

работки, согласования и утверждения проектной документации;

- получения справочной информации по обработке запросов на выдачу технических заданий, технических условий, согласовании проектной документации;

- повышения качества и ускорения процессов информационного обмена между аппаратом главного инженера, заказчиками, отделениями, службами, дирекциями и проектными организациями;

- исключения ошибок при передаче и рассмотрении запросов, выдаче технических заданий, технических условий, согласованию проектной документации;

- высокого качества учета выполненных запросов;

- ускорения процессов поиска, обработки и выдачи копий технических заданий и технических условий, отчетов о выполнении запросов и согласовании проектной документации;

- унификации ТУ для однотипных объектов.

Таким образом, применение матричных имитационных моделей как инструмента анализа работы сложных систем ЭДТД железнодорожной автоматики и телемеханики существенно повышает эффективность моделирования, т. к. обеспечивает адаптацию ИМ к изменяющимся процессам ЭДТД посредством кодирования матриц, что значительно сокращает время моделирования и позволяет давать количественные оценки

модифицируемым при разработке и модернизации процессам ЭДТД.

### Библиографический список

1. **Оценка** качества технической документации на системы ЖАТ / П. Е. Булавский // Автоматика, связь, информатика. – 2011. – № 8. – С. 37–39.

2. **Применение** комплекса базовых имитационных моделей для решения задач обеспечения надежности и безопасности систем железнодорожного транспорта / М. Н. Василенко, Д. С. Марков, Н. И. Рубинштейн // Материалы Всесоюз. конф. «Моделирование систем и процессов управления на транспорте». – М. : ВНИИЖТ, 1991. – С. 76–79.

3. **Имитационное** моделирование АСУ технологическими процессами на железнодорожном транспорте / М. Н. Василенко, А. В. Гриценко, Д. С. Марков // Материалы научно-техн. конф. «Пути повышения эффективности использования подвижного состава» – Гомель : БелИИЖТ, 1983. – С. 52–53.

4. **Матричный метод** формализации имитационных моделей сложных систем массового обслуживания / П. Е. Булавский, Д. С. Марков // Известия ПГУПС. – 2010. – Вып. № 4. – С. 186–195.

5. **GPSS WORLD** Основы имитационного моделирования различных систем / Е. М. Кудрявцев. – М. : ДМК Пресс. – 2004. – 317 с.

6. **Синтез** управляющих автоматов / В. Г. Лазерев, Е. И. Пийль. – М. : Энергия, 1978. – 408 с.

УДК 656.25

**П. Е. Булавский, С. Б. Мухамедходжаев**

Петербургский государственный университет путей сообщения

### АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПИСАНИЯ СХЕМАТИЧЕСКИХ ПЛАНОВ СТАНЦИЙ С ПОМОЩЬЮ АТРИБУТНОЙ ГРАММАТИКИ

Предложен подход к автоматизации описания схематических планов станций с помощью атрибутивной грамматики, позволяющий формализовать проверку корректности всех типов технической документации, участвующих в электронном документообороте. Определено соответствие элементов и атрибутов элементов схематических планов станций, представленных в отраслевом

формате технической документации, символам алфавита атрибутивной грамматики. Выделены синтезируемые и наследуемые атрибуты элементов схематических планов станций. Предложен алгоритм конвертора для автоматизации представления схематических планов станций с помощью атрибутивной КС-грамматики.

схематический план станции, отраслевой формат технической документации, атрибутивная грамматика, атрибутивное дерево разбора.

## Введение

За последнее время роль технической документации как информационного ресурса в разработке проектов железнодорожной автоматики и телемеханики значительно возросла. Важность качественного документирования всех процедур в тех областях, где безопасность является ключевым понятием, в частности в железнодорожной отрасли, невозможно переоценить, поскольку надежность работы устройств СЦБ зависит не только от совершенства технических решений, но и от корректности проектной документации.

Для решения существующих задач необходимо разработать метод формализованного описания технической документации, представленной в отраслевом формате, с помощью атрибутивной грамматики с последующей формализацией проверки всех технических документов.

Формализация описания технической документации в условиях электронного документооборота с помощью атрибутивной грамматики позволяет:

- получать четкую и понятную структуру технической документации;
- формализовать проверки корректности всех типов технической документации, участвующих в электронном документообороте;
- формализовать процессы контроля качества технической документации на всех уровнях управления;
- повысить уровень автоматизации проектных работ;
- обеспечить высокий уровень автоматизации процессов проектирования технической документации.

