

А. А. Вичугова, ассистент кафедры Автоматики и компьютерных систем Национального исследовательского Томского политехнического университета, anya@aics.ru

Методы и средства концептуального проектирования информационных систем: сравнительный анализ структурного и объектно-ориентированного подходов

В статье описаны основные методы концептуального проектирования информационных систем и современные программные средства их реализации. Рассмотрены популярные на сегодняшний день методы структурного и объектно-ориентированного подходов к разработке программного обеспечения. Выполнено сравнение наиболее часто используемых методов и средств концептуального проектирования, даны рекомендации по их применению.

Ключевые слова: разработка программного обеспечения, информационные системы бизнес-моделирования, средства проектирования.

Введение

Концептуальное проектирование представляет собой начальный этап разработки программного обеспечения (ПО), когда определяется базовая структура информационной системы (ИС), ее компоненты, их назначение и взаимосвязь. При этом выполняется построение семантической модели предметной области с высоким уровнем абстракции. Также на данном этапе учитывается прикладная специфика использования проектируемого ПО, т. е. в каких областях деятельности и кем оно будет применяться. В настоящее время принято выделять следующие методологии разработки ПО:

- **структурный подход**, в основу которого положен принцип алгоритмической декомпозиции: структура системы описывается в терминах иерархии ее функций и передачи информации между отдельными функциональными элементами (модулями);
- **объектно-ориентированный подход**, который использует объектную декомпозицию: структура системы определяется мно-

жеством объектов и связей между ними, а поведение системы описывается в терминах обмена сообщениями между объектами.

Ключевыми понятиями обоих подходов являются следующие термины: методология, методы и нотации. Методология представляет собой общее теоретическое описание методов исследования. Методы концептуального проектирования ИС реализуются совокупностью графических элементов и правил их использования, которые называются нотацией моделирования.

Целью настоящей статьи представляется сравнительный анализ наиболее популярных методов и средств структурного и объектно-ориентированного подходов к разработке ПО, используемых на этапе концептуального проектирования ИС.

Обзор наиболее популярных методов

Агрегацию основных положений структурного подхода принято называть методологией структурного анализа и проектирования — SADT (англ. *Structured Analysis and Design Technique*), история которой на-

чинается в 60-х гг. XX в. Вслед за появлением структурных методов проектирования ПО началось зарождение и развитие новой управленческой дисциплины, известной как бизнес-моделирование. Важнейшим термином этого направления является понятие бизнес-процесса, которое означает логически завершенную последовательность действий по преобразованию исходных данных в результаты, удовлетворяющие потребителя [1].

Наиболее востребованные структурные методы концептуального проектирования ПО, например IDEF0, IDEF1X, IDEF3, DFD, также успешно используются при описании деятельности и регламентации бизнес-процессов. Это особенно важно в контексте прикладной направленности проектируемого ПО, поскольку позволяет показать поддержку функций бизнес-процесса соответствующими функциями (модулями) ИС. Данное обстоятельство четко отражено в методологии бизнес-моделирования ARIS (от англ. *Architecture of Integrated Information Systems*), которая представляет собой интегрированный подход к описанию различных аспектов деятельности предприятия, объединяя структурные и объектно-ориентированные методы в рамках целостного взгляда на бизнес-процессы компании. Практическая реализация методологии ARIS представлена в виде одноименного программного продукта [2].

Уникальным методом моделирования бизнес-процессов в ARIS-методологии является eEPC (англ. *Event Process Chain*), позволяющий описать не только функции бизнес-процесса и связанные с ними события, но и участников, входы/выходы функций в виде набора информации, материальных объектов, документов и т. д., а также используемые инструменты, например ПО. Поэтому методы и средства ARIS-методологии успешно применяются для задач регламентации использования ПО на этапе концептуального проектирования.

В настоящее время объектно-ориентированный подход реализуется, главным обра-

зом, в виде языка графического моделирования объектных систем UML (англ. *Unified Modeling Language*), который позволяет описать структуру и поведение проектируемой системы с помощью множества нотаций. В современной версии языка UML 2.4.1 выделяют около 15 видов диаграмм, позволяющих описать структуру и поведение проектируемого ПО, включая действия пользователей, т. е. бизнес-процессы. Наиболее часто используемыми при концептуальном проектировании ПО можно назвать следующие виды диаграмм UML:

- классов;
- компонентов и развертывания;
- состояний;
- последовательностей;
- деятельности;
- прецедентов (вариантов использования).

