

2. **Вековые** циклы динамики развития электротехнического знания и образования / П. Е. Валивач, А. И. Субетто // Вестник КГУ им. Н. А. Некрасова. – 2006. – № 1. – С. 25–27.

3. **Математический** анализ гипотезы очередного всплеска открытий в теоретических основах электротехники к 2020 году / П. Е. Валивач и др. // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2009. – № 3 (84). – С. 14–27. – (Серия «Наука и образование»).

4. **Основные** исторические этапы становления электротехнического образования военно-морских инженеров-электриков России / П. Е. Валивач // Труды Третьей Международной научно-практической конференции. – СПб. : Изд-во Санкт-Петербургского гос. политехнического ун-та, 2003. – С. 719–721.

5. **Состояние** проблемы становления и использования современных технических средств

обучения, их классификация и задачи дальнейшего развития / П. Е. Валивач // Вестник СПбУ МВД России. – 2011. – № 4 (52). – С. 163–167.

6. **Концептуальная** модель адаптивной системы управления содержанием высшего профессионального образования специалистов ВМФ / П. Е. Валивач // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2009. – № 3 (84). – С. 214–222. – (Серия «Наука и образование»).

7. **Гносеологические** аспекты и исторические факторы, влиявшие на формирование содержания военно-морского образования в различных социальных условиях / П. Е. Валивач. – СПб., 2011. – 9 с. (Деп. в ИНИОН РАН 06.03.12 г. № 61040).

8. **Теория** нахождения корней алгебраических уравнений / Т. Г. Незбайло. – СПб. : Корона-Век, 2007. – 208 с.

УДК 656.25

**П. Е. Булавский, Д. С. Марков**

Петербургский государственный университет путей сообщения

## **СИНТЕЗ ФОРМАЛИЗОВАННОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ**

Предложена формализованная схема (ФС) электронного документооборота технической документации (ЭДТД) систем железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) как сложной системы массового обслуживания (ССМО).

ФС включает описание внешней среды в виде модели потока заявок – комплектов технических документов (ТД), систем и процессов обслуживания (обработки) заявок, формализуемых на языке параллельных логических схем алгоритмов (ПЛСА). ФС обеспечивает естественный переход к синтезу имитационной модели (ИМ) ЭДТД и в значительной мере определяет ее адекватность.

система железнодорожной автоматики и телемеханики, электронный документооборот технической документации, имитационное моделирование, формализованная схема.

### **Введение**

Создание такой сложной и объемной системы, как электронный документооборот технической документации (ЭДТД) систем

железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ), является непрерывным процессом. ЭДТД разрабатывается и внедряется поэтапно, на протяжении длительного периода времени, а уже внедренные подсистемы

и процессы совершенствуются на основе новых информационных технологий и технических средств. Разработка новых классов СЖАТ, например микропроцессорных, также требует совершенствования и развития ЭДТД. Эти факторы определяют непрерывность процесса создания ЭДТД СЖАТ, а следовательно, и постоянную потребность в принятии новых системотехнических решений (СТР). Очевидна также необходимость количественного обоснования СТР, что, в свою очередь, предполагает разработку соответствующих инструментальных средств и сопровождение ими процессов создания и эксплуатации систем ЭДТД.

В [1] определено, что в качестве инструментального средства оценки эффективности принимаемых СТР должна использоваться имитационная модель (ИМ) ЭДТД СЖАТ. При этом естественной математической схемой формализации является схема массового обслуживания, а ЭДТД СЖАТ характеризуется как сложная система массового обслуживания (ССМО).

В [2] приведена обобщенная формализованная схема (ОФС) технологических процессов на железнодорожном транспорте как ССМО, включающая три составляющих:

1) модель внешней среды в виде вектора технологической нагрузки;

2) систему обслуживания, включающую описание обслуживаемых устройств, выполняемых ими операций, алгоритмы обслуживания заявок;

3) операционные характеристики ССМО.

ОФС представляет собой форму, которая должна быть наполнена содержанием при моделировании каждой конкретной системы. В данном случае исследуется ЭДТД СЖАТ, и, следовательно, на основе ОФС должна быть синтезирована формализованная схема ЭДТД СЖАТ как ССМО.

В работе представлена ФС ЭДТД СЖАТ, полученная как в результате натурных обследований процессов создания и обработки технической документации, так и теоретических исследований параллельных процессов с использованием языка параллельных логических схем алгоритмов (ПЛСА) [3].