Для формализованного описания технической документации целесообразно исполь-

зовать атрибутивные грамматики. Применение атрибутивных грамматик позволяет на основе построения атрибутивного дерева разбора обеспечить эффективное создание трансляторов и конверторов, автоматизирующих проверку технической документации.

## 1 Представление технической документации в ОФ-ТД

В проектных организациях железнодорожного транспорта хранится большое количество проектных документов в отраслевом формате технической документации (ОФ-ТД). ОФ-ТД предназначен для разработчиков автоматизированных систем (АС) и позволяет обеспечить информационный обмен в интегрированной информационной системе хозяйства СЦБ (ИИС-СЦБ) между системами АСУ-Ш-2, КАСПР, АРМ-ПТД и АРМ-ВТД [1], улучшить качество их взаимодействия между собой и с другими АС.

Впервые ОФ-ТД применялся при проектировании схематических планов станций (СПС) с помощью автоматизированных рабочих мест по проектированию технической документации (АРМ-ПТД). При использовании ОФ-ТД каждый документ представляется в виде совокупности каналов данных. Каналы документа описываются секциями файла ОФ-ТД или набором файлов [2]. Таким образом, ОФ-ТД СПС содержит описание всех динамических элементов СПС с подробностями, необходимыми для осуществления всех процессов: хранения, анализа, автоматизированного проектирования, представления выходной документации и статических элементов, изображаемых на схематическом плане станции, которое приведено в [3].

Существующий документ ОФ-ТД описывается с помощью расширяемого языка разметки (XML) версии 1.0 [4]. В формате ОФ-ТД все элементы записываются как сущности xml-документа. Например: `<SSP: Тупик id="655" x="124.39" y="175.61" Угол="180.00" InvY="0" ТипУстройства="действующее" Ордината="530" Парк="0" Упор="да" Назначение="оборотный">`.

Для анализа схематических планов станций необходимо формализовать процесс создания конвертора, позволяющего привести технический документ, сохраняемый в ОФ-ТД, к описанию в терминах атрибутивной грамматики.

Атрибутивная грамматика определяется как совокупность множества нетерминальных символов, множества терминальных символов, начального символа (один из нетерминальных) и множества правил. Атрибутивные грамматики создавались путем добавления функций (атрибутов) к каждому правилу грамматики. Кроме того, с каждой грамматикой связывается символ  $X$ , обозначающий набор атрибутов  $A(X)$ . Набор  $A(X)$  состоит из двух непересекающихся множеств  $S(X)$  и  $I(X)$ , называемых синтезируемыми и наследуемыми атрибутами соответственно [5].

Атрибут  $a(X_0)$  называется синтезируемым, если одному из правил вывода  $p: X_0 \rightarrow X_1 \dots X_n$  сопоставлено семантическое правило  $a(0) = fa(0)(\dots)$ . Атрибут  $a(X)$  называется наследуемым, если одному из правил вывода  $p: X_0 \rightarrow X_1 \dots X_n$  сопоставлено семантическое правило  $a(i) = fa(i)(\dots)$ ,  $i \in [1, n]$ . Множество синтезируемых атрибутов символа  $X$  обозначим через  $S(X)$ , наследуемых атрибутов – через  $I(X)$ . Будем считать, что значения атрибутов терминальных символов – константы, т.е. их значения определены, но для них нет семантических правил, определяющих их значения [5].

Атрибутивная грамматика – это контекстно-свободная грамматика (КС-грамматика) с атрибутами, которая более подробно описывает структуру языка программирования и является ее расширением.

В случае КС-грамматики язык определяется как набор конечных последовательно-

стей (цепочек) символов некоторого произвольного алфавита, выведенных из одного начального символа. Алфавит – это набор символов, которые используются при написании программ, и каждая законченная программа представляет собой их последовательность [6]. Поэтому буквы алфавита представляют собой множества набора символов, генерируемых грамматикой (то есть цепочек терминальных символов, выведенных из начального символа), или наоборот, грамматика распознает набор символов (то есть по некоторой цепочке всегда можно построить дерево синтаксического разбора и вернуться к исходному начальному символу).