Сравнительный анализ

Несмотря на принципиальную методологическую разницу в рассматриваемых подходах к концептуальному проектированию ПО, между ними очень много общего, например, иерархическо-функциональная декомпозиция предметной области. В таблице 1 показаны типовые задачи, возникающие на этапе концептуального проектирования ПО и соответствующие методы их решения в рамках рассматриваемых подходов.

Анализ табл. 1 позволяет сделать вывод о том, что наиболее популярные методы существующих подходов к разработке ПО, включая нотации бизнес-моделирования, имеют некоторое сходство между собой.

Например, IDEF4 и UML-диаграммы классов, позволяющие выполнить типизацию предметной области с точки зрения объектно-ориентированного подхода. При этом нотация IDEF4 относится к семейству структурных методов IDEF и является совместимой с ними. Однако в работах Р. Майера [3] подчеркивается отличие IDEF4, связанное с наличием доменов и артефактов, описанных с помощью других методов IDEF, например

Таблица 1

Задачи концептуального проектирования ПО и методы их решения

Типовая задача концептуального проектирования ПО	Методы решения		
	Структурный подход	Объектно-ориентированный подход	ARIS-методология
Функциональное разделение на верхнем уровне абстракции	IDEF0 (структура и иерархия процессов)	UML-диаграммы компонентов и пакетов	VACD (Value added chain diagram) — последовательность процессов при формировании продукта; ASTD (Application system type diagram) — диаграмма типов ИС
Определение типов предметов, взаимосвязей между ними и их свойств	IDEF1X (атрибуты сущностей и связи между ними); IDEF4 (классы объектов, их атрибуты и методы, связи между ними)	UML-диаграмма классов (классы объектов, их атрибуты и методы, связи между ними)	eERM (extended Entity Relation Model) — атрибуты сущностей и связи между ними
Описание движения потоков данных	DFD (Data Flow Diagram) — движение данных между процессами и хранилищами	UML-диаграмма последовательностей (обмен сообщениями между объектами разных классов)	IFD (Information flow diagram) — движение данных между процессами, включая исполнителей
Описание логической последовательности выполнения функций бизнес-процесса	IDEF3 (PFD — Process Flow Description) — функции процесса, логические операторы	UML-диаграмма деятельности	eEPC (extended Event Process Chain) — логическая последовательность функций и событий (логические операторы), а также их связь с объектами и участниками
Описание изменения состояний предмета	IDEF 3 (OSTN — Object State Transition Network)	UML-диаграммы состояний	VACD — изменения предмета через последовательность процессов

IDEF1X. Меньше отличаются друг от друга методы eERM и IDEF1X, предназначенные для концептуального проектирования реляционных схем данных: фактически eERM является представлением нотации П. Чена в системе бизнес-моделирования ARIS, реализующей одноименную методологию. Но, в отличие от IDEF1X, метод eERM позволяет, помимо сущностей, их атрибутов и отношений между ними, также отобразить типы сущностей.

Таким образом, ортогональность структурного и объектно-ориентированного подходов заметна уже на этапе концептуального проектирования ПО. Однако в данном случае первичную типизацию предметной области рационально выполнить средствами UML в виде диаграммы классов, так как при этом нет необходимости решать задачу разработки логической и физической модели базы данных (БД). Проиллюстрируем это на примере интернет-магазина, в рамках которого

Методы и средства концептуального проектирования информационных систем: сравнительный анализ структурного и объектно-ориентированного подходов

