



УДК 004.9

**А. А. Бальва**, канд. техн. наук, **В. Д. Самойлов**, д-р техн. наук  
Ин-т проблем моделирования  
в энергетике им. Г. Е. Пухова НАН Украины  
(Украина, 03164, Киев, ул. Генерала Наумова, 15,  
тел. (044) 4249173, E-mail: sumvd@i.com.ua)

## **Формализация описания компьютерных приложений на основе графических нотаций**

*(Статью представил д-р техн. наук С. Д. Винничук)*

Обоснована целесообразность создания графических моделей компьютерных приложений на всех этапах их жизненного цикла. Для их описания выбраны графические нотации стандарта IDEF. Определены правила построения графических моделей систем данного класса. В качестве примера приведена графическая модель системы обучения и контроля знаний.

Обґрунтовано доцільність створення графічних моделей комп'ютерних додатків на всіх етапах їхнього життєвого циклу. Для їхнього опису обрано графічні нотації стандарту IDEF. Визначено правила побудови графічних моделей систем даного класу. Як приклад наведено графічну модель системи навчання і контролю знань.

*К л ю ч е в ы е с л о в а: компьютерные системы подготовки и тестирования персонала, графическая модель, графическая нотация.*

Современные компьютерные средства проектирования информационных систем (ИС), обеспечивающие эффективность автоматизации всех этапов реализации проекта, координацию работы коллектива разработчиков, возможность адаптации к смене требований, имеют графические нотации для описания приложений на всех этапах их жизненного цикла. При возрастающей сложности разрабатываемых систем целесообразность формализации описания компьютерных приложений обусловлена необходимостью обеспечить эффективное участие разработчиков, потенциальных и фактических пользователей, в их создании и последующей эксплуатации.

Применение графических средств моделирования позволяет разработчикам сформировать и описать требования и характерные свойства разрабатываемого приложения, а пользователям — изучить правила работы с ним, и, что очень важно для всех участников проекта, — избежать неоднозначности в понимании процессов функционирования системы.

Разработанные и успешно эксплуатируемые в различных отраслевых организациях компьютерные приложения требуют подробного, однозначного и простого описания приложения для обеспечения эффективной работы и сопровождения систем в течение длительного периода их использования.

**Постановка задачи.** Необходимо разработать способ и правила построения графического описания (графической модели, графической спецификации) компьютерного приложения для подготовки и тестирования персонала на основе использования современных информационных технологий визуального проектирования, а также создать графическую модель системы обучения и контроля знаний специалистов с точки зрения пользователей.

Для построения графической модели необходим анализ основных характеристик и особенностей функционирования приложений данного класса, а также возможностей имеющихся стандартных средств визуального проектирования. Графическая модель приложения должна представлять интерфейс системы и все возможные действия пользователей.

**Системы подготовки и тестирования персонала** — это сценарные компьютерные приложения, предназначенные для обучения и контроля компетентности специалистов [1]. В таких системах в результате взаимодействия пользователей с приложением происходит смена кадров или изменение активных элементов кадра.

Основные характерные особенности приложений, важные для понимания и формирования состава и структуры описания и выбора автоматизированного средства его реализации, следующие:

- каждый кадр системы представляет собой графическую картинку, на фоне которой происходит изменение некоторых составляющих (элементов) кадра;
- каждое меню или уведомление является отдельным кадром;
- большое число кадров вызывает необходимость объединения их в укрупненные блоки, т.е. структурировать описание;
- для некоторых кадров существует модель функционирования, преобразующая действия пользователя в изменения содержимого информационных полей или в появление соответствующего ситуации сообщения;
- переход от кадра к кадру и передача информации между отдельными блоками происходит согласно действию пользователя.

На основе перечисленных особенностей сформируем требования к средствам описания системы в дополнение к общим требованиям наглядности, четкости, простоты, легкости освоения, которые дают возможность эффективно осуществить процесс построения графических моделей систем данного класса. К основным требованиям относятся:

