

**КОММУТАЦИЯ И ТЕЛЕФОНИЯ**

УДК 621.391.519.7

**SDL-92: АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ**

О. Фаергеманд (Дания), А. Сарма (Германия), Б. Гольдштейн (Россия)

**Язык спецификаций и описаний (SDL) с его популярным графическим синтаксисом широко распространен в различных областях телекоммуникации. В новейшей версии языка-версии SDL-92 включены новые возможности по объективно-ориентированным спецификациям, недетерминированностям и удаленным процедурам.**

**В статье представлен анализ текущего состояния SDL-92, наибольшее внимание уделено его новым характеристикам, дан обзор инструментальной поддержки языка и в общих чертах описаны текущие разработки, такие как совместное использование SDL и ASN.1, применение SDL в других рекомендациях ССЭ-МСЭ - Сектора стандартизации электросвязи Международного союза электросвязи (ниже используется английское название ITU-T – International Telecommunications Union), приведены некоторые варианты применения SDL-92.**

**Статья написана по результатам заседания Исследовательской комиссии 10 (ИК 10) ITU-T в С.-Петербурге, ЛОНИИС 3-7 апреля 1995 г. и отражает последние достижения в развитии языка спецификаций и описаний SDL.**

**Введение.** На каждой фазе развития систем телекоммуникации и вычислительной техники основные усилия по стандартизации с целью обеспечения совместимости систем концентрируются в определенных областях, наиболее перспективных и целесообразных для стандартизации на данном этапе как с чисто технической, так и экономической точки зрения.

Необходимость стандартизации в телекоммуникации была осознана еще в 1865 г., когда был основан Международный союз электросвязи (ITU). Сегодня ITU - агентство ООН, состоящее из трех секторов: стандартизации электросвязи (ITU-T), радиосвязи и развития телекоммуникаций.

В области вычислительной техники стандартизация началась со стандартов де-факто и в 50-х годах привела к повсеместному использованию 80-колонок перфокарт в качестве единого для всех систем носителя данных. В 60-х годах была достигнута совместимость накопителей на магнитных лентах и дисках с интерфейсом IBM-360. Затем произошло резкое смещение акцентов на программное обеспечение и, наряду со стандартами на операционные системы, программные оболочки и интерфейсы, начали разрабатываться стандартные языки спецификаций и описаний. Три из них достигли статуса международных стандартов: SDL, разработанный ITU-T в 70-х годах, ESTELLE (ISO9074) и LOTOS (ISO8807), стандартизованные ISO в 1988 г.

Разработка первого и наиболее распространенного языка SDL началась в 1972 г. после предварительного исследовательского периода. Первая версия языка была опубликована МККТТ (Международным консультативным комитетом по телеграфии и телефонии) в 1976г., последующие версии появились в соответствующих цветных книгах МККТТ, а затем ITU-T в 1980, 1984, 1988 и 1992 гг. [1].

Благодаря уникальному сочетанию свойств строго формализованного и простого в применении и изучении, наглядного и интуитивно понятного языка, SDL быстро завоевал

## КОММУТАЦИЯ И ТЕЛЕФОНИЯ

популярность не только для использования в качестве спецификаций и описаний собственно телекоммуникационных систем, но и в самых разнообразных промышленных областях, таких как вычислительная техника, авионавтика и др., SDL выбран рекомендуемым языком спецификаций компании Боинг и другими ведущими самолетостроительными компаниями.

Созданный в 1988 г. в г. София-Антиполис (Франция) для деятельности в области стандартизации (раньше занималась Европейская конференция администраций связи – CEPT), Европейский институт стандартизации электросвязи (European Telecommunications Standards Institute - ETSI) выдвинул требование использовать SDL и в своих стандартах [2]. Точно такая же ситуация сложилась в аналогичных организациях Северной Америки – ANSI.T1 и Японии – TTC.