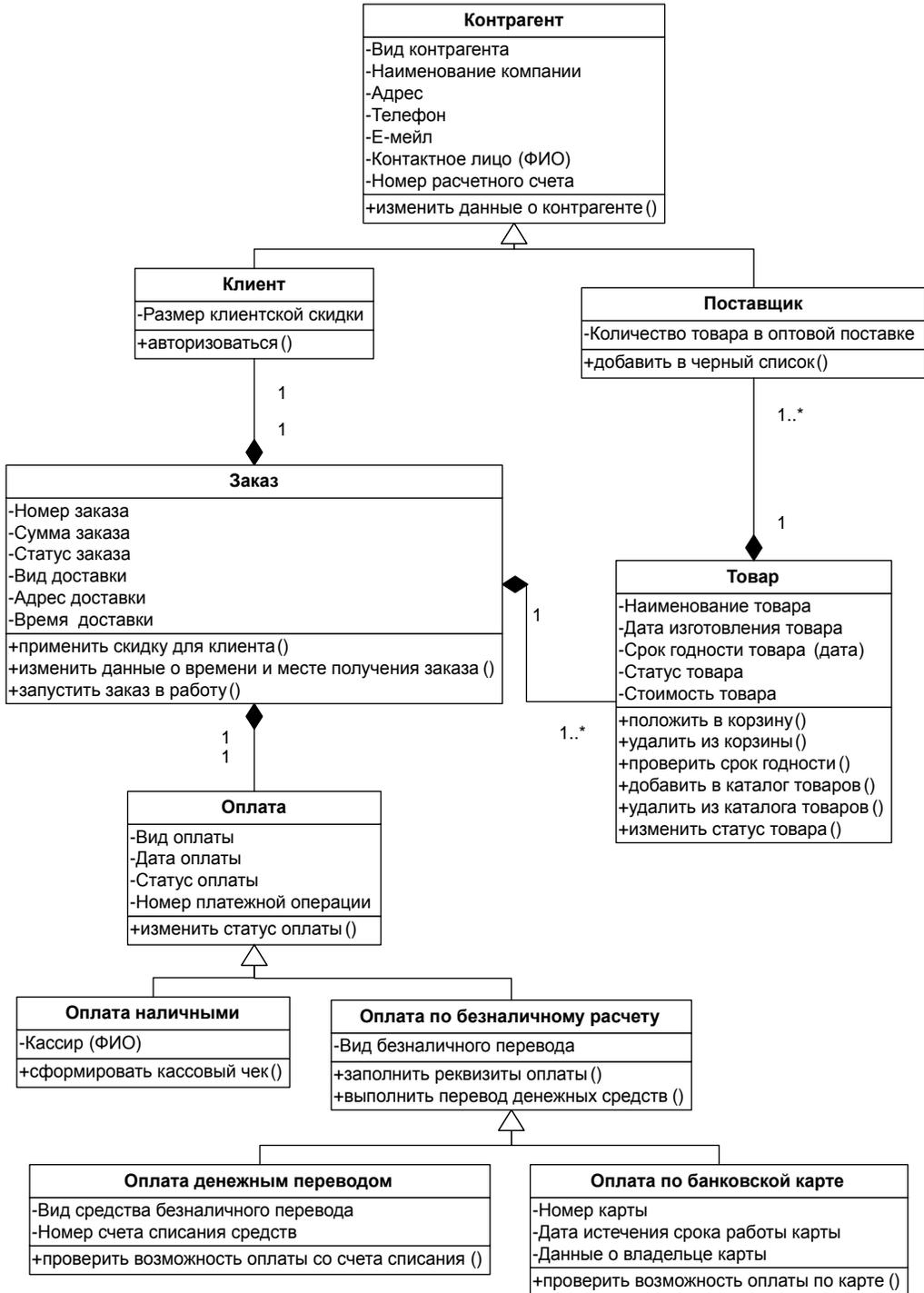


Рис. 1. Диаграмма классов UML

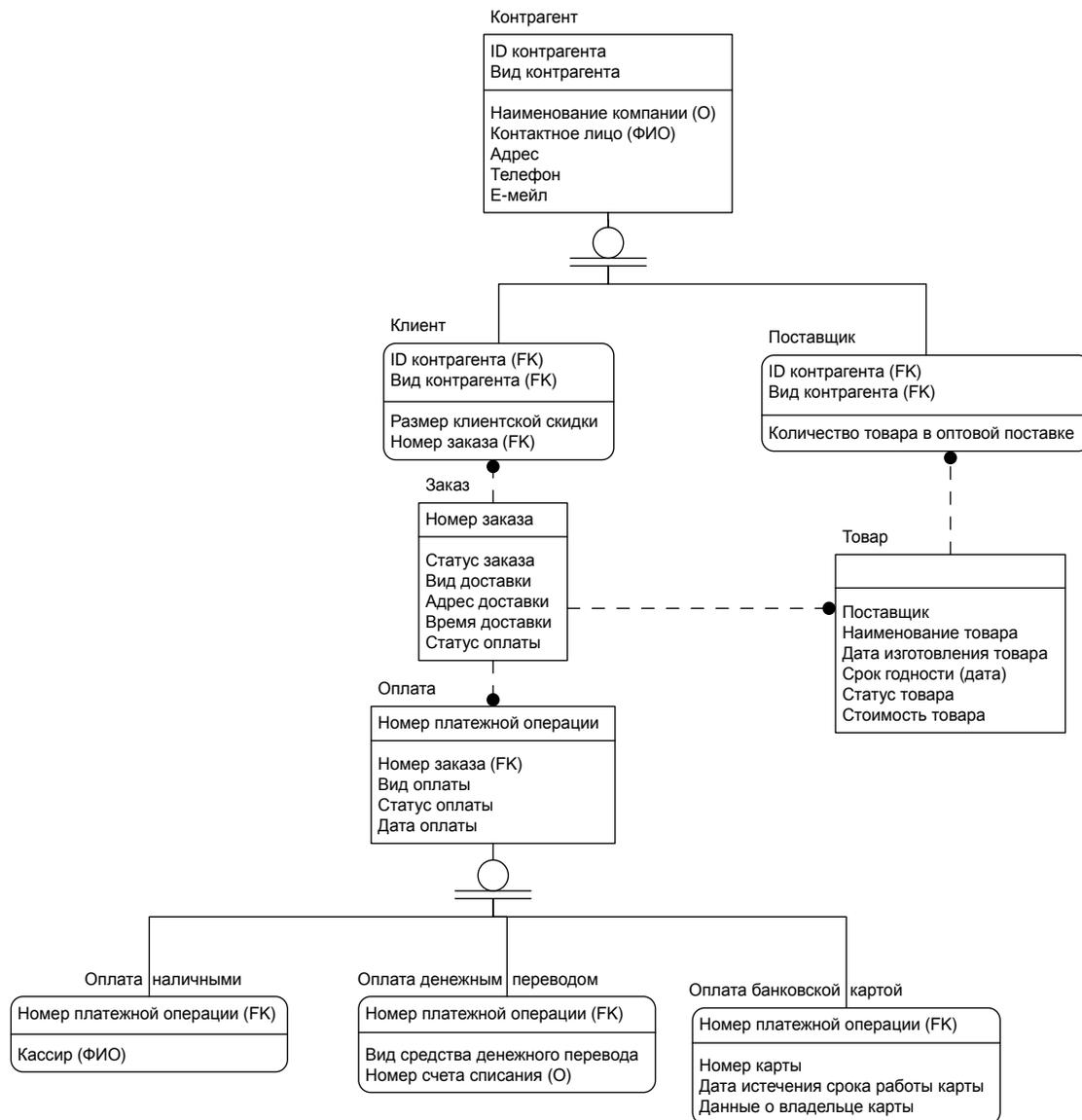


Рис. 2. Диаграмма IDEF1x

необходимо структурированное хранение следующей информации — данных:

- о заказах;
- клиентах;
- товарах;
- поставщиках;
- об оплате заказов.

На рисунках 1 и 2 показан пример типизации данной предметной области в виде объектной UML-диаграммы классов и структурной IDEF1x-схемы.

Помимо свойств, присущих объектам, UML-диаграмма классов, в отличие от схем структурного подхода, таких как IDEF1, позволяет показать также и операции, которые могут быть выполнены над ними.