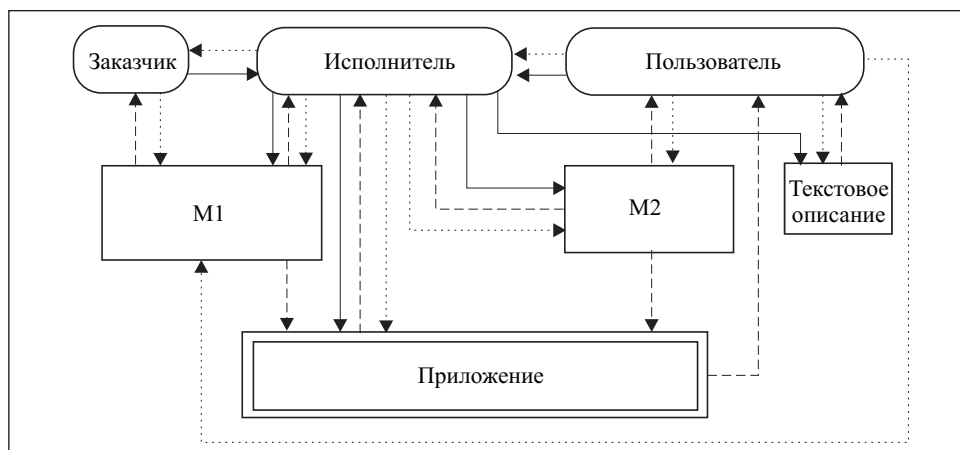


Рис. 1. Схема взаимодействия участников разработки приложения: —→— создание; ---→— использование; .....→— коррекция

- структуризация и детализация графических элементов описания в соответствии со структурой системы;
- размещение на диаграммах графического описания фоновых рисунков кадров интерфейса приложения;
- отображение действий пользователя на кадрах графической спецификации.

**Анализ и выбор средств для создания графической модели.** Для построения графических моделей систем данного класса проведем краткий обзор современных технологий визуального проектирования приложений. При выборе средства необходимо учесть следующие особенности.

1. Необходимость командной работы.

Постоянное возрастание сложности разрабатываемых компьютерных приложений привело к тому, что их описание, проектирование и разработка невозможны силами одного специалиста, требуется слаженная работа команды.

В процессе создания компьютерного приложения участвуют три категории специалистов: заказчик, исполнитель и пользователь, так называемая триада. Каждая категория, в свою очередь, имеет ряд подкатегорий. Вид графических моделей приложения зависит от квалификации участников разработки, их точек зрения и целей.

На рис. 1 представлена схема возможного взаимодействия специалистов различных категорий при разработке приложения рассматриваемого класса. В процессе переговоров заказчика и исполнителя разрабатывается

модель графической спецификации приложения М1 для его реализации. Исполнитель создает модель М2 для пользователя системы, которая в дальнейшем может быть использована как руководство по эксплуатации.

При эксплуатации системы у пользователя обычно появляются замечания к разработанному приложению, с которыми он может обратиться непосредственно к разработчику либо самостоятельно внести коррективы в разработанные графические модели.

## 2. Построение графической модели приложения для пользователя.

Для отображения моделируемой среды можно использовать несколько форматов представления информации — текстовой, табличный и графический.

*Текстовое описание* — наиболее часто используемое, достаточно простое и не требующее особых навыков при его использовании. Однако текстовое описание характеризуется малой степенью формализации, плохой структурированностью, отсутствием четкого и ясного представления деятельности в случае описания параллельных процессов, а также большим объемом текстовых документов, разработку и оформление которых могут позволить себе достаточно солидные организации.

*Табличный формат* хорошо структурирован и более нагляден, чем текстовой, облегчает понимание последовательности выполнения тех или иных операций, но имеет недостаточную наглядность отражения ветвления процессов.

*Графический формат* — наиболее наглядное описание. Оно обеспечивает наилучшее восприятие, возможность быстро адаптировать информацию для партнеров по работе и легко отслеживать и учитывать изменения в системе. К недостаткам данного формата можно отнести необходимость обучения для его использования.

Текстовые и графические форматы не следует рассматривать как взаимоисключающие возможности описания. Они дополняют друг друга, так как посредством графического формата не всегда удастся отобразить большое количество необходимых пояснений. Следует заметить, что на современном этапе развития информационных технологий процесс создания графического описания немислим без его автоматизации, и желательно, чтобы любая графическая модель реализовывалась в среде автоматизированной системы визуального проектирования, пользователями которой являются участники разработки приложения. Для создания графического описания в среде автоматизированных систем визуального проектирования разработаны графические нотации.

*Графическая нотация* — система условных графических обозначений и правил их взаимодействия, используемых для графического моделирования системы.

В настоящее время широко распространены программно-технологические средства описания, разработки и сопровождения ИС с использованием графических нотаций CASE-средства, реализующие CASE-технологии и позволяющие отразить при описании приложений совокупность и последовательность работ, исполнителей работ и затрачиваемые на разработку ресурсы.