## 1 Вектор технологической нагрузки

Формализованная схема внешней среды ЭДТД представляется вектором технологической нагрузки:

$$V_T = [H; R; \tau],$$

где  $H$  – множество заявок различного типа  $h_i, i = \overline{1, I}, h_i \in H$ ;  $R$  – множество свойств  $r_{i,d}, d = \overline{1, D}$  заявок  $i$ -го типа,  $r_{i,d} \in R$ ;  $\tau$  – множество интервалов времени между поступлением заявок  $h_i$  в ЭДТД.

В данном случае синтезирована ФС ЭДТД и соответственно в качестве заявок множества  $H$  рассматриваются технические документы (ТД), входящие в состав проектно-сметной документации. В зависимости от конкретных приложений ИМ в качестве заявок различных типов  $h_i \in H, i = \overline{1, I}$  могут быть представлены:

- различные ТД одного проекта;
- комплекты ТД одного проекта;
- проектно-сметная документация для различных проектов;
- проектно-сметная документация в целом для конкретного вида СЖАТ, например, электрическая централизация, автоматическая блокировка и т. д.

Свойства заявки  $h_i - r_{i,d} \in R; d = \overline{1, D}$  определяются составом и структурой ТД, представляемого заявкой  $i$ -го типа.

Формализация свойств заявок  $h_i$  должна осуществляться на основе отраслевого формата технической документации (ОФ-ТД) на устройства СЖАТ [4], разработанного для создания единой информационной среды ЭДТД.

В структуру ОФ-ТД включены список и формат примитивов, определяющие описание простейших языковых конструкций, каталог и формат элементов схем ТД СЖАТ, список типов ТД, используемых в системе ЭДТД, и формат ТД. Каждый ТД представляется в виде совокупности каналов данных. Каналы документа описываются секциями файла ОФ-ТД или набором файлов. Канал данных содержит древовидную структуру объектов. Каждый объект, в свою очередь,

содержит множество параметров и под-объектов. Для описания ТД в ОФ-ТД заданы атрибуты всех объектов, в него входящих, и учтены структуры данных, которые могут быть представлены во всех видах ТД. Предложенный способ обеспечивает представления и обработку ТД без использования специализированных программных средств.

Элемент <Документ> содержит одно или несколько представлений ТД (каналов данных). Элемент <Описание\_документа> является служебным каналом, содержащим информацию о документе в целом. Данные ТД содержатся в элементе <Лист\_документа>, идентификатор которого имеет соответствующее значение:

```
<Лист_документа Идентификатор=
"СхемПлан" Название="имя"
  Формат="А4" Число_Форматов="5">
<Список_Элементов...>
  <!—Описание объектов схематического
плана станции—> </Список_Элементов>
<Связи> <!—Описание связей объектов
схематического плана—> </Связи> <Лист_
документа/>
```

Структура <Список\_Элементов> содержит описание объектов документа, включая примитивные графические объекты, элементы схемы, динамические элементы, таблицы, штамп и др. Структура <Связи> служит для определения функциональных связей между объектами ТД, которые содержатся в элементе <Связь\_Элементов>. ОФ-ТД включает в себя описание всех типов ТД, достаточно подробное для осуществления операций электронного документооборота: анализа, автоматизированного проектирования, хранения, архивирования, отображения на чертеже и представления ТД в имитационной модели.

Такой подход позволяет создать информационную структуру, обеспечивающую описание всех элементов ТД СЖАТ с указанием параметров, необходимых для автоматизации ЭДТД и отображения текущего состояния ТД в имитационной модели.

Иерархическая структура свойств  $r_{i,d}$  заявок в соответствии с ОФ-ТД формализуется с помощью атрибутивной грамматики [5].

Формализация описания технических документов на основе атрибутивной грамматики обеспечивает автоматизацию процесса построения трансляторов, позволяющих привести чертеж, сохраненный в отраслевом формате технической документации на устройстве СЖАТ [4], к описанию заявки в рамках контекстно-свободной грамматики (КС-грамматики) с выделением совокупности свойств  $r_{i,d}$  заявок, обрабатываемых в модели ЭДТД.

Далее приведен пример описания элементов ТД, выделяемых в свойствах  $r_{i,d}$  заявок: схематический план станции, ТД  $\rightarrow$  элемент  $\rightarrow$  атрибуты элемента.

Аналогичное описание свойств  $r_{i,d}$  заявок дается для всех наборов атрибутов элементов, входящих в ТД, представленных в ОФ-ТД.

