. Принятие решения о наличии необнаруженного отказа одной составной СЖАТ в условиях стратегии 1.

В ДС появилась новая возможность значительного повышения эффективности контроля и обнаружения опасных отказов в составных СЖАТ. Она состоит в том, что, во-первых, несколько раз в устройстве управления сравниваются результаты работы двух разных составных СЖАТ и, во-вторых, что особенно эффективно, запоминаются, анализируются, коррелируются с указаниями составных СЖАТ логические последовательности смены состояний напольного оборудования

автоматики и телемеханики. Все это позволяет устройству управления в течение среднего времени $\bar{t}_0 = 1/\gamma$ (γ – интенсивность принятия решения) принимать достоверные решения о наличии необнаруженного штатными средствами контроля отказа составной СЖАТ.

МОДЕЛИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДВУХУРОВНЕВОЙ СИСТЕМЫ, ПОСТРОЕННОЙ ПО СТРАТЕГИИ 1

Потоки опасных отказов двух систем ЖАТ и устройства управления ими являются простейшими с интенсивностями $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_0$ соответственно. Это предположение базируется на том, что поток опасных отказов представляет собой многократно разреженный поток отказов элементов исследуемого устройства или системы. В соответствии с теорией редующих потоков многократное разрежение исходного произвольного потока приводит к простейшему потоку [1].

Потоки восстановлений отказов СЖАТ в рассматриваемой системе также простейшие с одинаковой интенсивностью μ . Эта предпосылка основывается на том, что, во-первых, имеет место незначительный разброс интенсивностей восстановления отказов в современных СЖАТ, во-вторых, как показали предварительные исследования, отклонения интенсивностей восстановления отказов составных систем практически не оказывают влияния на результирующую интенсивность опасных отказов двухуровневой системы.

Для выбора наиболее эффективной из указанных выше стратегий можно ограничиться следующими показателями функциональной безопасности: средняя наработка ДС до опасного отказа, средняя наработка ДС до защитного отказа, среднеквадратичные отклонения наработки ДС до опасного и защитного отказов соответственно.

На рис. 1 приведена графовая модель исследования ДС с двумя небезопасными СЖАТ и системой управления.

Для нее состояния системы соответствуют:

- 0 – все три системы работают без опасных отказов;
- 1 – отказ в первой СЖАТ с интенсивностью λ_1 , обнаруженный с вероятностью α_1 (интенсивность перехода $0 \rightarrow 1$ $\alpha_1 \lambda_1$);
- 2 – опасный отказ системы за счет необнаруженного отказа первой СЖАТ, отказ не обнаружен с вероятностью $1 - \alpha_1 = \bar{\alpha}_1$;
- 3 – отказ в системе управления ДС с интенсивностью λ_0 , обнаруженный с вероятностью α_0 – защитный отказ системы;
- 4 – опасный отказ ДС за счет необнаруженного отказа второй СЖАТ;
- 5 – отказ во второй СЖАТ с интенсивностью λ_2 , обнаруженный с вероятностью α_2 ;
- 6 – возникли обнаруженные отказы двух СЖАТ – защитный отказ ДС;
- 7 – опасный отказ ДС в результате отказа системы управления с интенсивностью λ_0 , отказ не обнаружен с вероятностью $1 - \alpha_0 = \bar{\alpha}_0$;

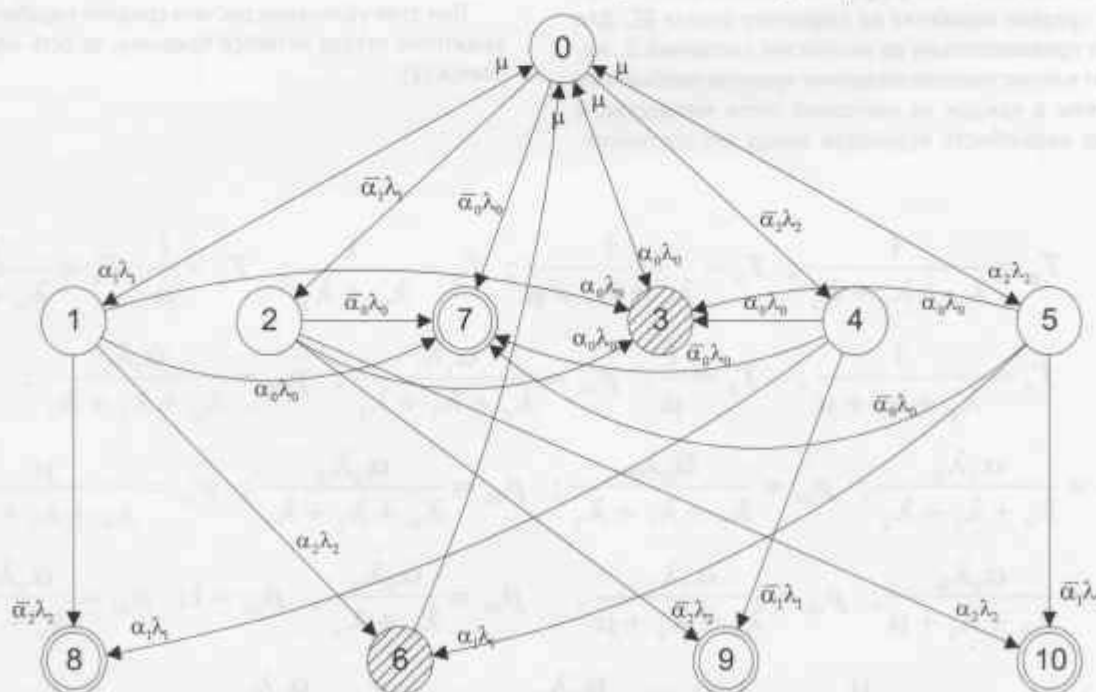


Рисунок 1 — Графовая модель исследования функциональной безопасности двухуровневой системы

8 – опасный отказ ДС – отказали обе СЖАТ, обнаружен отказ первой СЖАТ и не обнаружен отказ второй СЖАТ;

9 – опасный отказ ДС – возникли необнаруженные отказы двух СЖАТ;

10 – опасный отказ ДС – отказали обе СЖАТ, обнаружен отказ второй СЖАТ и не обнаружен опасный отказ первой СЖАТ.

Критерии защитных отказов

Обнаружен отказ системы управления либо отказ в любой одной СЖАТ, и обнаружен отказ в системе управления (состояние 3), либо возникли и обнаружены отказы в обеих СЖАТ при исправной системе управления (состояние 6). Состояния 3 и 6 защитных отказов на рис.1 заштрихованы.

Критерии опасных отказов двухуровневой системы

Не обнаружен отказ в системе управления либо опасный отказ в любой одной СЖАТ, и не обнаружен отказ в системе управления (состояние 7), либо при исправной системе управления возникли опасные отказы в обеих СЖАТ, причем оба отказа не обнаружены (состояние 9) или обнаружен только один из двух отказов (состояния 8 и 10).

Таким образом, множество неопасных состояний в системе $S_n = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$, множество защитных состояний $S_z = \{3, 6\}$, множество опасных состояний $S_o = \{7, 8, 9, 10\}$.

Руководствуясь разработанным графовым методом и алгоритмом его реализации [2], определяются выбранные показатели функциональной безопасности и средняя наработка до защитного отказа ДС. Для этого предварительно во множестве состояний S_n находят математические ожидания времени пребывания системы в каждом из состояний этого множества, а также вероятности переходов между его состояниями:

$$\begin{aligned} T_0 &= \frac{1}{\lambda_0 + \lambda_1 + \lambda_2}; \quad T_1 = \frac{1}{\lambda_0 + \lambda_2 + \mu}; \quad T_2 = \frac{1}{\lambda_0 + \lambda_2}; \quad T_3 = \frac{1}{\mu}; \quad T_4 = \frac{1}{\lambda_0 + \lambda_1}; \\ T_5 &= \frac{1}{\lambda_0 + \lambda_1 + \mu}; \quad T_6 = \frac{1}{\mu}; \quad p_{01} = \frac{\alpha_1 \lambda_1}{\lambda_0 + \lambda_1 + \lambda_2}; \quad p_{02} = \frac{\bar{\alpha}_1 \lambda_1}{\lambda_0 + \lambda_1 + \lambda_2}; \\ p_{03} &= \frac{\alpha_0 \lambda_0}{\lambda_0 + \lambda_1 + \lambda_2}; \quad p_{04} = \frac{\bar{\alpha}_2 \lambda_2}{\lambda_0 + \lambda_1 + \lambda_2}; \quad p_{05} = \frac{\alpha_2 \lambda_2}{\lambda_0 + \lambda_1 + \lambda_2}; \quad p_{10} = \frac{\mu}{\lambda_0 + \lambda_1 + \lambda_2}; \\ p_{13} &= \frac{\alpha_0 \lambda_0}{\lambda_0 + \lambda_1 + \mu}; \quad p_{16} = \frac{\alpha_2 \lambda_2}{\lambda_0 + \lambda_2 + \mu}; \quad p_{23} = \frac{\alpha_0 \lambda_0}{\lambda_0 + \lambda_2}; \quad p_{30} = 1; \quad p_{43} = \frac{\alpha_0 \lambda_0}{\lambda_0 + \lambda_1}; \\ p_{50} &= \frac{\mu}{\lambda_0 + \lambda_1 + \mu}; \quad p_{52} = \frac{\alpha_0 \lambda_0}{\lambda_0 + \lambda_1 + \mu}; \quad p_{56} = \frac{\alpha_1 \lambda_1}{\lambda_0 + \lambda_1 + \mu}; \quad p_{60} = 1. \end{aligned}$$

Затем находят аналитические выражения показателей функциональной безопасности ДС:

$$T_{оп} = \frac{T_0 + p_{01}T_1 + p_{02}T_2 + p_{04}T_4 + p_{05}T_5 + (p_{03} + p_{01}p_{13} + 1 - (p_{01}p_{10} + p_{05}p_{50} + p_{03} + p_{01}p_{13} + p_{02}p_{23} + p_{02}p_{23} + p_{04}p_{43} + p_{05}p_{53})T_3 + p_{01}p_{16}T_6}{+ p_{04}p_{43} + p_{05}p_{53} + p_{01}p_{16} + p_{05}p_{56})} \quad (1)$$

Средняя наработка до защитного отказа определяется во множестве состояний $S_z = \{0, 1, 2, 4, 5\}$ из следующего выражения:

$$T_z = \frac{T_6 + p_{01}T_1 + p_{02}T_2 + p_{04}T_4 + p_{05}T_5}{1 - p_{01}p_{10} - p_{05}p_{50}} \quad (2)$$

Анализ влияния составных параметров графовой модели рис. 1 показывает, что связи между вершинами 1-3, 2-3, 4-3 и 5-3 практически не оказывают влияния на результаты исследования. Это обстоятельство позволяет упростить граф состояний (рис. 2) и получить обобщенное выражение для определения средней наработки до опасного отказа ДС построенной по стратегии 1.

$$T_{оп} = \frac{T_0 + p_{01}T_1 + p_{02}T_2 + p_{04}T_4 + p_{05}T_5 + p_{03}T_3 + p_{01}p_{16}T_6}{1 - (p_{01}p_{10} + p_{05}p_{50} + p_{01}p_{16})} \quad (3)$$

При этом уравнение расчета средней наработки до защитного отказа остается прежним, то есть определяется (2).

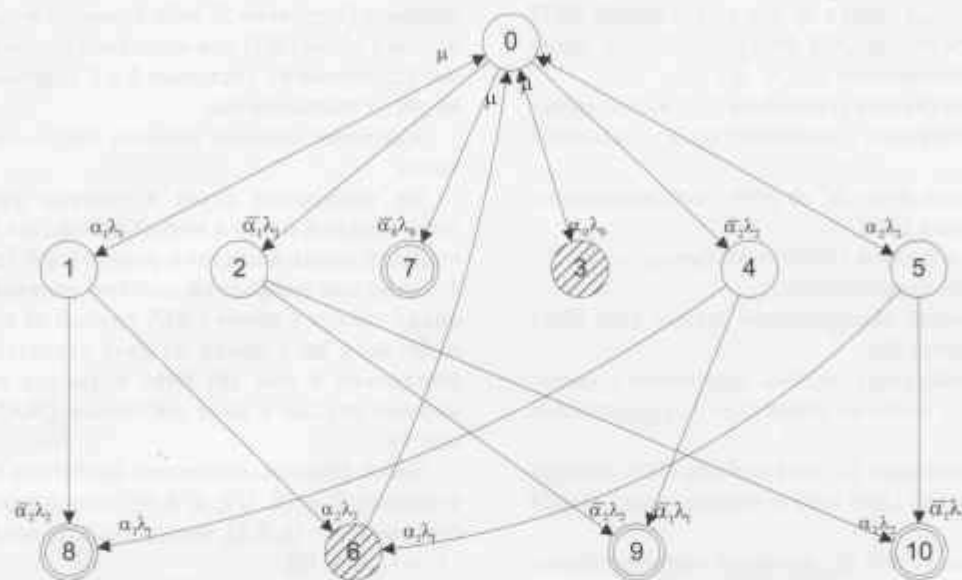


Рисунок 2 — Упрощенный граф состояний

МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДВУХУРОВНЕВОЙ СИСТЕМЫ, ПОСТРОЕННОЙ ПО СТРАТЕГИИ 2

На рис. 3 приведена графовая модель исследования ДС с двумя небезопасными СЖАТ и системой управления, в которой устройство управления в условиях стратегии 1 в течение среднего времени $t_p = 1/\gamma$ принимает достоверные решения о наличии отказа

составной СЖАТ, не обнаруженного штатными средствами контроля. Состояния ДС соответствуют:

0 — все три системы работают без опасных отказов;

1 — отказ в первой СЖАТ с интенсивностью λ_1 . Он обнаружен с вероятностью α_1 штатными средствами (интенсивность перехода 0-1 $\alpha_1\lambda_1$) или с интенсивностью γ на уровне ДС в случае пропуска этого отказа штатными средствами первой СЖАТ;

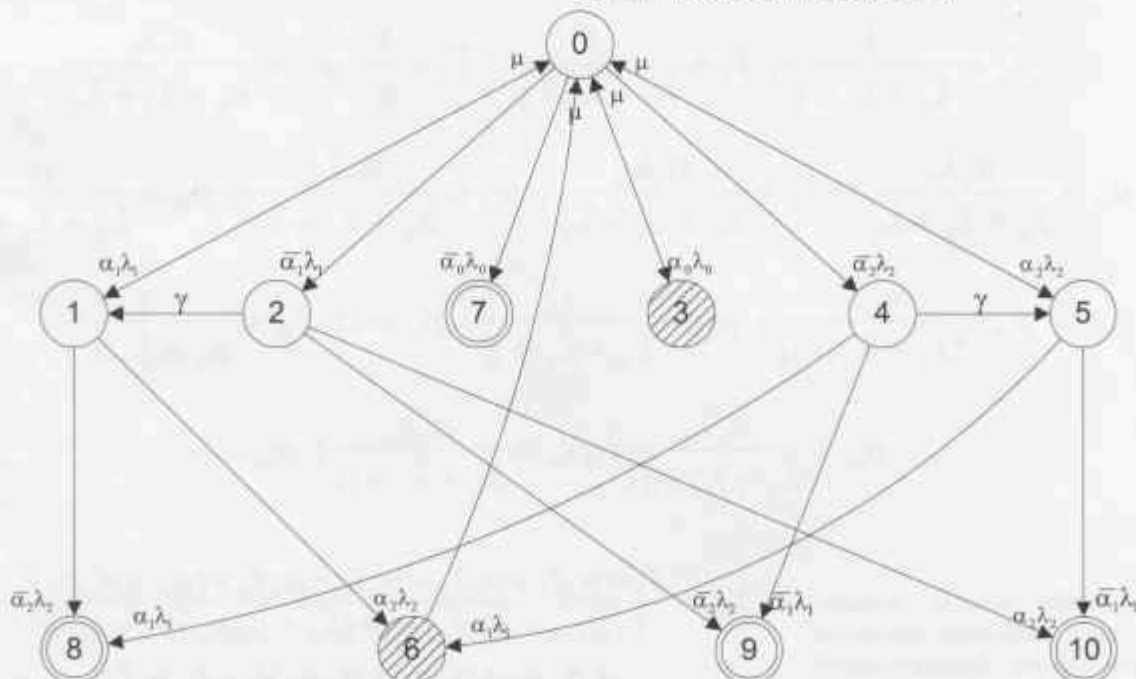


Рисунок 3 — Графовая модель исследования функциональной безопасности ДС, построенной по стратегии 2

2 – неопасный отказ в ДС при отказе первой СЖАТ и исправности второй СЖАТ. Отказ первой СЖАТ не обнаружен с вероятностью $1 - \alpha_1 = \bar{\alpha}_1$;

3 – отказ в системе управления ДС с интенсивностью λ_0 . Он обнаружен с вероятностью α_0 – защитный отказ;

4 – опасный отказ ДС за счет необнаруженного отказа во второй СЖАТ;

5 – отказ во второй СЖАТ с интенсивностью λ_2 . Отказ обнаружен с вероятностью α_2 ;

6 – возникли обнаруженные отказы двух СЖАТ – защитный отказ ДС;

7 – опасный отказ системы управления с интенсивностью λ_0 . Отказ не обнаружен с вероятностью $1 - \alpha_0 = \bar{\alpha}_0$;

8 – опасный отказ ДС: отказали обе СЖАТ, обнаружен отказ первой СЖАТ и не обнаружен отказ второй СЖАТ;

9 – опасный отказ ДС: возникли необнаруженные отказы двух СЖАТ;

10 – опасный отказ ДС: отказали обе СЖАТ; обнаружен отказ второй СЖАТ и не обнаружен отказ первой СЖАТ.

Критерии защитных отказов

Обнаружен отказ системы управления либо отказ в любой одной СЖАТ, и обнаружен отказ в системе уп-

равления (состояние 3), либо возникли и обнаружены отказы в обеих СЖАТ при исправной системе управления (состояние 6). Состояния 3 и 6 защитных отказов на рис. 3 заштрихованы.

Критерии опасных отказов двухуровневой системы

Не обнаружен отказ в системе управления либо опасный отказ в любой одной СЖАТ, и не обнаружен отказ в системе управления (состояние 7), либо при исправной системе управления возникли отказы в обеих СЖАТ, причем не обнаружен отказ хотя бы в одной из двух отказавших СЖАТ (состояния 8 или 10) либо возникли необнаруженные отказы в двух составных СЖАТ (состояние 9).

Таким образом, множество неопасных состояний в системе $S_H = \{0, 1, 2, 3, 4, 5\}$, множество защитных состояний $S_Z = \{1, 3, 6\}$, множество опасных состояний $S_H = \{7, 8, 9, 10\}$.

Руководствуясь графовым методом и алгоритмом его реализации, определяют выбранные показатели функциональной безопасности. Для этого предварительно во множестве состояний S_H находят математические ожидания времени пребывания системы в каждом из состояний этого графа:

$$\begin{aligned} T_0 &= \frac{1}{\lambda_0 + \lambda_1 + \lambda_2}; \quad T_1 = \frac{1}{\lambda_0 + \lambda_2 + \mu}; \quad T_2 = \frac{1}{\lambda_0 + \lambda_2 + \gamma}; \quad T_3 = \frac{1}{\mu}; \\ T_4 &= \frac{1}{\lambda_0 + \lambda_1 + \gamma}; \quad T_5 = \frac{1}{\lambda_0 + \lambda_1 + \mu}; \quad T_6 = \frac{1}{\mu}; \quad p_{01} = \frac{\alpha_1 \lambda_1}{\lambda_0 + \lambda_1 + \lambda_2}; \\ p_{03} &= \frac{\alpha_0 \lambda_0}{\lambda_0 + \lambda_1 + \lambda_2}; \quad p_{04} = \frac{\bar{\alpha}_3 \lambda_0}{\lambda_0 + \lambda_1 + \lambda_2}; \quad p_{05} = \frac{\alpha_2 \lambda_2}{\lambda_0 + \lambda_1 + \lambda_2}; \quad p_{10} = \frac{\mu}{\lambda_0 + \lambda_2 + \mu}; \\ p_{15} &= \frac{\alpha_2 \lambda_2}{\lambda_0 + \lambda_2 + \mu}; \quad p_{21} = \frac{\gamma}{\lambda_0 + \lambda_2 + \gamma}; \quad p_{30} = 1; \quad p_{45} = \frac{\gamma}{\lambda_0 + \lambda_2 + \gamma}; \\ p_{50} &= \frac{\alpha_1 \lambda_1}{\lambda_0 + \lambda_2 + \mu}; \quad p_{56} = \frac{\alpha_1 \lambda_1}{\lambda_0 + \lambda_1 + \mu}; \quad p_{60} = 1. \end{aligned}$$

Затем находят аналитические выражения различных показателей функциональной безопасности ДС:

$$\begin{aligned} T_{оп} &= \frac{T_0 + p_{01}T_1 + p_{02}T_2 + p_{04}T_4 + p_{05}T_5 + (p_{03} + p_{01}p_{13} + \\ &\rightarrow 1 - [(p_{01} + p_{02}p_{21})p_{10} + (p_{05} + p_{04}p_{45})p_{30} + p_{03} + \\ &\rightarrow + p_{02}p_{23} + p_{04}p_{43} + p_{05}p_{53})T_3 + p_{01}p_{16}T_6}{+ (p_{01} + p_{02}p_{21})p_{16} + (p_{05} + p_{04}p_{45})p_{56}}. \end{aligned} \quad (4)$$

Средняя наработка до защитного отказа определяется во множестве состояний $\bar{S}_3 = \{0, 1, 2, 4, 5\}$:

$$T_3 = \frac{T_0 + (p_{01} + p_{02}p_{21})T_1 + p_{02}T_2 + p_{04}T_4 + (p_{05} + p_{04}p_{45})T_5}{1 - (p_{01} + p_{02}p_{21}) - (p_{05} + p_{04}p_{45})p_{50}} \quad (5)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования временных показателей функциональной безопасности ДС, а также среднеквадратичных отклонений времен до опасного и защитного отказов проводились при следующих значениях входных параметров: $\lambda_1 = 10^{-4}$; $\lambda_2 = 10^{-4}$; $\lambda_0 = 10^{-10}$; $\alpha_1 = \alpha_2 = 0,80, 0,85, 0,90, 0,95$; $\alpha_3 = 0,99$; $\mu = 0,05$; $\gamma = 1,50$.

Результаты исследований применительно к стратегии 1 приведены на рис. 4, они показывают, что графики $T_{оп}$, T_3 и соответственно $\sigma_{оп}$, σ_3 практически совпадают.

Установлено, что функциональная безопасность ДС, построенной по стратегии 1, находится на уровне функциональной безопасности лучшей из двух небезопасных составных СЖАТ, а именно первой системы, у которой интенсивность отказов на два порядка ниже, чем у второй составной СЖАТ.

При повышении эффективности собственного контроля составных систем наблюдается небольшой рост уровня безопасности ДС по сравнению с первой составной СЖАТ. В реальном диапазоне эффективности собственного контроля составных систем 0,85 – 0,95 средняя наработка до опасного отказа ДС $T_{оп}$ и средняя наработка до защитного отказа

ДС T_3 увеличиваются в среднем на 20%. При этом среднеквадратичные значения этих времен ($\sigma_{оп}$, σ_3 соответственно) практически не зависят от роста эффективности контроля и несколько меньше показателей наработки до отказов, что свидетельствует о приемлемой достоверности оценок показателей $T_{оп}$ и T_3 .

В целом стратегия 1 не обеспечивает эффективного прорыва в создании безопасной системы ЖАТ.

Результаты исследований установленных временных показателей функциональной безопасности ДС, а также среднеквадратичных отклонений этих времен соответственно до опасного и защитного отказов при ранее указанных диапазонах значений входных данных применительно к стратегии 2 построения ДС приведены на рис. 5.

Полученные результаты исследования показывают высокую эффективность применения стратегии 2 построения ДС: средняя наработка до опасного отказа возрастет предположительно на 3 – 4 порядка, а средняя наработка до защитного отказа — на 2 порядка по сравнению с теми показателями, которые до построения ДС по данной стратегии имели место у лучшей по безопасности из двух составных СЖАТ.

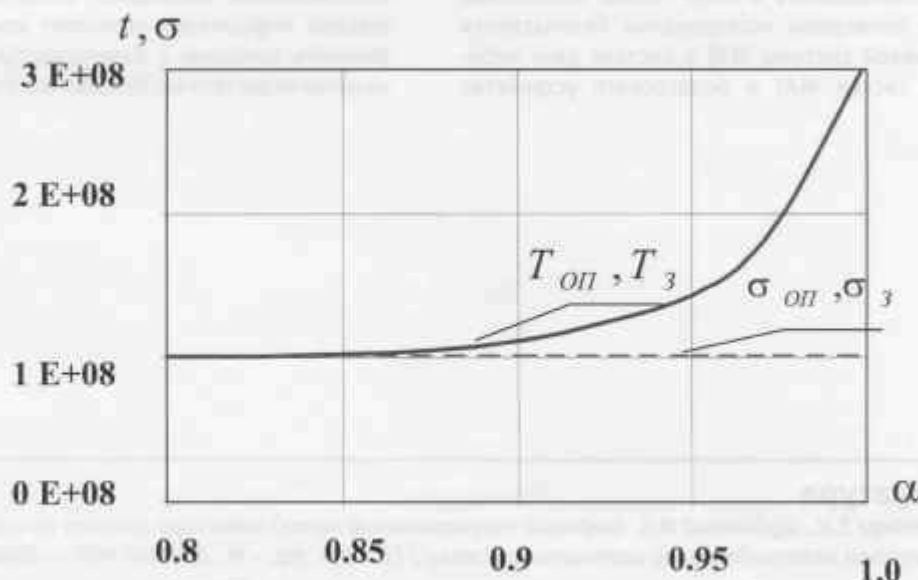


Рисунок 4 — Результаты исследований временных показателей функциональной безопасности ДС, построенной по стратегии 1

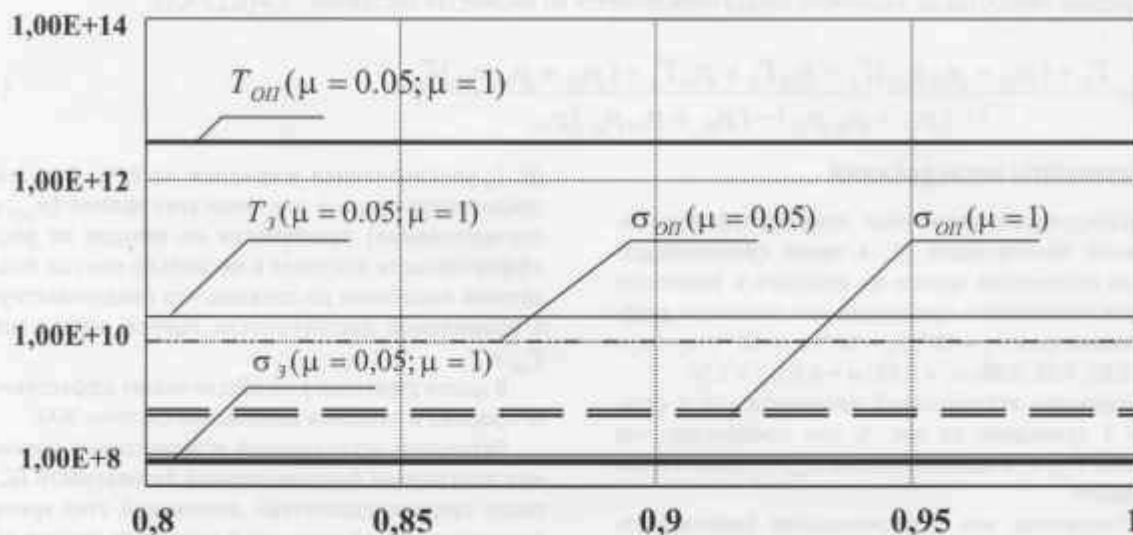


Рисунок 5 — Результаты исследований показателей безопасности ДС, построенной по стратегии 2

При этом разброс значений показателей безопасности сравнительно небольшой: среднеквадратичные отклонения наработок до опасного и защитного отказов значительно меньше значений этих показателей.