Интенсивное развитие инструментальных средств поддержки SDL обусловлено влиянием требований как со стороны пользователей, продолжающих заниматься стандартами и разработкой систем связи, так и со стороны энтузиастов-исследователей новых свойств языка с расширенными возможностями. "Золотой серединой" в этой ситуации являются инструментальные средства, поддерживающие преемственность технологии, обучение и методологию, основанные на предыдущих версиях SDL, а также обеспечивающие развитие языка таким образом, чтобы в перспективных проектах разработчики использовали SDL-92 для решения своих конкретных задач. В сфере объектно-ориентированных разработок SDL-92 соответствует новым промышленным стандартам, таким как C++ в программировании.

**Обзор версий языка SDL-92.** Введение объектно-ориентированных свойств стало основным дополнением в SDL-92 по сравнению с SDL-88. Основное понятие языка - тип может быть разделен на подтипы. Кроме того, типы могут определяться как объекты (экземпляры в SDL). Данный обзор ограничивается только аспектом использования объектно-ориентированных свойств для описания поведения системы, что всегда было самой сильной отличительной чертой SDL. Объектно-ориентированные свойства SDL включают защищенные переопределения (называемые виртуальными), общие типы (параметризованными) и библиотеки для типов (пакеты).

Как и предыдущие версии, SDL-92 применяется для трех различных назначений: для описания структуры системы, ее поведения и используемых данных.

Структура системы описывает то, как сложная система построена из менее сложных подсистем и то, как могут использоваться объекты для описания системы. Структура включает идентификационные типы в иерархии типов.

На рис. 1 представлена система, называемая *Соединением* и состоящая из 2-х подсистем (блоков в SDL): *Оконечного устройства* и *Станции*, соединенных каналами, *Абонента*, *Абонентской* и *Соединительной линий*. В квадратных скобках около каналов находятся списки сигналов, состоящие из наборов сигналов, которые могут быть переданы по каналу. Каждый сигнал подлежит точному определению в спецификации SDL с указанием значений типов данных, которые можно передать данным сигналом.

## КОММУТАЦИЯ И ТЕЛЕФОНΙΑ



Рис. 1

Каждый блок в системной диаграмме может быть в дальнейшем разделен либо еще на блоки, либо на набор процессов. Процесс описывает поведение в SDL и является наиболее важным объектом в языке. Системная диаграмма и блок-диаграмма - это начальный этап спецификации. Большая часть информации из этих диаграмм используется при разработке спецификаций процессов. К сожалению, структурные диаграммы не распространены в достаточной мере при относительно неформальном использовании SDL в Рекомендациях (далее Рек.) других ИК ИТУ-Т и в иных стандартах. Однако они широко применяются в промышленности при использовании SDL в НИОКР, в частности, при разработке новых телекоммуникационных систем.

Динамическое поведение специфицируемого процесса описывается с помощью моделей, характеризующих механизмы функционирования конечных автоматов и связи между ними. Поведение каждого процесса определяется расширенным конечным автоматом, который выполняет действия в ответ на внешние дискретные воздействия (сигналы). Такой автомат имеет конечную память внутренних состояний и оперирует с конечным дискретным множеством входов и выходов. Для каждой комбинации входного сигнала и состояния задается следующее состояние (возможно, совпадающее с текущим).

В отличие от классического конечного автомата SDL-автомат допускает возможность перехода ненулевой длительности и определяет механизм простой очереди для сигналов, поступающих в автомат в тот момент, когда он выполняет некоторый переход. Сигналы рассматриваются по одному в каждый момент времени в порядке их поступления.