В нашем случае в качестве символов алфавита выступают базовые элементы СПС. Топология плана станции состоит из основных базовых элементов, таких как стрелка, светофор, изолирующий стык, участок пути, тупик или любая нецентрализованная зона и переезд. Каждый элемент имеет список присущих ему атрибутов. Базовые элементы и их собственные атрибуты могут быть записаны в следующем виде:

- $S(s_1, s_2, \dots, s_i)$ , где  $S$  – стрелка,  $\{s_i\}$  – множество атрибутов элемента  $S$ ;
- $F(f_1, f_2, \dots, f_i)$ , где  $F$  – светофор,  $\{f_i\}$  – множество атрибутов элемента  $F$ ;
- $C(c_1, c_2, \dots, c_i)$ , где  $C$  – изолирующий стык,  $\{c_i\}$  – множество атрибутов элемента  $C$ ;
- $L(l_1, l_2, \dots, l_i)$ , где  $L$  – участок пути,  $\{l_i\}$  – множество атрибутов элемента  $L$ ;
- $T(t_1, t_2, \dots, t_i)$ , где  $T$  – тупик или любая нецентрализованная зона,  $\{t_i\}$  – множество атрибутов элемента  $T$ ;
- $P(p_1, p_2, \dots, p_i)$ , где  $P$  – переезд,  $\{p_i\}$  – множество атрибутов элемента  $P$ .

На рисунке 1 представлен фрагмент схематического плана станции, в котором отображены практически все его основные элементы.

## 2 Представление СПС с помощью атрибутивной грамматики

Если дана атрибутивная грамматика и соответственно СПС, то можно построить дере-

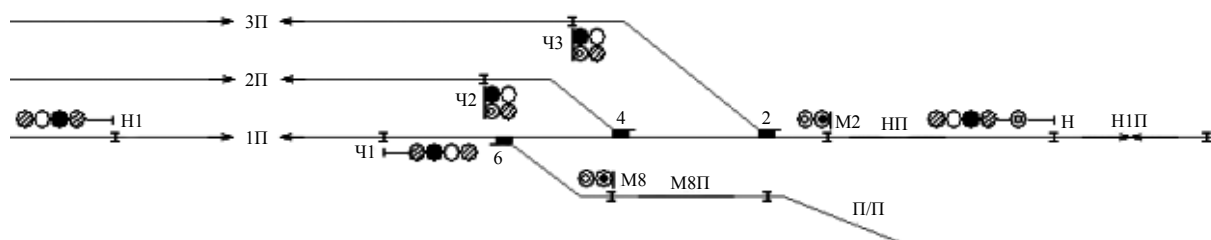


Рис. 1. Фрагмент схематического плана станции

во разбора для данного СПС. В этом дереве каждая вершина обозначена символами (буквами) грамматики. У каждой вершины есть множество атрибутов, поэтому такое дерево называется атрибутивным деревом разбора [5].

На рисунке 2 представлено атрибутивное дерево разбора для фрагмента СПС, показанного на рисунке 1.

На рисунке 2 показано, что все элементы, участвующие во фрагменте СПС, обозначены буквами алфавита атрибутивной грамматики и приведено соответствующее наименова-

ние каждого элемента. Для каждого элемента существует список атрибутов, на рисунке 2 приведены атрибуты для элементов СПС *участок пути* и *стрелка*.

### 3 Конвертор технической документации

В настоящее время существующий ОФ-ТД в полном объеме описывает элементы и их атрибуты для схематических планов станций [2]. Для формализованного описа-