Заявки  $h_i$  на создание и обработку ТД поступают в ЭДТД в определенные моменты времени  $t_n$ . При этом функционирование системы ЭДТД и требования к ней в значительной мере определяются величиной интервалов времени  $\tau$  между моментами поступления заявок (интенсивностью потока заявок). В зависимости от требований конкретных исследований интервалы  $\tau$  могут быть заданы по регламенту, например по плану строительства объектов СЖАТ, или в виде случайных величин. В последнем случае должны быть заданы: функция распределения  $F_{(\tau)}$  и вероятности поступления в систему заявок  $i$ -го типа  $Ph_i$ ;  $i = \overline{1, I}$ .

В [6] предложена формализованная схема такого потока заявок на основе обратного преобразования функции  $F_{(\tau)}$  (в аналитическом или табличном виде) и представление вероятностей  $Ph_i$  по схеме полной группы событий  $(h_1, \dots, h_i)$  с изменяющимися во времени характеристиками.

## 2 Структурно-алгоритмическое описание ЭДТД СЖАТ

В соответствии с ОФС [2] формализованная схема ЭДТД имеет вид:

$$S_{\text{ЭДТД}} = \{A\{V, Q, G, \alpha\}; U; V \rightarrow U; P_\alpha; \tau_V\},$$

ТАБЛИЦА 1. Набор атрибутов элементов схематического плана станции

Элемент	Атрибут	Обозначение атрибута	Описание атрибута
Стрелка	Вид управления	$A_1$	$a_{11}$ – нецентрализованный
			$a_{12}$ – электрическая централизация
			$a_{13}$ – маневровая централизация
			$a_{14}$ – двойное управление
			$a_{15}$ – маршрутно-контрольные устройства
	Тип стрелочного перевода	$A_2$	$a_{21}$ – обыкновенный
			$a_{22}$ – симметричный
			$a_{23}$ – с НПК
			$a_{24}$ – сбрасывающий
			$a_{25}$ – башмак
			$a_{26}$ – упор
			$a_{27}$ – перекрестный
			$a_{28}$ – глухое пересечение
	...	...	...
Светофор	Назначение	$B_1$	$b_{11}$ – не определено
			$b_{12}$ – входной
			$b_{13}$ – выходной
			$b_{14}$ – маршрутный
			$b_{15}$ – проходной
			$b_{16}$ – прикрытия
			$b_{17}$ – заградительный
			$b_{18}$ – повторительный
			$b_{19}$ – маневровый
			$b_{110}$ – горочный
	Тип светофора	$B_2$	$b_{21}$ – линзовый
			$b_{22}$ – прожекторный
			$b_{23}$ – семафор
	...	...	...
Изолирующий стык	Габаритность	$C_1$	$c_{11}$ – логический
	Тип	$C_2$	$c_{21}$ – стык
			$c_{22}$ – секционный изолятор
Секционный изолятор	$C_3$	$c_{31}$ – логический	
...	...	...	...

где  $A$  – множество алгоритмов создания и обработки ТД;  $V, Q, G, \alpha$  – множества операторов, собственно-логических, ждущих и вероятностных логических условий соответственно, входящих множество алгоритмов  $A$ ;  $U$  – множество подсистем ЭДТД, выполняющих алгоритмы множества  $A$ ;  $V \rightarrow U$  – соответствие подсистем ЭДТД выполняемым подмножествам операторов  $V$ ;  $P\alpha$  – значения вероятностей вероятностных логических условий  $\alpha$ ;  $\tau_v$  – временная характеристика выполнения операторов  $V$  подсистемами  $U$ .

В процессе синтеза системы электронного документооборота технической документации (ЭДТД), на основе натуральных обследований процессов обмена и обработки ТД в подразделениях ОАО «РЖД» выделены технологические цепочки, соответствующие стадиям выполнения работ от начала до завершения процессов строительства СЖАТ и ввода в эксплуатацию.

Под технологической цепочкой понимается представление процесса ЭДТД логически взаимосвязанной, функционально полной последовательностью операций. Уровни иерархии рассматриваемых процессов ЭДТД соответствуют уровням выполнения и детализации технологических цепочек. Алгоритмические уровни отражают степень детализации операций для рассматриваемых технологических цепочек на данном иерархическом уровне.