Выводы

1. Совместное применение разных информационных технологий построения систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи создает естественные условия для построения многоуровневой системы управления и обеспечения безопасности движения.

2. В отличие от ранее существующих ограничений на использование в СЖАТ только безопасных устройств проведены исследования безопасности двухуровневой системы ЖАТ в составе двух небезопасных систем ЖАТ и безопасного устройства

управления ими с использованием моделирования следующих стратегий обеспечения функциональной безопасности. Стратегия 1: при обнаружении отказа одной из двух небезопасных систем ЖАТ многоуровневая система продолжает функционировать, опираясь на результаты работы исправной системы ЖАТ. Стратегия 2: принятие решения о наличии не обнаруженного отказа одной составной СЖАТ в условиях стратегии 1.

3. Математическое моделирование двух стратегий построения МС показало, что стратегия 2 существенно лучше стратегии, которая за счет рационального использования имеющейся естественной дополнительной информации позволяет коренным образом улучшить ситуацию с безопасностью движения при наличии недостаточно безопасных составных СЖАТ.

Литература

1. Розенберг Е.Н., Шубинский И.Б. Графовый полумарковский метод моментов расчета функциональной безопасности систем железнодорожной автоматики и связи// Сб. науч. тр. - М.: ВНИИУП МПС. - 2002. - Вып.1. - С. 79-86.
2. Шубинский И.Б. Основы анализа сложных систем. - Пушкин: ПВУРЭ, 1988. - 206 с.

ПРИМЕНЕНИЕ УСТРОЙСТВ СЧЕТА ОСЕЙ В ПЕРЕЕЗДНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Основные задачи устройств автоматической переездной сигнализации (АПС):

1) обеспечение безопасности движения поездов при помощи известных средств СЦБ;

2) минимальная длительность простоя автомобильного или другого транспорта перед закрытым переездом.

Однако методы и результаты решения второй задачи не всегда оптимальны, что объясняется следующими обстоятельствами.



Игорь Германович Тильк, к. т. н.,
директор НПЦ «Промэлектроника»
(УрГУПС)



Борис Сергеевич Сергеев, д. т. н.,
профессор каф. электроники (УрГУПС)

Включение АПС должно осуществляться с момента вступления поезда на выбранный участок приближения длиной $L_{пр}$ при максимально возможной скорости его движения V_{max} . В качестве участка приближения могут выступать различные участки пути, количественно отличающиеся при различном расположении переезда. При расположении переезда по выходу станции длина участка приближения может не соответствовать оптимальной, при которой достигается минимум длительности закрытого состояния переезда. Эти два фактора определяют необходимость анализа возможностей оптимизации функционирования АПС.

Разработанный в НПЦ «Промэлектроника» при УрГУПС комплекс технических средств, основанный на применении электронной системы счета осей (КТС ЭССО), обладает широкими функциональными возможностями применения в различных системах СЦБ. Определим новые возможности КТС ЭССО применительно к устройствам АПС.

Функционально-структурная схема устройств КТС ЭССО для АПС с расположением переезда на перегоне приведена на рис. 1. Для нее обозначения соответствуют: $РД_{пр}$ и $РД_{уд}$ – рельсовые датчики, фиксирующие вступление поезда на участок приближения и его освобождение от подвижного состава соответственно; $НЗМ_{пр}$ и $НЗМ_{уд}$ – напольные

электронные модули, преобразующие аналоговые сигналы $И_{пр}^{имп}$ и $И_{уд}^{имп}$, полученные от соответствующих рельсовых датчиков, в импульсы счета осей подвижного состава $N_{пр}^{имп}$ и $N_{уд}^{имп}$; ПУ – постовое устройство, осуществляющее сравнение данных, полученных от $НЗМ_{пр}$ и $НЗМ_{уд}$, в результате чего его выходной сигнал $P_{АПС}$ управляет работой исполнительного устройства ИУ, осуществляющего закрытие или открытие переезда; $L_{пр}$ – длина участка приближения.

На рис. 2 приведена функционально-структурная схема АПС переезда, расположенного по выходу станции, где участком приближения является участок длиной $L_{выс}$.

Выходной сигнал $P_{АПС}$ управляет работой исполнительного устройства переездной сигнализации ИУ_{пс}. Примем, что состояние выхода ПУ системы, равное $P_{АПС} = 0$, означает выдачу в ИУ_{пс} сигнала на закрытие переезда, а при $P_{АПС} = 1$ переезд должен быть открыт. Тогда показанная система АПС ЭССО реализует следующую логическую функцию:

$$P_{АПС} = \begin{cases} 0 & \text{при } N_{пр}^{имп} \neq N_{уд}^{имп}, \\ 1 & \text{при } N_{пр}^{уд} = N_{уд}^{имп}. \end{cases} \quad (1)$$

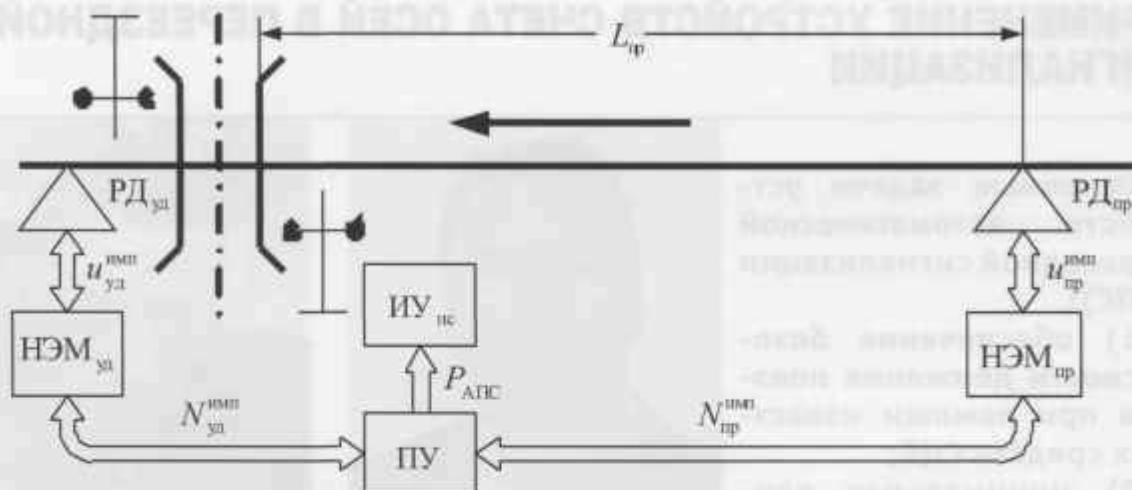


Рисунок 1 — Структурная схема АПС переезда, расположенного на перегоне

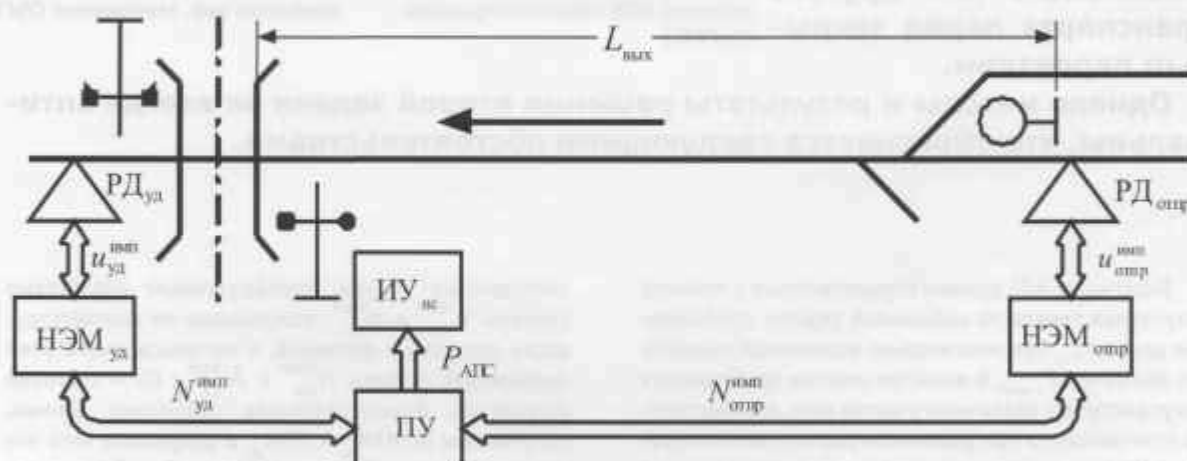


Рисунок 2 — Структурная схема АПС переезда, расположенного на выходе станции

Если переезд расположен на перегоне, то длина участка приближения, при вступлении поезда на который начинается действие АПС, определяется выражением [3]

$$L_{пр.пер} = 0,278 V_{п.макс} (k_{сп} + 0,72 l_{пер}) [м], \quad (2)$$

где $V_{п.макс}$ — максимальная скорость наиболее быстрого поезда, обращающегося на участке дороги (км/ч); $l_{пер}$ — длина переезда, измеряемая вдоль железнодорожного пути (м); $k_{сп}$ — коэффициент, учитывающий длительность времени срабатывания устройств СЦБ АПС, время освобождения переезда автомобильным транспортом при его минимальной скорости движения и время полного опускания автошлаббаума или подъема УЗП.

Здесь численные значения соответствуют: $k_{сп} = 35$ для переездов с автоматической светофорной сигна-

лизацией и с автошлаббаумами, $k_{сп} = 45$ для переездов с автоматической оповестительной сигнализацией.

Очевидно, что подобная реализация АПС далека от оптимальной, так как при реальной скорости движения приближающегося поезда $V_n < V_{п.макс}$ простой автомобильного транспорта перед закрытым переездом может быть необоснованно большим.

Большая степень неоптимальности функционирования АПС возникает, например, когда переезд располагается на выходе станции. Эта ситуация изображена на рис. 2, где в общем случае переезд может находиться как в пределах станции, так и на перегоне. Здесь возможны различные алгоритмы работы АПС.

Первый из них имеет место, когда расстояние от выходного светофора до переезда $L_{вых} \geq L_{пр.пер}$, где $L_{пр.пер}$ определяется из (2). Тогда алгоритм работы АПС аналогичен рассмотренному выше случаю расположения

переезда на перегоне, то есть извещение на переезд подается с момента вступления поезда за выходной светофор. Реальное время извещения, то есть интервала времени от начала действия АПС до вступления поезда на переезд, определится

$$t_{изв1} = \delta_v \frac{3,6L_{пр}}{V_{п макс}} = \delta_v \frac{3,6L_{выз}}{V_{п макс}} \text{ [с]}, \quad (3)$$

где $\delta_v = \frac{V_{п макс}}{V_{пр}}$ – относительная скорость движения поезда приближения к переезду; $V_{пр} = f_v(V_{нач}, V_{кон})$ – усредненная скорость движения поезда по участку приближения, а $V_{нач}$ и $V_{кон}$ – начальная и конечная скорости движения поезда. Функция f_v имеет нелинейный вид, она определяется из результатов тяговых расчетов для соответствующих видов поездов и путевых параметров участка пути. При этом АПС функционирует одинаково как для безостановочного движения поезда по выходному светофору, так и при трогании его с места. Когда $V_{нач} = 0$, то будет иметь место неравенство $V_{пр} < V_{п макс}$, что определяет, очевидно, нерационально большое время закрытого состояния переезда.

Второй алгоритм соответствует неравенству $L_{выз} < L_{пр пер}$. Для выполнения условий безопасности движения началом передачи извещения на АПС при открытом состоянии выходного светофора является момент вступления поезда на путь отправления, и длина участка приближения $L_{пр} = L_{выз} + L_{отпр}$, где $L_{отпр}$ – длина пути отправления или другого станционного участка пути перед выходным светофором. В соответствии с этим будем иметь

$$t_{изв2} = \delta_v \frac{3,6(L_{выз} + L_{отпр})}{V_{п макс}} \text{ [с]}, \quad (4)$$

и обязательным является выполнение условия $(L_{выз} + L_{отпр}) \geq L_{пр пер}$, где длина $L_{пр пер}$ находится из выражения (2).

Третий вариант работы алгоритма имеет место также при $L_{выз} < L_{пр}$. Он характеризуется тем, что если вначале поезд следует на запрещающее показание выходного светофора, то применяется фиксированная временная задержка $t_{зад}$ на его последующее открывание, которая определяется скоростью $V_{п макс}$. Если исходить из экстремального случая, когда движущийся поезд находится непосредственно перед закрытым выходным светофором, то требуемое время задержки должно быть равно

$$t_{зад} = \frac{3,6(L_{пр пер} - L_{выз})}{V_{п макс}} \text{ [с]}, \quad (5)$$

где $L_{пр пер}$ определяется из (2).

Для этого случая максимальная длительность времени извещения будет иметь место в том случае, когда поезд вступает на путь отправления и одновременно с этим дежурный по станции открывает выходной светофор,

$$t_{изв3} = \delta_v \frac{3,6(2L_{выз} + L_{отпр} - L_{пр пер})}{V_{п макс}} \text{ [с]}, \quad (6)$$

Здесь, так же как и в (4), требуется соблюдение обычно выполняемого условия $(L_{выз} + L_{отпр}) \geq L_{пр пер}$.

Как видно из уравнений (3), (4) и (6), при заданной нормированной максимальной скорости движения поездов $V_{п макс}$ параметром, определяющим изменение времени $t_{изв}$, является относительная скорость δ_v . Причем имеется линейная зависимость величины $t_{изв}$ от изменения δ_v . Минимальное значение $t_{изв}$ будет иметь место при $V_{пр} = V_{п макс}$, что, однако, почти не выполняется на практике. Уменьшение скорости $V_{пр}$ вызывает увеличение времени $t_{изв}$ и обуславливает соответствующее нерациональное возрастание длительности закрытого состояния переезда с увеличением времени простоя автотранспорта.

На графиках рис. 3 показаны примеры расчета функции $t_{изв} = f(\delta_v)$ для трех рассмотренных случаев расположения переезда относительно станции отправления ($t_{изв1}$, $t_{изв2}$ и $t_{изв3}$), соответствующие полученным выражениям (3), (4) и (6).

Приняты следующие величины аргументов функций. Длина участка приближения переезда, рассчитанная по (2) для $k_{пр} = 45$; $L_{пр} = 20$ м и двух значений максимальной скорости движения поезда $V_{п макс}^1 = 80$ и $V_{п макс}^2 = 120$ км/ч, равна $L_{пр пер}^1 = 1089$ и $L_{пр пер}^2 = 1633$ м соответственно [3]. Тогда для построения графиков по выражению (3) будем иметь следующие два варианта параметров: $L_{выз}^1 = 1361$ и $L_{выз}^2 = 1633$ м. Для графиков функций (4) и (6) примем, что $L_{выз} = 400$ м, $L_{отпр} = 1200$ м. Графики рис. 3 построены для двух значений скорости $V_{п макс}$, поэтому их условные обозначения соответствуют следующим примерам: $t_{изв1}^1$ и $t_{изв2}^1$ – расчету по выражению (3) для скоростей $V_{п макс}^1 = 80$ и 120 км/ч; $t_{изв1}^2$ и $t_{изв2}^2$ – по выражению (4) и тех же скоростей; $t_{изв3}^1$ и $t_{изв3}^2$ – по выражению (6).

Анализ графиков рис. 3 определяет следующие закономерности поведения функций $t_{изв} = f(\delta_v)$.

Графики $t_{изв1}^1$ и $t_{изв1}^2$ совпадают, так как два значения скорости $V_{п макс}$, подставляемые в выражение (2), приводят к получению соответствующих зависимых величин длин участков приближения $L_{пр пер}^1$ и $L_{пр пер}^2$, найденных из (3). Сравнение графиков, построенных по выражениям (4) и (6), показывает, что использование временной задержки на открывание выходного светофора обуславливает меньшую степень увеличения $t_{изв}$ с возрастанием δ_v .

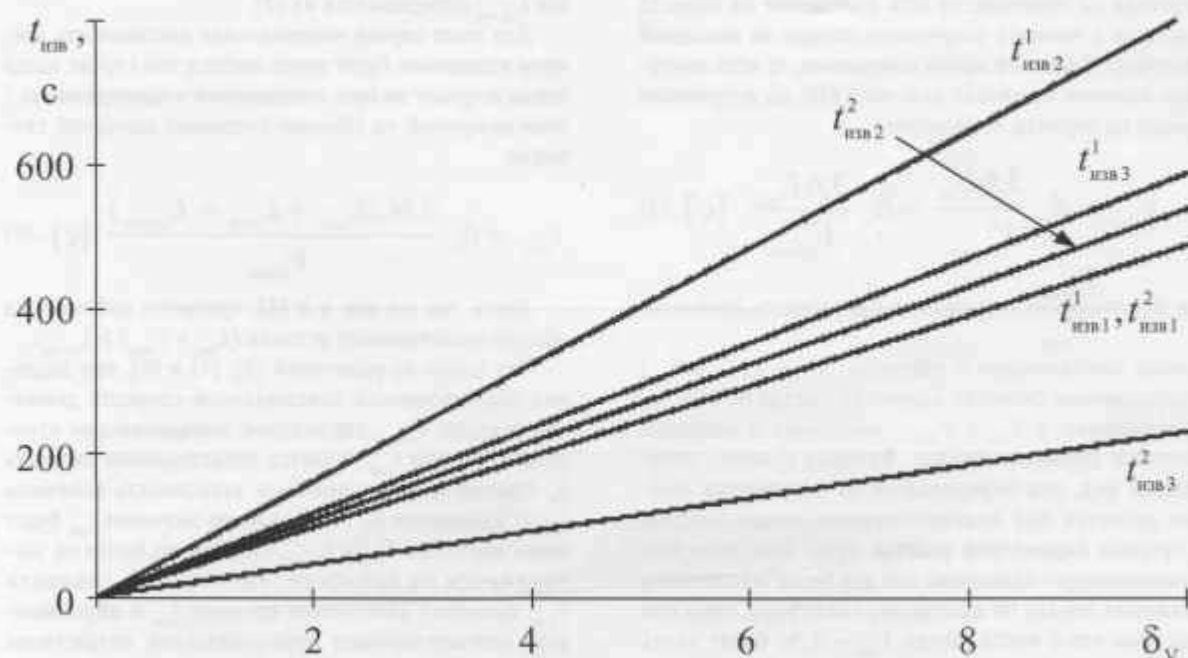


Рисунок 3 — Зависимость времени извещения АПС от изменения относительной скорости δ_v

Как видно из приведенных графиков, влияние относительной скорости δ_v на длительность времени извещения $t_{изв}$ значительно.

Например, для выбранных при расчете параметров уменьшение реальной скорости по отношению к максимальной в 4 раза приводит к увеличению $t_{изв}$ в 3 – 4 раза. Очевидно, что это вызывает существенные задержки автомобильного транспорта.

Уменьшения степени изменения времени $t_{изв}$ при движении поездов с различными скоростными характеристиками движения можно достичь путем

введения в процесс работы переезда функционального канала, передающего в аппаратуру АПС сигнал временной задержки $t_{изд}$ на закрытие переезда. Она определяется скоростью поезда, вступающего на участок приближения. Если переезд находится в пределах станции или прилегает к ней, то возможно получение дополнительной информации о скорости из нескольких точек следования поезда (стрелочные секции, участок удаления и т.п.). Это дает возможность более точно определить скорость приближения поезда к переезду.

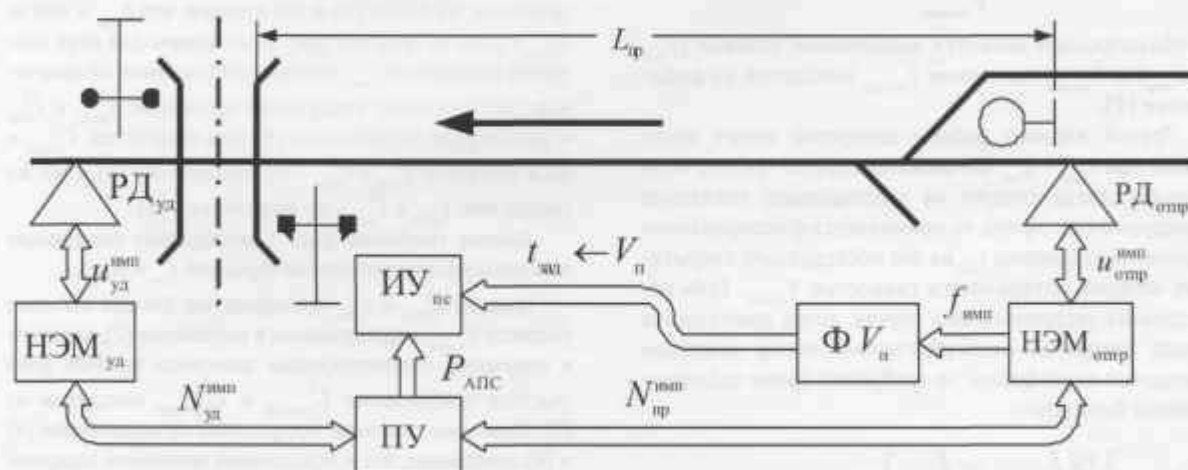


Рисунок 4 — Структурная схема АПС с введением канала информации о скорости движения поезда

Информация о скорости движения поезда достаточно просто может быть получена из стандартных функциональных узлов КТС ЭССО. Структурная схема АПС с введением канала информации о скорости движения поезда приведена на рис. 4.

Здесь выходные импульсы НЭМ_{сп}, следующие с частотой $f_{\text{имп}}$, поступают на вход формирователя Ф скорости V_n движения поезда. Очевидно, что при этом частота $f_{\text{имп}}$ однозначно определяет скорость следования поезда:

$$f_{\text{имп}} \Rightarrow V_n. \quad (7)$$

Это функциональное преобразование выполняется формирователем Ф, выходной сигнал $I_{\text{зд}}$ которого управляет работой исполнительного устройства ИУ_{пс}, обуславливая более оптимальное время закрытого состояния переезда.

Упрощенная схема рис. 4 показывает принципы функционирования АПС с регулируемой задержкой времени на закрытие переезда. Ее практическая реализация должна включать в себя выполнение соответствующих тяговых расчетов для конкретного участка пути и внесение их результатов в аппаратуру рассматриваемой АПС. Задача минимизации времени $t_{\text{зпв}}$, то есть увеличения точности прогнозируе-

мого приближения поезда к переезду, повышается, если увеличивается количество точек определения скорости поезда на участке приближения и передачи этой информации на устройства АПС. Очевидно, что наибольшим приближением к наилучшему результату является непрерывная передача информации. Это может быть реализовано путем использования системы автоматической локомотивной сигнализации АЛС-Р.

Снижение длительности закрытого состояния переезда возможно путем функционального усложнения АПС с использованием КТС ЭССО. Практически это реализуется путем введения функции ускорения/замедления приближающегося поезда. Величина ускорения/замедления поезда может быть, как и значение скорости движения, получена программным путем из системы счета осей.

Таким образом, использование устройств КТС ЭССО позволяет решить проблемы создания оптимальных по времени извещения АПС, управляющих функционированием переездов, как на перегонах, так и на станциях. Использование принципиально новых подходов к методам управления АПС дает возможность уменьшить время извещения о подходе поезда к переезду и сократить время простоя автомобильного транспорта.

Литература

1. Устройства контроля свободности путевых участков методом счета осей с использованием аппаратуры ЭССО: Методические указания по проектированию устройств автоматики, телемеханики и связи на ж. д. транспорте. И -291-03. - СПб.: ГТСС, 2003. - 50 с.
2. Тильк И. Г., Ляной В. В., Редров Ю.Ф. Системы счета осей на станции и перегоне// Железнодорожный транспорт. - 2005. - №9- С. 46-50.
3. Кокурин И.М., Кондратенко Л.Ф. Эксплуатационные основы устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. - М.: Транспорт, 1980. - 168 с.

СОЗДАНИЕ ОТРАСЛЕВОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В ПУТИ СЛЕДОВАНИЯ



Александр Анатольевич Миронов,
К.Т.Н., директор ЗАО «Инфотэкс»
(Екатеринбург)

Безопасность движения поездов при переходе на систему ремонта подвижного состава по пробегу или по фактическому состоянию при одновременном удлинении расстояний (гарантийных плеч) между пунктами технического обслуживания (ПТО) во многом зависит от качества и надежности работы технических средств диагностики ходовых частей.

При решении задачи безопасности движения поездов особое место отводится применению бесконтактных (по инфракрасному излучению) напольных систем тепловой диагностики букс в движущихся поездах, являющихся фактически единственными системами используемыми автоматизированными средствами контроля состояния подвижного состава в пути следования. Массовое внедрение в начале 70-х годов получили приборы обнаружения перегретых букс (ПОНАБ). С 1986 г. ПОНАБ начали заменяться на системы ДИСК-Б, разработанные Уральским отделением ВНИИЖТ в конце 60-х годов. Это оказало решающее влияние на сокращение изломов шеек осей из-за перегрева буксовых узлов на подшипниках трения скольжения, создало предпосылки для повышения скоростей движения поездов и возможности сокращения количества промежуточных ПТО вагонов и шта-та осмотровиков вагонов.

Долгие годы существовало ошибочное мнение, что при завершении перевода всего подвижного состава на роликовые подшипники качения проблема контроля нагрева буксовых узлов в движущихся поездах теряет актуальность. Однако к середине 80-х годов выяснилось, что роликовый буксовый узел в эксплуатации ведет себя подчас непредсказуемо и нуждается в более совершенных средствах диагностики, чем существующие системы ПОНАБ и ДИСК.

Предприятием «Инфотэкс» в 1996 г. был разработан и в 1997 г. сдан приемочной комиссии МПС микропроцессорный комплекс технических средств КТСМ-01, а в 2000 г. создан новый, обладающий более

широкими функциональными возможностями комплекс аппаратуры КТСМ-01Д, предназначенный для модернизации эксплуатируемых систем ПОНАБ-3, и ДИСК-Б.

Массовое внедрение комплекса КТСМ-01 на сети дорог началось с 1998 г., а комплекса КТСМ-01Д – с 2001 г. Применение КТСМ-01 и КТСМ-01Д было эффективно в условиях ограниченных средств железных дорог на замену основных фондов. Это позволило при минимальных затратах на модернизацию получить на сети дорог современные средства контроля с недостижимыми ранее показателями назначения и качества. В середине 2005 г. на сети железных дорог РФ эксплуатировалось свыше 3,7 тыс. средств контроля различных разновидностей: 1302 ед. – ДИСК; 39 ед. – ДИСК2; 596 ед. – КТСМ-01; 1761 ед. – КТСМ-01Д; 53 ед. – КТСМ-02.

Системы ПОНАБ, ДИСК и КТСМ-01 построены таким образом, что аппаратурой реализуются в основном функции, связанные с контролем нагрева букс и неисправных («неотпущенных») тормозов. При разработке комплекса КТСМ-02 была применена более совершенная концепция, а именно построение многофункциональной системы диагностики подвижного состава, состоящей из нескольких подсистем: обнаружения перегретых букс, определения неисправностей тормозного оборудования, волочащихся деталей, нарушения габарита и некоторых других. Таким образом, контроль нагрева букс (подсистема КТСМ-02Б) становится одной из нескольких подсистем, расширяющих возможности созданного комплекса.