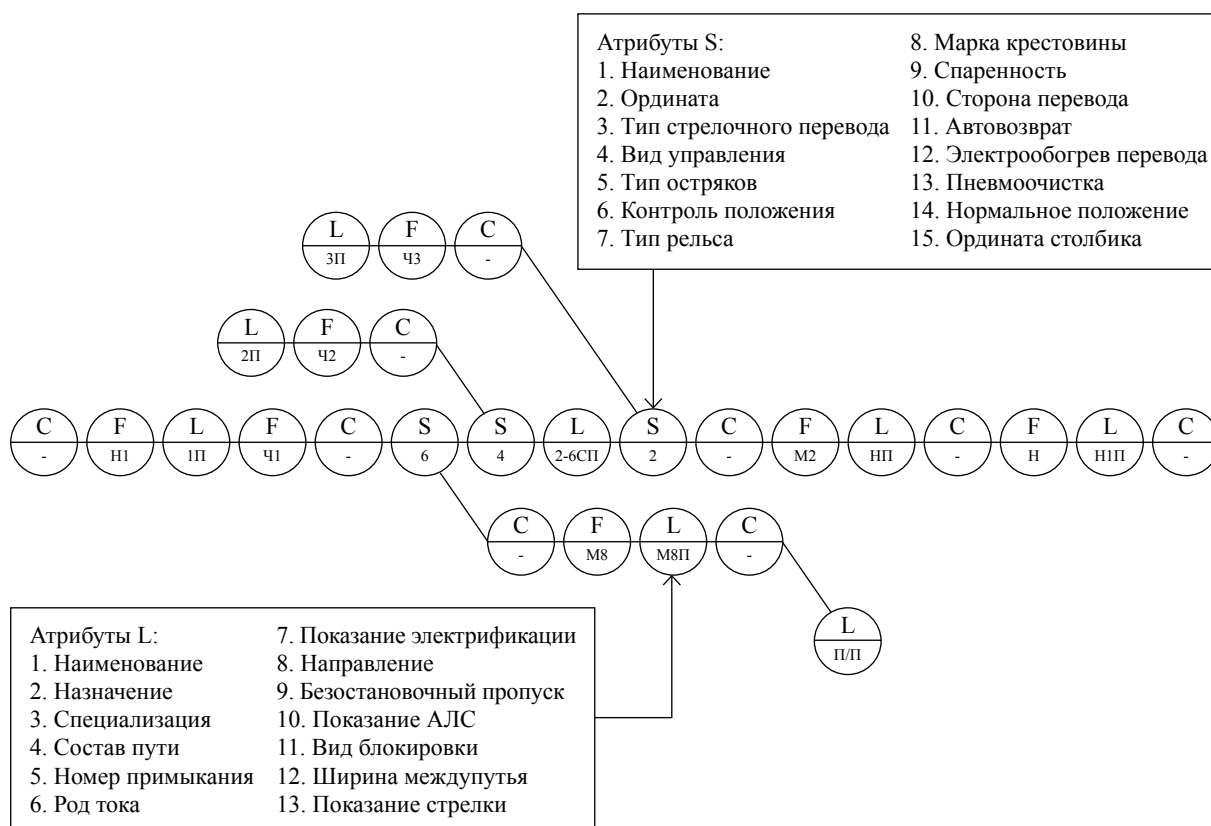


Рис. 2. Атрибутивное дерево разбора для фрагмента СПС

ния СПС достаточно представить элементы и их атрибуты из отраслевого формата в виде символов атрибутивной КС-грамматики. Большое количество данных для каждого элемента, хранящихся в ОФ-ТД, превосходит объем данных, который требуется для описания СПС в терминах атрибутивной КС-грамматики. Однако, учитывая возможность расширения символов СПС, целесообразно сохранить весь объем информации, обеспечив при этом взаимнооднозначное отображение ОФ-ТД в терминах атрибутивной КС-грамматики.

Исходя из этого, для отображения элементов СПС и их атрибутов из отраслевого формата в формат атрибутивной грамматики необ-

ходимо построить конвертор, который позволяет автоматизировать представление СПС в терминах атрибутивной КС-грамматики.

Алгоритм конвертора из ОФ-ТД в терминах атрибутивной КС-грамматики показан на рисунке 3.

Алгоритм конвертора из ОФ-ТД в термины атрибутивной КС-грамматики состоит из следующих блоков.

1. Выбор элемента ОФ-ТД. Производится выбор элемента схематического плана станции, сохраненного в отраслевом формате.