Будем рассматривать выбор конкретного CASE-средства для разработки графического описания с точки зрения пользователя системы. Поскольку пользователи систем выбранного класса — отраслевые специалисты, например технологи, не имеющие достаточной квалификации в области использования компьютерных технологий, но способные активно участвовать в процессе корректировки системы по итогам ее эксплуатации, одним из наиболее существенных требований к CASE-средству является возможность его легкого освоения с целью создания спецификации для пользователя.

Наиболее используемые CASE-средства:

семейство IDEF [2—4] — модели и соответствующие функциональные диаграммы;

DFD (Data Flow Diagrams) — диаграммы потоков данных;

язык UML (Unified Modeling Language);

система ARIS (Architecture of Integrated Information System).

Семейство IDEF — это совместно используемые методы для проектирования ИС, позволяющие описать состав приложения с одновременным представлением процессов в виде последовательности действий. Дополнение нотаций IDEF диаграммами потоков данных DFD-методологией описания потоков и хранилищ данных, к которым осуществляется доступ, дает возможность создать наиболее полное описание систем.

Язык UML — унифицированный язык визуального моделирования, предназначенный для спецификации, визуализации и документирования системы и позволяющий перейти от описания системы непосредственно к описанию компьютерных программ для реализации приложения [5, 6].

Система ARIS — методология и программный продукт немецкой компании IDS Sheer определяет принципы описания и моделирования различных аспектов деятельности, предлагает целостный взгляд на систему, основана на концепции интеграции.

Рассмотрим основные достоинства и недостатки перечисленных CASE-средств, применяемых при создании графического описания приложения, ориентированного на пользователей.

Достоинства семейства IDEF и нотации DFD: обеспечение наглядности, полноты, достоверности и непротиворечивости описания, легкость

освоения и широкое распространение среди пользователей, наличие удобных графических редакторов. Недостаток — сложность восприятия описания иерархических структур при большой степени вложенности.

Язык UML рассчитан в основном на программистов и поддерживается большим числом редакторов. Однако эти редакторы достаточно сложны для пользователей, так как ориентированы на полное покрытие технологии проектирования и необходимость на заключительных этапах проектирования использовать языки высокого уровня.

Использование системы ARIS для создания графических моделей требует предварительного серьезного обучения персонала для работы с системой. Эффективность применения ARIS зависит от соотношения планируемой выгоды и затрат на ее внедрение и сопровождение. Кроме того, большое число диаграмм, используемых в этой системе и связанных различными типами связей, значительно увеличивает размер модели и усложняет ее понимание.

Проведенный анализ дал возможность выбрать эффективное в плане освоения и понимания пользователем средство для создания графической модели приложений данного класса — семейство стандартов IDEF и диаграммы DFD. Следует заметить, что ранее эти диаграммы использовались для описания бизнес-процессов, но теперь все чаще применяются при разработке компьютерных приложений для описания их состава и взаимодействия пользователя с системой.

Использование диаграмм IDEF и DFD позволяет:

- относительно просто освоить и использовать для создания описания приложений графические нотации в среде удобного и доступного широкому кругу пользователей редактора с минимальными затратами на его установку и обучение специалистов;
- создать адекватное, четкое, простое и понятное для пользователя описание;
- структурировать описание приложения на отдельные блоки для лучшего понимания;
- использовать кадры интерфейса описываемого приложения в качестве кадров графической модели;
- отразить логику действий пользователя системы на кадрах графической модели настолько подробно и точно, насколько это требуется в каждом конкретном случае.

Программная поддержка IDEF-технологии и диаграмм DFD осуществляется графическим редактором BPWin — широко используемым инструментальным Case-средством описания и анализа информационных систем [2, 3]. Для построения графической модели в среде BPWin предлагается использовать следующие нотации: IDEF0, DFD, IDEF3.

Нотация IDEF0 используется для описания состава приложения. Модель в нотации IDEF0 представляет собой совокупность иерархически взаимосвязанных диаграмм, содержит контекстную диаграмму и диаграммы декомпозиции.

Контекстная диаграмма — это вершина древовидной структуры, представляющая собой самое общее описание приложения в виде единого блока. Взаимодействие с окружающей средой на контекстной диаграмме описывается с помощью стрелок входов, выходов, управления и механизмов (ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели моделирования). Затем следует декомпозиция контекстной диаграммы для представления фрагментов приложения с помощью нотации IDEF0. Диаграмма, описывающая каждый фрагмент приложения и взаимодействие фрагментов, — диаграмма декомпозиции.