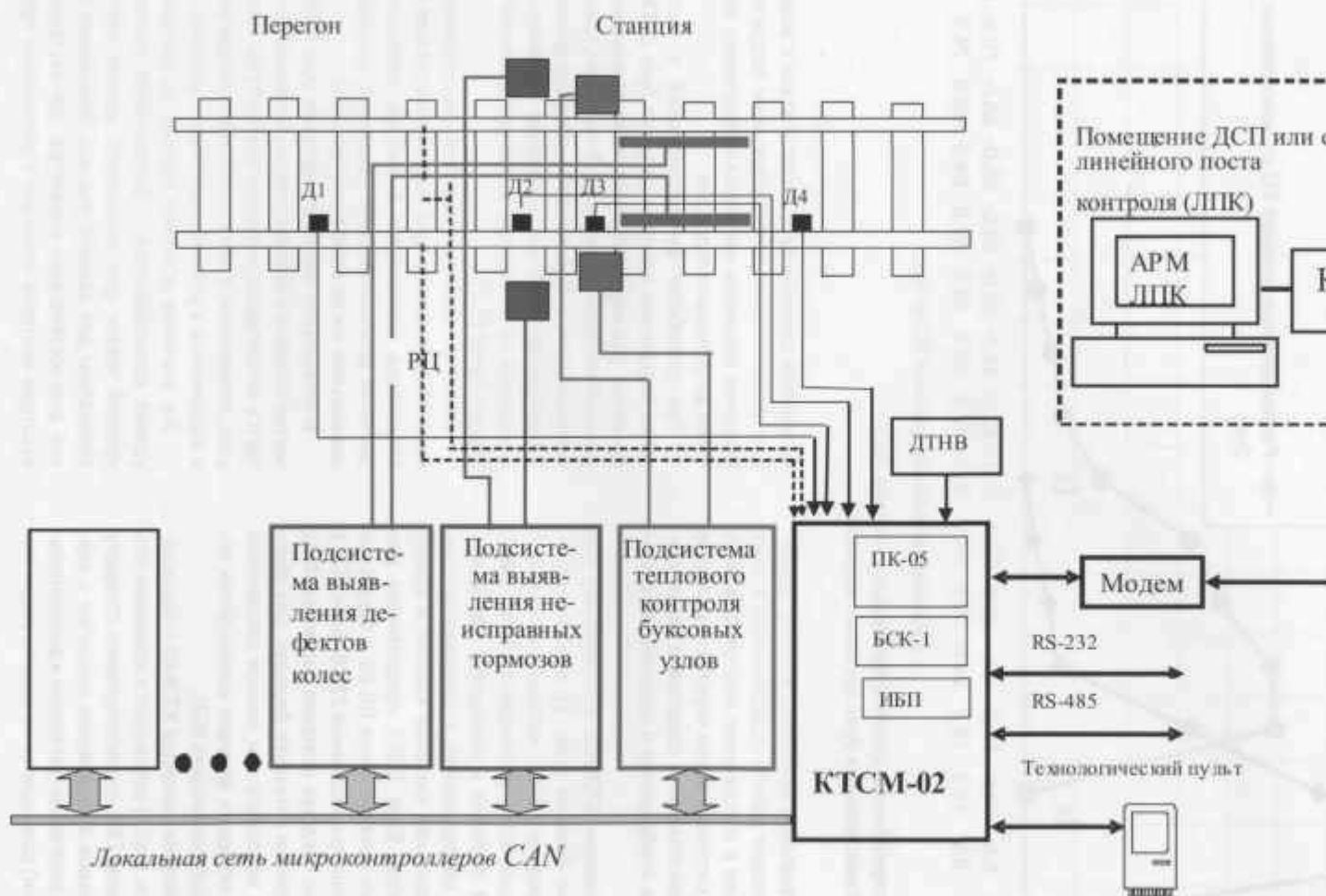


Рисунок 1 — Структурная схема комплекса КТСМ-02:

Д1—Д4 — датчики прохода осей; ДТНВ — датчик температуры наружного воздуха; РЦ — рельсовая цепь; СПД — сеть передачи данных; ДСП — дежурный по станции; КИ-6 — концентратор информации; RS-232, 485 — интерфейсы связи с КИ-6М; ПК-05 — периферийный компьютер; БСК-1 — блок силовой коммутации; ИБП — источник бесперебойного питания

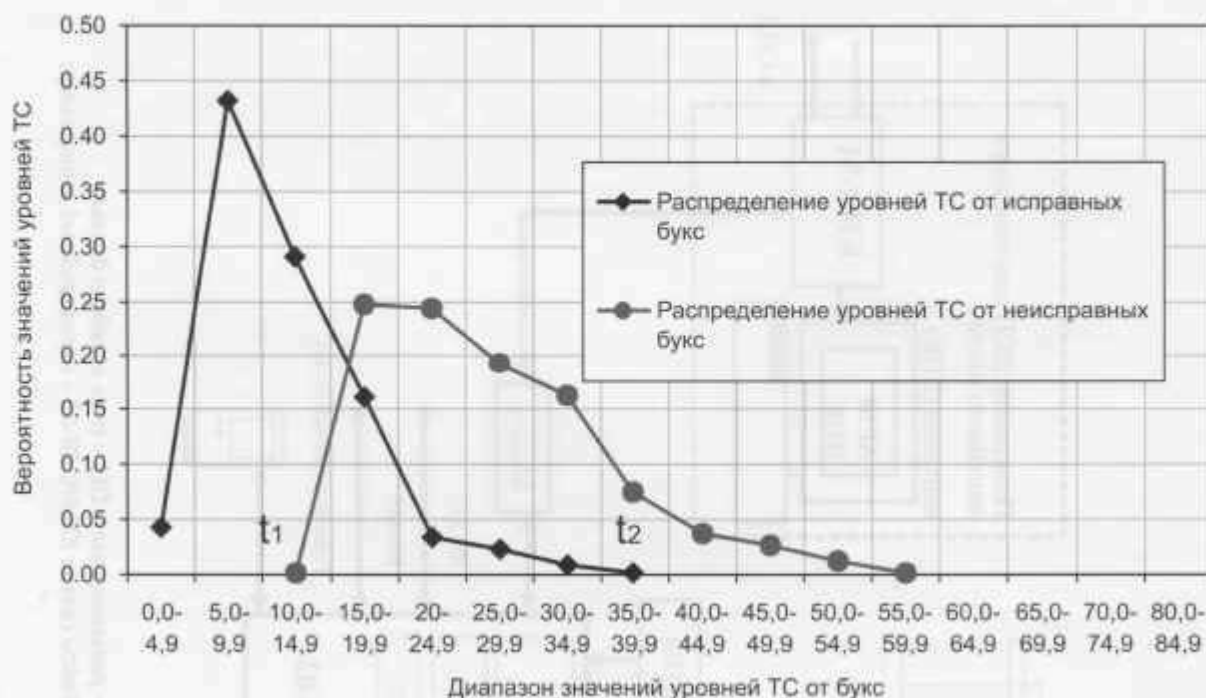


Рисунок 2 — Распределение уровней тепловых сигналов (ТС) от исправных и неисправных букс грузовых вагонов

Основное назначение комплекса КТСМ-02 заключается в координации работы подключенных к нему подсистем, а также в обеспечении информационного взаимодействия системы в целом через сеть передачи данных с централизованными средствами сигнализации, регистрации, отображения и накопления результатов контроля.

Главным элементом КТСМ-02, выполняющим все интеллектуальные функции (рис. 1), является периферийный контроллер ПК-05, который совместно с блоком коммутации БСК-1 устанавливается в стойку, размещенную на перегоне в помещении поста контроля (постовое оборудование), и соединяется с напольным оборудованием системой кабелей и соединительных коробок. Блок БСК-1 предназначен для резервирования питания блока ПК-05 и подсистем контроля переменного напряжения 220 В. Блок БСК-1 имеет встроенные средства контроля напряжений на основном и резервном питающем фидерах. Для обеспечения работы комплекса при полном отключении напряжений на питающих фидерах используется источник бесперебойного питания ИБП.

Для взаимодействия комплекса КТСМ-02 с подсистемами контроля (см. рис. 1) используется локальная сеть на основе протокола CAN, соответствующего стандарту ISO 11898. Напольное оборудование подсистем с первичными преобразователями (датчиками и дополнительными устройствами) размещается на насыпи, рядом или

на верхнем строении пути, в соответствии с измерениями, выполняемыми соответствующими подсистемами. Основные параметры комплекса обеспечивают подключение до пятнадцати подсистем.

При разработке функционирующей в настоящее время подсистемы контроля нагретых букс (КТСМ-02Б) применен ряд научно обоснованных принципиальных решений тепловой диагностики. В частности, применено использование в качестве зоны контроля приемником ИК-излучения более информативной и геометрически стабильной по отношению к приемнику нижней части корпуса буксы [1, 2].

Основная проблема тепловой бесконтактной напольной диагностики букс подвижного состава в пути следования заключается в выборе рационального значения диагностического параметра, который дает наименьшее число ошибочных решений.

В аппаратах теплового контроля букс КТСМ в качестве основного диагностического признака используется амплитудное значение температуры буксового узла, измеренной относительно температуры воздуха и выраженной в условных единицах — уровнях.

Это значение условных единиц на программном уровне сопоставляется с допустимыми значениями уровней тревог для выбранного уровня настройки аппаратуры для данного участка. Повышение значения диагностического параметра при настройке аппаратуры контроля приводит к увеличению пропуска

дефектных букс, а уменьшение – к увеличению ложных срабатываний аппаратуры. На рис. 2 приведены результаты статистического анализа показаний установок КТСМ-01, приведенных в виде графика распределения вероятностей значений диагностического параметра – температуры t (на графиках аналог температуры является уровнем теплового сигнала) для дефектных и исправных букс. Как следует из графика, имеется область значений ($t_1 - t_2$) параметра температуры, для которой возможна достаточно точная регистрация дефектных и исправных букс. В теории технической диагностики эта ситуация классифицируется как проблема ошибки первого (ложная тревога) и второго (пропуск дефекта) рода.

Опыт эксплуатации технических средств контроля показывает, что наилучшие результаты могут быть достигнуты при слежении за нагревом букс по нескольким постам контроля (расстояние между постами теплового контроля букс на дорогах составляет 30-35 км). Это позволяет применить новые диагностические признаки, а не только признак амплитудного значения относительной температуры буксы. Например, может быть использован признак, характеризующий изменение температуры буксового узла во времени. Кроме того, как показывает опыт, необходимые и достаточно точные результаты диагностики достигаются при централизации средств контроля в пределах гарантийного участка или отделения дороги.

С учетом изложенного предлагается многоуровневая схема передачи информации от устройств контроля перегретых букс. В соответствии с рассмотренной структурной схемой разработан комплекс программно-аппаратных средств («Автоматизированная система контроля подвижного состава» – АСК ПС) [3]. Структурная схема АСК ПС приведена на рис. 3, где информация от установок контроля нагрева букс, размещенных на перегоне, транслируется через концентратор информации КИ-6М на станцию в АРМ линейного поста контроля (АРМ ЛПК) и передается в сеть передачи данных, куда поступают также данные от всех установок, включенных в АСК ПС. В зависимости от уровня нагрева принимается соответствующее решение о необходимости остановки поезда, следования его далее или др.

Информация из сети передачи данных поступает в вычислительную сеть дороги в АРМы постов контроля дорожного уровня. Из дорожной сети информация посредством репликации баз данных может быть передана серверу баз данных других дорог, а также на сервер Центра управления перевозками.

В качестве коммуникационной среды между элементами системы используется специально разработанный для этой цели программный продукт – репликатор баз данных.

Репликатор баз данных является многопоточным (многовитковым) приложением, обеспечивающим информационную среду для всех элементов и уровней АСК ПС. Именно с помощью репликатора реализуется прозрачность доступа к данным внутри системы независимо от величины полигона и открытость ее для других систем и подсистем железнодорожной автоматики. Использование репликатора делает систему сбора и распределения информации гибкой внутри АСК ПС. При необходимости концентрация данных от установок контроля нагрева букс может выполняться на каком-либо конкретном уровне иерархии, а потом распределяться в соответствии с информационной потребностью клиентов. В некоторых случаях (централизованный вариант) сбор информации производится на уровне дорожного центра управления с последующим распределением ее по соответствующим АРМ. Распределенный вариант предполагает организацию сбора информации на уровне линейных предприятий дороги и дальнейшую ее передачу для архивирования в дорожном центре.

При разработке репликатора баз данных для АСК ПС были реализованы программные функции передачи данных не только между отдельными элементами системы, но и между различными программными продуктами, входящими в комплекс средств автоматизации перевозочного процесса. Это такие программные средства, как АРМ поездного диспетчера ГИД «Урал», многоуровневая система безопасности АСУ МС, комплекс программно-аппаратных средств автоматического отбора и анализа информации от устройств СЦБ, схема взаимодействия с которыми приведена в [4].

В информационном плане АРМ ЦПК (ЛПК) предоставляет следующие функциональные возможности и индикацию:

- мнемосхему участка с информацией о последних проконтролированных поездах;
- список проконтролированных поездов по пункту контроля;
- список «больных» вагонов по участку;
- значение диагностических параметров «Уровень» (амплитудное значение уровня температуры) по каждой буксе и «Отношение» (отношение амплитудного значения к среднему значению уровней нагрева букс по стороне вагона);
- информацию о поезде;
- график скорости движения поезда по пункту контроля;
- «историю» проследования поезда по участку;
- карту «больного» вагона (вид и расположение дефектов, мониторинг дефекта);
- список событий по пункту контроля;
- температуру наружного воздуха на пунктах контроля;

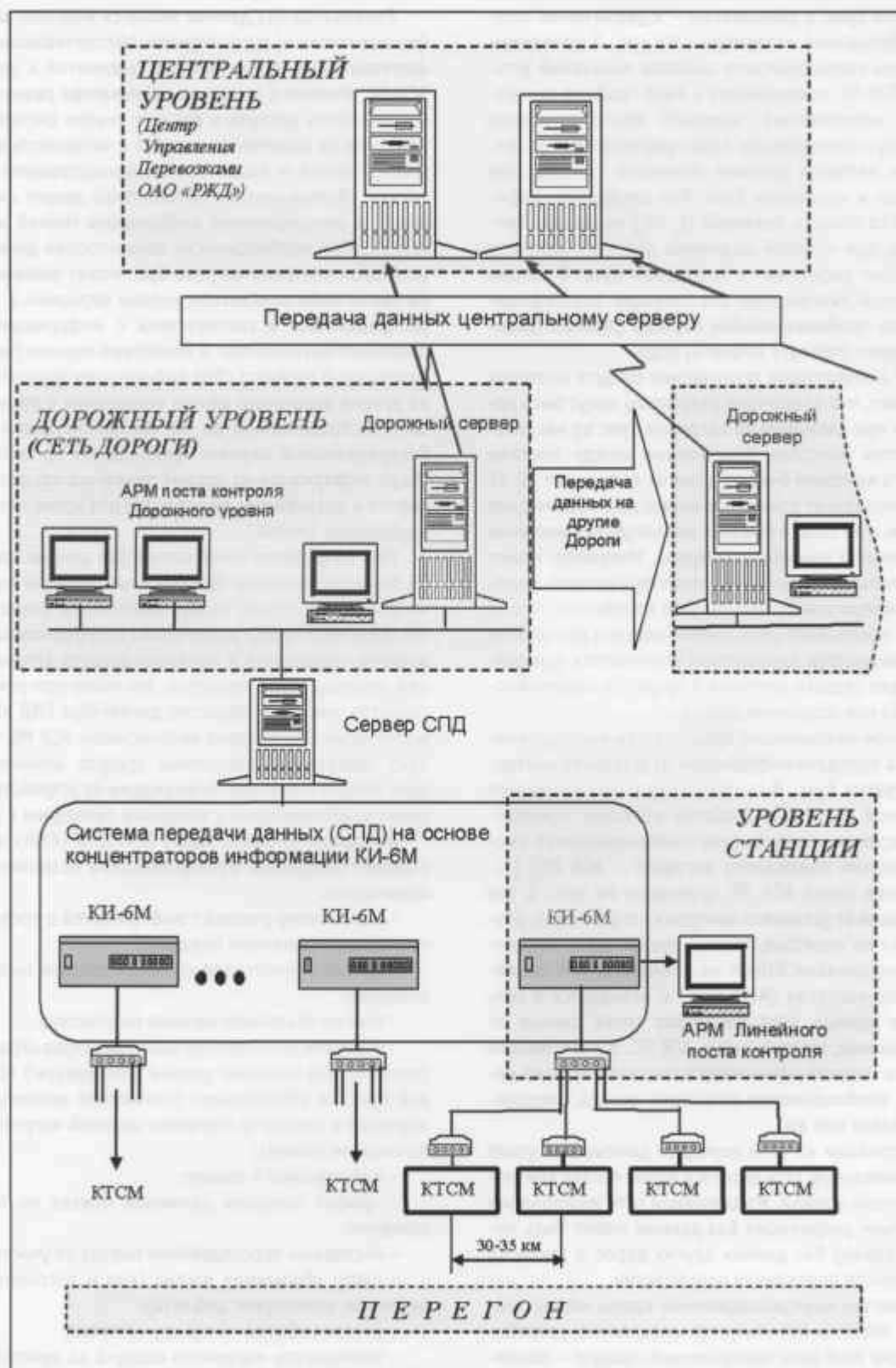


Рисунок 3 – Структурная схема автоматизированной системы контроля подвижного состава (АСК ПС)

- архив за любой период;
- статистику за любой период;
- запросы в АСОУП.

Программно-аппаратные средства АРМов ЛПК и ЦПК позволяют осуществлять:

- включение внешних устройств сигнализации и выдачу речевых сообщений о наличии в вагонах поезда опасных дефектов, с информацией об уровнях и типах дефектов;
- контроль и учет выполнения регламентных работ по обслуживанию диагностических комплексов линейных станций (ПОНАБ, ДИСК, КТСМ);
- выдачу архивных и статистических данных о работе технических средств контроля подвижного состава;
- автодиагностику оборудования перегона, станции и каналов связи;
- изменение параметров настройки пороговых значений «Тревог».

Использование АСК ПС обеспечивает создание условий перехода от системы критической диагностики перегретых букс, то есть от регистрации необходимости экстренного принятия решения (отцепки вагона) к организации мониторинга нагрева букс. По материалам, полученным при обработке баз данных Свердловской железной дороги, при использовании АСК ПС до 90% отцепок вагонов производится с учетом истории процесса нагрева букс на участке контроля. По критическим уровням отцепляется всего не более 10% вагонов. При этом информация о нагреве букс с линейных пунктов контроля поступает на центральный пост, где анализируется по всем информативным признакам и принимается решение о степени аварийности букс с учетом темпа их нагрева при следовании поезда по всему участку.

Автоматизированные системы обеспечивают мониторинг состояния буксовых узлов на участках безостановочного движения поездов. Произошло перераспределение задержек поездов на перегонах с их концентрацией на ПТО вагонов. Отцепки вагонов с повышенным нагревом букс сосредоточились в основном на ПТО сортировочных станций. От 32 до 65% вагонов отцепляется на ПТО без тревожной сигнализации КТСМ с учетом данных АСК ПС об уровнях и темпе нагрева букс на ближних и дальних подходах к сортировочным станциям.

Программно-аппаратные комплексы АСК ПС сейчас внедрены на 16 дорогах ОАО «РЖД», а также эксплуатируются на железных дорогах Украины, Белоруссии и Грузии.

АСК ПС является логическим продолжением и совершенствованием развития идеологии КТСМ в информационном и аппаратном плане. В то же время комплекс адаптирован для систем аналогичного назначения, созданных другими производителями, а также других систем диагностики подвижного состава.

Дальнейшее развитие АСК ПС связано с созданием системы комплексного контроля технического состояния подвижного состава и с расширением объектов диагностирования подвижного состава, как это предусмотрено для ПТО грузовых вагонов отраслевого значения. Комплекс АСК ПС является открытой, гибкой, адаптируемой системой и обеспечивает возможность подключения на каждом посту контроля более 20 дополнительных подсистем, в том числе для контроля колесных пар, нижнего, бокового и верхнего габарита подвижного состава, тормозного оборудования, ударно-тяговых приборов, для выявления перегруза и неравномерности загрузки вагонов и т.д.

Литература

1. Миронов А.А., Образцов В.Л., Павлюков А.Э. Резервы повышения эффективности тепловой диагностики буксовых узлов // Автоматика, связь, информатика. - 2004. - № 4. - С. 5-9.
2. Павлюков А.Э., Миронов А.А., Занкович А.В. Диагностическая модель бесконтактного теплового контроля букс подвижного состава // Транспорт Урала. - 2004. - № 2. - С. 44-52.
3. Миронов А.А., Тагиров А.Ф., Образцов В.Л. Автоматизированная система контроля подвижного состава (АСК ПС) // Безопасность движения, совершенствование конструкций вагонов и ресурсосберегающие технологии в вагонном хозяйстве / Сб. науч. тр. - Екатеринбург: УрГУПС. - С. 65-70.
4. Миронов А.А., Кораблев П.А. Информационная система контроля подвижного состава // Современные информационные технологии, электронные системы и приборы железнодорожного транспорта / Сб. научн. тр. - Екатеринбург: УрГУПС, 2005. - С. 92-97.

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПассажиРОВ В ПУТИ СЛЕДОВАНИЯ



Евгений Иванович Жироухов,
зав. лабораторией «Вес поезда»
(УрГУПС)



Николай Геннадьевич Сачков,
инженер (УрГУПС)

Существующие в настоящее время системы безопасности пассажирского поезда являются в основном внешними по отношению к нему. К внутренним системам относятся приборы определения нагрева бунков на каждом отдельном вагоне и в какой-то степени — внутрипоездная громкоговорящая связь.

Назрела настоятельная необходимость обеспечения оперативной личной безопасности пассажиров в пути следования, заключающаяся как в установлении систем внутрипоездного видеонаблюдения, так и в контроле перемещения пассажиров и иных лиц внутри состава, через переходные площадки и т.д. Нужны системы блокировки и деблокировки вагонных дверей в экстренных ситуациях, технологическая оперативная и экстренная связь пассажиров с проводниками, начальником поезда, локомотивной бригадой, внешними железнодорожными абонентами.

Наличие замкнутых пространств общего пользования в пассажирском поезде (например, тамбуров) определяет принципы построения систем безопасности, из которых основной можно считать систему видеоконтроля. Она не должна быть просто системой видеонаблюдения с анализом ситуаций оператором. В условиях множественных ситуаций (15 – 24 вагонов, каждый с коридорами и двумя тамбурами) и дефицита квалифицированного персонала необходимо автоматизировать процесс определения опасных ситуаций. При возникновении таковых должен автоматически оповещаться весь круг причастных работников поезда. Для анализа, последующего разбора и сохранения доказательств все данные об опасных ситуациях должны быть сохранены. Необходимо учитывать и затратные факторы, которые не должны существенно влиять на стоимость перевозок.

Основой работы системы является видеоконтроль в пассажирском поезде с автоматической оценкой возникновения угрожающих событий.

Комплект вагонного оборудования включает три камеры видеоконтроля, расположенные в рабочем и нерабочем тамбурах, и камеру, контролирующую коридор (рис. 1). Информация от портативных камер видеоконтроля по внутривагонной шине передачи информации поступает на коммутатор видеoinформации и далее по беспроводному каналу, образованному радиомодулями, в штабной вагон (рис. 2). Полученная видеoinформация поступает на регистратор, а затем в комплекс обработки видеoinформации. Программное обеспечение комплекса, обрабатывая и анализируя изображение, выявляет опасность возникновения угрожающих событий, выдает соответствующую информацию на видеотерминал, а также на оповеститель опасных ситуаций. Оповеститель передает информацию как внутренним, так и в случае необходимости внешним абонентам, используя штатную радиостанцию поезда радиосвязи. Комплекс также осуществляет запись видеoinформации на носители информации после соответствующего сжатия изображения.

Для сокращения объема передаваемой и хранимой видеoinформации, помимо применения соответствующих алгоритмов сжатия видеоизображения, желательно реализовать включение видеокамер в работу путем подачи сигнала с соответствующего датчика

движения. Данная мера позволит значительно сократить объем передаваемой видеoinформации в ночное время, когда перемещения пассажиров внутри поезда редки и не вызваны особой необходимостью. Особенно это актуально для скорых и фирменных поездов, имеющих достаточно длительное время хода между остановками.

Электропитание системы видеоконтроля осуществляется от отдельного вторичного источника, который, в свою очередь, получает питание от бортовой сети вагона и (или) непосредственно от аккумуляторной батареи. Применение современной электронной элементной базы позволяет максимально снизить энергопотребление системы, включение которой управляется проводником вагона.

Все способы передачи видеоизображения сводятся к тому же, что и при передаче любой другой информации, т.е. к необходимости связать объекты между собой. Разница лишь в том, что видеоизображение имеет несравнимо больший объем и главным критерием здесь выступает скорость передачи данных. Другой немаловажный критерий – какое видео предстоит передавать: сжатое или несжатое. Один кадр несжатого видео с высоким разрешением составляет примерно 1 Мб. Тогда, чтобы передать видеоизображение в реальном времени, потребуется скорость около 200 Мбит/с, что на данном этапе технического развития представляет слишком сложную задачу. И это только для одного канала. Если рассматривать передачу сжатого видео, то уже не столь важно, в каком формате происходило это сжатие: MPEG4/Wavelet – 8-20 Кб/кадр или MPEG2/MJPEG – 30-50 Кб/кадр. Возьмем усредненное значение размера кадра 30 Кб. Чтобы получить один канал реального видео (25 кадров/с), скорость передачи данных должна достигать 6 Мбит/с, что уже реально. Если скорость потока ограничить 11-13 кадров/с или 2-4 кадра/с (мультиплексированное видео), то требуемая скорость будет равняться 3 Мбит/с и 400 Кб/с соответственно.

Рассмотрим следующие способы передачи видеoinформации: использование проводных линий связи (радиочастотный коаксиальный кабель, витая пара, оптоволокно) и беспроводные технологии.

Если удаленная видеокамера наблюдения устанавливается на расстоянии сотни метров от контрольного видеомонитора, то для передачи качественного сигнала от видеокамеры до записывающей или контрольной видеоаппаратуры наблюдения требуется прокладка кабеля типа РК50 (РК-75). Допустим, что примененный кабель имеет затухание 0,05 дБ/м. При установке видеокамеры на расстояние 200 м от поста видеонаблюдения, расход кабеля составит ориентировочно 250 м. Следовательно, вносимые кабелем затухания в передаваемый видеосигнал составят: 0,05 дБ/м х

250 м = 12,5 дБ. Это значит, что передаваемый от видеокамеры до видеомонитора сигнал по своей мощности уменьшится более чем в 10 раз.

Входные устройства видеотехники имеют систему АРУ, но и она может «не справиться» с таким затуханием сигнала. Видеокамера выдает стандартный видеосигнал, который должен поступать на вход видеомонитора, видеоманитфона и т.д. А уменьшение видеосигнала на 10 дБ и более приводит к тому, что система АРУ работает «на пределе своих возможностей».