В табл. 2 и 3 представлен список алгоритмов, описывающих технологические цепочки организации взаимодействия процессов ЭДТД, согласования и утверждения утверждаемой части ПСД и взаимосвязи верхнего и первого уровней иерархии.

Каждый алгоритм табл. 2 описывается, в свою очередь, совокупностью алгоритмов на следующем иерархическом уровне. В табл. 3 представлено описание алгоритма А01 табл. 2.

Совокупность выполняемых в определенной последовательности операций и проверка логических условий в процессе ЭДТД  $i$ -го ТД назовем алгоритмом ЭДТД  $A_i$ .

Операцией  $v_j$  назовем элементарное действие с ТД на данном уровне представ-

ления. Все операции, выполняемые в процессе ЭДТД,  $d_j \in D$ , образуют множество  $V = \{v_j\}, j = \overline{1, J}$ .

Основными элементами описания являются операторы, соответствующие операциям  $v_j$ , логические условия  $q, g, \alpha_k, k = \overline{1, K}$ , помеченные стрелками  $\alpha_k \uparrow^p, p = \overline{1, P}$ , где  $p$  – индекс стрелки. Переход ТД при ложном значении  $\alpha_k$  осуществляется к элементу ПЛСА, помеченному стрелкой с тем же индексом  $\downarrow^p$ .

Для обеспечения строчной записи ПЛСА используются следующие вспомогательные операторы и логические условия:

$\omega \uparrow^p$  – тождественно ложное логическое условие;

$R \uparrow^p$  – оператор распараллеливания с  $p$ -й стрелкой, указывающей начальные элементы образуемых им параллельных ветвей;

$\Downarrow^p$  – стрелка, помечающая начальный элемент каждой параллельной ветви, образованной оператором распараллеливания с тем же индексом;

$\omega \rightarrow^p$  – тождественно ложное логическое условие, заканчивающее параллельную ветвь и указывающее (по индексу  $p$ ) оператор объединения;

$\leftarrow^p \&$  – оператор, объединяющий параллельные ветви, которые заканчиваются условиями  $\omega \rightarrow^p$  с тем же индексом стрелки.

Основным результатом выполнения элементарных операций является изменение свойств технических документов, от качества которых непосредственно зависит эффективность ЭДТД [7].

Для учета качества ТД, участвующих в электронном документообороте, введем следующие операции и логические условия:

$\tau_k$  – операции, длительность которых зависит от качества ТД;

$K_k$  – операции, порождающие качество ТД с заданной вероятностью;

$\Pi_k$  – операции, повышающие качество ТД;

$\alpha_k$  – вероятностные логические условия (вероятность которых зависит от качества ТД).

Рассмотрим алгоритм организации взаимодействия процессов ЭДТД. Как элементарные



ТАБЛИЦА 2. Список алгоритмов, входящих в ФС организации взаимодействия процессов ЭДТД

A03 – выдача ТЗ и ТУ по запросам	A01 – согласование и утверждение утверждаемой части ПСД; A04 – изготовление, строительство и проведение пусконаладочных работ
A011 – проектирование утверждаемой части ПСД; A021 – проектирование ПСД; A02 – отправка и экспертиза ПСД	A05 – ведение и архивирование ТД

ТАБЛИЦА 3. Список алгоритмов, входящих в ФС согласования и утверждения утверждаемой части ПСД (A01)

A111 – регистрация схематического плана станции в аппарате главного инженера; A114 – утверждение схематического плана станции начальником дороги	A15 – передача схематического плана станции причастным службам; A112 – передача схематического плана станции проектной организации; A115 – передача утвержденного схематического плана станции функциональному заказчику (службе СЦБ)
A11 – проектирование схематического плана станции; A12 – проектирование таблицы взаимозависимостей стрелок и сигналов; A14 – передача схематического плана станции функциональному заказчику (служба СЦБ); A113 – корректировка схематического плана станции	A19 – рассмотрение схематического плана станции функциональным заказчиком; A110 – передача схематического плана станции в аппарат главного инженера; A116 – выдача утвержденного схематического плана станции проектной организации

операции, выполняемые при реализации указанного процесса, обозначим:

$v_1$  – согласование и утверждение утверждаемой части ПСД;

$v_2$  – отправка и экспертиза ПСД;

$v_3$  – выдача ТЗ и ТУ по запросам;

$v_4$  – изготовление, строительство и производство пусконаладочных работ;

$v_5$  – ведение и архивирование ТД.