Эта диаграмма, в свою очередь, может быть декомпозирована с помощью нотации DFD на блоки до уровня кадров интерфейса приложения для описания кадровой структуры приложения. Диаграммы DFD используются для подробного описания состава фрагментов приложения с помощью стрелок, переходов между отдельными блоками фрагмента и передачи данных между ними. Имена стрелок на диаграммах используются для указания элементов ввода при переходе от блока к блоку, а имена блоков отражают их функциональное назначение.

Нотация IDEF3 используется для представления в графическом виде конкретных состояний процессов с учетом выполнения допустимых действий. Состояния процессов на диаграммах IDEF3 отображаются в виде блоков (работ). Переходы между блоками изображаются стрелками и представляют существенные взаимоотношения между работами. Для отражения логики взаимодействия стрелок используются элементы «перекрестки» — синхронные и асинхронные элементы И, ИЛИ, исключающее ИЛИ. Предлагается использовать нотацию IDEF3 для описания функционирования кадра.

Общая структура графической модели приложения на основе выбранных нотаций представлена на рис. 2.

**Способ построения графической модели приложения.** Алгоритм построения следующий:

- разработка контекстной диаграммы приложения в нотации IDEF0;

- декомпозиция контекстной диаграммы к диаграмме дочернего уровня с использованием нотации IDEF0 для определения состава системы и описания выделенных фрагментов;

- декомпозиция описания фрагментов системы уровня IDEF0 на отдельные блоки до достижения уровня кадров интерфейса системы с помощью нотации DFD;

- определение связей каждого из блоков на диаграммах;



присвоение имен блокам и связям, оформление диаграмм;  
 включение на DFD кадров интерфейса приложения диаграмм IDEF3 в общем случае двух уровней (что обусловлено свойствами редактора BРwin);  
 размещение на диаграммах IDEF3 первого уровня кадров интерфейса приложения;

разработка и размещение на диаграммах IDEF3 второго уровня графических моделей функционирования кадров.

Рассмотрим более подробно предлагаемую общую для всех кадров приложения структуру графической модели функционирования кадра на основе нотации IDEF3. Для любого кадра характерно состояние ожидания действий пользователя по взаимодействию с элементами ввода, расположенными на кадре и приводящими либо к смене кадра, либо к изменению его информационных полей и не приводящими к замене кадра. Последовательность действий определяется решениями пользователя, и очередность их выполнения в спецификации не учитывается. Если на кадре выполняются действия только по его смене, то графическая модель функционирования кадра не создается, так как переходы к иному кадру указаны на диаграммах декомпозиции DFD.

На основании этого графическую модель функционирования кадра предлагается реализовать блоком нотации IDEF3 для моделирования состояния процесса на кадре, а именно ожидания допустимого действия