Таким образом, сравнительный анализ рис. 1 и 2 позволяет сделать вывод о большей наглядности UML-диаграммы классов (по сравнению со структурной схемой БД) и целесообразности ее применения на первичном этапе концептуального проектиро-

вания ПО. Тем не менее в данном случае оба подхода, и структурный, и объектно-ориентированный, позволяют выполнить первичную типизацию предметной области с целью выделения основных понятий, их свойств и отношений между ними. Дальнейшее уточнение концептуальных моделей зависит от итоговой цели и средств ее достижения. При этом решаются вопросы функционального назначения проектируемой программной системы, необходимости и возможности ее масштабирования, сложности технологий реализации и т. д.

Аналогичную ситуацию близости структурного и объектно-ориентированного подходов на этапе концептуального проектирования ПО можно отметить на примере схем IDEF3/OSTN и UML-диаграмм состояний, предназначенных для описания набора состояний исследуемого предмета и переходов между ними. Как и большинство методов для описания алгоритма действий и поведения сложных систем, в их основе лежит теория графов и ее различные модификации в виде аппарата автоматов, сетей Петри и т. д. Данные математические положения о представлении действий (состояний) в виде вершин и переходов между ними используются в большинстве популярных на сегодняшний день поведенческих моделей информационных систем и описании бизнес-процессов.

В контексте этого следует также отметить еще один общий принцип построения формальных моделей с помощью графических нотаций: соблюдение иерархической декомпозиции. В частности, в UML возможно создание составного состояния, детальное раскрытие которого выполняется на отдельной вложенной диаграмме. Аналогичная каскадная декомпозиция процессов является основой соответствующих структурных методов: от контекстной диаграммы, которая показывает проектируемую систему на абстрактном уровне, до детального изложения последовательности действий.

В качестве иллюстрации смыслового и графического сходства структурного и объектно-ориентированного подходов предлагается ранее рассмотренный пример концептуального проектирования интернет-магазина. На рисунках 3 и 4, соответственно, показаны UML-диаграмма состояний объекта класса «Товар» и аналогичная IDEF3/OSTN-схема.

Сравнительный анализ рис. 3 и 4 позволяет сделать вывод о том, что, IDEF3/OSTN позволяет четко показать процесс, вследствие которого состояние предмета меняется, а в UML можно отобразить лишь операции и условия перехода из одного состояния предмета в другое. Это подтверждает тот факт, что структурные методы в первую очередь ориентированы на процессы,

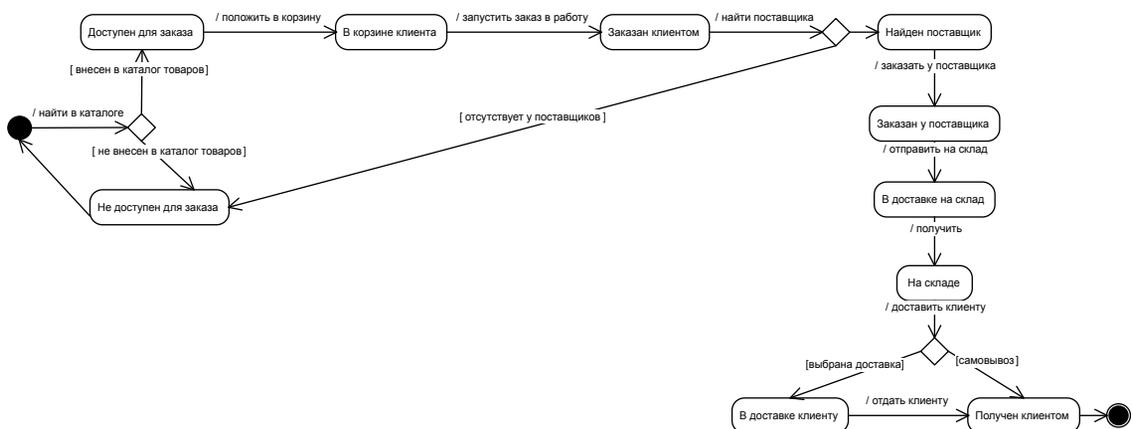


Рис. 3. Диаграмма состояний UML для объекта класса «Товар»