2. Запись  $\Theta_{\text{ОФ-ТД}}$  буквой КС-грамматики. Выбранный элемент ОФ-ТД записывается буквой атрибутивной КС-грамматики. После

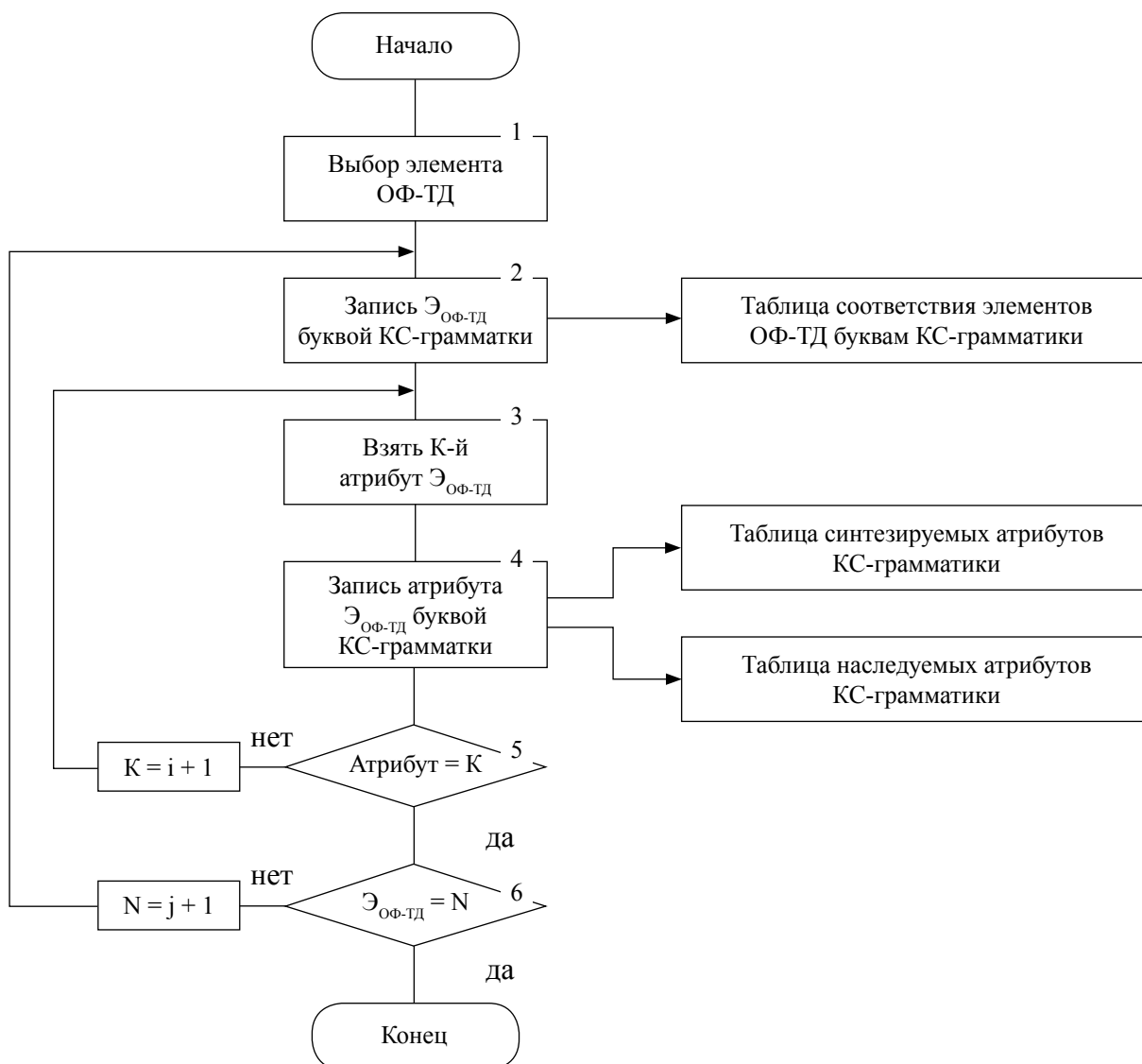


Рис. 3. Алгоритм конвертора из ОФ-ТД в атрибутивную КС-грамматику

записи всех элементов составляется таблица соответствия элементов ОФ-ТД буквам КС-грамматики (табл. 1).

3. Взять К-й атрибут  $\Theta_{\text{ОФ-ТД}}$ . После записи элементов буквами КС-грамматики происходит выбор первого атрибута соответствующего элемента ОФ-ТД.

4. Запись атрибута  $\Theta_{\text{ОФ-ТД}}$  буквой КС-грамматики. В данном блоке атрибут выбранного элемента записывается буквой КС-грамматики и формируется в двух таблицах: в таблице синтезируемых атрибутов КС-грамматики и в таблице наследуемых атрибутов КС-грамматики.