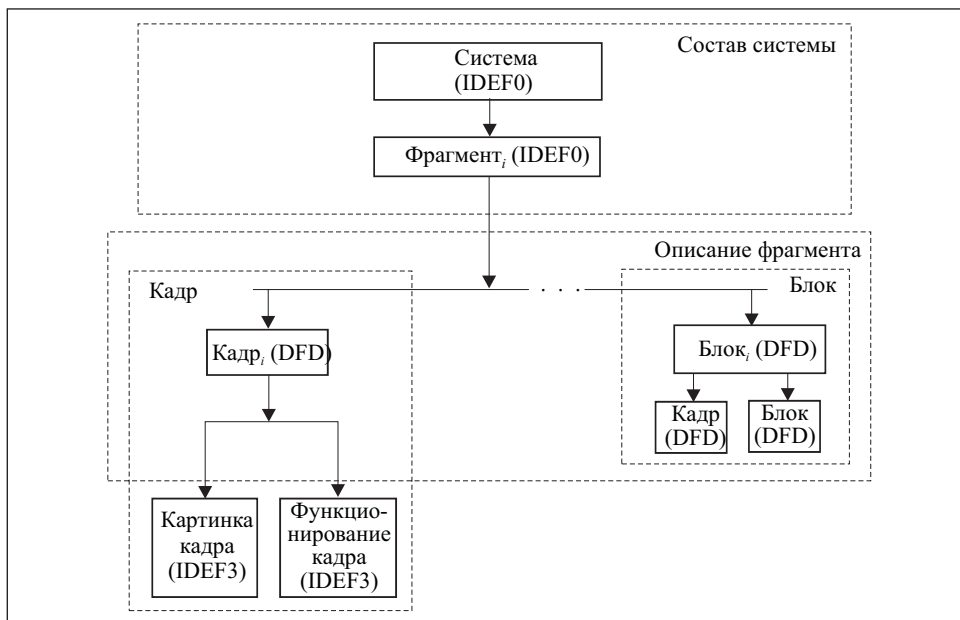


Рис. 2. Структурная схема графической модели приложения



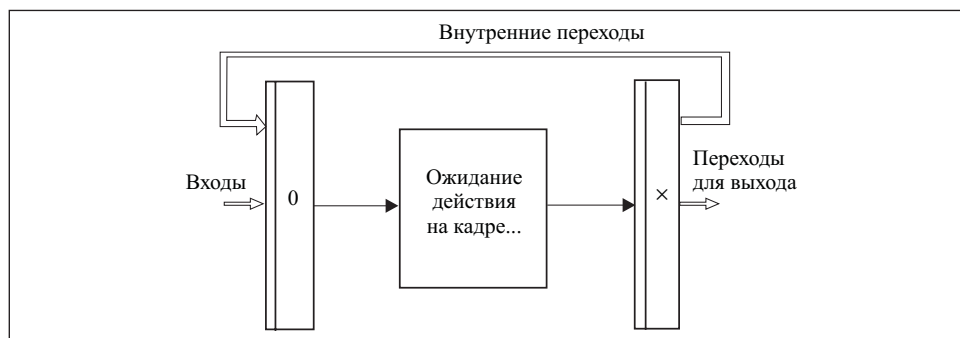


Рис. 3. Структурная схема графической модели функционирования кадра

пользователя, и набором стрелок для переходов между блоками и элементами «перекрестки» для отображения логики слияния и разъединения стрелок. Имя стрелки — это имя элемента ввода на кадре, на который воздействует пользователь для реализации перехода.

Структура графической модели функционирования кадра в нотации IDEF3 представлена на рис. 3, из которого видно, что внутренние переходы не приводят к смене кадра.

При разработке модели функционирования кадра необходимо:

- дать имя блоку ожидания действий;
- сформировать имена и адреса стрелок;
- отобразить логику функционирования кадра с помощью описания взаимодействия стрелок, используя элементы «перекрестки» для их слияния и разъединения;
- отразить на диаграмме имена элементов ввода на кадре, которые могут быть объединены по функциональному назначению, обобщенным именем на стрелке.

**Пример.** Рассмотрим практическое применение выбранных нотаций и разработанных правил построения графической модели в среде BPWin на примере построения описания системы обучения и контроля знаний КОНКУРС.

Основные элементы графической модели системы КОНКУРС следующие:

- имя проекта — система КОНКУРС;
- цель проекта — графическая модель системы;
- точка зрения — пользователь системы КОНКУРС;
- технология моделирования — метод функционального моделирования смешанного типа с использованием графических нотаций IDEF0, DFD и IDEF3;