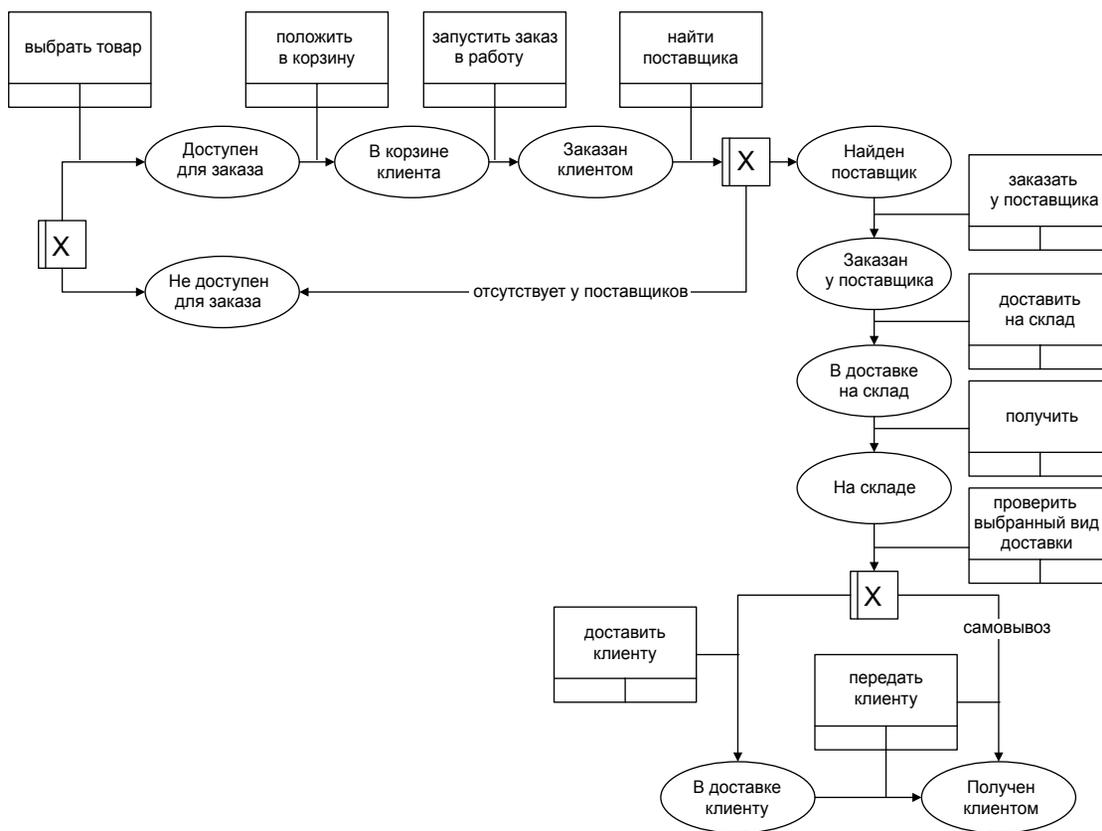


Рис. 4. Диаграмма IDEF3 (OSTN), описывающая изменение состояния товара

а не на их окружение, в отличие от объектно-ориентированных методов.

В контексте бизнес-моделирования и использования его методов при концептуальном проектировании ПО следует также отметить метод BPMN (англ. *Business Process Modeling Notation*), который в настоящее время набирает все большую популярность. Однако он позволяет описать не только организационные особенности выполнения бизнес-процессов, но и техническую часть, важную с точки зрения разработки ПО. Учитывая графическую нотацию BPMN, можно отметить ее схожесть с диаграммами деятельности UML. Но при этом в BPMN нельзя показать объекты (кроме сообщений) различных классов, как в UML, зато можно описать события и исполнителей функций, аналогично eEPC. Таким образом, BPMN в некотором роде яв-

ляется сочетанием UML и eEPC, что позволяет детально описать логику выполнения процесса по сравнению с IDEF3/PFD. Это обуславливает тот факт, что в настоящее время метод IDEF3 теряет популярность и используется не часто.