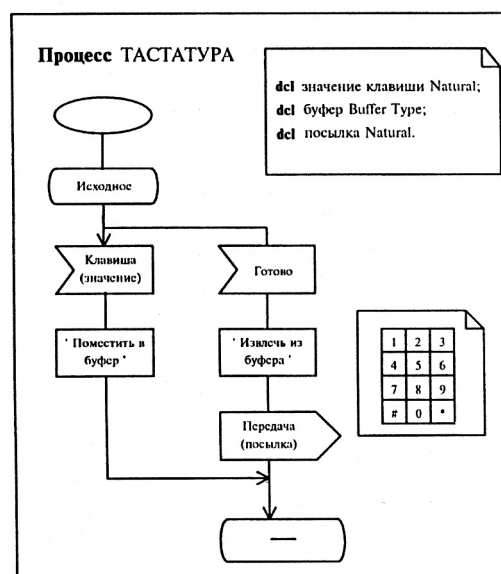


Рис. 2

Пример процесса "Тастатура" приведен на рис. 2. Пустой символ в верхнем левом углу означает начало процесса. Он ведет к состоянию *Исходное*, в котором процесс может принять

## КОММУТАЦИЯ И ТЕЛЕФОНΙΑ

два входных сигнала: *Клавиша* или *Готово*. Выражение *Клавиша (значение)* во входном символе означает, что принятые данные присваиваются в качестве значения локальной переменной. Все переменные являются локальными для процесса, предоставляя ему хорошо специфицированный интерфейс в терминах принимаемых и отправляемых сигналов.

Символы, не являющиеся входными сигналами, представляют собой символы задачи для внутренних действий процесса. Задача может быть формальной или содержать неформальный текст в одинарных кавычках, как это имеет место на рис 2. Под правым символом задачи находится символ выхода - *передача (посылка)*, который означает, что при передаче сигнала вместе с ним выполняется посылка значения локальной переменной.

Такое определение процесса можно повторно использовать, описывая его как тип (рис. 3), путем добавления ключевого слова *тип* и двух интерфейсов (шлюзов), характеризующих принимаемые и передаваемые сигналы.

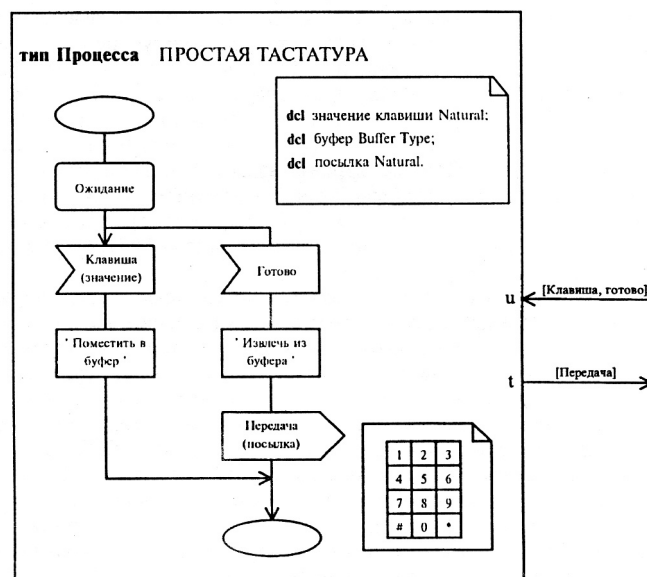


Рис. 3

Понятие данные, используемое в SDL, базируется на типе абстрактных данных и аксиоматической семантике. Поскольку последняя воспринималась пользователем ненаглядно, то она была дополнена традиционными, алгоритмическими определениями операторов в SDL-92. Более полное описание SDL можно найти в [3, 5, 6].

**Инструментальная поддержка для SDL.** Первые выпуски Рек. Z.100, издаваемые МККТТ, включали специальную линейку-трафарет (шаблон) для рисования SDL-диаграмм с использованием графического синтаксиса SDL/GR. Для компьютерной обработки был ориентирован второй программноподобный текстуальный синтаксис SDL/PR. С появлением мощных графических средств современных компьютеров актуальность такого разделения пропадает.