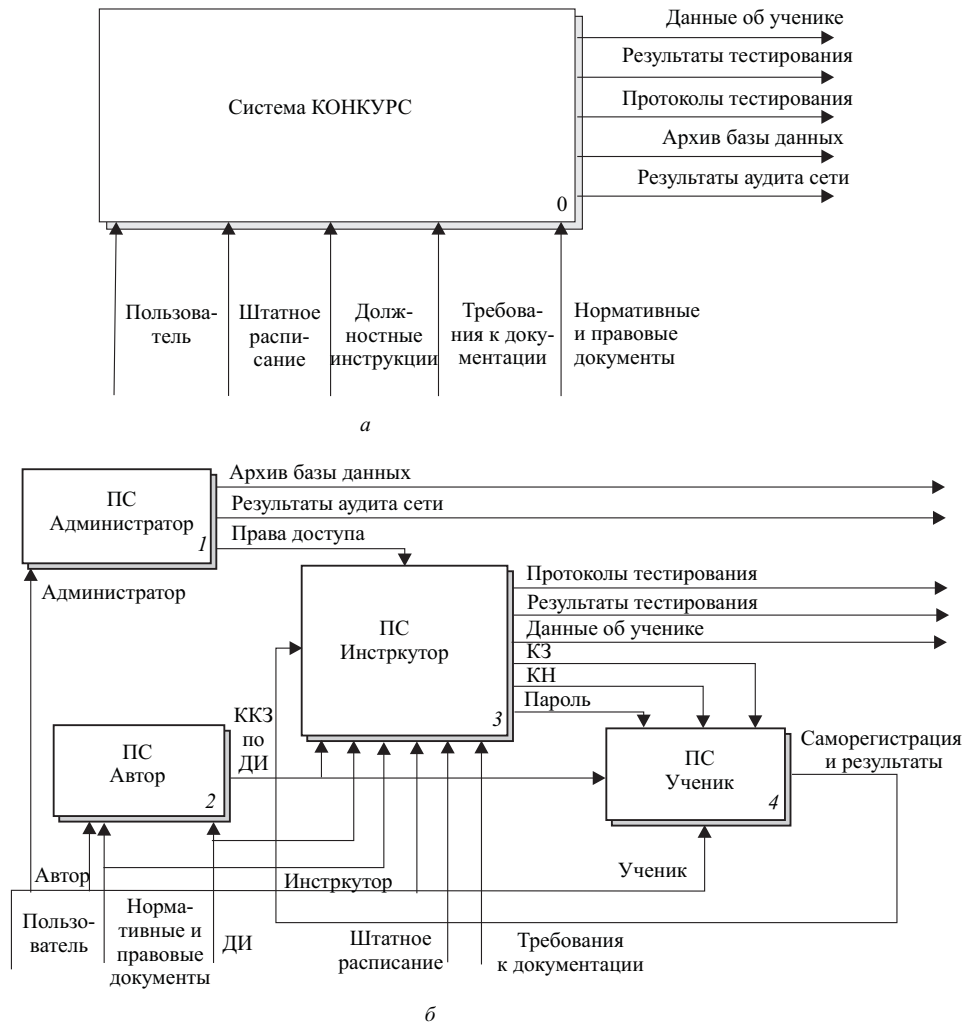


Рис. 4. Контекстная диаграмма системы КОНКУРС (а) и схема ее декомпозиции (б)

функции — деятельность пользователей системы (ученика, инструктора, автора и администратора).

Контекстная диаграмма IDEF0 включает имя модели, механизмы использования и выходные данные (рис. 4, а). В состав системы КОНКУРС входят четыре подсистемы (ПС): Инструктор, Автор, Администратор, Ученик. На декомпозиции контекстной диаграммы эти фрагменты выделены и расположены в порядке их инициализации (рис. 4, б).

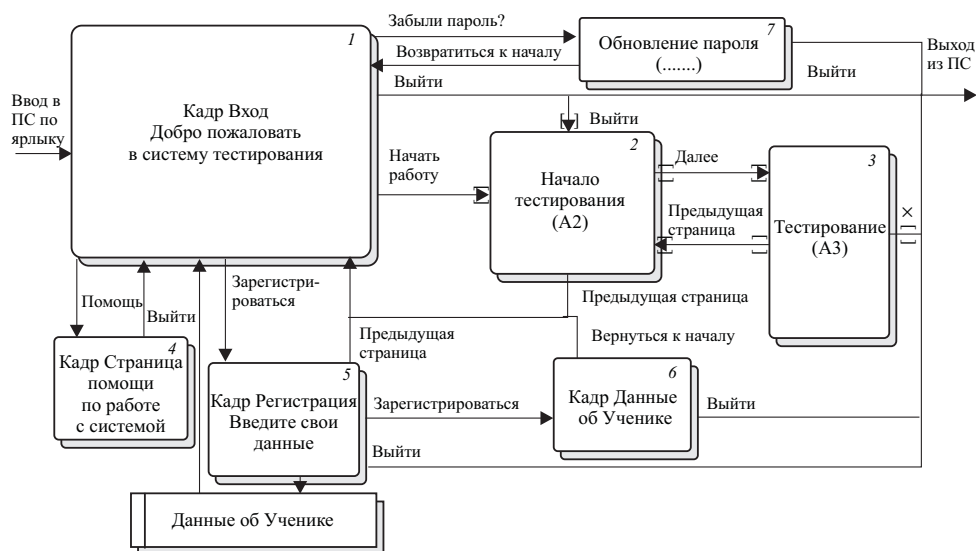


Рис. 5. Диаграмма декомпозиции подсистемы Ученик

С точки зрения функционального назначения системы КОНКУРС ПС Ученик является наиболее важной. Но для реализации деятельности пользователя в этой ПС необходимо выполнить ряд подготовительных действий в других ПС. В ПС Автор на основе нормативных и правовых документов и должностных инструкций (ДИ) следует разработать курсы контроля знаний (ККЗ), Администратору необходимо зарегистрировать Инструктора и определить статус всех пользователей, Инструктор должен сформировать штатное расписание, зарегистрировать персонал, создать контрольные наборы (КН) и контрольные задания (КЗ), выбрать методики тестирования.