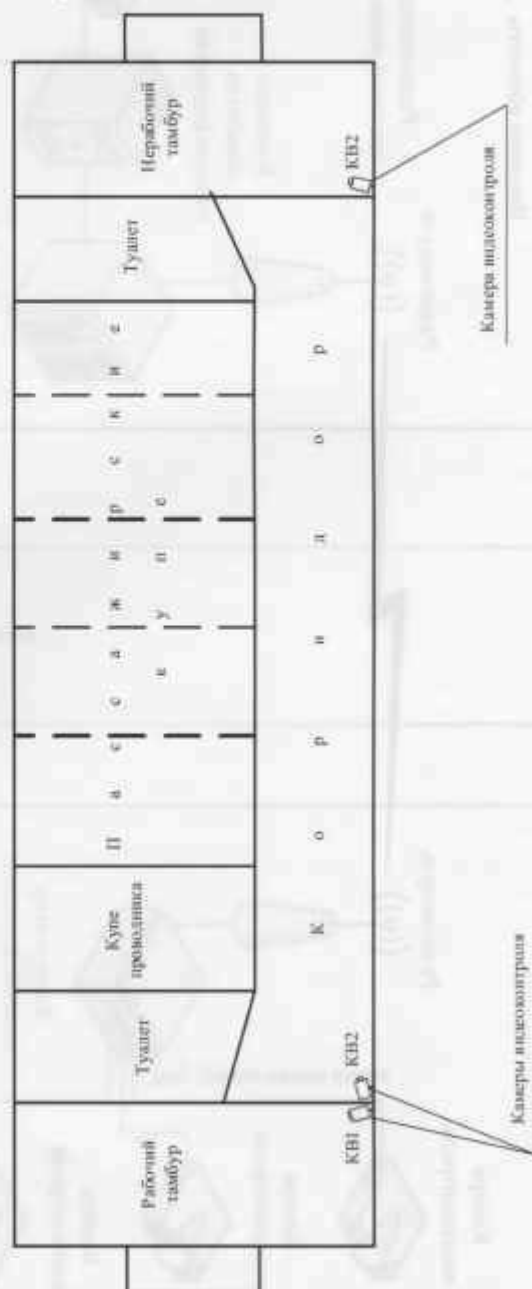


Рисунок 1 — Расположение оборудования в вагоне

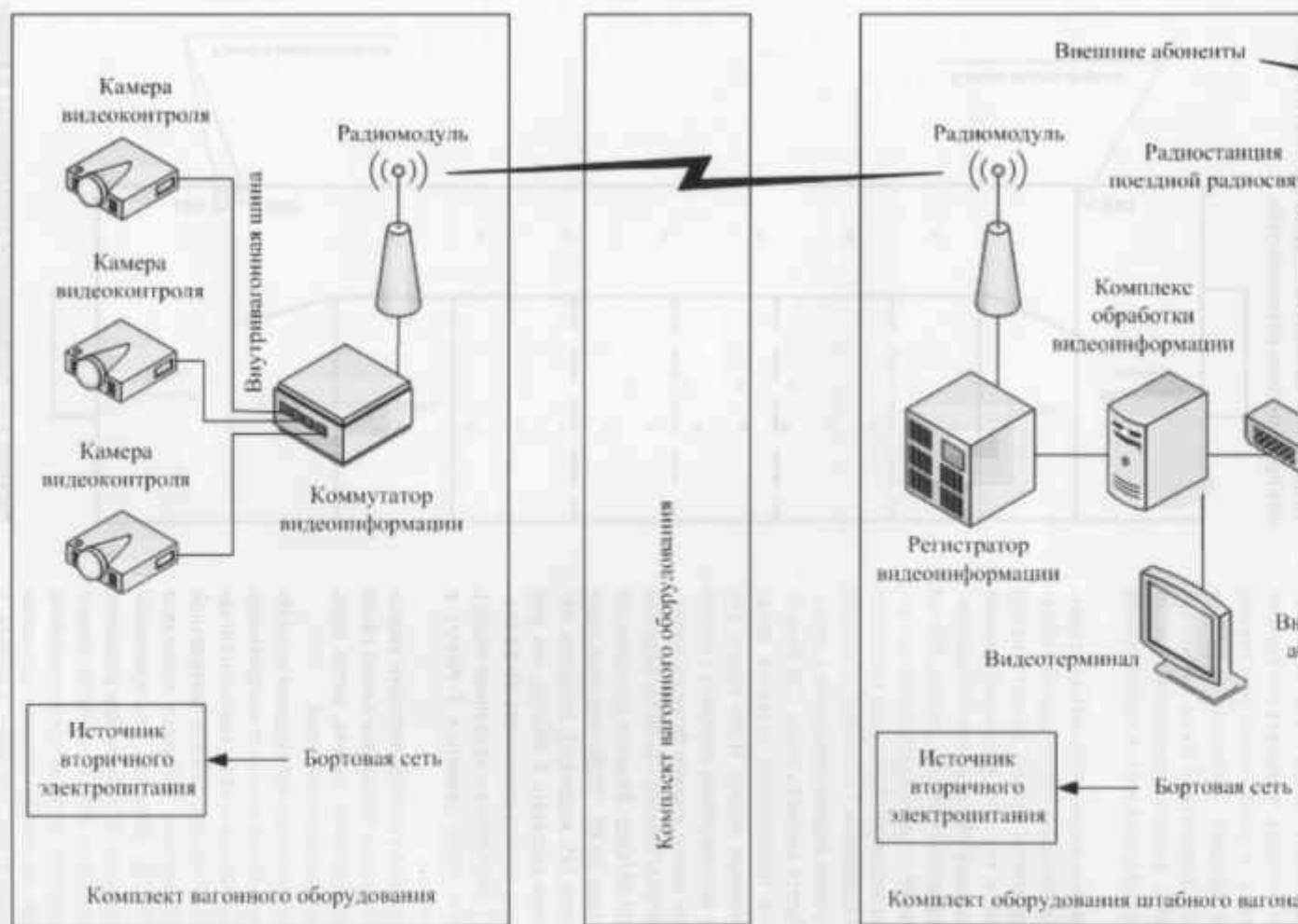


Рисунок 2 — Передача видеoinформации в составе поезда

Помимо уменьшения уровня входного сигнала из-за потерь в длинном кабеле, передаваемый видеосигнал из-за емкости кабеля связи претерпевает изменения и по количеству передаваемых строк. Если в системе применена видеокамера с выходными параметрами 500–600 строк, то на входе видеомонитора в принимаемом сигнале будет содержаться гораздо меньшее количество строк, что приводит к потере четкости и контрастности передаваемого изображения.

Для устранения затухания в кабеле связи типа РК должны применяться специальные видеоусилители сигнала. Установка такого видеоусилителя сигнала около монитора приведет к усилению как полезного сигнала, так и шумов, которые «накашивает» длинный кабель связи. В этом случае эффект зашумления видеосигнала на мониторе будет очевиден и данный усилитель не восстановит «потерянные» в кабеле связи строки в видеосигнале. Видеоизображение будет стабильным, т.е. уровень входного сигнала на входе монитора будет стандартным, но сам сигнал будет иметь меньшее количество строк и меньшее отношение $U_{\text{сигнала}}/U_{\text{шума}}$. Поэтому усилитель видеосигнала должен устанавливаться около видеокамеры перед длинной линией связи. Такой усилитель должен быть специализированным, иметь высокую линейность и в зависимости от длины линии связи и расчетного затухания в ней иметь определенный коэффициент усиления сигнала.

Таким образом, для передачи качественного видеоизображения от удаленной видеокамеры по линии связи с применением РК-кабеля необходимо рассчитывать затухание, вносимое данной линией в передаваемый сигнал, использовать один или несколько специализированных усилителей видеосигнала. При применении нескольких специализированных видеоусилителей расстановка данных видеоусилителей должна также рассчитываться по длине линии связи. Только в этом случае в системе будет передаваться и обеспечиваться прием качественного видеосигнала.

Передача по оптоволоконному кабелю — надежный и проверенный способ. Оптоволокно способно передавать потоки данных большого объема на расстояние до 500 км с теоретической скоростью в 10 Тбит/с. Такая реализация идеально подходит для систем видеонаблюдения, но является достаточно дорогостоящей. В последнее время стало появляться дешевое оборудование для решения вопроса «последней мили» — обеспечения высокоскоростного многополосного канала на короткое расстояние. Это так называемые оптоволоконные модемы, способные передавать информацию на расстояние до 5 км по многомодовому кабелю со скоростью 2048 Кбит/с в обе стороны.

Оптоволокно подразделяется на 2 типа: для внешней и внутренней проводки. Кабель для внешней проводки менее подвержен износу и механическим повреждениям, а также атмосферным и температурным перепадам, не требует больших дополнительных затрат при прокладке. Наряду с высокой ценой оптоволокно имеет и другой недостаток — высокую хрупкость кабеля и невозможность сгиба под прямым углом. Радиус изгиба должен составлять 13 внешних диаметров кабеля. Как следствие, сложность обнаружения места повреждения и дорогостоящая замена: наращивать кабель нельзя.

За последнее десятилетие существенно возрос спрос на новые технологии, которые сокращают затраты на решение и сохраняют высокие скорости передачи. Такими стали технологии, объединенные под общим названием xDSL (Digital Subscriber Line — цифровая абонентская линия). Они обеспечивают обмен информацией по телефонным линиям или медной паре. В настоящий момент их несколько, и они различаются своими характеристиками.

Технология передачи ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line — асимметричная цифровая абонентская линия), характеризуется разной скоростью входящих и исходящих потоков. В среднем она составляет 7,5 Мбит/с и 928 Кбит/с соответственно. Устройства работают в двух режимах передачи данных — фиксированном и адаптивном. В первом случае скорость входящего и исходящего потоков четко задана. В адаптивном варианте модем синхронизируется с максимальной скоростью передачи данных в зависимости от состояния линии и расстояния.

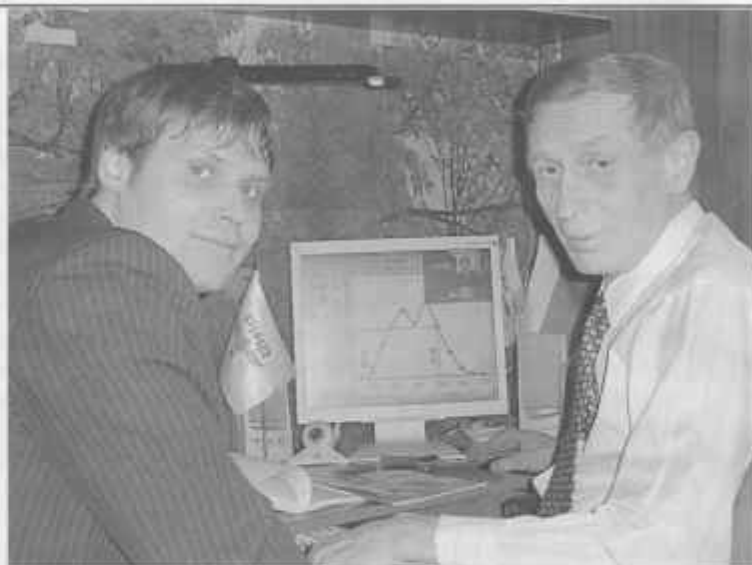
Технологии SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line) и позволяет обеспечить высокую скорость исходящего трафика. При соединении по медной паре с другим таким же модемом она дает возможность обмениваться информацией со скоростью от 128 кбит/с до 2,048 Мбит/с на расстояние до 6 км. Скорость задается вручную и может зависеть от состояния линии.

При использовании стандарта SHDSL скорость передачи составляет 4,608 Мбит/с при длине линии до 2,6 км. Отметим, что помимо стандартного телефонного кабеля для соединения можно использовать витую пару. Стоимость обеих за 1 м на порядок ниже, чем стоимость оптоволоконного кабеля.

Технологии беспроводной связи отличает отсутствие соединяющего кабеля, легкая и удобная настройка и высокая скорость соединения. Технология радиодоступа использует стандарты серии IEEE 802.11. Стандарты работают на частоте 2,4 ГГц, максимальная пропускная способность составляет от 2 до 54 Мбит/с, а расстояние — до нескольких сот метров.

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ В УСТРОЙСТВАХ СЦБ

Средства оптоэлектроники для устройств СЦБ применяются в основном для замены ламп накаливания светофоров на светодиодные матрицы (СДМ) и для управления станционными светофорами или другими функциональными узлами аппаратуры СЦБ.



Евгений Олегович Савельев, к.т.н., и Борис Сергеевич Сергеев, д.т.н. (УргПУС)

Преимущество применения СДМ в светофорах подтверждается рядом отечественных и зарубежных публикаций [1–5]. При этом выделяются два основных положительных качества: увеличение долговечности функционирования светофоров без замены излучающих элементов и повышение энергетической эффективности, то есть снижение потребляемой мощности.

Определим свойства светофоров железнодорожного транспорта при их реализации на основе СДМ.

Долговечность работы, или срок службы, светофоров является единственным преимуществом СДМ по отношению к лампам накаливания, которое не требует использования каких-либо специальных мер по обеспечению функционирования светофора. Существующие полупроводниковые структуры имеют гарантированный срок службы $t_{\text{ср}}$ не менее 10 тыс. ч. Практически же при рационально выбранных электрических и тепловых режимах работы $t_{\text{ср}}$ составляет более 30–50 тыс. ч.

КПД светодиодных структур определяется соотношением подводимой электрической мощности и яркости излучения. Принципиально иные по отношению к лампам накаливания физические основы получения требуемой яркости излучения позволяют снизить пот-

ребляемую светофором мощность. Однако степень снижения потребляемой мощности зависит от конкретного схемотехнического решения включения СДМ. Это связано с тем, что яркость излучения СДМ определяется током, протекающим через светодиоды, а это требует применения в светодиодных светофорах источников тока, а не источников напряжения, которые используются в ламповых светофорах. Возможны три практических варианта реализации формирователей заданной величины тока для светодиодных светофоров: с использованием активных резисторов (R -формирователи тока); с использованием конденсаторов (C -формирователи тока); с использованием индуктивных элементов (L -формирователи тока).

R -формирователи тока использовались в первых отечественных разработках светодиодных светофоров. Преимуществом таких формирователей является простота схемы. Однако КПД подобных светофоров невелик, что обусловлено наличием бесполезной мощности потерь, рассеиваемой активным резистором. В частности, мощность, рассеиваемая этим резистором для одной группы последовательно включенных светодиодов, определяется

$$P_R = I_{\text{ср}}^2 \left\{ \frac{\delta_E E_{\text{мин}} - k \delta_U U_{\text{свмбс}}}{E_{\text{мин}} + k [\delta_R - 1] U_{\text{ср}}^* R_{\text{свмбс}} - U_{\text{свмбс}}} \right\}^2 [E_{\text{мин}} - k (U_{\text{свмбс}} + I_{\text{ср}}^* R_{\text{свмбс}})] \quad (1)$$

где $\delta_E = \frac{E_{\max}}{E_{\min}}$, E_{\max} и E_{\min} – максимальное и минимальное напряжения питания СДМ; $\delta_U = \frac{U_{\text{св. мин}}}{U_{\text{св. макс}}}$,

$U_{\text{св. мин}}$ и $U_{\text{св. макс}}$ – минимальное и максимальное падения напряжения на единичном светодиоде при изменении температуры окружающей среды и технологических разбросах; $\delta_R = \frac{R_{\text{св. мин}}}{R_{\text{св. макс}}}$, $R_{\text{св. мин}}$ и $R_{\text{св. макс}}$ – минимальное

и максимальное значения дифференциального сопротивления единичного светодиода; k – количество последовательно включенных светодиодов в одной группе; $I_{\text{св}}^*$ – значение тока, протекающего через светодиоды, которое требуется задавать для обеспечения требуемой яркости излучения СДМ.

Как показывает анализ уравнения (1), снижение мощности $P_{\text{св}}$ достигается при повышении стабильности питающего напряжения, когда $E_{\min} = E_{\max}$, и при уменьшении разницы между значениями напряжений $U_{\text{св. мин}}$ и $U_{\text{св. макс}}$, а также сопротивлений $R_{\text{св. мин}}$ и $R_{\text{св. макс}}$. Практически в достаточно полной степени это невыполнимо, так как потенциальные параметры светодиодов $U_{\text{св}}$ и $R_{\text{св}}$ имеют существенный температурный и технологический разброс.

Наравне с изложенными недостатками схемы включения светодиодов с активными резисторами позволяют реализовать принципиально новые возможности получения различной цветности излучения в одной СДМ. Одно из подобных технических решений приведено в [6].

С-формирователи тока обладают более высоким КПД. Функции формирования заданного тока через светодиоды выполняет ограничивающий конденсатор. Поэтому питание и управление светофором осуществляется от источника переменного напряжения. Для подобного принципа реализации светодиодного светофора величина среднего значения тока, который определяет яркость излучения СДМ и протекает через две параллельно включенные группы светодиодов, находится

$$I_{\text{св1}} = I_{\text{св2}} = 2 f C (\sqrt{2} E - k U_{\text{св}}), \quad (2)$$

где f – частота сети переменного напряжения E (действующее значение) источника питания; C – емкость конденсатора.

Амплитуда импульса тока светодиодов находится:

$$I_{\text{св макс}} = 2 \sqrt{2} \pi f C E. \quad (3)$$

Очевидно, что так как конденсатор C рассеивает только реактивную мощность, то потери активной мощности в этой схеме отсутствуют. Следовательно, ее КПД будет существенно больше, чем у предыдущей схемы формирования тока. Так как параметры $U_{\text{св}}$ и $R_{\text{св}}$

светодиодов и их изменения не вызывают появления дополнительной активной мощности потерь на токоформирующем элементе, то их экстремальные значения не входят в выражение (2).

Разработаны различные модификации схем подобных светофоров, один из вариантов которых описан в [7].

L -формирователи тока являются вторым вариантом устройства, в котором отсутствуют бесполезные потери активной мощности, что делает их привлекательными для применения [8]. Функция, определяющая ток, протекающий через группы последовательно включенных светодиодов, имеет вид

$$i_{\text{св}}(t) = \frac{U_{\text{св}}}{R_{\text{св}}} \left[1 - \exp\left(-\frac{k R_{\text{св}}}{L_2} t\right) + I_{\text{св}}^* \exp\left(-\frac{k R_{\text{св}}}{L_2} t\right) \right], \quad (4)$$

где L_2 – индуктивность обмотки трансформатора или дросселя, формирующего ток через светодиоды. Среднее значение тока, протекающего через эти светодиоды, находится

$$I_{\text{св}} = \frac{E t_n w_1}{2 m L_2 w_2} \left(1 - \frac{t_n}{T} \right), \quad (5)$$

где t_n – длительность импульса тока, протекающего через светодиоды при периоде их следования, равном T ; w_1 и w_2 – число витков обмоток m последовательно включенных трансформаторов устройства.

Включение светодиодов в функционально полной СДМ светофора может быть различным. В реальном светофоре для создания требуемой яркости излучения используются СДМ с несколькими светодиодами. В общем случае возможно как параллельное, так и последовательное их соединение.

Если все светодиоды СДМ соединены последовательно, то обрыв одного из них (наиболее типичный вид отказа) приводит к отказу всей СДМ и, следовательно, к изменению сигнализации светофора в более запрещающее показание. Замыкание одного или нескольких светодиодов практически не сказывается на функционировании светофора, за исключением изменения яркости излучения. В случае параллельного соединения всех светодиодов обрыв любого из них не приведет к существенным негативным последствиям, а замыкание любого из светодиодов обусловит погасание СДМ.

Очевидно, что непосредственная замена лампы накаливания на светодиоды невозможна. Полное последовательное или параллельное включение светодиодов нерационально с точки зрения надежности функционирования. Поэтому в существующих отечественных и зарубежных светодиодных светофорах используется смешанное соединение светодиодов, когда СДМ состоит из нескольких параллельных групп,

каждая из которых представляет собой последовательное соединение нескольких светодиодов. Причем выбор количества светодиодов в группе $N_{гг}$ и числа групп $N_{г}$ осуществляется весьма произвольно и без достаточно корректного обоснования. Здесь общее количество единичных светодиодов в СДМ равно $N_{\Sigma} = N_{гг} \times N_{г}$. Одним из факторов, который должен определять соотношение между значениями $N_{гг}$ и $N_{г}$, является реализация функции выполнения контроля работоспособности СДМ в светофоре (выбор вида огневого реле).

Параметры яркости излучения светодиодного светофора существенно отличаются от лампового светофора. В первую очередь это определяется тем, что яркость излучения различных отдельных светодиодов различна даже при одном и том же протекающем через них токе. Это свойственно любым полупроводниковым структурам и обусловлено физическими принципами работы $p-n$ -переходов. Поэтому приходится делать подбор светодиодов. Кроме того, изменение температуры кристалла вызывает изменение прямого падения напряжения $U_{пр}$ на переходе. Если не принимаются специальных мер схемотехнического характера, то это повлечет за собой изменение тока, протекающего через светодиод, что вызовет изменение яркости излучения. В этом смысле при проектировании светофора следует различать интегральную и поэлементную яркость излучения СДМ.

С точки зрения стабильности тока, протекающего через светодиоды, наилучшими эксплуатационными характеристиками обладают устройства с использованием L -формирователей тока, у которых, как видно из (5), величина тока $I_{гг}$ зависит только от параметров элементов схемы управления СДМ, а не от характеристик светодиодов.

Контроль яркости излучения в светофорах с использованием СДМ принципиально необходим, в отличие от светофоров с лампами накаливания. Это обусловлено определенной нестабильностью яркости излучения СДМ. Наиболее эффективным средством подобного контроля является непосредственное измерение светового потока, что осуществлено в устройстве [9], где реализовано качество регулирования яркости излучения.

Огневые реле, используемые в ламповых светофорах, выполняют функции контроля тока, протекающего через нить накаливания, однако обобщенной функцией огневого реле является контроль излучения лампы накаливания. Таким образом, огневое реле осуществляет контроль яркости излучения светофора косвенным методом. Для ламповых светофоров принято, что отсутствию излучения лампы накаливания соответствует обрыв ее нити, то есть прекращение тока, протекающего через лампу накаливания. Однако это не реализует полнофункционального контроля

излучения. При замыкании или шунтировании через определенное сопротивление соединительной линии от светофора до поста ЭЦ огневое реле может оставаться во включенном состоянии, создавая ложную информацию о наличии на светофоре запрещающего или разрешающего показания.

В светодиодных светофорах измерение яркости излучения СДМ косвенным методом наталкивается на определенные трудности. Основная из них заключается в том, что СДМ состоит из большого числа единичных излучающих элементов и обычно происходит одноразовый или постепенный отказ одного или нескольких элементов. При разделении светодиодов СДМ на параллельные группы $N_{гг}$ обрыв в любой из них приводит к изменению тока на относительно небольшую величину тока в линейной цепи $\Delta I_{гг}$, в отличие от ламповых светофоров. Причем для равного числа $N_{гг}$ чем меньше количество $N_{гг}$ и больше $N_{г}$, тем меньше будем иметь значение $\Delta I_{гг}$, что затрудняет обнаружение отказа СДМ. Следовательно, задача обнаружения неисправности СДМ требует создания нового типа огневого реле, в состав которого должно входить пороговое устройство с достаточно точными измерительными характеристиками. Очевидно, что это должно быть электронное устройство, а не простое электромагнитное реле, чьи измерительные свойства невысоки. Одним из технических решений, позволяющим согласовать светодиодные светофоры с существующими устройствами СЦБ, может быть устройство [10]. В нем используется двухобмоточное огневое реле, а для задания порогов его срабатывания применено регулируемое подмагничивание по одной из обмоток при помощи внешнего источника напряжения. В этом случае ток отпущения огневого реле определится

$$I_{отп} = I_{ср} - I_{всп} \frac{W_{всп}}{W_{осн}}, \quad (6)$$

где $I_{ср}$ – ток срабатывания реле (паспортный параметр); $I_{всп}$ – ток подмагничивания, протекающий по вспомогательной обмотке $W_{всп}$; $W_{осн}$ – число витков основной обмотки реле, включенной последовательно в линейную цепь светофора.

Функционально наиболее полным и надежным «огневым» реле является устройство, достаточно точно контролирующее как нижний, так и верхний уровни тока, потребляемого светодиодным светофором. При этом требуется назначение нормы величины тока $\Delta I_{гг}$, которую должно реализовать устройство контроля.

Однако «огневые» реле той или иной степени сложности и точности являются косвенными измерителями яркости излучения СДМ. Непосредственный контроль достигается при использовании оптической обратной связи [9]. Здесь применены

фотоприемники (фоторезисторы или фотодиоды) для непосредственного интегрального измерения яркости излучения СДМ, изменения параметров которых изменяют временные характеристики управления работой L -формирователей тока. В частности, как видно из (5), изменение длительности импульсов t_i или периода их следования T приводит к изменению величины тока $I_{ср}$, что изменяет яркость излучения СДМ.

Очевидно, что способ определения яркости, основанный на непосредственном измерении излучения фотоприемниками, является более точным и надежным.

Фоновая засветка оптической системы светофора внешними источниками, например солнцем, может иногда затруднить считывание показания светофора машинистом поезда. В других случаях, в частности в сумерки или в пасмурную погоду, при наличии прямого участка пути возможно перепутывание показаний ближнего или дальнего светофора. Подобных ситуаций можно избежать, если в оптический канал измерения яркости излучения ввести сигнал от другого фотоприемника, реагирующего на уровень оптического сигнала внешней фоновой засветки, который при увеличении яркости внешней засветки будет увеличивать яркость излучения СДМ, а при уменьшении – уменьшать яркость излучения СДМ. Этим достигается автоматическое регулирование излучения светофора при помощи цепи обратной связи и обеспечиваются лучшие условия восприятия его показаний.

Реализация режимов ДСН и СМ в светодиодных светофорах затруднительна из-за нелинейности оптико-электрических характеристик светодиодов и их неодинаковости из-за наличия технологических разбросов их параметров. Устранение этого недостатка достигается путем использования описанных выше методов измерения яркости излучения по оптическому каналу. В частности, в техническом решении [9] в цепи управления временными параметрами импульсов управления L -формирователя включены контакты реле, которые являются входным сигналом модулятора, что дискретно изменяет яркость излучения СДМ, а для поддержания или изменения яркости используется ранее описанная цепь обратной связи.

Следовательно, имеющиеся специфические негативные свойства светодиодных светофоров могут быть устранены при помощи созданных технических решений. Вариантность и функциональная и количественная избыточность этих решений позволяют применять их при различных требованиях, выданных в ТЗ на проектирование, и для различных условий эксплуатации.

Анализ, выполненный в процессе выполнения НИР, позволил определить возможности использования СДМ не только в светофорах железнодорожного транспорта. В частности, один из вариантов устройс-

тва, предназначенного для отображения различного вида информации: цифровой, буквенной, видеоизображений, в том числе и движущихся, описан в [11]. Подобные устройства могут быть использованы в качестве информационных табло больших геометрических размеров или для рекламных целей. Применение их позволяет существенно, в несколько раз, снизить потребляемую мощность, что является значимым при больших площадях устройств отображения информации, когда эта мощность составляет единицы киловатт или более.

Управление электронными или электротехническими объектами при помощи использования средств оптоэлектроники, в частности волоконно-оптических линий связи (ВОЛС), широко распространено в промышленности. Во многих случаях, в том числе и на железнодорожном транспорте, применение ВОЛС ограничено устройствами связи для передачи маломощных информационных сигналов.

Одним из важнейших преимуществ ВОЛС, которое определяет их широкое использование, является исключение из тракта передачи электрических сигналов металлических, в том числе и дорогостоящих медесодержащих, материалов. Это является немаловажным фактором при больших длинах линий и их большом количестве. Станция с электрической централизацией (ЭЦ) стрелок и сигналов является именно таким объектом. Рассмотрим возможности использования ВОЛС на примере управления станционными светофорами.

Непосредственная замена линий управления, соединяющих пост ЭЦ и станционные светофоры, невозможна из-за того, что по этим линиям одновременно передается как сигнал управления, так и переменное напряжение электропитания излучателей (ламп накаливания или СДМ). Предлагается разделение функций управления и электропитания, где для управления возможно применение ВОЛС. Для электропитания излучателей используется переменное напряжение, которое практически всегда имеется в горловинах станций. При подобной практической реализации способа управления станционными светофорами наиболее критичным становится вопрос безопасности согласования выхода ВОЛС с управляющим входом излучателя. Этот вопрос решается в устройстве, описанном в [12], где для снижения мощности, передаваемой по ВОЛС, в безопасном устройстве согласования применяются МОП-транзисторы, входное сопротивление которых велико и вследствие этого мощность управления транзисторами пренебрежимо мала. Такое свойство МОП-транзисторов позволяет применять для их управления фото-ЭДС фотодиодов, используемых в качестве приемников оптических сигналов от ВОЛС. Кроме того, в безопасном устройстве управления используется динамический режим работы. Контроль

функционирования светофора осуществляется путем непосредственного определения наличия излучения и передачи сигнала на пост ЭЦ по ВОЛС.