Для документирования потоков данных структурные методы DFD (англ. *Data Flow Diagram*) и IFD (англ. *Information Flow Diagram*, в ARIS-методологии) являются более подходящими по сравнению с объектно-ориентированным UML. DFD и IFD позволяют описать движение и преобразование данных через бизнес-процессы, при этом в DFD возможно отобразить хранилища данных. Бизнес-ориентированность ARIS добавляет возможность указания исполнителей процессов, которые в DFD могут быть показаны в виде внешних сущностей. Таким образом, DFD и IFD-концепции формально-

го описания взаимодействия процессов через потоки данных дополняют друг друга. В связи с этим в настоящее время на практике встречается большое количество моделей, совмещающих в себе смысловые объекты обоих указанных методов: процессы, субъекты и статические хранилища данных в виде графических фигур, соединенных стрелками, которые означают движение информации. При этом отличия двух существующих нотаций DFD (Йордана де Марко и Гейна-Сарсона) не являются существенными, поскольку заключаются лишь в использовании разных фигур для одного понятия, например, круг или прямоугольник для обозначения функции и т. д.

Объектно-ориентированная специализация UML рассматривает данные в виде объектов, не акцентируя внимания на процессы. Поэтому даже предназначенные для описания процессов объектно-ориентированные методы, например диаграмма деятельности UML или схожая с ней BPMN, являются недостаточно подходящими для регламентации документооборота.

Подводя итог описанию наиболее распространенных методов структурного и объектно-ориентированного подходов и их применению в концептуальном проектировании ПО, можно сделать вывод о том, что рассмотренные методы успешно дополняют друг друга и могут совокупно использоваться для решения соответствующих задач. В связи с этим следует отметить практическую реализацию рассмотренных методов в виде специализированных программных продуктов для проектирования ИС и бизнес-моделирования.

Популярные средства концептуального проектирования ПО

Вышеприведенный анализ наиболее популярных методов проектирования ИС и бизнес-моделирования показывает, что в настоящее время четкая граница между этими двумя областями знаний практически отсутствует. Это обусловлено тем,

что ПО разрабатывается для конкретных областей деятельности, процессов, которые необходимо формализовать с помощью специализированных средств. В свою очередь, ПО стало неотъемлемым бизнес-инструментом, поэтому в средства бизнес-моделирования активно включаются возможности по описанию функций и модулей ИС. Таким образом, прослеживается тенденция к объединению CASE-пакетов (англ. *Computer Aided Software Engineering*), реализующих типовые инструменты и методы программной инженерии, и систем бизнес-моделирования.

В настоящее время наиболее часто используемыми средствами концептуального проектирования объектно-ориентированных систем являются UML-редакторы, например, Rational Rose, Visual Paradigm UML, BOUML и др. В таблице 2 приведены некоторые их характеристики, важные с точки зрения использования разработки ПО как на этапе концептуального проектирования, так и при написании программного кода. Последний столбец табл. 2 показывает возможность поддержки метода BPMN в рассматриваемом CASE-средстве.

Следует также отметить еще одну современную тенденцию развития интегрированных сред разработки ПО: они включают модули для концептуального проектирования, с возможностью последующей генерации программного кода из построенных UML-моделей. В настоящее время модули поддержки UML включены в такие популярные среды разработки, как Microsoft Visual Studio, NetBeans, Delphi XE3, TJI Java IDE, JBuilder и др. Подобная тенденция по расширению функциональных возможностей наблюдается и в области систем бизнес-моделирования. Например, ПО ARIS включает поддержку UML, что позволяет использовать это средство не только для организационного проектирования, но и для разработки ИС на начальном концептуальном уровне.

В случае другого популярного средства бизнес-моделирования, Business Studio,

Таблица 2

Некоторые CASE-средства объектно-ориентированных систем

Название	Лицензия	Платформа	Кодогенерация	ВРМН
StarUML	GPL	Windows	+	-
yEd	Свободно распространяемая	Кроссплатформенное ПО	-	+
Visual Paradigm UML	Проприетарная	Кроссплатформенное ПО	+	+
ArgoUML	EPL	Кроссплатформенное ПО	+	-
BOUML	до версии 4.23 лицензия GPL, с версии 5 — проприетарное ПО	Кроссплатформенное ПО	+	-
Dia	GPL	Кроссплатформенное ПО	-	-
MS Visual Studio	Проприетарная	Windows	+	-
MS Visio	Проприетарная	Windows	+	+
Rational Rose	Проприетарная	Windows	+	-

дело обстоит несколько иначе. В рамках концептуального проектирования ПО этот продукт предоставляет возможность определения перечня ИС предприятия, их модулей и функций, которые могут быть связаны с конкретными функциями бизнес-процессов, исполняемых организационными единицами. Это можно показать графически

с помощью нотации eEPC, которую, помимо ARIS и Business Studio, также поддерживают такие популярные средства бизнес-моделирования, как Ramus, Бизнес-Инженер. В таблице 3 показаны некоторые современные средства бизнес-моделирования и поддержка ими наиболее популярных методов.