Дальнейшая структуризация описания системы осуществляется с помощью нотации DFD. В качестве примера на рис. 5 приведены некоторые элементы модели ПС Ученик. Диаграмма ПС Ученик декомпозируется на ряд блоков DFD, имена которых отражают их функциональное назначение. Блок в нотации DFD представляет собой либо кадр интерфейса ПС (блоки 1, 4—6), либо составной блок (2, 3, 7).

Особенность именования блоков: если блок — кадр, то его имя включает слово «Кадр», имя составного блока этого слова не содержит. При переходе от блока к блоку может осуществляться передача данных. Переход выполняется по действию пользователя при нажатии (с помощью мышки) соответствующего этому действию элемента ввода и отображается на диаграмме стрелкой.

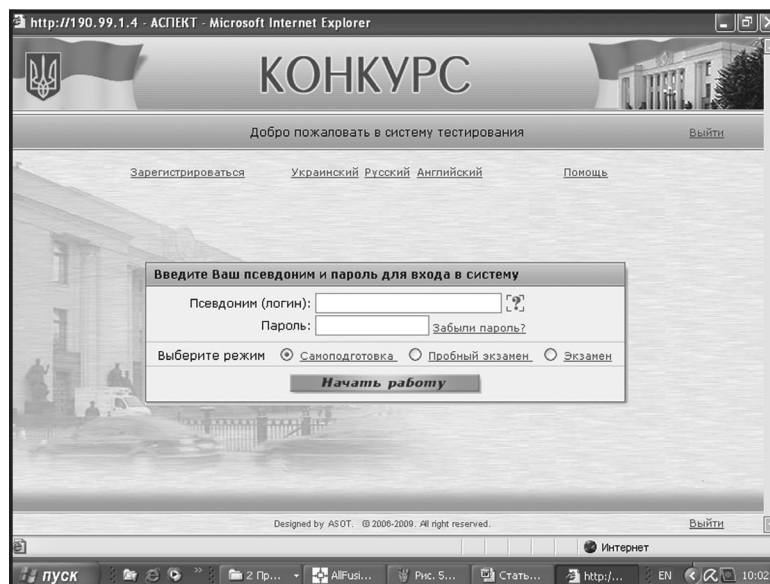


Рис. 6. Рисунок кадра Вход подсистемы Ученик

Предлагается следующее обозначение стрелок:

- имя стрелки — имя элемента ввода на кадре, по нажатию мышкой на зону ввода которого происходит переход и передача данных к иному кадру, имя элемента ввода подчеркнуто, например Помощь;
- имя стрелки на диаграмме размещается в начале стрелки;
- на граничных стрелках (выход из диаграммы) с помощью текстового блока пишется адрес перехода — <имя диаграммы адресата>, <номер блока на этой диаграмме>.

Составные блоки на диаграмме подлежат дальнейшей декомпозиции до уровня кадров в нотации DFD.

Для блоков-кадров (нижний уровень DFD):

- в случае необходимости следует подключить хранилище данных и указать в его имени, какие данные из этого хранилища подлежат обработке (рис. 5, блок 2);
- вставить на диаграмму IDEF3 первого уровня картинку кадра (рис. 6);
- отобразить функционирование кадра с помощью нотации IDEF3 (рис. 7).

На рис. 7 центральный компонент модели функционирования кадра — блок «Ожидание действия на кадре Вход...». Нажатие пользователем на элементы ввода «Зарегистрироваться», «Помощь», «Выйти», «Забыли пароль», «Начать работу» приводят к смене кадра. Имена этих элементов