Описанный способ может быть использован и для управления другими станционными объектами СЦБ. Одновременно с этим можно определить области применения других, кроме СДМ и ВОЛС, функциональных узлов оптоэлектроники. К ним относятся, например, солнечные батареи, которые за последнее время ста-

ли применяться за рубежом для электропитания устройств СЦБ даже в средних географических широтах [5].

Следовательно, имеются широкие возможности для применения средств оптоэлектроники на железнодорожном транспорте. Эти возможности требуют проведения дальнейших исследований и выполнения соответствующего технико-экономического обоснования.

Литература

1. Сергеев В.С., Савельев Е.О. Вопросы реализации светодиодных светофоров // Везопасность движения поездов : Труды IV науч.-практ. конф. - М.: МИИТ МПС РФ, 2003. - С. 11 - 23.
2. Савельев Е.Г., Сергеев В.С. Новое поколение светофоров // Инновации в эксплуатации и развитии железнодорожного транспорта: Труды науч.-практ. конф. - Щербинка: ОАО «РЖД», 2004. - С. 211-212.
3. Стагл Дж. Светофоры на светодиодах на железных дорогах США // Железные дороги мира. - 2002. - № 7. - С. 68-70.
4. Stagl J. Cnsscroussing roads // Progressive Railroading. - 2004. - № 1. - P. 20-27.
5. Ром В. Гелиоустановки для железных дорог // Железные дороги мира. - 2004. - Ш 4. - С. 51-57.
6. Пат. РФ N2 2239575. Трехзначный светодиодный светофор / В.С.Сергеев, Е.О.Савельев. - Публ. 2004. - №31.-5 с.
7. Пат. РФ N2 2250846. Конденсаторный светодиодный светофор / В.С. Сергеев, Е.О.Савельев. - Публ. 2005. - №12.-3 с.
8. Пат. РФ № 2237291. Светодиодный светофор / Е.О.Савельев, В.С. Сергеев. - Публ. 2004. - № 27. -3с.
9. Пат. РФ № 2249524. Регулируемый светодиодный светофор / Е.О. Савельев, В.С.Сергеев. - Публ. 2005. - №10.-5 с.
10. Заявка на изобретение № 2004133437. Устройство контроля светофора / В.С.Сергеев, Н.В.Курченко. - Решение ФИПС № 200413347/11 (036369) о выдаче патента РФ от 08.11.05.
11. Пот. РФ № 2262217. Способ управления излучением светодиодной матрицы и устройство для его осуществления / В.С.Сергеев, Е.О.Савельев. - Публ. 2005. - № 28. -6 с.
12. Пат. РФ № 2265540. Устройство управления станционными светофорами / В.С.Сергеев, Н.В.Курченко. - Публ. 2005. - № 34.

О ПРОБЛЕМЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА И ЛОКОМОТИВНОЙ РАДИОАППАРАТУРЫ

При совместной работе различных технических средств возникает проблема обеспечения их электромагнитной совместимости (ЭМС). На значимость решения этой проблемы указывается в Федеральном законе [1] и в технической литературе [2].



Петр Иванович Художитков, к.т.н. (УрГУПС)

Во второй главе Федерального закона установлены следующие определения [1]:

– ЭМС технических средств – способность технических средств функционировать с заданным качеством в определенной электромагнитной обстановке, не создавая при этом недопустимых электромагнитных помех другим техническим средствам и недопустимых электромагнитных воздействий на биологические объекты;

– электромагнитная помеха – электромагнитное явление или процесс естественного или искусственного происхождения, которые снижают или могут снизить качество функционирования технического средства. Электромагнитная помеха может излучаться в пространство или распространяться в проводящей среде;

– электромагнитная обстановка – совокупность электромагнитных явлений и (или) процессов в данной области пространства или данной проводящей среде в частотном и временном диапазонах.

С учетом этих определений целесообразно рассмотреть существующую проблему обеспечения ЭМС мощного силового электрооборудования электроподвижного состава (ЭПС) и слаботочной локомотивной радиоаппаратуры.

Локомотивная радиостанция (ЛРС) в системе поездной радиосвязи (ПРС) – это единственное средство связи с машинистом магистрального (поездного) локомотива (ТЧМ). Система ПРС – это система оперативного управления движением поездов и обеспечения безопасности их движения.

От эффективности ее функционирования зависит достоверность и своевременность обмена оперативно-служебной информацией между ТЧМ и оперативными работниками (ДНЦ и ДСП). Указанные критерии оценки качества радиосвязи при обмене информацией могут быть выполнены только при безотказно действующей системе ПРС. Но в реальных условиях эксплуатации радиосвязь с машинистами локомотивов нарушается как из-за отказов самой радиоаппаратуры (стационарных и особенно локомотивных радиостанций), так и из-за действия радиопомех, возникающих за счет изменения режимов работы мощного силового электрооборудования на ЭПС и тяговой сети, а также высоковольтных трехфазных линий электропередачи, коммутации различной пускорегулирующей аппаратуры на локомотивах (в первую очередь на электроваззах), на тяговых подстанциях и в устройствах автоматики и телемеханики.

Основные источники помех на ЭПС – это тяговые двигатели, выпрямительные установки, преобразователи электроэнергии, пускорегулирующая аппаратура, фазорасщепители, токоприемники (пантографы), мотор-вентиляторы, мотор-компрессоры и различного рода вспомогательные машины. Все эти устройства (все вместе и каждое в отдельности) создают высокий уровень радиопомех, который намного возрастает при движении локомотива и особенно в момент отрыва пантографа от контактного провода. Поэтому на первый план во время движения электровазза выдвигается проблема ЭМС мощного силового электрооборудования ЭПС и локомотивной радиоаппаратуры.

по помехоустойчивости стационарных и особенно локомотивных радиостанций.

Помехоустойчивость – это способность локомотивной радиостанции в частности и системы ПРС в целом сохранять рабочие параметры и электрические характеристики неизменными при изменении параметров помех. Как показывают практика и анализ результатов исследования, в наиболее сложной помеховой обстановке функционирует система ПРС в диапазоне гектометровых волн (рабочая частота 2130 кГц) [3]. Используемая в настоящее время аналоговая радиоаппаратура весьма чувствительна к уровню помех, который может изменяться в очень широких пределах.

Радиостанции в системе ПРС относятся к слаботочной радиоаппаратуре. Они подвержены сильному электромагнитному воздействию со стороны мощного стационарного (тяговые подстанции и высоковольтные линии электропередачи) и локомотивного электрооборудования.

Для подтверждения постоянно действующего мощного электромагнитного влияния на радиоаппаратуру в диапазоне гектометровых волн воспользуемся обобщенными статистическими данными (рис. 1 и 2), полученными при проведении измерений уровней помех на входе приемников локомотивных радиостанций, эксплуатируемых на электровозах переменного (ВЛ60, ВЛ80 и ВЛ85) и постоянного (ВЛ10, ВЛ11, ВЛ15 и ВЛ22М) тока [3]. Помехи носят случайный импульсный характер. Из анализа результатов измерений уровней радиопомех на электровозах переменного тока (см. рис. 2) следует, что средний уровень импульсных помех составил 62 дБ (1250 мкВ) при минимальном уровне помех 42 дБ (250 мкВ). Именно этот уровень помех и определяет реальную чувствительность приемника. Нормированная чувствительность приемника, согласно паспортным данным радиостанций составляет 14–34 дБ (5–50 мкВ). Итак, реальная чувствительность приемника минимум в 5, а максимум в 50 раз ниже нормированной. Уровень помех на входе приемника локомотивной радиостанции при электротяге переменного тока с вероятностью 0,8 составляет 68 дБ (2500 мкВ). Предельно допустимая величина помех, согласно действующей инструкции ЦШ МПС № 4783 [4], не должна превышать 60 дБ (1000 мкВ). Следовательно, реальный уровень помех, создаваемых локомотивным оборудованием, превышает нормированную величину в 2,5 раза.

Обобщенные результаты измерений уровней радиопомех при электротяге постоянного тока показывают (см. рис. 1), что средний уровень находится в пределах 40–54 дБ (100–500 мкВ) [3]. Минимальный уровень не превышает 44 дБ (160 мкВ), он определяет реальную чувствительность локомотивного приемника на электровозах постоянного тока. Здесь необхо-

димо отметить, что такая чувствительность (160 мкВ) приемника ниже нормативной в эксплуатируемой радиоаппаратуре в 3–32 раза и составляет 14–34 дБ (5–50 мкВ).

Максимальный уровень радиопомех на электровозах постоянного тока с вероятностью 0,8 составляет 62–64 дБ (1300–1600 мкВ). Если при этом учесть, что предельно допустимые (нормированные) уровни помех в соответствии с [3] не должны превышать 58 дБ (800 мкВ), то можно утверждать, что превышение уровней помех при электротяге постоянного тока составляет 1,6–2 раза.

Чувствительность приемника определяет тот минимальный уровень сигнала на его входе, при котором срабатывает шумоподаватель. Из вышеизложенного следует, что локомотивная радиоаппаратура функционирует в очень сложной помеховой обстановке, поскольку эта электромагнитная среда создается мощным силовым локомотивным и стационарным электрооборудованием. Это значит, что электрические железные дороги – мощная влияющая энергосистема, а слаботочная стационарная и локомотивная радиоаппаратура – смежная с ней система. При этом смежная система подвержена наибольшему электромагнитному влиянию, а обратного электромагнитного воздействия смежной системы на влияющую практически не существует.

В связи с этим возникает проблема обеспечения ЭМС силового электрооборудования ЭПС и локомотивных радиостанций (ЛРС).

Полностью исключить электромагнитное влияние силового электрооборудования ЭПС на систему ПРС (в частности, на локомотивную аппаратуру), вероятно, нельзя, поскольку аппаратура радиостанций размещена на подвижных объектах, непосредственно создающих эту сложную электромагнитную среду. Но привести существующий уровень радиопомех на ЭПС к норме просто необходимо, что позволяет создать условия по сближению ЭМС электрооборудования ЭПС и аппаратуры локомотивных радиостанций. В нашем случае в качестве временного стандарта по нормированию уровней помех на ЭПС можно считать указанную выше инструкцию ЦШ МПС № 4783 [4].

На современном этапе в соответствии с [4] достаточно выполнить требование по снижению радиопомех до предельно допустимого (нормированного) уровня. Уже при выполнении этого требования обеспечивается электромагнитная совместимость силового электрооборудования ЭПС и локомотивной радиоаппаратуры.

Но в дальнейшем на основе дополнительного исследования радиопомех на ЭПС необходимо установить наиболее вероятные и интенсивные источники их излучения и разработать эффективные рекомендации по существенному снижению помех.

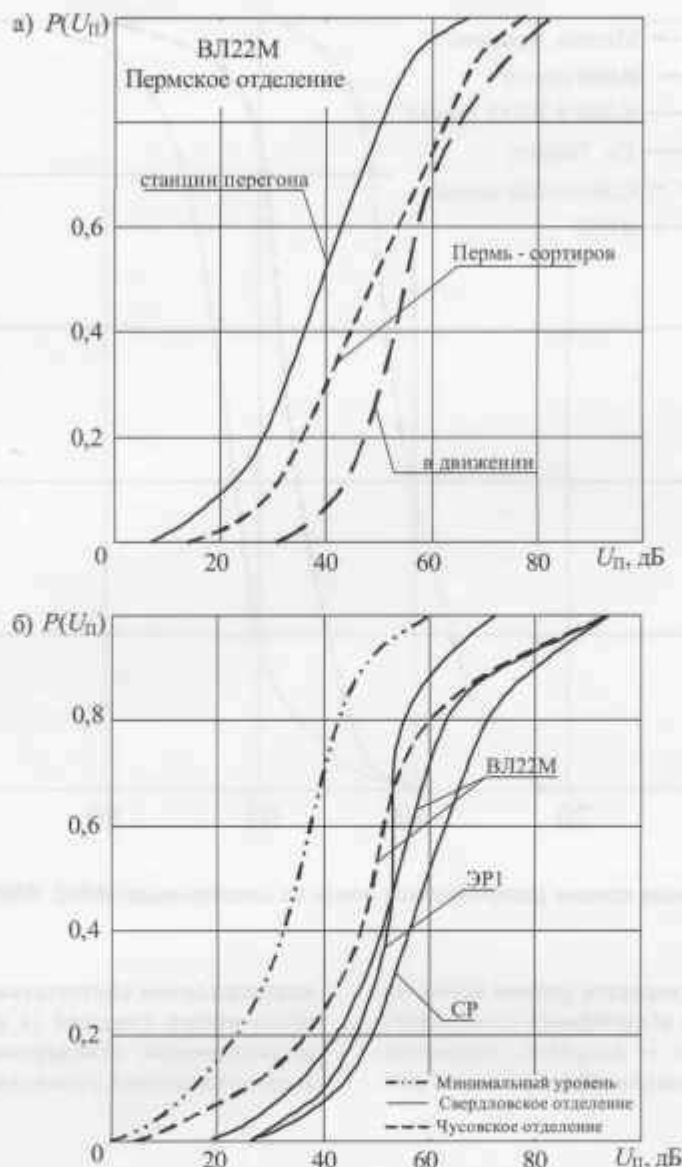


Рисунок 1 — Интегральные кривые распределения помех на электровозах ВЛ22М и электропоездах СП и ЭР1

Следовательно, проблема необходимости обеспечения ЭМС ЭПС и ЛРС существует, поскольку ЛРС подвержена мощному электромагнитному влиянию при работе электрооборудования на электровозах. Поэтому уточнение уровня радиопомех на ЭПС необходимо провести с учетом разработки дополнительных помехопоглощающих устройств. Снижение электромагнитного влияния ЭПС на ЛРС может быть достигнуто за счет:

- выбора для существующих радиостанций на электровозах места с минимальным уровнем радиопомех;
- повышения помехозащищенности приемопередающей радиоаппаратуры;

- повышения КПД локомотивных антенн;
- усовершенствования схем антенно-согласующих устройств;
- разработки для установки на электровозах более эффективных устройств защиты локомотивной радиоаппаратуры от радиопомех.

В комплексе все это позволяет более точно осуществлять нормирование уровней помех на ЭПС, значительно увеличивать эффективность функционирования локомотивной радиоаппаратуры и тем самым улучшать дальность, надежность и качество радиосвязи с машинистами поездных локомотивов.

Таким образом, на основе уже известных [3] и этих дополнительных данных появится реальная

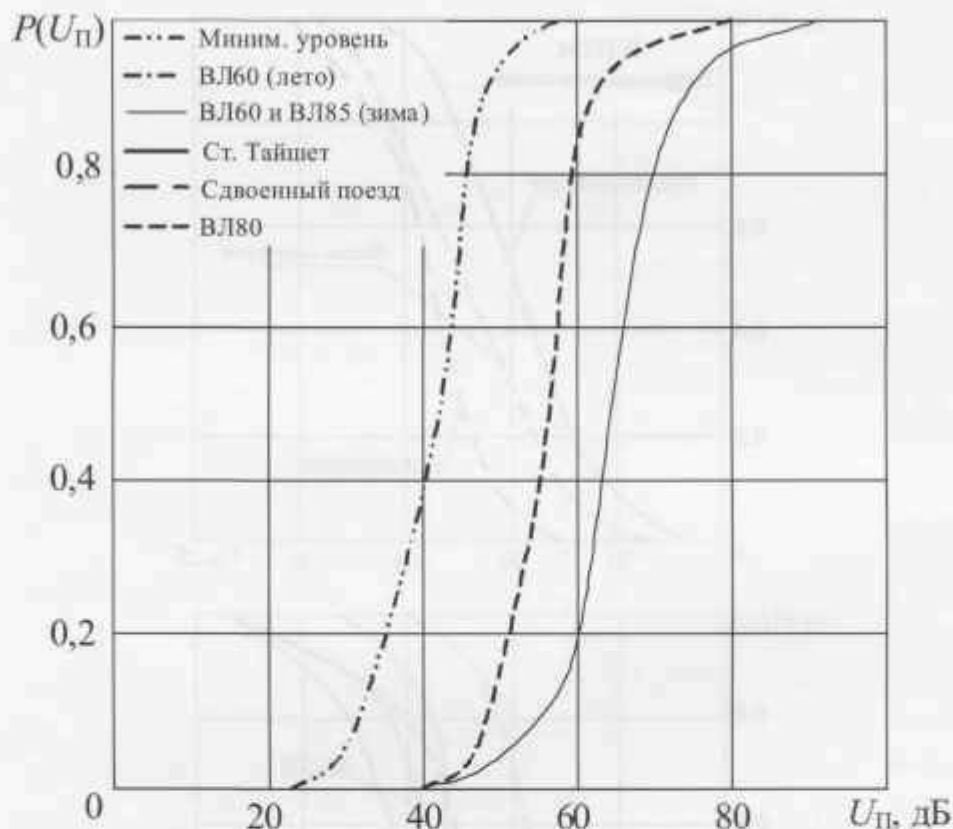


Рисунок 2 — Интегральные кривые распределения помех на электропоездах ВЛ60, ВЛ80 и ВЛ85

возможность стандартизировать уровни помех на ЭПС и в итоге утвердить «Сертификат электромагнитной совместимости» — документ, выданный в соответствии с правилами сертификации для

подтверждения соответствия сертификационного технического средства (в данном случае — ЭПС) установленным стандартам и требованиям по электромагнитной совместимости [1].

Литература

1. О государственном регулировании в области обеспечения электромагнитной совместимости технических средств: Федеральный закон РФ. — М.: Госдума, 1999.
2. Бадер М.П. Электромагнитная совместимость. — М.: УМ К МПС, 2002. — 638 с.
3. Художитков П.И. Анализ условий эксплуатации и режимов работы электрооборудования локомотивов и их влияние на надежность поездной радиосвязи: Автореф. ... канд. техн. наук. — Екатеринбург: УрГУПС, 1995. — 22с.
4. Правила и нормы по оборудованию магистральных и маневровых локомотивов электро- и дизель-поездов средствами радиосвязи и помехоподавляющими устройствами. ЦШ-4783. — М.: Транспорт, 1991. — 31 с.

ОБГОН В ПРАВИЛАХ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Обгон — один из самых сложных и опасных маневров, выполняемых водителями во время движения. Сложность обгона в основном заключается в том, что при этом маневре могут быть затронуты интересы нескольких участников движения: пешеходов, машинистов подвижного состава железной дороги, водителей попутных и встречных транспортных средств. Опасность же обгона вытекает из необходимости двигаться быстрее какого-либо попутного транспортного средства в условиях ограниченной при этом видимости и обзорности.



Владимир Анатольевич Городокин, зам. начальника экспертно-криминалистического центра ГУВД Челябинской области, полковник милиции, доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта (ЮУрГУ)

К сожалению, в нынешней редакции Правил дорожного движения (в дальнейшем — Правила), практически все вопросы, касающиеся обгона, как с технической, так и с юридической точки зрения не выдерживают критики и (или) не доработаны или имеют двоякое толкование. Одной из причин показанных ниже недостатков является неясность субъекта, по отношению к которому делается попытка решить проблему безопасности, будь это пешеход, подвижной состав железных дорог или транспортное средство, движущееся в попутном, поперечном или во встречном направлении.

До того как раскрыть несовершенство самого термина «обгон», в предлагаемой работе сначала будут разобраны другие моменты, связанные с данным маневром. Возможно, это в дальнейшем поможет правильно сформулировать и сам термин.

Определим, в каких случаях несовершенство терминологии играет какую-либо роль.

Вероятнее всего тогда, когда обгон запрещен, а именно в случаях, указанных в п.11.5 Правил:

- на регулируемых перекрестках с выездом на полосу встречного движения, а также на нерегулируемых перекрестках при движении по дороге, не являющейся главной (за исключением обгона на перекрестках с круговым движением, обгона двухколесных транспортных средств без бокового прицепа и разрешенного обгона справа);
- на пешеходных переходах при наличии на них пешеходов;

- на железнодорожных переездах и ближе чем за 100 м перед ними;
- транспортного средства, производящего обгон или объезд;
- в конце подъема и на других участках дорог с ограниченной видимостью с выездом на полосу встречного движения.

Первая нестыковка начинается сразу же в первом пункте запрещения, точнее — в имеющейся там оговорке, данной в скобках: *«за исключением обгона на перекрестках с круговым движением, обгона двухколесных транспортных средств без бокового прицепа и разрешенного обгона справа»*. Водителям, не всегда обладающим глубокими познаниями в теории русского языка, может быть непонятно, оговорка относится ко второй части запрещения обгона — *«на нерегулируемых перекрестках при движении по дороге, не являющейся главной»* или к обеим частям — ко второй и к первой, т.е. и к запрещению обгона *«на регулируемых перекрестках с выездом на полосу встречного движения»*. Дело в том, что это оказывается очень важно, т.к. если оговорка будет понята таким образом, что ее отнесут только ко второй части, тогда на регулируемых перекрестках будет запрещено осуществлять обгон двухколесного транспортного средства без бокового прицепа, сопряженный с выездом на полосу встречного движения. И наоборот, если оговорка будет отнесена к обеим частям, тогда на регулируемых перекрестках следует допустить обгон двухколесного транспортного средства, осуществляя

при этом выезд на сторону дороги, предназначенную для движения встречных транспортных средств.

Согласно правилам синтаксиса русского языка и логики, второй вариант неприемлем, т.к., во-первых, исключение в скобках относится к тому члену предложения, за которым стоит в предложении, во-вторых, является непринципиальным, выехать в процессе обгона на встречную сторону, обгоняя двухколесное транспортное средство или имеющее большее число колес (рис.1).

Итак, правильнее, чтобы данное исключение относилось ко второй части запрещения, т.е. при запрещении на регулируемом перекрестке обгонять любое транспортное средство с выездом на встречную сторону проезжей части, соответственно разрешено законодателем осуществлять обгон двухколесного транспортного средства на нерегулируемом перекрестке с выездом на встречную сторону при движении даже по дороге, не являющейся главной по отношению к пересекаемой.

С точки зрения упрощения восприятия текста Правил было бы правильнее первое запрещение пункта 11.5 конструктивно разделить следующим образом:

- на регулируемых перекрестках с выездом на полосу встречного движения;
- на нерегулируемых перекрестках при движении по дороге, не являющейся главной (за исключением обгона на перекрестках с круговым движением,

обгона двухколесных транспортных средств без бокового прицепа и разрешенного обгона справа).

При такой конструкции предложения все вопросы снимаются.

Итак, суть исключений понятна, однако остается невыясненным, как указано в начале данной статьи, в отношении кого законодатель пытается решить проблему безопасности.

- Если в отношении транспортных средств, приближающихся к пересечению проезжих частей по главной дороге, тогда это излишне, т.к. процесс сближения транспортных средств на перекрестке регулируется другими пунктами Правил (раздел 13).

Кстати, данный принцип — вводить одно и то же ограничение или запрещение чего-либо в разных разделах, во-первых, касается многих требований, и не только обгона, во-вторых, приводит к путанице при необходимости дать оценку действиям участникам движения, в-третьих, при одной и той же сути требования в разных разделах формулировка их, имея некоторые отличия, приводит к неоднозначной трактовке.

- Если в отношении транспорта, приближающегося также по дороге, не являющейся главной, т.е. со встречного направления, тогда опять непонятно, в чем разница между выездом на встречную сторону проезжей части при обгоне двухколесного транспортного средства (без бокового прицепа) и выездом на встречную сторону проезжей части при обгоне транс-

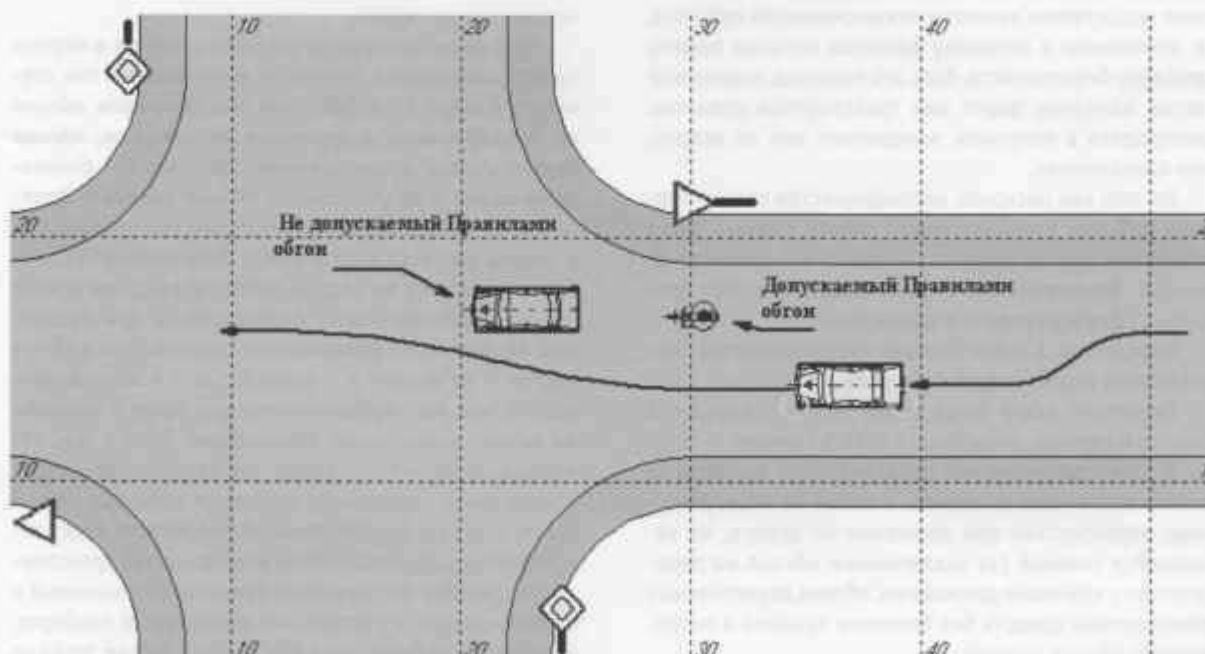


Рисунок 1 — Иллюстрация допустимого обгона двухколесного транспортного средства с выездом на встречную сторону проезжей части и недопустимого такого же маневра при обгоне автомобиля

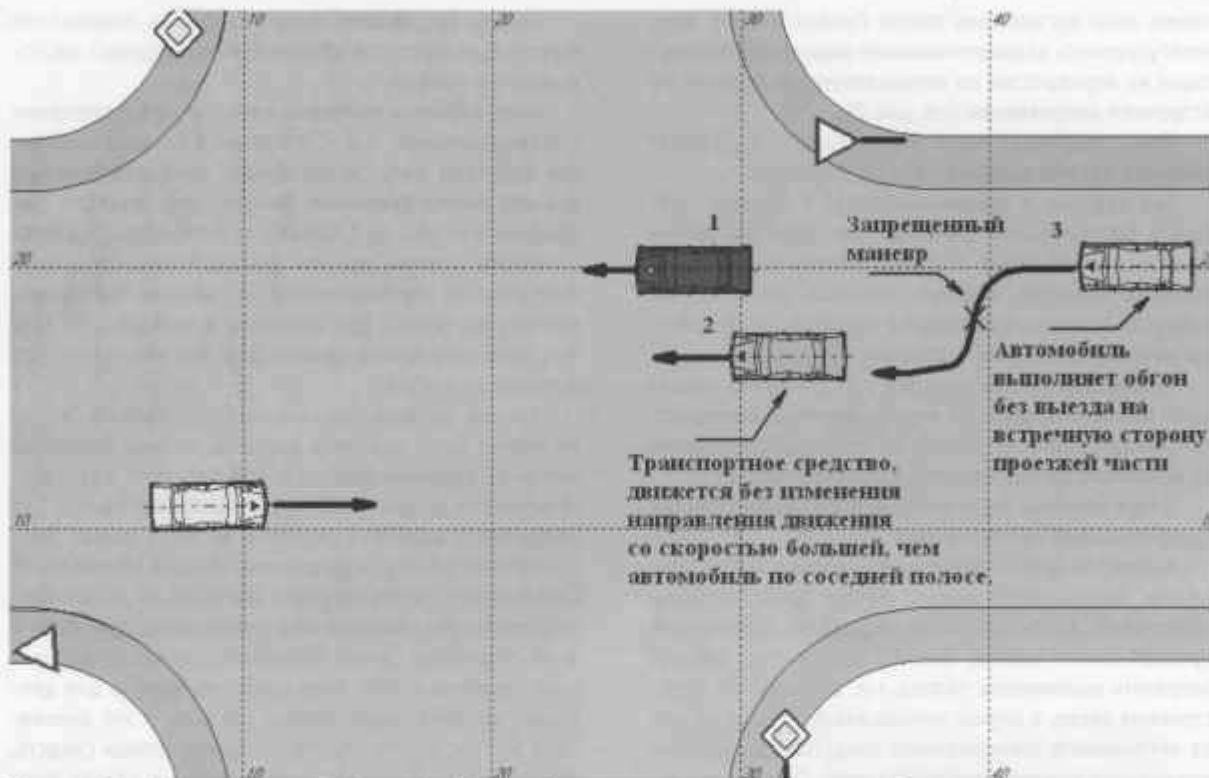


Рисунок 2 — Иллюстрация действий водителей при запрещении выполнения обгона на неравнозначном перекрестке без выезда на встречную сторону проезжей части

портного средства, обладающего большим числом колес. Эта проблема законодателем не решена.