Современные инструментальные средства поддержки SDL включают:

- графические редакторы для диаграмм;
- трансляторы между текстуальным представлением и диаграммами (графическим представлением);
- статический анализатор для поиска ошибок, таких, как неопределенные имена (например, сигналы) и несовместимые интерфейсы;
- генератор кодов;
- аниматор и имитатор;

**КОММУТАЦИЯ И ТЕЛЕФОНИЯ**

- динамический анализатор для моделирования случайных процессов поступления сигналов.

Поддержка SDL в сочетании с MSC (Message Sequence Charts, Рек. Z.120) и TTCN (Tree and Tabular Combined Notation, Рек. X.292) включает статический и динамический анализ.

Некоторые инструментальные средства позволяют также проверить моделируемые режимы на соответствие формулам логики, записанным в виде соотношений временной логики либо в виде MSC. В этом случае сценарии MSC служат предикатами в моделируемых SDL спецификациях, которые, в свою очередь, должны включать описания поведения MSC. Динамические анализаторы SDL успешно применяются также для обнаружения тупиковых ситуаций (блокировок) в системах SDL.

Большая часть коммерческих средств, имеющих сегодня на рынке, соответствует официальному стандарту SDL-88. По крайней мере два основных поставщика уже готовят версию SDL-92, которая окажется доступна пользователю к моменту, когда будет напечатана эта статья. Служба проверки соответствия [7], спонсируемая из средств, выделенных на программу CTS Европейского Союза, предлагает проводить сертификацию соответствия инструментальных средств текущему стандарту SDL.

**Текущая деятельность в области SDL.** По состоянию на момент апрельского заседания ИК 10 ITU-T, проведенного в ЛОНИИСе, стандарт SDL приведен в соответствие с самыми современными требованиями к языкам спецификаций, такими как строгая формализованность, многократное повторное использование спецификаций и библиотеки (через объектное ориентирование). Введены расширения, поддерживающие недетерминированность и вызовы удаленных процедур.

Некоторые важные проблемы обсуждались и решались непосредственно перед или во время С.-Петербургского заседания ИК10. Так новая для ITU-T процедура заочного принятия Рек. Z.105 была завершена перед началом апрельской встречи ИК 10 в ЛОНИИСе, о чем на ней было впервые объявлено.

**Языки SDL и ASN.1.** Язык ASN. 1 (Abstract Syntax Notation 1) предназначен, в основном, для спецификации данных и является признанным стандартом для описания данных в протоколах ISO, строящихся в соответствии с моделью взаимодействия открытых систем (ВОС или OSI, согласно английской аббревиатуре) и Рек. ITU-T серии X. Например, ASN.1 широко используется в Рек. X.400 и X.500 при описании протоколов ROSE (Remote Operations: Protocol Specifications, Рек. X.229) и TCAP (Transaction Capabilities, Рек. Q.771-775).

ASN.1 состоит из двух частей: описания композиционных типов данных и преобразования этих данных в битовые потоки для дальнейшей передачи (правила кодирования/декодирования). Практика показала высокую эффективность совместного использования SDL и ASN.1 для спецификации протоколов. В связи с этим наиболее приоритетной задачей, стоящей перед ИК 10 ITU-T в текущем исследовательском периоде, явилась разработка новой Рек. Z.105, стандартизирующей совместное использование SDL и ASN.1. Сегодня фактически существуют две модификации языка ASN. 1. Первая модификация определена Рек. X.208, вторая - Рек. X.680 - X.683, которые должны заменить X.208, но до сих пор используются совместно.

С учетом вышесказанного основными принципами построения новой рекомендации стали следующие тезисы.