Множества  $\alpha = \{\alpha_k\}$  включает следующие логические условия:

$$\alpha = \begin{cases} 1 & \text{– техническая документация} \\ & \text{передана;} \\ 0 & \text{– не передана.} \end{cases}$$

На основании разработанного алфавита, в результате анализа процессов проектиро-

вания, согласования и утверждения утверждаемой части ПСД получена ЛСА:

$$A_{\text{ЭДТД}} = \downarrow^1 v_3 K_{i3} \alpha \uparrow^1 \downarrow^2 v_1 K_{i1} \Pi_{i1} \alpha \uparrow^2 \downarrow^3 v_2 K_{i2} \tau_{i2} \Pi_{i2} \alpha \uparrow^3 \downarrow^4 v_4 \tau_{i4} \alpha \uparrow^4 \downarrow^5 v_5 \tau_{i5} \alpha \uparrow^5$$

Рассмотрим алгоритм проектирования, согласования и утверждения утверждаемой части ПСД. Как элементарные операции, выполняемые при реализации указанного процесса, обозначим:

$v_1$  – проектирование схематического плана станции;

$v_2$  – проектирование таблицы взаимозависимостей стрелок и сигналов;

$v_4$  – передача схематического плана станции функциональному заказчику (служба СЦБ);

$v_5$  – передача схематического плана станции причастным службам (службы пути, электрификации и электроснабжения, локомотивного хозяйства, грузовой и коммерческой работы, перевозок, начальнику станции, ревизору по безопасности);

$v_6$  – рассмотрение схематического плана станции причастными службами;

$v_7$  – согласование схематического плана станции;

$v_8$  – передача согласованного схематического плана станции функциональному заказчику;

$v_9$  – рассмотрение схематического плана станции функциональным заказчиком;

$v_{10}$  – передача схематического плана станции в аппарат главного инженера;

$v_{11}$  – регистрация схематического плана станции в аппарате главного инженера;

$v_{12}$  – передача схематического плана станции проектной организации;

$v_{13}$  – корректировка схематического плана станции;

$v_{14}$  – утверждение схематического плана станции начальником дороги;

$v_{15}$  – передача утвержденного схематического плана станции функциональному заказчику (службе СЦБ);

$v_{16}$  – выдача утвержденного схематического плана станции проектной организации.

Множества  $\alpha = \{\alpha_k\}$ ,  $k = \overline{1,3}$  включает следующие логические условия:

$$\alpha_1 = \begin{cases} 1 - \text{схематический план передан;} \\ 0 - \text{не передан;} \end{cases}$$

$$\alpha_2 = \begin{cases} 1 - \text{схематический план согласован;} \\ 0 - \text{в противном случае;} \end{cases}$$

$$\alpha_3 = \begin{cases} 1 - \text{схематический план утвержден;} \\ 0 - \text{в противном случае.} \end{cases}$$

На основании разработанного алфавита в результате анализа процессов проектирования, согласования и утверждения утверждаемой части ПСД получена ЛСА:

$$A_{\text{Пр.ут}} = v_1 K_{i1} v_2 K_{i2} \downarrow^1 v_4 \alpha_1 \uparrow^1 \downarrow^2 v_5 \alpha_1 \uparrow^2 \downarrow^4 v_6 \tau_{i1} v_7 \tau_{i2} \Pi_{ш2} \alpha_2 \uparrow^3 v_8 \downarrow^5$$

$$v_9 \tau_{i3} \Pi_{i3} \alpha_2 \uparrow^5 \downarrow^6 v_{10} \alpha_1 \uparrow^6 v_{11} v_{14} \alpha_3 \uparrow^3 v_{15} \omega \uparrow^7 \downarrow^3 v_{12} v_{13} \tau_{i4} \omega \uparrow^4 \downarrow^7 v_{16}.$$

Аналогично получены ПЛСА всех технологических цепочек, представляющие собой основу ФС ЭДТД.

Для реализации формализованных с помощью ПЛСА алгоритмов указаны структурные подразделения и организации, выполняющие соответствующие процессы ЭДТД:

$U_1$  – проектные организации;

$U_2$  – аппарат главного инженера;

$U_3$  – служба технической политики;

$U_{41} - U_{4n}$  – службы, дирекции;

службы: НТП, П, Ш, Э, Л, НГС, Н<sub>инв</sub>, НБТ, НРИ, В, Н<sub>скоп</sub>;

дирекции: Д, ДРП, НС, РДОП, НДОППР, ПРИГ, ДСС, ДКС.