ЭТО первый вопрос. Второй вопрос: в связи с чем на дорогах, не являющихся главными, действует требование, запрещающее на нерегулируемых перекрестках *обгон, не связанный с выездом на встречную сторону проезжей части*? Безусловно, совсем другое дело и степень опасности другая, когда обгон будет выполняться с выездом на встречную сторону.

По мнению автора данной работы, проблема безопасности должна решаться в отношении транспортных средств, приближающихся к перекрестку со встречного направления, при этом **целесообразно обгон запретить на регулируемых, равно как и на нерегулируемых перекрестках на дороге, не являющейся главной, во всех случаях, когда данный маневр сопряжен с выездом на сторону проезжей части, предназначенную для встречного движения**. В противном случае водитель будет иметь право производить обгон двухколесного транспортного средства на нерегулируемом перекрестке на дороге, не являющейся главной, осуществляя указанный маневр с выездом на встречную сторону. Мягко говоря, это приведет к возникновению опасной или аварийной ситуации (см. рис.1).

Вместе с тем при попытке выполнения обгона на нерегулируемом перекрестке на дороге, не являющейся главной, без выезда на встречную сторону проезжей части и решении вопроса безопасности транспортных средств, приближающихся по главной дороге, как указано выше, взаимоотношения участников движения, приближающихся друг к другу в поперечном направлении, регулируются, и достаточно однозначно, в частности, требованиями пункта 13.9 Правил, согласно которым «на перекрестке неравнозначных дорог водитель транспортного средства, движущегося по второстепенной дороге, должен уступить дорогу транспортным средствам, приближающимся по главной, независимо от направления их дальнейшего движения».

Это требование предъявляется к водителю независимо от того, осуществляет ли он обгон или движется со скоростью, большей, чем опережаемое транспортное средство по соседней полосе (рис.2).

Тогда даже на перекрестках неравнозначных дорог на дороге, не являющейся главной, теряет смысл запрещение обгона, не связанного с выездом на встречную сторону проезжей части, конечно, при ус-

ловию, если составитель текста Правил имел в виду отрегулировать взаимоотношения водителей, въезжающих на перекресток по второстепенным дорогам во встречном направлении (см. рис.2).

Итак, следующая часть исключения — «...разрешенного обгона справа». Что же это такое?

Как указано в требованиях п.11.2 Правил, «обгонять безрельсовое транспортное средство разрешается только с левой стороны. Однако обгон транспортного средства, водитель которого подал сигнал поворота налево и приступил к выполнению маневра, производится с правой стороны».

Возвращаясь к требованиям п.11.5 Правил, запрещено выполнять обгон на нерегулируемых перекрестках при движении по дороге, не являющейся главной, за исключением разрешенного обгона справа.

Далее хотелось бы порассуждать о самом термине «разрешенный обгон справа».

Вероятнее всего законодатель имел в виду обеспечить безопасность обгона между транспортными средствами в случае, когда водитель обгоняемого предпринимает маневр влево. Безусловно, следует запретить выполнение обгона, т.е. выполнение перестроения влево, в случае начала аналогичного маневра обгоняемого транспортного средства при условии возможного пересечения траекторий. При данных условиях обгоняющий или должен отказаться от маневра, или должен произвести опережение, осуществляя маневр вправо.

Запрещение обгона справа существовало до первой официальной редакции Правил уличного движения СССР, т.е. в годы действия Правил движения по улицам различных областей. Так, в Правилах уличного движения по Челябинской области (утверждены решением Челябинского облисполкома № 108 от 24 февраля 1959 г.), согласно требованиям п.51, «обгон нерельсового транспорта разрешается только с левой стороны». Соответственно в первой общесоюзной редакции Правил также существовало требование, разрешающее производить обгон только с левой стороны.

Запрещение обгона справа вероятнее всего в первую очередь связано не столько с некоторым ухудшением обзора через правое боковое зеркало транспортных средств, находящихся справа сзади, по сравнению с левым зеркалом, сколько с отсутствием на транспортных средствах конца 50-х — начала 60-х годов зеркала справа. Более того, это касается транспортных средств с наиболее распространенным левым расположением руля. В годы первых редакций Правил уличного и дорожного движения в СССР практически не существовало транспортных средств с правым расположением руля, что, естественно, объясняет указанное выше запрещение обгона справа.

Однако так ли необходимо запретить опережение одного транспортного другим по полосе (ряду), расположенной правее?

Надо обратить внимание на то, что в соответствии с требованиями п. 9.4 ч. 2 Правил в населенном пункте водители могут использовать наиболее удобную для них полосу движения. Вместе с тем, согласно требованиям п. 10.4 ч. 3 Правил, водителю запрещается создавать помехи другим транспортным средствам, двигаясь без необходимости со слишком малой скоростью, но только сам водитель может решать, есть или нет у него необходимость двигаться со скоростью, которую он выбрал.

Какова должна быть скорость движения, чтобы ее можно было признать слишком малой? В зависимости от дорожно-транспортной ситуации для одного водителя скорость 50 км/ч — слишком мала, а для неопытного водителя скорость 40 км/ч может быть достаточно высока, и он считает, что для обеспечения безопасности и постоянного контроля за движением транспортного средства ему необходимо двигаться с этой скоростью. Также водителю данного транспортного средства может быть наиболее удобна для движения крайняя левая полоса (на рис. 3 это автомобиль 5). Что делать водителям транспортных средств, движущихся за ним по этой полосе, в случае если данная проезжая часть имеет две и более полос для движения в каждом направлении (на рис. 3 это автомобиль 1)?

В этой ситуации водитель транспортного средства (автомобиль 5 на рис. 3), движущегося со скоростью 40 км/ч, не нарушает требований п.9.4 ч.2, п.10.4 ч.3 Правил. Также его действия не противоречат требованиям п.9.5 Правил (транспортные средства, скорость которых не должна превышать 40 км/ч или которые по техническим причинам не могут развивать такую скорость, должны двигаться по крайней правой полосе), так как данное транспортное средство может развивать скорость более 40 км/ч.

Водители транспортных средств, движущихся за ним по этой полосе (автомобиль 1 на рис. 3), должны руководствоваться требованиями п.9.2 и п.11.2 Правил, следовательно, они попадают в ситуацию, в которой есть два варианта продолжения событий. Один из них — двигаться дальше, не предпринимая никаких действий, кроме мигания фарами, противоречит здравому смыслу. Второй вариант действий — обогнать данное транспортное средство справа — противоречит требованиям п.11.2 Правил, но есть и третий вариант действий — перестроиться вправо и двигаться по соседней полосе с большей скоростью. Но как различать эти два разных, с точки зрения Правил маневры?

В настоящее время жесткое запрещение обгона справа должно быть пересмотрено по нескольким причинам.



Во-первых, практически на всех выпускаемых современных автомобилях устанавливаются правые боковые зеркала обзора сзади. Размеры этих зеркал, способ крепления и места установки позволяют водителю в полной мере оценить дорожную обстановку справа от них.

Во-вторых, специфика Российской Федерации такова, что в зависимости от региона соотношение транспортных средств с правым и левым расположением руля изменяется от 3-5 до 90%.

В-третьих, количество операций, выполняемых водителем (как оператором механизма) при перестроении на соседнюю полосу вправо или влево, одинаково и регламентировано требованиями п. 8.4 Правил, согласно которым при перестроении водитель должен уступить дорогу транспортным средствам, движущимся попутно, без изменения направления движения.

Таким образом, для водителя, собирающегося совершить маневр вправо, не будут иметь разницы два случая:

1. Перестроение на правую полосу, по которой уже движется транспортное средство с большей скоростью.

2. Перестроение на правую полосу, на которую успел перестроиться автомобиль, двигавшийся до этого сзади по той же полосе.

Как видно из фабулы поставленной задачи, для водителя, собирающегося приступить к маневру перестроения, не имеет разницы факт перестроения на правую или левую полосу. В данном случае имеет значение только соотношение моментов начала перестроения двух транспортных средств, двигавшихся попутно по одной полосе (т.е. кто раньше приступил к маневру).

Как уже отмечалось, в случае если обгон осуществляется без выезда на встречную сторону проезжей части, то, по большому счету, с точки зрения Правил следует урегулировать взаимоотношения только двух участников: обгоняемого и обгоняющего.

В случае если водители других транспортных средств (спереди или сзади по отношению к водителю, намеревающемуся совершить обгон) предприняли какие-либо действия в первой (скрытой) фазе обгона (двигавшийся сзади предпринял перестроение на соседнюю полосу, а двигавшийся впереди включил указатель левого поворота), то водитель данного транспортного средства должен отказаться от выполнения маневра.

Если же в период первой фазы дорожно-транспортная обстановка не изменилась, то предпринятый водителем данного транспортного средства маневр следует признать безопасным с точки зрения выполнения требований п.п.11.1 и 11.2 Правил. При этом направление выполнения маневра (вправо или влево) с технической точки зрения не имеет

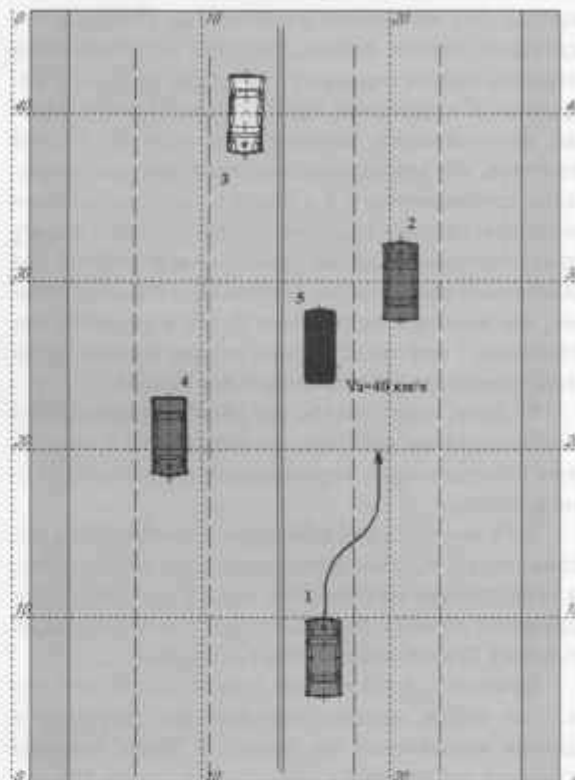


Рисунок 3 — Иллюстрация действий водителя 1, движущегося с максимально допустимой скоростью, по отношению к автомобилю 5, движущемуся со скоростью 40 км/ч

значения. Аналогично теряет значение направление выполнения маневра с точки зрения психомоторики.

Сделанное выше заключение позволяет в очередной раз прийти к выводу о том, что опережение справа не отличается от обгона слева.

Как видно из приведенной схемы (рис. 4), маневр, формально подпадающий под термин «*обгон справа*», в одном варианте (действия водителя автомобиля 2 по отношению к автомобилю 3) Правилами допустим, потому что движущееся впереди транспортное средство приступило к повороту налево при включенном указателе поворота. Во втором случае (действия водителя автомобиля 1 по отношению к автомобилю 5) фактически тот же маневр, связанный с перестроением на соседнюю полосу вправо, Правилами запрещен. В чем же разница между действиями водителей автомобилей 1 и 2 и, возвращаясь к вопросу, заданному в начале статьи: по отношению к кому эти действия имеют значение? Из той же схемы видно, что показанный маневр в обоих случаях имеет значение только для урегулирования взаимоотношений водителей автомобилей 2 и 1 с водителем автомобиля 4, движу-

щегося без изменения направления движения по соседней полосе справа. Попытка использования термина «обгон справа», с тем чтобы запретить водителям в населенных пунктах перестроение вправо, бессмысленна. Бессмысленна хотя бы по той причине, что эти взаимоотношения уже урегулированы требованиями п.8.4 Правил, согласно которым при перестроении водитель должен уступить дорогу транспортным средствам, движущимся попутно без изменения направления движения... Иными словами, как водитель автомобиля 2, так и водитель автомобиля 1 при перестроении вправо должны руководствоваться требованиями п.8.4 Правил.

К слову, надо сказать, что абсолютно аналогичное требование действует по отношению к водителям, совершающим перестроение влево на соседнюю полосу.

Так в чем же смысл действующего запрещения обгона справа? А может быть, это вовсе не обгон справа, а перестроение на соседнюю полосу и последующее движение по ней с большей скоростью, что, согласно п.9.4 ч.4 Правил, «не считается обгоном»?

Более того, в ч.3 того же пункта 9.4 указано, что «... на любых дорогах, имеющих для движения в данном направлении три полосы и более, занимать крайнюю левую полосу разрешается только при интенсивном движении, когда заняты другие полосы, а также для обгона, поворота налево или разворота, а грузовым автомобилям с разрешенной максимальной массой более 3,5 т — только для поворота налево или разворота...». С последним требованием дело обстоит не менее неопределенно. При внимательном прочте-

нии данных требований можно сделать вывод о том, что для выполнения обгона, т.е. действия, в будущем (пусть даже и очень близком) можно занять крайнюю левую полосу соответственно при 3-х и более полосах в данном направлении. Как известно, начало обгона с технической точки зрения совпадает с моментом изменения направления движения, а не начинается с момента окончания перестроения на соседнюю полосу. Иными словами, требования указанной части п.9.4 входят в прямое противоречие с требованиями п.9.2 Правил, запрещающими выезд на встречную сторону при 4-х и более полосах в обоих направлениях (т.е. для 2-х и более в данном направлении).

Итак, вернемся к другим местам, на которых обгон запрещен.

Согласно требованиям Правил, на этот раз без каких-либо исключений, обгон запрещен «на пешеходных переходах при наличии на них пешеходов». В данном запрещении имеется небольшой подвох, заключающийся в возложении на водителя обязанности перед началом обгона убедиться в том, что на пешеходном переходе нет пешеходов. С технической точки зрения это не совсем правильно, т.к., во-первых, пешеходный переход для пешехода начинается только после преодоления им границы проезжей части. Во-вторых, к обгону водитель зачастую приступает заблаговременно на значительном расстоянии до пешеходного перехода и соответственно до выхода пешехода на проезжую часть. Технически, согласно действующему термину «обгон», последний начинается с момента начала перестроения, т.е. чем выше на дороге разрешенный скоростной режим, тем больше будет

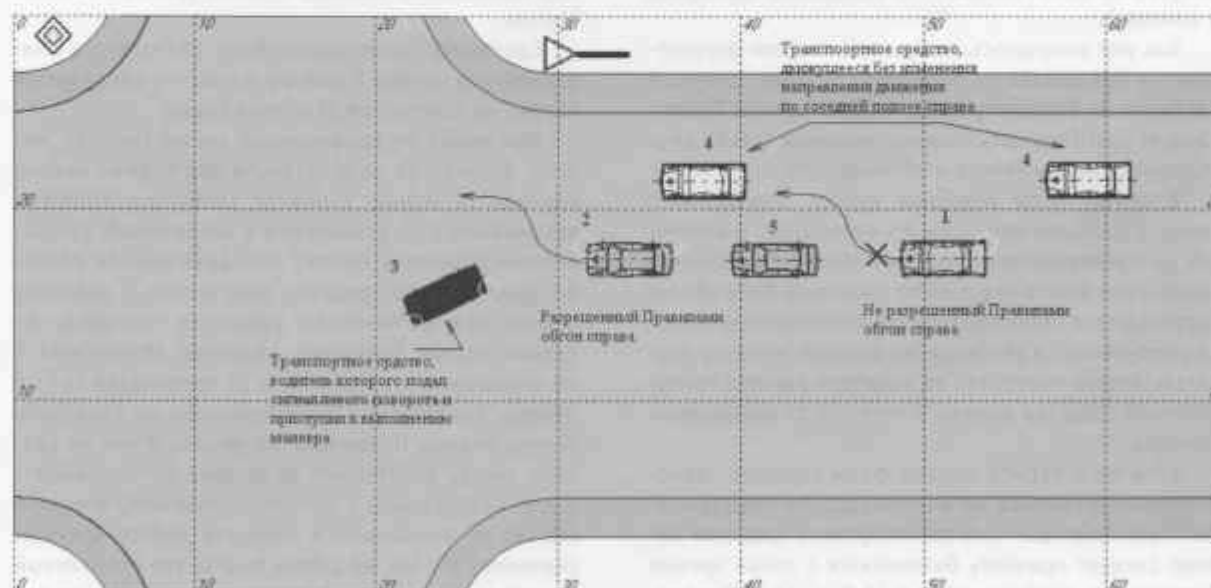


Рисунок 4 — Иллюстрация одинаковых, по сути, действий водителей, квалифицируемых в одном случае как разрешенный обгон справа, в другом — как запрещенный обгон справа

расстояние до пешеходного перехода в момент начала обгона и тем дальше от границы проезжей части в этот момент будет пешеход, намеревающийся перейти дорогу. Более того, в силу своих психофизиологических особенностей и дальности расположения друг от друга пешехода и обгоняющего автомобиля пешеход может не видеть данное транспортное средство, равно как и водитель может не видеть приближающегося к проезжей части пешехода.

Вместе с тем, как видно на рис.5, для пешехода, движущегося к проезжей части и видящего только приближающийся грузовой автомобиль на сравнительно небольшой скорости, уже существует реальная опасность, о которой не подозревают ни пешеход, ни водители автомобилей 1 и 2. Причем пешеход в указанной обстановке, безусловно, свою безопасность будет соотносить только с ближайшим автомобилем (в данном случае грузовым). Соответственно в показанной на рис.5 ситуации как водитель автомобиля 1, так и водитель автомобиля 2 действуют согласно требованиям Правил, т.е. автомобиль 1 совершает «опережение», а автомобиль 2 имеет право приступить к обгону, т.к. пешеход еще не вышел на проезжую часть.

Кроме психофизиологической «нестыковки», в указанных требованиях Правил имеется техническая ошибка, заключающаяся в том, что, во-первых, на пешеходном переходе обгон невозможен в принципе, так как ширина пешеходного перехода согласно ГОСТ должна находиться в пределах 4-6 м, а длина зоны обгона в любом случае превышает это значение, т.е. правильнее говорить о том, что пешеходный переход не должен попадать в зону обгона. При этом пешеходный переход может попасть только в одну из стадий обгона (перестроение влево, опережение, перестроение вправо). Все из вышеперечисленных маневров не запрещены Правилами, однако они опасны тем, что, выехав из-за обгоняемого (опережаемого) транспортного средства, водитель может не успеть среагировать на опасность и соответственно не успеть предотвратить наезд на пешехода, находящегося на пешеходном переходе.

Иными словами, по большому счету, опасен не маневр перестроения в какую-либо сторону, а любой вариант движения, в том числе и движение по соседней полосе с большей или любой другой скоростью, которая не даст водителю технической возможности остановиться в случае появления пешехода из-за движущегося попутно по соседней полосе транспортного средства, вне зависимости от полосы движения и взаимного расположения транспортных средств на проезжей части.

С точки зрения требований безопасности движения не должна в принципе существовать дорожно-транспортная ситуация, при которой участники дорожного движения, действуя в соответствии с тре-

бованиями Правил, создают опасность друг для друга. Здесь же, на рис. 5, видно, что принципиально нет разницы, либо двигаться по соседней полосе с большей скоростью (автомобиль 2), либо совершить перестроение на соседнюю полосу и последующее опережение (автомобиль 1), квалифицируемое в действующей редакции Правил, как обгон.

Следующий момент, требующий разъяснения, — это когда пешеходный переход попадает в зону обгона, сопряженного с выездом на встречную сторону проезжей части. На пешеходных переходах, в случае когда обгон происходит с выездом на полосу встречного движения, его надо признать *опасным* по следующим причинам.

Во-первых, надо учесть человеческий фактор: пешеходов с детства учили посмотреть налево, дойти до середины проезжей части, посмотреть направо, после чего закончить переход проезжей части. Таким образом, водитель обгоняющего транспортного средства, выехав из-за обгоняемого на встречную сторону проезжей части, может совершить наезд на пешеходов, приближающихся к середине дороги, а пешеходы же, в свою очередь, не будут ожидать опасности для себя справа.

Во-вторых, формально обгон запрещен **при наличии на переходе пешеходов**, однако понятно, что любой здравомыслящий водитель откажется от выполнения маневра в этом случае, даже если бы это не было запрещено Правилами. Но как быть в случае, если на переходе есть пешеходы, но водитель обгоняющего транспортного средства (автомобиль 1 на рис. 5) не видит их из-за других транспортных средств (автомобиль 3)? Имеет он право совершать обгон в данной ситуации или нет? Этот спорный момент не возник, если бы Правилами обгон был запрещен в случае попадания в зону обгона пешеходного перехода вне зависимости от того, есть на нем пешеходы или нет.

Вышесказанное, во-первых, подтверждает несостоятельность запрещения выполнения обгона на пешеходных переходах **при наличии на них пешеходов**, во-вторых, требует в обязательном порядке **укрепления** требований безопасности в указанной зоне. Другими словами, в зоне пешеходного перехода следует не только запретить обгон, вне зависимости от наличия или отсутствия на пешеходном переходе пешеходов (их может быть просто не видно), не только запретить опережение (это, как видно из схемы, практически не отличается от опасности, возникающей при обгоне), но и необходимо узаконить требование к водителям принять все исчерпывающие меры к выбору скорости, позволяющей как минимум предотвратить наезд на пешехода, вышедшего из-за передней части двигавшегося впереди попутно по соседней полосе другого транспортного средства. При этом, безусловно, на пешеходе должна сохраниться обязанность,

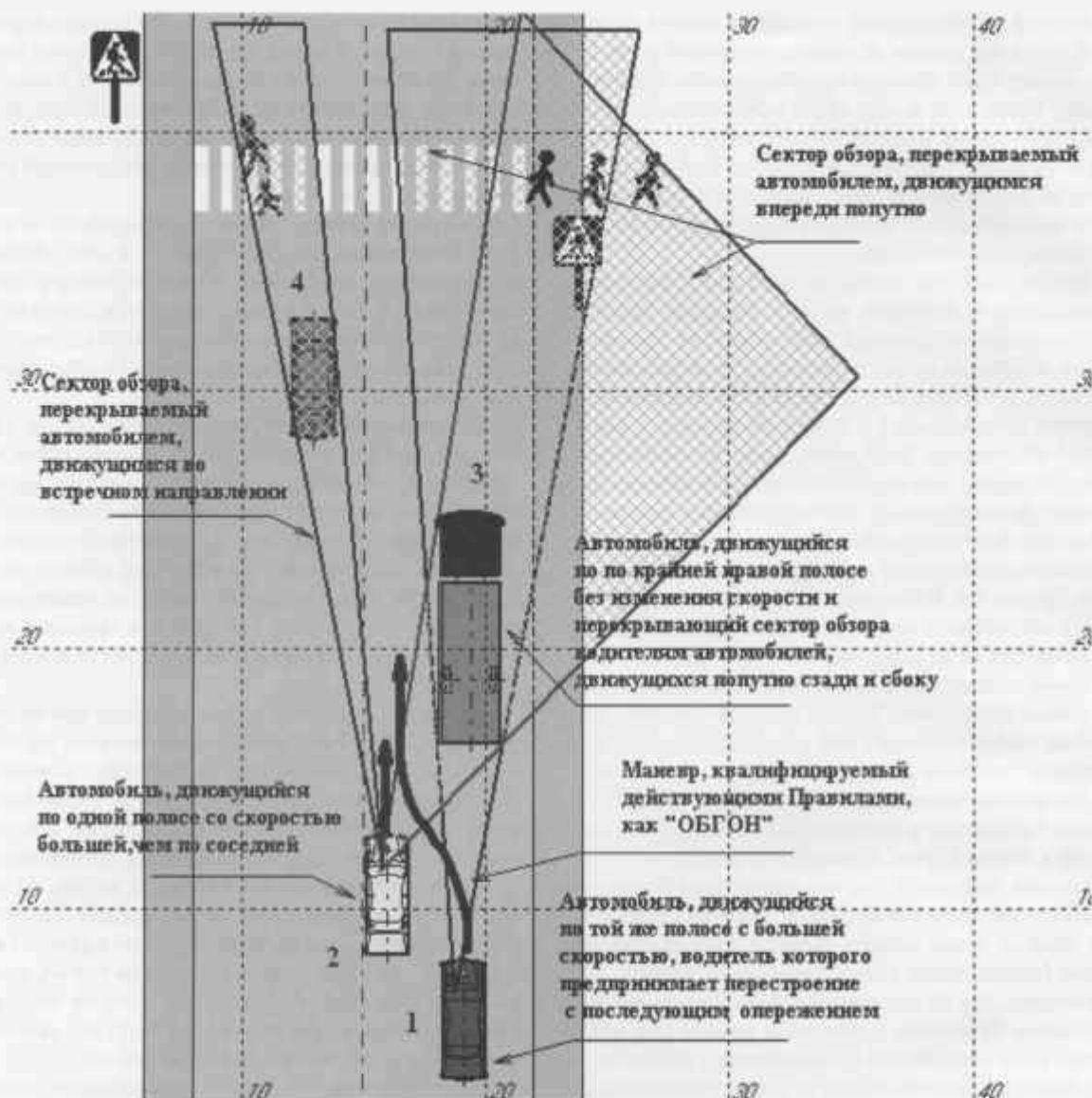


Рисунок 5 — Иллюстрация расположения пешеходов, находящихся в опасности, но не имеющих возможности этого оценить, при этом приближающиеся водители автомобилей 1 и 2 действуют в соответствии с требованиями Правил

возложенная на него требованиями п.4.5 Правил, согласно которым на нерегулируемых пешеходных переходах пешеходы могут выходить на проезжую часть после того, как оценят расстояние до приближающих-

ся транспортных средств, их скорость и убедятся, что переход будет для них безопасен.

**Продолжение статьи читайте
в следующем номере.**

РАСЧЕТ ОСНОВАНИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА АВТОМАГИСТРАЛИ I КАТЕГОРИИ



Юрий Иванович Яровой, д.т.н., профессор (УрГУПС)



Сергей Валерьевич Перегримов, инженер инженерно-геологической базы по земляному полотну Дорожного центра диагностики пути Свердловской железной дороги — филиала ОАО «РЖД»

JET-технология (струйная цементация массива слабых грунтов в основании сооружений, другое наименование этого способа закрепления грунтов — ingrounding) предусматривает нагнетание под большим давлением через скважины в грунтовый массив це-

ментного раствора с одновременным перемешиванием минеральных частиц грунта и цементного молока с помощью воздушной струи. После временной выдержки образуется грунтоцементная масса — относительно прочный бетон.