1. SDL используется для описания поведения и структуры системы, тогда как ASN.1 - для

**КОММУТАЦИЯ И ТЕЛЕФОНИЯ**

- описания данных в дополнение к данным SDL. Данные ASN.1 применяются для спецификации сообщений и порядка их кодирования. Путем сочетания SDL и ASN.1 становятся возможными спецификации операций с данными.
2. Версия ASN.1, используемая в Рек. Z.105, основана на новой Рек. ITU-T X.680 без расширений, содержащихся в Рек. X.681-X.683. Свойства Рек. X.208, не отраженные в Рек. X.680, не поддерживаются.
  3. При совместном применении необходимо модифицировать и SDL, и ASN.1. Наибольшие изменения в SDL - расширения в лексических правилах. Используемый в Рек. Z.105 язык ASN.1 не имеет различий между знаками верхнего и нижнего регистров клавиатуры и дефис "-" заменяется подчеркиванием "\_", что необходимо для обеспечения совместимости двух языков.

Рек. Z.105 была принята заочно администрациями связи ITU-T к началу заседания ИК 10 в ЛОНИИСе.

Общий формат взаимодействия. Использование различных инструментальных средств в SDL вызвало необходимость в передаче SDL-диаграмм между различными платформами разных инструментальных систем. Это особенно важно для организаций, занимающихся стандартами и, в первую очередь, для различных ИК самого ITU-T. При этом крайне желательно сохранение основной графической информации при переводе спецификаций SDL от одной инструментальной платформы к другой.

Разрабатываемый проект Единого формата взаимодействия (Common Interchange Format - CIF) базируется на текстуальном представлении SDL/PR и включает минимизацию передачи графической информации, позволяющей пользователям распознавать спецификации. Передача ограничена только фактором удобства распознавания, т.е. информацией о страничной организации и расположении на странице (детали при этом опускаются). Планируется, что CIF будет передавать только законченные элементы спецификаций, такие как система, пакет, блок и диаграммы процесса.

Будущие версии SDL. Главное требование разработчиков инструментальных средств технической поддержки SDL – стабильность текущей версии языка. Это естественно, поскольку производители и продавцы инструментальных средств хотят защищать свои продукты. Этот же подход полностью разделяют специалисты других ИК, промышленных организаций, НИИ и администраций связи, давно использующих SDL. С другой стороны, интересы новых пользователей и их требования также должны учитываться. Достаточно сложно обеспечить такое равновесие, в связи с чем, до 1998 г. не ожидается появления новой версии SDL.

Тем не менее, как представляется сегодня, основной идеей для будущей версии SDL-2000 станет упрощение языка. Ниже описаны некоторые идеи по развитию SDL, обсуждаемые в последнее время в ITU-T.

*Основная концепция процесса.* SDL имеет широкий набор концепций структурирования. При этом они иногда используются в разных целях и часто перекрываются. Основная из концепций - концепция процесса может в принципе заменить остальные концепции системы, блока и сервиса, что сделает язык проще, но потребует дополнительных руководящих принципов для применения концепции процесса в различных целях, например, для системного структурирования и описания поведения системы. Возможность такого упрощения становится очевидной при определении объектно-ориентированных свойств SDL-92, когда многое повторяется для каждой из четырех концепций структурирования.

## КОММУТАЦИЯ И ТЕЛЕФОНИЯ

*Типы данных.* Определения типов данных основаны на принципе ACT-ONE, который одинаков в SDL и языке LOTOS. При введении принципа полагались, что это наилучший способ для формализованного описания системы данных. Хотя принцип действительно весьма привлекателен теоретически, на практике значительная часть данных почти никогда не используется. Последнее также иллюстрируется слабой поддержкой этого принципа существующими инструментальными средствами SDL.

Версия языка SDL-92 была дополнена ACT-ONE с более традиционным алгоритмическим подходом, а новая Рек. Z.105 предписывает определение данных в SDL, основывающееся на стандарте языка ASN.1. Но, к сожалению, и этот алгоритмический подход, и описание данных по Рек.Z.105 преобразуются затем в семантическую модель, основанную на том же принципе ACT-ONE.