$U_5$  – функциональный заказчик;

$U_6$  – начальник дороги.

Аналогичным образом поставлены в соответствие выделенным подсистемам ЭДТД выполняемые ими подмножества операторов  $V$ :

$$U_1 \Rightarrow \{v_1, v_2, v_4, v_{13}\};$$

$$U_2 \Rightarrow \{v_{11}, v_{14}\};$$

$$U_3 \Rightarrow \{v_5, v_{12}, v_{15}\};$$

$$U_4 \Rightarrow \{v_6, v_7, v_8\};$$

$$U_5 \Rightarrow \{v_9, v_{10}, v_{16}\};$$

$$U_6 \Rightarrow \{v_{14}\}.$$

### 3 Операционные характеристики ЭДТД

Необходимость количественных оценок СТР предполагает определение набора операционных характеристик или показателей эффективности ЭДТД.

В формализованную схему ЭДТД как ССМО введены три группы операционных характеристик:

- 1) характеристики процесса обслуживания заявок  $h_i \in H$ ;
- 2) структурные характеристики ЭДТД как системы обслуживания;
- 3) оптимизационные характеристики.

К характеристикам первой группы относятся:

- время обслуживания и пребывания заявок в системе;
- время обслуживания и пребывания заявок в подсистемах;
- вероятность своевременного обслуживания заявок в системе;
- вероятность своевременного обслуживания заявок подсистемами;
- количество одновременно обслуживаемых заявок.

К характеристикам второй группы относятся:

- пропускная способность системы;
- пропускная способность подсистем;
- коэффициенты загрузки подсистем;
- время простоя подсистем;
- очереди на обслуживание заявок в подсистемах («узкие места» ЭДТД).

Характеристики третьей группы представляют собой компромисс между характеристиками первой и второй группы и, как правило, являются экономическими показателями ЭДТД, учитывающими производительность системы и эксплуатационные расходы на ее содержание и модернизацию.

Следует отметить что оценка любых СТР, в том числе по влиянию качества ТД на эффективность работы ЭДТД, должна даваться по всем показателям первой и второй группы. Окончательное решение должно приниматься на основе анализа показателей, относящихся к третьей группе.

## Заключение

Полученная формализованная схема ЭДТД СЖАТ отвечает требованиям полноты и корректности, так как:

- разработана на основе ОФС, полнота и корректность которой подтверждена опытом разработки имитационных моделей ряда технологических процессов на железнодорожном транспорте;

– результаты натурных обследований подтверждены экспертными оценками;

– корректность ПЛСА процессов ЭДТД проверена формальными матричными преобразованиями.

Применение ПЛСА процессов ЭДТД в качестве основы ФС позволяет перейти к синтезу имитационной модели с использованием в качестве инструментального средства матричного метода формализации ИМ [2].

## Библиографический список

1. **Имитационное моделирование** АСУ технологическими процессами на железнодорожном транспорте / М. Н. Василенко, А. В. Гриненко, Д. С. Марков // *Материалы научно-технической конференции «Пути повышения эффективности использования подвижного состава»*. – Гомель : БелИИЖТ, 1983. – С. 52–53.
2. **Матричный метод** формализации имитационных моделей сложных систем массового обслуживания / П. Е. Булавский, Д. С. Марков // *Известия ПГУПС*. – 2010. – Вып. № 4. – С. 63–74.
3. **Синтез управляющих автоматов** / В. Г. Лазерев, Е. И. Пийль. – М. : Энергия, 1978. – 408 с.
4. **Отраслевой формат** технической документации на устройство СЦБ / М. Н. Василенко, В. Г. Трохов, П. Е. Булавский, О. А. Максименко // *Автоматика, связь, информатика*. – 2003. – № 4. – С. 9–11.
5. **Проверка корректности** схематических планов станций с помощью атрибутной грамматики / П. Е. Булавский, С. Б. Мухамедходжаев // *Известия ПГУПС*. – 2011. – Вып. № 2. – С. 63–71.
6. **Моделирование** потока заявок сложных систем на языке GPSS / М. Н. Василенко, А. В. Гриненко, Д. С. Марков // *Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте; ЦНИИ ТЭИ МПС*. – 1981. – № ДР1252. – С. 57–65.
7. **Оценка качества** технической документации на системы ЖАТ / П. Е. Булавский // *Автоматика, связь, информатика*. – 2011. – № 8. – С. 37–39.