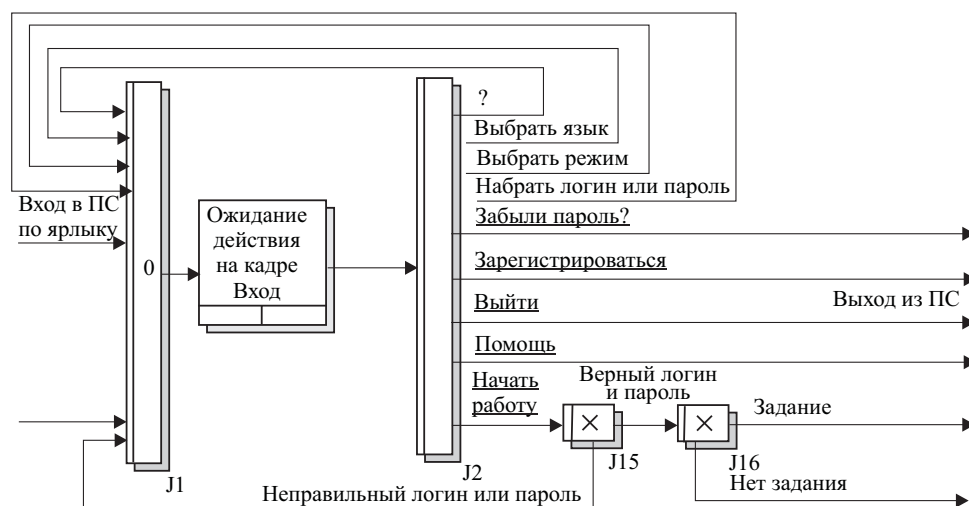


Рис. 7. Модель функционирования кадра

указаны на соответствующих стрелках модели (см. рис. 7) и подчеркнуты. Адреса переходов указаны на выходах стрелок.

Для описания внутренних переходов на кадре имена элементов ввода отображаются на стрелках и не подчеркиваются, например «Выбрать язык», «Выбрать режим». Стрелки замыкаются на вход блока «Ожидание действия на кадре Вход...» посредством элементов «перекрестки» J1, J2.

Переход к режиму тестирования по нажатию кнопки «Начать работу» может быть осуществлен только в случае введения правильного логина и пароля и наличия контрольного задания, что отображено с помощью соответствующих элементов «перекрестки» J15 и J16.

Названия элементов ввода на кадре, которые могут быть объединены по функциональному назначению, например имена элементов для выбора режима работы — «Самоподготовка», «Экзамен», «Пробный экзамен», обобщены именем стрелки «Выбрать режим».

Разработанная многоуровневая графическая модель представляет собой детальное описание состава системы, ее интерфейса и отражает все допустимые действия пользователя на кадрах. В процессе работы в среде текстового редактора BPWin были подтверждены основные преимущества использования IDEF-технологии и выбранного графического редактора для создания описания приложения, а также выявлены некоторые недостатки редактора, например отсутствие режима UNDO и др.

## Выводы

Таким образом, рассмотренный инструментарий и разработанные правила построения графических моделей с использованием IDEF-нотаций обеспечивают реализацию простого, детального и наглядного описания приложения для его пользователя. Простота графического редактора дает возможность пользователю самостоятельно вносить коррективы в приложение по результатам его эксплуатации.

Разработанная графическая модель может быть использована при построении конкретных планов действий пользователя для достижения определенной цели, а также при проведении анализа приложения экспертами.

The necessity of creating of graphical models for computer applications at all stages of their life cycle has been substantiated. Based on the analysis of technologies and means of visual system design, using typical features of computerized systems of expert training and competence test and available in the market at this stage, IDEF standard graphical notations have been selected for its description. The rules for construction of graphical models for systems of such class have been elaborated. A graphical model of the KONKURS system is presented as an example.

1. Самойлов В. Д. Модельное конструирование компьютерных приложений. — К. : Наук. думка, 2007. — 198 с.
2. Маклаков С. В. Создание информационных систем с AllFusion Modeling Suite. — М. : Диалог-МИФИ, 2003. — 432 с.
3. Черемных С. В. Семенов И. О., Ручкин В. С. Структурный анализ систем IDEF-технологий. — М. : Финансы и статистика, 2003. — 208 с.
4. Вендеров А. В. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем. — М. : Финансы и статистика, 1998. — 387 с.
5. Леоненков А. В. Самоучитель UML 2. — СПб. : БХВ-Петербург, 2007. — 576 с.
6. Ларман К. Применение UML и шаблонов проектирования. — М. : Вильямс, 2001. — 496 с.

Поступила 10.01.11

*БАЛЬВА Алла Александровна, канд. техн. наук, ст. науч. сотр. Ин-та проблем моделирования в энергетике им. Г. Е. Пухова НАН Украины. В 1968 г. окончила Киевский политехнический ин-т. Область научных исследований — вычислительная техника.*

*САМОЙЛОВ Виктор Дмитриевич, д-р техн. наук, профессор, гл. науч. сотр., руководитель тематической группы имитационного моделирования Ин-та проблем моделирования в энергетике им. Г. Е. Пухова НАН Украины. В 1960 г. окончил Украинскую академию сельскохозяйственных наук. Область научных исследований — компьютерные технологии моделирования, тренажеры, профессиональная диагностика в энергетике.*