Во время работы над SDL-92 стало ясно, что привлекательные свойства объектного ориентирования, такие как общие типы и полиморфизм достаточно сложно совместить с принципом ACT-ONE. В связи с этим имеется очевидная тенденция к отходу в будущем от имеющейся зависимости в описании данных от принципа ACT-ONE. Сегодня трудно предположить направление этой тенденции, разве что в последующей версии SDL-2000 можно ожидать более полный переход к ASN.1, чем это сегодня предусматривает Рек. Z.105.

*Влияние работы ODP.* Объектно-ориентированные свойства SDL-92 делают SDL привлекательным для спецификаций и описаний систем в соответствии с моделью открытых распределенных процессов (Basic Reference Model of Open Distributed Processing - ODP) [8]. Однако необходимость совместимости SDL-92 с предыдущими версиями SDL привела к усложнению интерпретации некоторых концепций ODP в SDL-92, например, в адресации одиночного интерфейса к объекту. Хотя упомянутое выше обобщение концепции процесса и может привести к решению некоторых из этих проблем в SDL-2000, но в целом соответствие ODP также потребует значительных усилий.

**Применения SDL.** Организации, использующие стандарты. Одним из основных пользователей SDL является его создатель – ITU-T (бывший МККТТ).

Институт ETSI также применяет SDL и даже более строго, чем ITU-T, активнее используя формальные свойства SDL. Основная причина этого состоит в стремлении ETSI к обеспечению тестируемости Европейских стандартов электросвязи (ETS's), что достигается записью соответствующих частей этих стандартов на SDL. Общая методология ETSI комбинирует использование SDL для спецификации поведения системы, MSC - для сценариев обмена сигналами, ASN.1 - для описания данных и информационного обмена и TTCN – для набора абстрактных тестов. Применение SDL в стандартах представлено в следующих направлениях работы ITU-T и ETSI.

*Услуги электросвязи.* Использование SDL для определения услуг в Рек. серии 1.200 традиционно было неформальным и отражало неявное предположение, что спецификации не очень обязательны. Не было предпринято ни единой попытки спецификации стадии 2 или 3 с помощью определения сервисов.

С другой стороны, роль описаний сервисов в Рек. ITU-T быстро возрастает на телекоммуникационном рынке и точные спецификации в Рекомендациях становятся чрезвычайно актуальными.

*Логические архитектуры.* Логические архитектуры связаны с распределением функций и функциональных объектов в сети. В ITU-T это входит в стадию 2 трехступенчатой

**КОММУТАЦИЯ И ТЕЛЕФОНИЯ**

методологии, согласно Рек. Q.65 [9]. Основные применения этой основополагающей Рек. Q.65 направлены на развитие концепции интеллектуальной сети (Intelligent Network-IN) и в область управления сетями (TMN).

Традиционно модели стадии 2 были неформальными. Теперь совместными усилиями ИК10 и 11 SDL будет использоваться как для специфицирования архитектуры усовершенствованной модели Q.65, так и для описания поведения объектов в соответствии с философией ODP. Конечная цель - моделирование отношений между обслуживанием базового вызова и дополнительными видами обслуживания (ДВО). Кроме того, должны быть специфицированы непосредственно сами ДВО. Уже выполнена определенная работа над созданием независимо строящихся блоков сервисов (Service Independent building Blocks-SIBs) для развития концепции IN на основе SDL, однако работа по детальным спецификациям (как и по стандартизации самих SIBs) еще впереди.

*Протоколы сигнализации.* Наиболее широко SDL использовался для стандартизованных протоколов сигнализации. Сюда входят как сигнализация доступа (Рек. Q.931, Q.2931), так и сетевая сигнализация (ОКС № 7 в Рек. серии Q. 700). Эффективность применения SDL при разработке протокол-тестеров для построения тестовых наборов, а также проект CIF должны сделать использование SDL еще более привлекательным. Новая Рек. Z.105 также облегчит применение SDL для части протоколов, определенных на языке ASN.1, в основном, для протоколов верхних уровней в терминологии OSI.