Ранее эта технология использовалась, как правило, для закрепления оснований эксплуатируемых зданий и сооружений. Однако по мере развития применяемых комплектов машин и опыта изготовления по этой технологии достаточно прочных грунтоцементных свай-столбов появилась возможность применить JET-технологию для усиления слабых грунтовых оснований автомобильных и железных дорог, транспортных сооружений как альтернативу широко применявшемуся методу выторфовки слабых оснований. Например, в середине 80-х — начале 90-х годов НПО «Космос» (технологический поток, руководимый Е.А. Адуйским) успешно применило эту технологию при устройстве тоннелей и транспортных развязок на окружной автодороге г. С.-Петербурга.

Участок «Урал» автомагистрали I категории Москва — Владивосток пересекает реку Каму и центр г. Перми по пр. Космонавтов. Этот участок включает автомобильный тоннель (по две полосы грузового движения в каждом направлении) под насыпью Транссибирской железнодорожной магистрали в районе

ул. Локомотивная и подходную насыпь к новому мостовому переходу через реку Каму. Оба сооружения возводятся в сложных инженерно-геологических условиях: зона распространения слабых аллювиальных грунтов поймы реки Камы. Генпроектировщик — проектно-изыскательский институт ОАО «Уралгипротранс», генподрядчик строительства — НПО «Космос» корпорации «Трансстрой». По заказу Уралгипротранса в НИЛ «Геотехника» при кафедре «Механика деформируемого твердого тела, основания и фундаменты» УрГУПС авторами выполнен конечно-элементный анализ и конструктивный расчет усиления основания автомобильного тоннеля и подходной насыпи к мосту.

Особенностью возведения автомобильного тоннеля являлась необходимость применения безосаточных технологий, исключающих возможность развития сверхнормативных осадок железнодорожного пути в период как строительства, так и эксплуатации сооружения. Перерывы в движении поездов на подходе к станции Пермь-II для возможного ремонта пути в связи с работами по проходке тоннеля исключались. Эти

условия были сформулированы в техническом задании к рабочему проекту тоннеля. В то же время в ТЭО тоннеля, разработанном в институте Метрогипротранс, предполагалось лотковую часть тоннеля возвести в виде железобетонной плиты на природном основании (толще погребенного торфа мощностью 1,2—1,3 м, подстилаемой и покрываемой пылеватými песками мощностью 0,5—2,0 м). Однако вследствие возможных неравномерных деформаций основания тоннеля этот вариант не прошел согласование в службе пути Свердловской железной дороги из-за опасности тиксотропного разжижения песков и торфов в основании тоннеля под действием динамических нагрузок от авто- и железнодорожного транспорта (в теле насыпи железной дороги появляется жесткий элемент). Кроме того, прогнозировались значительные осадки основания тоннеля, связанные с разуплотнением погребенного торфа при проходке горной выработки.

Те же самые слабые грунты — торфы и пылеватые пески (к тому же неуплотненные, как под насыпью железной дороги за сто лет ее эксплуатации) — залегают в основании подходной насыпи к строящемуся автомобильному мосту через реку Каму. Подготовка основания этой подходной насыпи путем выторфовки связана с необходимостью выемки и перемещения большого объема грунта в условиях центра города, что по экологическим и транспортным условиям неприемлемо. Работы носят сезонный характер (зимний период), что исключается директивными сроками сдачи дороги в эксплуатацию.

Исходя из указанных особенностей строительства и учитывая имеющийся положительный опыт НПО «Космос» по применению ЖЕТ-технологии в автодорожном строительстве, было решено усилить основание тоннеля под монолитно-железобетонной плитой грунтоцементными сваями, jet-технология также была применена для усиления грунтов основания тела земляного полотна подходной насыпи к мосту через р. Каму.

Усиление основания тоннеля должно было производиться вслед за бетонированием его лотковой части путем проходки нагнетательных скважин и последующим устройством грунтоцементных свай-стоек, служащих фундаментом тоннеля. Действующие нормы проектирования свайных фундаментов СНиП 2.02.03-85 [1], как правило, рассматривают ростверк как абсолютно жесткую конструкцию при равномерном распределении усилий между сваями в кусте, а сопротивление грунта по подошве ростверка идет «в запас прочности». В нашем случае ростверк — гибкая железобетонная плита, благодаря которой в головах свай, кроме вертикальных усилий, возникают изгибающие моменты и горизонтальные усилия. Следовательно, подход с позиций работы жесткой конструкции неправилен. При опирании плиты на сваи

величина усилий в них зависит от гибкости плиты и геометрии их расположения (например, под центром или под краем плиты).

При использовании свай (буронабивных, забивных, буроинъекционных и др.) для закрепления основания и тела земляного полотна дорог они рассматриваются как шпонки, воспринимающие неуравновешенную сдвигающую силу, действующую по наиболее вероятной поверхности скольжения. Сваи размещаются в пределах этой поверхности и рассчитываются на срез и горизонтальное смещение (см. приложение 1 к СНиП [1]) при действии неуравновешенной сдвигающей силы, принимаемой с учетом коэффициента надежности k . Таким образом, традиционные расчеты свайных оснований весьма условны.

С целью анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) грунтов и конструкции фундамента тоннеля и подходной насыпи к мосту нами применен конечно-элементный метод (МКЭ), реализованный в лицензионном пакете прикладных программ PLAXIS, версия 7.1 [2]. Структурно-логический анализ позволяет рассмотреть НДС в каждой точке геотехнического массива, в том числе на контактах с плитой и сваями, и его изменения по мере приложения различных нагрузок (учитывается история предыдущего нагружения). На выходе расчета получаем расчетные величины напряжений и деформации в заданных точках массива, которые позволяют сформулировать требования, например, к прочности тела свай и армированию плиты.

Особенностью настоящей работы являлось то, что конструктивный расчет и рабочее проектирование объектов велись параллельно с их строительством. Например, исходя из технологических возможностей строителей (фирма ОАО ССП «Регион», г. Пермь, директор к.т.н. Малинин А.Г.) ОАО «Уралгипротранс» наметило устройство свайного поля под тоннелем в количестве 102 грунтоцементных свай $\varnothing 800$ мм, длиной 8,7 м, с шагом 1150—2000 мм вдоль и 2300 мм — поперек тоннеля. Этот вариант размещения свай был выполнен до окончания рабочего проектирования. В подготовительный период строительства тоннеля у подножия железнодорожной насыпи были изготовлены и подвергнуты статическому испытанию пять опытных свай (ООО «НИЛ Трансмост», директор проф. Тимофеева Л.М., г. Пермь). Испытания показали: по характеру взаимодействия с грунтом сваи являются стойками; для свай, армированных металлической трубой $\varnothing 87$ мм, несущая способность на вдавливающие нагрузки $F_v=631$ кН, расчетное сопротивление бетона $R_b=1,262$ МПа, то же для свай с армированным оголовком $F_v=526$ кН, выдергивающее усилие $P_v=363$ кН. Для грунтоцементных свай величина модуля упругости определена по аналогии с испытанием стержня сжимающей нагрузкой и вычислена средней по результатам 3-х статических испытаний $E_{sp}=2200$ МПа. Эти ха-



характеристики были приняты в качестве расчетных для дальнейшего конечно-элементного анализа.

Исходные данные к конечно-элементному анализу основания тоннеля: высота тела насыпи — 12 м; размеры прямоугольного сечения тоннеля в свету: высота — 5,85 м, ширина — 11,8 м. Проходка тоннеля осуществлялась без перерыва в движении поездов под защитой экрана, устроенного по периметру поперечного сечения тоннеля путем продавливания труб сквозь тело насыпи. Стальные трубы \varnothing 1020 мм снабжены замковым устройством по боковой поверхности и после прокалывания заполняются бетоном класса В35. Толщина монолитной обделки: стен — 1510 мм, перекрытия — 1020 мм, лотка — 1110 мм. Модуль упругости бетона обделки $E_s=34500$ МПа (табл. 28 [3]). Отметки низа защитного экрана, лотка тоннеля и основания железнодорожной насыпи совпадают.

Грунты железнодорожной насыпи: асбест, гравий, щебень, балласт — ИГЭ-1, пылеватые (ИГЭ-2) и мелкие (ИГЭ-3) пески. В основании насыпи погребенная залежь торфа с прослоями песка (ИГЭ-6а) мощностью $h=1,2—1,3$ м, подстилаемая и покрываемая пылеватыми песками (ИГЭ-7) $h=0,5—2$ м; ниже прослеживаются

слои полутвердого суглинка (ИГЭ-11) $h=2,8—2,9$ м, галечника (ИГЭ-12) $h=0,6—2,0$ м, аргиллитоподобных твердых глин (ИГЭ-13) $h=1,4—6,5$ м. Коренные породы представлены аргиллитами (ИГЭ-15) $h=1,2—2,0$ м и песчаниками средней прочности (ИГЭ-16). Подземные воды — на глубине 0,5 м от основания насыпи. Водопором служит твердая глина (ИГЭ-13). По-видимому, за примерно столетний период существования насыпи произошла консолидация основания, что следует из сравнения характеристик торфа (ИГЭ-6) и суглинков текучих и текучепластичных (ИГЭ-8), залегающих у края и за пределами насыпи, соответственно с характеристиками ИГЭ-6а и ИГЭ-11 в основании насыпи, являющимися породами одного генезиса.

Физико-механические характеристики грунтов основания тоннеля и вмещающего его массива — тела железнодорожной насыпи — приведены в табл. 1.

Инженерно-геологические условия трассы тоннеля и подходной насыпи к мосту идентичны. Подходная насыпь возводится из песчано-гравийной смеси. Грунт насыпи — песчано-гравийная смесь (ИГЭ-1). Высота насыпи в рассматриваемых вариантах на наиболее неблагоприятных участках $h=6,0—8,5$ м. В ос-

Таблица 1 — Физико-механические характеристики грунтов при расчете основания тоннеля

№ ИГЭ	Удельный вес грунта, кН/м^3			Удельный вес сухого грунта, кН/м^3	Модуль деформации, МПа	Коэффициент Пуассона	Удельное сцепление, МПа		Угол внутреннего трения, град.	
	γ_n	γ_l	$\gamma_{l'}$	γ_d	E	ν	C_u	C_l	φ_u	φ_l
1	17,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	18,9	16,6	20,4	16,9	23,1	0,273	0,000	0,000	27	24,0
3	18,4	16,1	18,6	16,5	38,1	0,289	0,000	0,000	25	24,0
6	10,0	8,77	10,7	2,09	6,7	0,405	0,000	0,000	12,0	11,0
6а	10,7	9,42	11,8	3,84	13,0	0,25	0,018	0,013	30,0	27,0
7	20,3	17,8	21,0	16,9	19,6	0,273	0,000	0,000	27,0	24,0
8	19,9	17,4	—	15,8	6,2	0,47	0,001	0,000	3,0	2,0
9	20,2	17,7	—	16,3	16,4	0,465	0,002	0,000	4,0	4,0
10	20,8	18,2	—	17,5	28,0	0,337	0,012	0,004	19,0	18,2
11	20,3	17,8	—	17,4	31,7	0,265	0,008	0,000	28	23,0
12	17,5	—	—	—	35	0,3—	—	—	—	—
13	19,7	19,4	20,0	17,0	50	0,35	0,43	0,29	0	0
15	23,8	22,7	—	—	100	0,2	$R_c=30,2$	$R_c=22,7$		
16	23,7	22,8	—	—	100	0,2	$R_c=19,4$	$R_c=19,4$		

новании насыпи залегают суглинок тугопластичный (ИГЭ-8) мощностью $h=0,6-0,8$ м, суглинок мягкопластичный (ИГЭ-8 а) мощностью h до 9,0 м, суглинок текучий и текучепластичный (ИГЭ-9) мощностью h до 6,6 м, гравийный грунт (ИГЭ-16) мощностью h до 3,0 м, глина аргиллитоподобная прочная (ИГЭ-17) мощностью $h=3,5$ м и более. Коренные породы — аргиллит низкой прочности (ИГЭ-18а). Уровень подземных вод расположен на глубине 1,0—1,5 м от основания насыпи.

Физико-механические характеристики грунтов основания подходной насыпи к новому мостовому переходу, принятые в расчет, представлены в табл. 2.

Индексы: n соответствует нормативному значению характеристики, I — означает применимость для расчета по первой группе предельных состояний (расчетное значение определено при доверительной вероятности $\alpha=0,95$). Удельный вес грунта γ_* получен при коэффициенте надежности по грунту $\gamma_g=1/(1+p_\alpha)$, а γ_i — то же при $\gamma_g=1/(1-p_\alpha)$, где p_α — показатель точности оценки характеристики при доверительной вероятности $\alpha=0,95$ [4]. Значение γ_* принимается в случае, если удельный вес грунта выступает в роли нагрузочного фактора, например в грунтах насыпи; γ_i — для грунтов основания, т.к. опосредованно влияет на величину его прочности. Удельный вес сухого грунта $\gamma_d=\gamma_*/(1+W)$, где W — влажность грунта.

Значения модуля деформации E и параметров прочности — удельного сцепления C и угла внутреннего трения φ — приняты рекомендованными в отчете по инженерно-геологическим изысканиям (определены для грунтов насыпи по результатам быстрого, а грунтов основания — медленного сдвига). Коэффициент поперечного расширения (Пуассона) дисперсных грунтов вычислен с использованием известных зависимостей $\nu=\xi/(1+\xi)$, где $\xi=\tan^2(45^\circ-\varphi_*/2)$ — коэффициент бокового давления грунта.

Параметры материала грунтоцементных свай в соответствии с техническим заданием проектировщика приняты такими же, как для тоннеля. Геометрические размеры: $\varnothing=1000$ мм, длина свай L принимается переменной (7,5—10 м) в зависимости от положения кровли твердой аргиллитоподобной глины (ИГЭ-17) или скального грунта (ИГЭ-18а) с заглублением в них не менее чем на 0,5 м. Модуль упругости георешетки $E=15$ МПа определен по графикам статических испытаний, проведенных заводом-изготовителем.

Для расчета каждого объекта предварительно были созданы геометрические расчетные схемы. В расчетной модели тоннеля суммарное напряжение σ_n от постоянной (верхнее строение пути) и временной (поездной) нагрузок прикладывается в виде постоянного давления на основную площадку насыпи земляного полотна железной дороги. Величина этого дав-

Таблица 2 — Физико-механические характеристики грунтов при расчете подходной насыпи

№ ИГЭ	Удельный вес грунта, кН/м ³			Удельный вес сухого грунта, кН/м ³	Модуль деформации, кПа	Коэффициент Пуассона	Удельное сцепление, кПа	Угол внутреннего трения, град.
	γ_n	γ_i	γ_*					
1	20,5	—	21,9	16,34	30000	0,270	1,000	36,00
3	12,2	—	—	—	11000	0,350	1,300	18,00
8	19,9	19,7	—	16,18	13468	0,388	12,00	12,98
8а	19,6	19,3	—	15,57	10917	0,446	4,00	6,18
9	19,3	18,9	—	14,57	5264	0,458	4,00	4,84
16	17,8	17,5	—	14,96	30000	0,192	1,00	38,00
17	19,8	19,5	—	16,78	14000	0,354	14,50	17,00
18а	24,3	23,5	—	20,91	20000	0,258	300,00	29,00

ления определена по справочным данным (табл. 18 [5]) при следующих условиях: тип верхнего строения пути – нормальный; вид полувагона – восьмиосный на спаренных тележках с базой 3200 мм; скорость $V=100$ км/ч; осевая статическая нагрузка $P_{ст}=22$ тс; высота балластной призмы $h=500$ мм. При этих условиях напряжение, действующее на главной площадке земляного полотна под балластной призмой, $\sigma_g=8,61$ кПа. На расчетных схемах (рис. 1) она обозначается как внешняя нагрузка А–А. Одновременное действие временных нагрузок — поездной и от автомобильного транспорта — не рассматривалось, т.к. величина последней не превышает 3% от первой, а коэффициент сочетаний $\eta=0,8$ [3]. Задача — плоская (в постановке плоской деформации), поэтому нагрузки в направлении, перпендикулярном плоскости сечения, собираются с полосы шириной 1 м. Генерирование 15 узловых треугольных элементов расчетной схемы выполняется в автоматическом режиме. Модель грунта — упругопластическая модель Кулона–Мора. Конечнo-элементная расчетная схема поперечного сечения тоннеля и эпюры напряжений приведены на рис. 1–4.

Рассматривалось наиболее нагруженное поперечное сечение тоннеля (см. рис. 1), причем для определения усилий, действующих по крайним (наиболее нагруженным рядам свай), рассматривалось продольное сечение лотка (см. рис. 3). В продоль-

ных сечениях жесткость условной балки принималась эквивалентной жесткости поперечного сечения тоннеля. Нагрузки на балку принимались равными поперечным усилиям по сечениям свай из основной схемы расчета — поперечного сечения тоннеля. Эпюры осевых напряжений показаны на рис. 2 и 4. При площади свай $A=0,5$ м² максимальные усилия в наиболее нагруженных крайних рядах свай №40, 48, 56, 64 $N=459$ кН, что на 10% меньше расчетного значения несущей способности свай с учетом коэффициента надежности γ_s (см. п. 3.10 [1]), армированной металлической трубой $F_s/\gamma_s=631/1,25=505$ кН, и на 9% больше несущей способности свай, армированной оголовком $F_o/\gamma_s=526/1,25=421$ кН. Максимальная расчетная осадка лотка тоннеля $S_{max}=3,7$ мм. Так как свайное поле выполнено в основном из свай первого типа, прочность и низкая деформативность основания тоннеля обеспечены. Устраивать дополнительные сваи по лотку тоннеля к исполненным до окончания рабочего проектирования не было необходимости. Полученные значения σ служили критерием необходимой прочности, деформативности и обеспечивались при стро-

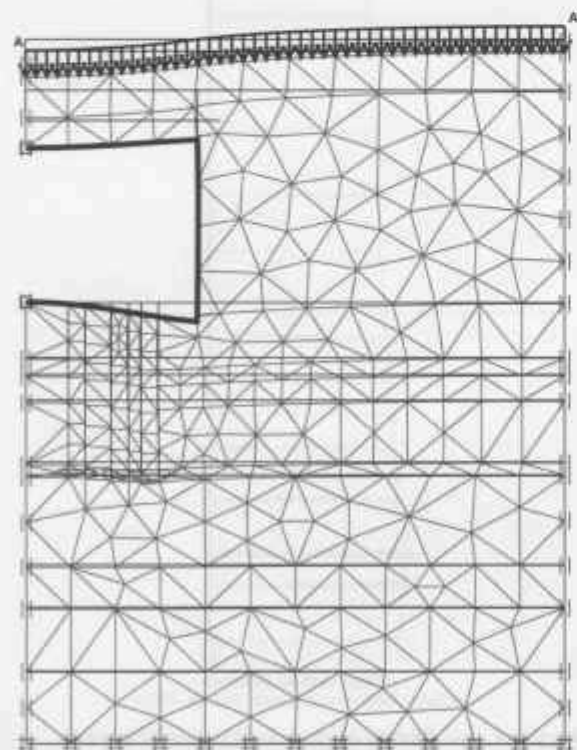
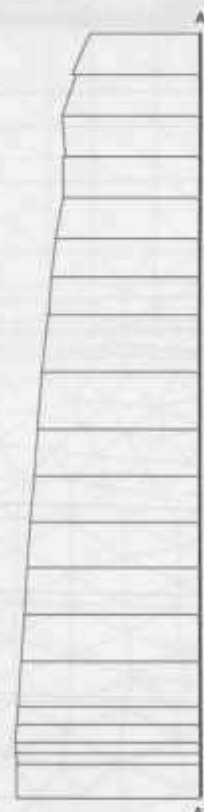


Рисунок 1 — Конечнo-элементная модель поперечного сечения тоннеля



Total vertical stresses
Extreme total vertical stress -448,02 kN/m²

Рисунок 2 — Эпюра осевых напряжений в теле наиболее нагруженной сваи (поперечное сечение тоннеля)

ительстве подбором состава грунтоцементной смеси (водоцементное отношение). Качество производства работ контролировалось путем отбора образцов грунтоцемента для определения его прочности. В 2001 г. строительство тоннеля было успешно закончено (ОАО «Свердловскметрострой»), все поставленные в проекте условия по обеспечению надежности сооружения были выполнены. Нештатных ситуаций при строительстве зафиксировано не было. Был обеспечен бесперебойный пропуск поездов. Кроме защитного экрана из труб также была проведена предварительная цементация грунтов насыпи. Директивные сроки строительства были выдержаны. Эксплуатация в течение четырех лет подтвердила правильность выполненных расчетов и проектных решений.

Регулярные геодезические наблюдения за осадками стен тоннеля и состоянием железнодорожного пути показали, что $S < 5$ мм; необходимости в выправлении пути над тоннелем не возникало.

В расчетной модели подходной насыпи к мосту через реку Каму геометрия объекта задается по

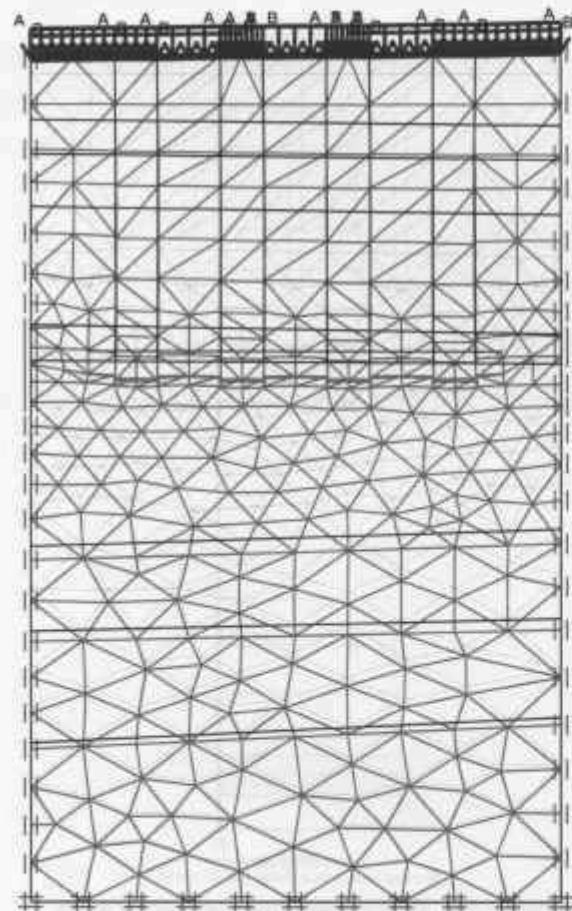


Рисунок 3 — Конечно-элементная модель продольного сечения лотка тоннеля

очертаниям насыпи земляного полотна автодороги и литологического строения его основания в соответствии с продольными и поперечными профилями. Поперечные сечения проведены по осям рядов грунтоцементных свай. Расстояние между осями свай принималось в зависимости от возможных вариантов: 3,0 м без устройства геосинтетического ростверка; 4 м или 4,5 м при устройстве гибкого геосинтетического ростверка из георешетки «Тенакс», укладываемой на выравнивающем слое из песка по свайному полю. Указанные варианты установлены по результатам пробных расчетов на наиболее неблагоприятном с точки зрения мощности слабых грунтов основания и высоты насыпи поперечнике ПК 32+55 м. Диаметр свай в соответствии с техническим заданием проектировщика $\varnothing=1000$ мм. Длина свай принимается переменной (7,5—10 м) в зависимости от литологического строе-

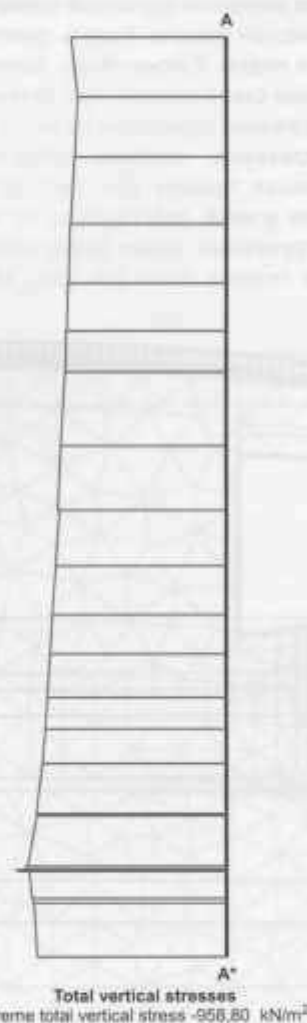


Рисунок 4 — Эпюра осевых напряжений в теле наиболее нагруженной сваи (продольное сечение лотка тоннеля)

ния основания: от поверхности природного рельефа до кровли аргиллитоподобной твердой глины (ИГЗ 17) или скального грунта (ИГЗ 18а) с заглублением в эти относительно прочные грунты не менее чем на 0,5 м.

Модуль упругости бетона грунтоцементных свай принят $E=2,2 \times 10^5$ МПа, как и при строительстве тоннеля. Изменение прочностных свойств грунта на границе свая — грунт (сопротивление материала interface [2]) учитывается введением коэффициента $R_{int}=0,7$ — по аналогии с буронабивными сваями. Давление на основание от веса насыпи вычисляется программно с использованием вводимых значений удельного веса грунтов и геометрии объекта. Задача плоская (в постановке плоской деформации), поэтому нагрузки в направлении, перпендикулярном плоскости сечения, собираются с полосы шириной 1 м.

Генерирование 15 узловых треугольных элементов расчетной схемы (рис. 5 и 6) выполняется в автоматическом режиме. Упругопластическая модель грунта — Кулона-Мора.

В пакете PLAXIS не только принимается во внимание конечная устойчивость, но и анализируется устойчивость земляного сооружения в период его

возведения. Для определения запаса устойчивости используется следующее выражение [2]:

$$(c + \sigma_n \tan \varphi) / (c + \sigma_n \tan \varphi), \quad (1)$$

где c и φ — исходные параметры сопротивления сдвигу, а σ_n — составляющая действительных нормальных напряжений. Параметры c и φ представляют собой параметры прочности грунта, соответствующие коэффициенту устойчивости $k_s=1,0$, величина которых достаточна для поддержания равновесия. Описанный выше принцип лежит в основе Phi-c-reduction-метода, который использован в PLAXIS для расчета общего запаса прочности и устойчивости.