5. Атрибут=К. Проверяется полное количество атрибутов соответствующего элемента. При несоответствии происходит возврат к блоку 3.

6.  $\Theta_{\text{ОФ-ТД}} = N$ . В данном блоке осуществляется проверка незаписанного элемента буквой КС-грамматики. При несоответствии осуществляется возврат к блоку 2.

В результате выполнения алгоритма обеспечивается автоматическое представление символов СПС в терминах атрибутной КС-грамматики, позволяющее формализованно строить СПС, проверять правильность расстановки элементов СПС и вносить в них изменения с возможностью дальнейшего сохранения информации.

В атрибутной КС-грамматике используются атрибуты двух видов: синтезируемые

и наследуемые. В таблицах 2 и 3 показаны примеры синтезируемых и наследуемых атрибутов для СПС.

После завершения процесса конвертирования элементов ОФ-ТД в атрибутную КС-грамматику существует возможность анализа параметров всех элементов путевого развития станции, а именно проверки параметров на соответствие техническому заданию и области допустимых значений. По окончании проверки формируется выходной отчет, который содержит перечень и описание всех обнаруженных ошибок.

## Заключение

На основе анализа элементов и их атрибутов в атрибутной КС-грамматике производится проверка технической документации (схематический план станции, двухниточный план станции, принципиальные и монтажные схемы). При проверке осуществляется обнаружение ошибок, содержащихся в технической документации.

Формализация процессов описания схематического плана станции с помощью атрибутной грамматики позволяет улучшить процесс разработки и проектирования технической документации, исключить ошибки методами синтаксического и семантического анализа технической документации,

ТАБЛИЦА 1. Таблица соответствия элементов ОФ-ТД буквам КС-грамматики

№	Буква	Элемент ОФ-ТД	Графическое обозначение
1	S	Стрелка	
2	F	Светофор	
3	C	Изолирующий стык	
4	L	Участок пути	
5	T	Тупик или нецентрализованная зона	
6	P	Переезд	

ТАБЛИЦА 2. Таблица синтезируемых атрибутов КС-грамматики

Элемент	Синтезируемый атрибут
Светофор	<назначение>=<сигнализация>+<тип мачты>
Участок пути	< вид блокировки >=< номер примыкания >+< изображение показания АЛС >
Стрелка	<тип стрелочного перевода>=<тип сердечника>+<тип сброса>
Тупик	<назначение>=<длина пути>
Переезд	<категория>=<обслуживаемый>+<задержка АПС>

ТАБЛИЦА 3. Таблица наследуемых атрибутов КС-грамматики

Элемент	Наследуемый атрибут
Светофор	<количество огней><пригласительный><габарит 3100>
Участок пути	<показание АЛС><положение электрификации><род тока>
Стрелка	<ордината столбика><вид управления><пневмоочистка>
Тупик	<упор>
Переезд	<длина УП><длина><ширина>

формализовать процессы контроля качества технической документации на всех уровнях управления, сократить сроки выполнения проектных работ.

### Библиографический список

1. **Проблемы** внедрения отраслевого формата / Н. Н. Балуев, М. Н. Василенко, В. Г. Трохов, Д. В. Седых // Автоматика, связь, информатика. – 2010. – № 3. – С. 2–4.

2. **Отраслевой** формат технической документации на устройства СЦБ / М. Н. Василенко, В. Г. Трохов, П. Е. Булавский, О. А. Максимен-

ко // Автоматика, связь, информатика. – 2003. – № 4. – С. 9–11.

3. **Проект** отраслевого формата технической документации схематических планов станций. – СПб. : ПГУПС, 2003. – 80 с.

4. **Спецификации XML** (Extensible Markup Language – расширяемый язык разметки) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.w3c.org> (дата обращения 25.10.2012).

5. **Теория** и реализация языков программирования / В. А. Серебряков, М. П. Галочкин, Д. Р. Гончар, М. Г. Фуругя. – М. : МЗ-Пресс, 2006. – 357 с.

6. **Языки** программирования: разработка и реализация / Т. Пратт, М. Зелковиц / ред. А. Матросов. – СПб. : Питер, 2002. – 144 с.