*Научные исследования.* Текущие научные исследования, в основном, нацелены на применение языка SDL для конкретных специфических задач, а не для изучения возможных изотерических изменений в самом языке [11]. RACE-проект SCORE и EURESCOM-проект "Эволюция в IN" (PI03) используют SDL для описания услуг IN будущего. В проекте SCORE язык SDL применяется в сочетании с языком программирования C++. В "Эволюции в IN" SDL используется в сочетании с игровым моделированием.

В RACE-проект MAGIC язык SDL применялся для улучшенной модели широкополосной ISDN-сигнализации. В MAGIC язык SDL также использовался для определения услуг в гораздо более формализованном виде, чем было сделано ранее в ITU-T.

**Заключение.** Основные промышленные гиганты в сфере электросвязи, такие как Alcatel, AT&T, Northern Telecom и Siemens, долгое время использовали и используют SDL как важную часть технологического процесса. Промышленное применение SDL в этих фирмах направлено на увеличение эффективности производства программного обеспечения для телекоммуникационных систем. SDL способствовал росту производительности путем документирования больших систем средствами SDL/GR. В промышленности сценарии MSC часто используются в сочетании с SDL.

**Положительный опыт применения SDL в разработках программного обеспечения телекоммуникационных систем накоплен в России [12].** Еще в 1978 г. в ЛОНИИСе при разработке программного обеспечения импульсно-временного транзитного узла связи (ИВТУ) на управляющей машине "Нева-1" все спецификации были выполнены на SDL. Сегодня в комплексном проекте АТСЦ-90 язык SDL - единственный официально принятый язык спецификаций проекта.



**КОММУТАЦИЯ И ТЕЛЕФОНИЯ***ЛИТЕРАТУРА*

1. **Faergemand O., Sarma A.** SDL '93 - Using Objects// Proceedings from the Sixth SDL Forum: Elsevier Science Publishers - North-Holland. Amsterdam. - 1993.
2. ETSI/MTS (Methods for Testing and Specification): Use of SDL in European Telecommunication Standards - Rules for testability and facilitating validation. Draft prETS 300 414. ETSI. - Sophia Antipolis.  
- 1994.
3. **Olsen A., Faergemand O., Moller-Pedersen B., Reed R., Smith J.R.W.** Systems Engineering Using SDL// Elsevier Science Publishers - North-Holland. Amsterdam. - 1994.
4. ITU-T: Specification and Description Language. Rec. Z.100. - Geneva.  
- 1992.
5. **Saracco R., Reed R., Smith J.R.W.** Telecommunications Systems Engineering Using SDL// Elsevier Science Publishers - North-Holland. Amsterdam. - 1989.
6. **Belina F., Hogrefe D., Sarma A.** SDL - with Applications from Protocol Specification// Prentice-Hall International. London. - 1991.
7. EU CTS Proj. no. 46: Formal description techniques: SDL, LOTOS, CEC DG XIII// Telecommunications, Information Industries and Innovation. Information Sheet on Conformance Testing Services (CTS). - Brussels. - 1992.
8. ISO/IEC: Rec. X.904/ISO 10746-4: Basic Reference Model of Open Distributed Processing - Part 4: Architectural semantics. - Turin. -1993.
9. ITU-T: Stage 2 of the method for the characterization of Services supported by ISDN. Rec. Q.65. CCITT Blue Books. Vol. VI, Fasc. VI.1.-Geneva. - 1989.
10. **Faergemand O., Reed R.** SDL '91 - Evolving Methods// Proceedings from the Fifth SDL Forum. Elsevier Science Publishers - North-Holland. Amsterdam. - 1991.
11. **Faergemand O., Sarma A.** SDL - An Established Language with New Features and Applications// ISS'95 World Telecommunications Congress, Berlin. - April 1995. - Vol. 1
12. **Гольдштейн Б.С.** Технологические аспекты проектирования программного обеспечения цифровых систем коммутации// Электросвязь. - 1988. - № 10.

*Получено 31.07.95*