При таком подходе сцепление и тангенс угла внутреннего трения уменьшаются в равной степени [2]:

$$c/c_0 = \tan \varphi / \tan \varphi_0 = \Sigma M_{sf}. \quad (2)$$

Снижение параметров сопротивления контролируется общим коэффициентом ΣM_{sf} . Этот параметр увеличивается шаг за шагом до тех пор, пока не произойдет разрушение. После этого определяют запас устойчивости как значение ΣM_{sf} в момент разрушения при условии, что в момент разрушения получается

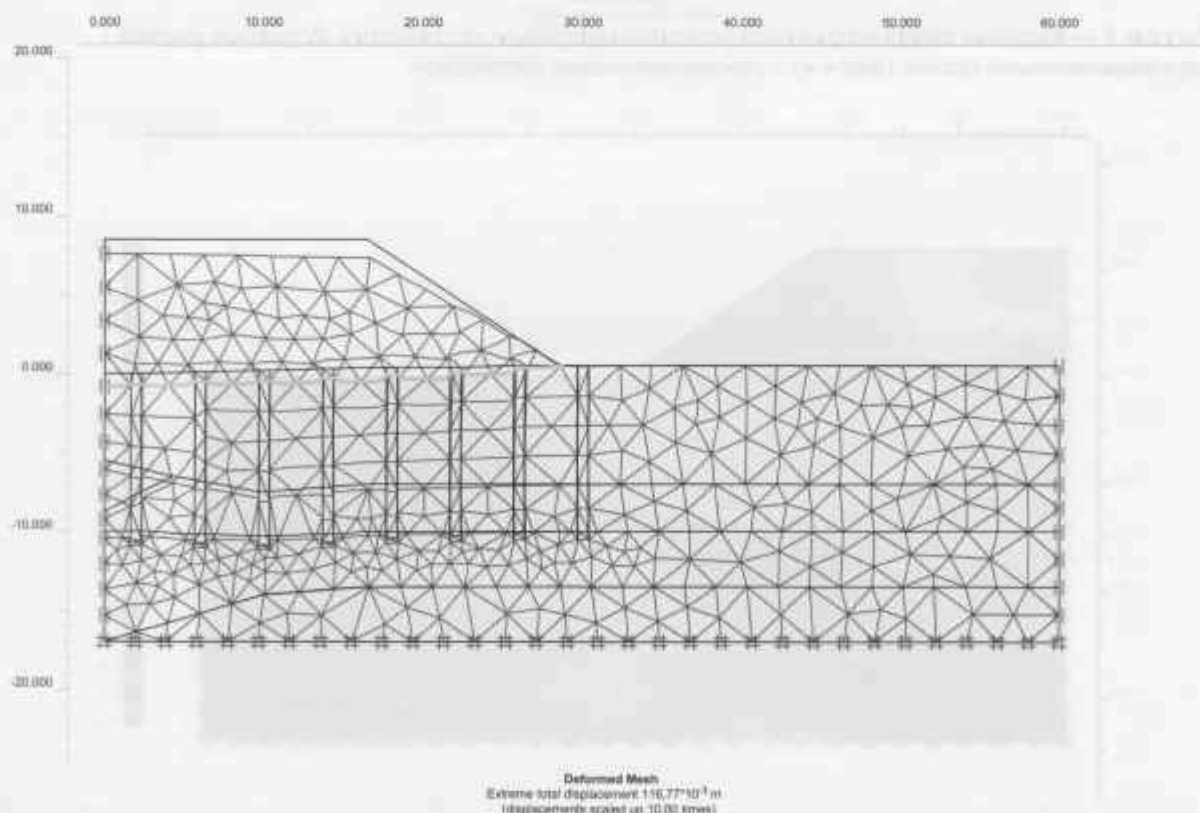


Рисунок 5 — Деформированная конечно-элементная сетка ПК 32+55 (максимальные общие перемещения). Основание усилено грунтоцементными сваями (шаг 4 м) и геосинтетическим ростверком

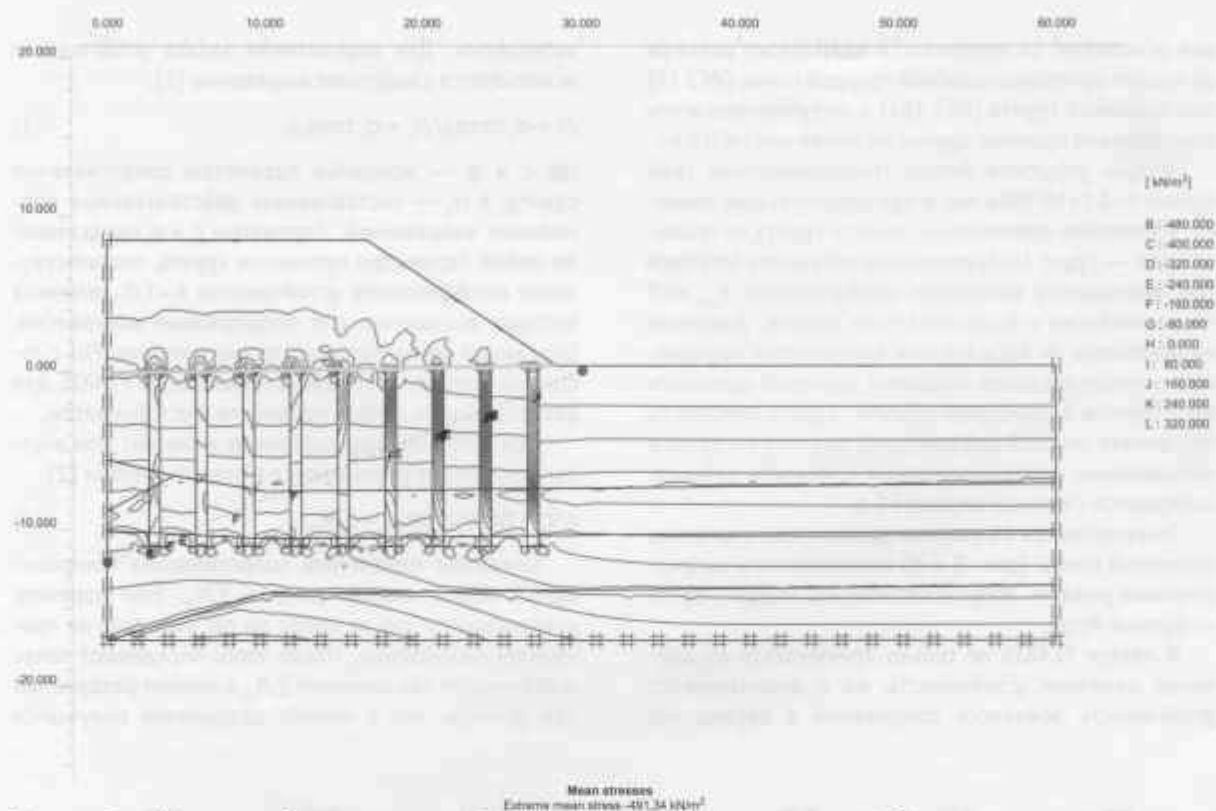


Рисунок 6 — Изолинии общих напряжений (максимальное общее напряжение). Основание усилено грунтоцементными сваями (шаг 4 м) и геосинтетическим ростверком

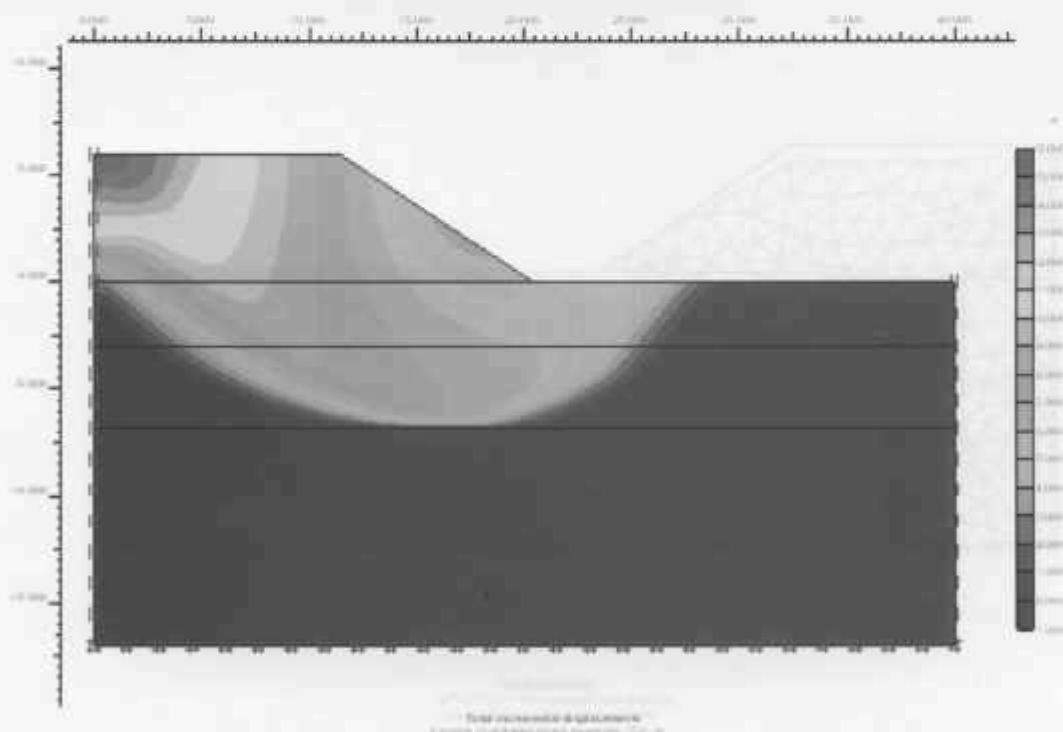


Рисунок 7 — Механизм возможной потери устойчивости насыпи ПК 31+00 (вариант без усиления основания насыпи)

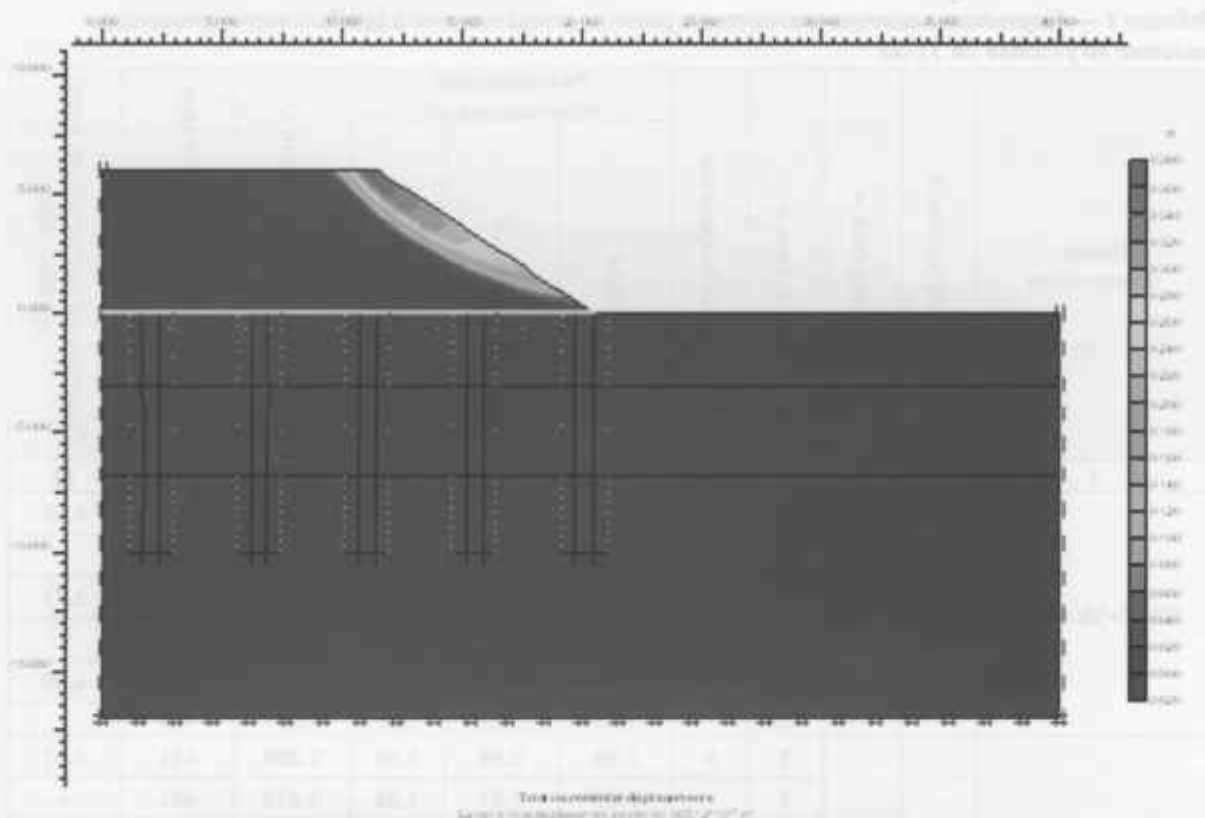


Рисунок 8 — Механизм возможной потери устойчивости насыпи ПК 31+00 (вариант усиления основания насыпи грунтоцементными сваями и геосинтетическим ростверком)

более или менее постоянное значение для некоторой серии последовательных стадий нагружения.

В настоящей работе ΣM_{st} на последней стадии возведения насыпи принимается равной k_s (в обозначениях современных норм [6]).

Для лучшего понимания роли свай рассмотрены два варианта устройства основания насыпи: различной высоты на поперечниках ПК 32+55 (см. рис. 5 и 6) и ПК 31+00: 1 — в качестве основания используется природный грунт; 2 — грунт основания усилен грунтоцементными сваями. В первом варианте устойчивость насыпи не обеспечивается: коэффициент устойчивости $k_s < 1$, что коррелируется с результатами проектировщика (круглоцилиндрическая поверхность скольжения проходит сквозь основание насыпи). При усилении основания грунтоцементными сваями $k_s = 1,23$ — $1,26$ в зависимости от шага свай. На поперечнике ПК 31+00 мощность слабых грунтов в основании насыпи меньше (не превышает 6,8 м). Если не производить усиления основания на этом участке, коэффициент $k_s = 1,125$ (меньше нормируемого $k_s = 1,25$). Зона пластических деформаций заходит в основание насыпи, как и предельная поверхность, при расчете с использованием круглоцилиндрических по-

верхностей скольжения. Представление о характере поверхности скольжения для этого случая дает выходная форма PLAXIS механизма разрушения насыпи (рис. 7). Очертания свай, видимые на графической модели, в этом расчете не активизированы. На рис. 8 показан характер перемещений в теле насыпи на том же поперечнике при усилении основания грунтоцементными сваями (очертания свай и геосинтетического ростверка активизированы), коэффициент $k_s = 1,306$.

С целью возможности выбора при рабочем проектировании наиболее экономичного варианта закрепления основания грунтоцементными сваями принимался различный шаг свай при условии устройства геосинтетического ростверка или без него. Полученные коэффициенты k_s , осадки насыпи, максимальные напряжения в грунтоцементных сваях и осевые усилия в георешетке по результатам расчетов на 4-х поперечниках представлены в табл. 3.

Табл. 3 как результат конечно-элементного анализа НДС передана проектной организации для рабочего проектирования свайного поля и земляного полотна. Приведенные в табл. 3 значения коэффициентов устойчивости k_s , максимальных напряжений в свае и максимальных осевых усилий в георешетке могут быть использованы

Таблица 3 — Результаты конечно-элементного расчета устойчивости и стабильности земляного полотна на участке ПК 31-33

Номер поперечника	Высота насыпи, м	Длина свай, м	Шаг свай, м	Наличие георешетки	Максимальные перемещения, см			Коэффициент устойчивости K_s	Максимальные напряжения в свае, кПа	Максимальное осевое усилие в георешетке, кН/м
					общие	вертикальные	горизонтальные			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПК 32+55, право	8.5	10	3	+	10.8	10.8	1.6	1.263	386	4.57
			3	-	10.8	10.8	1.6	1.242	386	-
			4	+	11.6	11.6	2.3	1.262	409	3.71
			4	-	11.7	11.7	2.5	1.083	408	-
			4.5	+	11.7	11.7	2.2	1.254	440	4.38
			4.5	-	11.7	11.7	2.3	1.087	440	-
ПК 32+55, лево	8.5	10	3	+	7.96	7.96	1.95	1.280	491	2.97
			3	-	7.97	7.97	1.96	1.273	491	-
			4	+	11.68	11.57	3.61	1.274	485	7.82
			4	-	12.51	12.31	4.33	1.101	485	-
			4.5	+	12.09	11.93	3.99	1.272	562	7.46
			4.5	-	13.31	12.96	5.23	1.035	579	-
ПК 33+65 (симметричный)	7.8	7.5	3	+	9.51	9.51	1.24	1.292	367	1.54
			3	-	9.51	9.51	1.24	1.286	367	-
			4	+	9.79	9.79	1.22	1.272	365	2.8
			4	-	9.79	9.79	1.22	1.266	365	-
			4.5	+	9.88	9.88	1.29	1.273	364	3.47
			4.5	-	9.88	9.88	1.29	1.268	364	-
ПК 31+00 (симметричный)	6.0	10	3	+	4.70	4.70	0.44	1.336	289	1.31
			3	-	4.70	4.70	0.44	1.335	289	-
			4.0	+	4.71	4.71	0.44	1.336	289	1.61
			4	-	4.70	4.70	0.44	1.335	289	-
			4.5	+	5.31	5.31	0.61	1.306	320	1.98
			4.5	-	5.31	5.31	0.61	1.294	320	-
ПК 31+00 (симметр.) без усиления основания	-	-	-	-	18.4	18.4	6.9	1.125	-	-

для составления технологического регламента. При этом варианты с k_s меньше нормируемого значения применяться не должны.

Во всех вариантах с геосинтетическим ростверком усилия в георешетке ниже предела прочности при растяжении 5%. Выбор из двух возможных вариантов, например при шаге свай 3 м без применения георешетки или 4,5 м с георешеткой, должен производиться по экономическим соображениям с учетом стоимости цемента, расходуемого на изготовление свай (зависит от прогнозируемых максимальных напряжений в теле и шага свай), и стоимости георешетки. При назначении необходимой прочности грунтоцементных свай максимальные значения средних сжимающих напряжений необходимо умножить на коэффициент надежности по материалу, величина которого опреде-

ляется из опыта закрепления грунтов в аналогичных условиях.

Принятое решение об усилении слабого основания грунтоцементными сваями, изготавливаемыми по ЖЕТ-технологии, оправдано как с технической (обеспечивается необходимая устойчивость и стабильность), так и технологической (минимум объема выемки грунта) точек зрения.

Материалы настоящего расчета переданы в головной институт по проектированию автодорог — ГипродорНИИ (г. Москва), где получили одобрение. На основании этих расчетов составлены технологические регламенты по устройству свай и геосинтетического ростверка, выполнен рабочий проект подходной насыпи к мосту через реку Каму, который в настоящее время реализуется.

Литература

1. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты/Госстрой СССР. — М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. — 48 с.
2. PLAXIS Finite Element Code for Soil and Rock Analyses. Version 7. Elided by R. b.J. Bnnkgreeve, P. A. Vermeer. — A. A. Balkema/Rotterdam/Brookfieldd, 1998. — 251 p.
3. СНиП 2.05.03-84. Мосты и трубы/Госстрой СССР. — М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. — 200 с.
4. ГОСТ 20522-96. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. — М.: Минстрой России, ТУП ЦПП, 1996. — 25 с.
5. Справочник по земляному полотну эксплуатируемых железных дорог / М.В.Аверочкина, С.С.Бабитская, С.М.Большаков, и др.: Под ред. А.Ф.Подпалого, М.А.Чернышева, В.П.Титова. — М.: Транспорт, 1978.—766 с.
6. СП 32-104-98. Проектирование земляного полотна железных дорог колеи 1520 мм / Госстрой России, ГУП ЦПП, 1999. —91с.

ОПЕЧАТКИ, ЗАМЕЧЕННЫЕ В ПРЕДЫДУЩЕМ НОМЕРЕ

1. На странице 4 первая и третья строка левого столбика: единица измерения $\text{kB}\cdot\text{A}$;
2. На странице 6 в пункте 3 правого столбца следует читать: Полные потери мощности на зоне длиной 13,2 км при передаче номинальной мощности по линиям электропередачи устройств усиления составляют при ППН-6,6 1500 кВт, а при ОТП — 530 кВт (меньше в 2,9 раза).
3. Заголовок на странице 38 следует читать: Константин Владимирович Чевкин.

Открыта подписка на научно-технический журнал «Транспорт Урала».
Стоимость одного номера 118 рублей. Периодичность 4 номера в год.

Министерство связи Российской Федерации		Ф СП - 1									
АБОНЕМЕНТ		на	46463 (индекс издания)								
Транспорт Урала		Количество комплектов									
На 2006 год по месяцам											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Куда		(почтовый индекс)		(адрес)							
Кому		Линия отреза									
		ДОСТАВочНАЯ КАРТОЧКА		46463 (индекс издания)							
П В место на тер		Транспорт Урала		На							
Стоимость	подписка переплат- рассрочка	руб.	коп.	Количество комплектов							
На 2006 год по месяцам											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
почтовый индекс		город		само							
код улицы		область		район							
дом		корпус		квартира							
		улица		Фамилия И. О.							



Научно-технический журнал «Транспорт Урала». Издание зарегистрировано в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций 27 мая 2004 г. Свидетельство ПИ № 77-18098.

Адрес редакции: Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66. Тел. (343) 245-31-88, e-mail: VSay@nis.usurt.ru

Учредитель: Уральский государственный университет путей сообщения.

Редакция журнала не несет ответственности за предоставленные рекламные материалы



©ИД «Лазурь», 2006, фото на обложку, дизайн, верстка, г. Екатеринбург. Тел. (343) 213-26-19. www.idlazur.ru
Отпечатано в типографии «Лазурь» (г. Реж). Заказ №. 1123 Тираж 1000 экз. Подписано в печать 08.05.06

ЭТФ изобретает...

2106993. Способ определения свободности от подвижного состава участка пути / И.Г. Тильк, В.И. Самодуров;
2112680. Способ дистанционной отметки прохода колесных пар рельсового подвижного состава / И.Г. Тильк, В.И. Самодуров, М.А. Кривда и др.
2107637. Способ дистанционной отметки прохода колесных пар рельсового подвижного состава / И.Г. Тильк, В.И. Самодуров, М.А. Кривда и др.
2153178. Способ определения места повреждения кабеля с металлическими элементами / Н.К. Велигжанин, А.Ю. Долгушин.
2179781. Преобразователь напряжения / В.В. Наговицын, Б.С. Сергеев.
2179728. Способ определения места повреждения оптического кабеля с токопроводящими элементами / Н.К. Велигжанин, О.Н. Велигжанина, М.С. Мухамедзянов.
2183863. Охранное устройство (Варианты) / Б.С. Сергеев, В.В. Наговицын.
2187193. Устройство заряда фильтрующего конденсатора / В.В. Наговицын, Б.С. Сергеев, К.Е. Сорокин.
2207745. Светодиодный светофор / Б.С. Сергеев, С.А. Щиголев, В.В. Наговицын.
2206166. Устройство для заряда аккумулятора / Н.Б. Курченкова, В.В. Наговицын, Б.С. Сергеев.
2206177. Бортовая сеть связи подвижного состава / Д.Н. Волюнский, А.В. Волюнская.
2237290. Трехзначный светодиодный светофор / Е.О. Савельев, Б.С. Сергеев.
2221149. Способ передачи сообщений в подземные выработки / Д.Н. Волюнский, А.В. Волюнская.
2237291. Светодиодный светофор / Е.О. Савельев, Б.С. Сергеев.
2235426. Радиоустройство (Варианты) / Б.С. Сергеев, Н.Б. Курченкова.
226540. Устройство управления станционными светофорами / Б.С. Сергеев, Н.Б. Курченкова.
2260903. Радиоприемное устройство / Б.С. Сергеев.
2258979. Светодиодное устройство / Е.О. Савельев.
2262217. Способ управления излучением светодиодной матрицы и устройство для его осуществления / Б.С. Сергеев, Е.О. Савельев.



ГОУВПО Уральский государственный
университет путей сообщения
Научно-исследовательская лаборатория
«Компьютерные системы автоматики»

Разработки

- ✓ Станционные системы железнодорожной автоматики:
- Релейно-процессорная централизация ЭЦ-МПК
- Микропроцессорная централизация МПЦ-МПК
- Система технической диагностики СТД-МПК
- ✓ Диспетчерская централизация ДЦ-МПК
- ✓ Комплексная автоматизированная система диспетчерского управления метрополитеном (КАС-ДУ):
- Система управления движением поездов
- Система построения нормативного и исполненного графиков движения
- Система управления освещением и вентиляцией
- Система управления эскалаторами
- Система управления энергоснабжением
- Система учета и анализа работы линий метрополитена
- ✓ Автоматизированная система оперативного диспетчерского управления грузоперевозками (АСОДУ ГП)



Внедрения

- ✓ система ЭЦ-МПК сдана в постоянную эксплуатацию на 32 станциях магистрального и промышленного транспорта России и Казахстана с общим количеством стрелок более 1000;
- ✓ сдана в постоянную эксплуатацию система ДЦ-МПК на 5 диспетчерских кругах Куйбышевской ж.д.;
- ✓ разработаны проекты оборудования системой ЭЦ-МПК 40 станций с общим количеством более 1000 стрелок;
- ✓ в постоянную эксплуатацию сдана Комплексная автоматизированная система диспетчерского управления в Петербургском, Нижегородском, Самарском и Екатеринбургском метрополитенах;
- ✓ в Петербургском метрополитене введена в эксплуатацию система автоведения;
- ✓ введена в эксплуатацию автоматизированная система управления устройствами подводного автодорожного тоннеля;
- ✓ лабораторные установки систем ЭЦ-МПК, МПЦ-МПК и ДЦ-МПК функционируют в шести вузах и одном колледже России

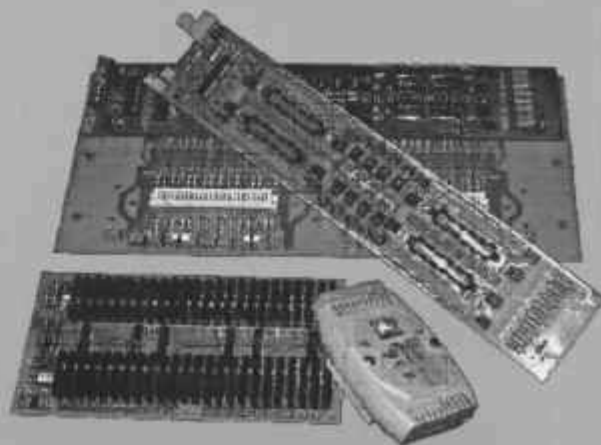
Партнеры

Все разработки и внедрения

ведутся совместно с Центром компьютерных железнодорожных технологий Петербургского государственного университета путей сообщения.

Адрес

620107. г.Екатеринбург, ул. Колмогорова, д. 66, корп. Б
тел./факс. (343) 358 - 56 - 07
e-mail: std-mpk@yandex.ru



Акт

О производстве работ на объекте реконструкции учебного корпуса № 2 ЧИПС УрГУПС в г. Челябинск, ул. Свободы, 106^б

От « 19 » марта 2009 года.

Мы комиссия в составе: проректора УрГУПС – Ялышева Ю. И., директора ЧИПС – Сабирова Н. З., и.о. заместителя директора по АХЧ ЧИПС – Давыдова В. А., в присутствии прораба ООО «Стройсервис» - Афанасьевой О. В. - субподрядчика ЗАО «РОТОНДА», составили настоящий акт о нижеследующем.

1. При посещении объекта и осмотре строительной площадки, выявлено следующее:
 - на объекте от ЗАО «РОТОНДА» работало шесть человек;
 - прораб ЗАО «РОТОНДА» на 14:15 местного времени, на объекте отсутствовала;
 - строительная техника автокран, автосамосвал стояли и не были задействованы;
2. По заявлению прораба ООО «Стройсервис» Афанасьевой О. В. работники субподрядчика на протяжении последних трех месяцев не получали зарплату за выполненную работу в связи с тем, что в 2009 году генподрядчик не произвел ни одного расчета с вышеуказанной субподрядной организацией.

Кроме этого директор ООО «Стройсервис» Сапрыкин Н. Н. подтвердил этот факт, а также отметил, что ЗАО «РОТОНДА» не оплачивает субподрядчику поставку строительных материалов. Следствием этого является отсутствие рабочих ООО «Стройсервис» на объекте.

Комиссия считает, что работы на объекте фактически остановлены. Есть опасения в своевременном завершении работ в срок обозначенный в контракте между ЧИПС и ЗАО «РОТОНДА» 25 декабря 2009 года.

Председатель комиссии:

Ялышев Ю. И.

Члены комиссии:

Сабиров Н. З.

Давыдов В. А.

С настоящим актом согласна:
прораб ООО «Стройсервис»

Афанасьева О. В.



Акт

О производстве работ на объекте реконструкции учебного корпуса № 2 ЧИПС УрГУПС в
г. Челябинск, ул. Свободы, 106^б

От « 19 » марта 2009 года.

Мы комиссия в составе: проректора УрГУПС – Ялышева Ю. И., директора ЧИПС –
Сабирова Н. З., и.о. заместителя директора по АХЧ ЧИПС – Давыдова В. А., составили
настоящий акт о нижеследующем.

1. На территории строительной площадки находился легковой автомобильный транспорт, не имеющий отношения к производству строительных работ;
2. Представитель ЗАО «РОТОНДА» Ахтямова Т. Н., назвавшаяся прорабом, не представила документов, подтверждающих право ее ответственности за производство работ на данном объекте;

Председатель комиссии:
Члены комиссии:

Ялышев Ю. И.
Сабиров Н. З.
Давыдов В. А.