Таблица 3

Современные средства бизнес-моделирования и поддержка ими наиболее популярных методов

Название	Лицензия	Платформа	IDEF0	IDEF1X	IDEF3	DFD	eEPC	ВРМН	UML
ARIS	Проприетарная	Windows	-	+	-	+	+	+	+
Business Studio	Проприетарная	Windows	+	-	-	-	+	+	-
Ramus	Проприетарная	Windows	+	-	+	+	-	-	-
Бизнес-Инженер	Проприетарная	Windows	+	-	+	-	+	-	-
All Fusion Process Modeller	Проприетарная	Windows	+	+	+	+	-	-	-
yEd	Свободная	Кроссплатформенная	-	+	-	-	+	+	+
Dia	GPL	Кроссплатформенная	-	+	-	-	+	-	+
MS Visio	Проприетарная	Windows	-	+	-	+	+	+	+

Методы и средства концептуального проектирования информационных систем: сравнительный анализ структурного и объектно-ориентированного подходов

Заключение

Аналитический обзор современных средств бизнес-моделирования показал отсутствие единого программного продукта, реализующего все наиболее популярные методы описания бизнес-процессов и концептуального проектирования ИС. Однако на основании анализа табл. 2 и 3 целесообразно выделить универсальные графические редакторы, например уEd, Dia, MS Visio, которые позволяют изображать диаграммы как в структурных, так и в объектно-ориентированных нотациях. Кроме того, согласно современной тенденции использования ПО в качестве сервиса в настоящее время все более активно появляются онлайн-редакторы различных диаграмм и схем, реализуемые в интернет-браузере, например Gliffy, Balsamiq Mockups, Lucidchart, Draw.io и др. Их преимуществом является возможность бесплатного использования и отсутствие необходимости установки на локальном компьютере. К недостаткам следует отнести сложность (а порой и невозможность) сохранения разработанных моделей с целью их последующего редактирования.

Подводя итог рассмотрению методов и средств концептуального проектирования ПО, следует сделать вывод о том, что в настоящее время не существует универсального инструмента, сочетающего все преимущества структурного и объектно-ориентированного подходов. Поэтому при выборе метода и средства моделирования следует в первую очередь руководствоваться задачами их применения и удобством использования.

Список литературы

1. *Хаммер М., Чампи Дж.* Реинжиниринг корпорации: Манифест революции в бизнесе. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2006. — 276 с.
2. *Рожкова Е.* Case-средства. Сравнительный анализ. ARIS — Rational Rose [Электронный ресурс] URL: <http://ocnova.ru/?p=334> (доступно 09.01.2014).
3. *Richard J. Mayer.* IDEF4. Object-Oriented Design Method Report Version 2.0 [Электронный ресурс] URL: <http://www.idef.com/pdf/Idef4.pdf> (доступно 09.01.2014).
4. *Ovidiu S. Noran.* Business modelling: UML vs IDEF [Электронный ресурс] URL: <http://www.slideshare.net/NgoHungLong/u-m-lvs-idef> (доступно 09.01.2014).

A. Vichugova, Assistant, Chair of Automatic Equipment and Computer Systems, Tomsk Polytechnic University, anya@aics.ru

Methods and tools for conceptual design of information systems: comparative analysis of structural and object-oriented approaches

The paper describes the basic methods of conceptual design of information systems and advanced tools to implement them. Considered popular today methods of structural and object-oriented approaches to software development. The comparison of the most commonly used methods and tools for conceptual design, made recommendations for their use.

Keywords: software development, information systems, business modeling and design.