

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ
В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Кафедра «Информационные технологии и компьютерные системы»

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ (Computer modeling tools)

Методические указания

к лабораторному практикуму по дисциплине
для студентов всех форм обучения направлений подготовки
09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»
09.03.04 «Программная инженерия»

Educational and methodological guide

for students of all forms of education areas of training
09.03.01 "Computer Science and Engineering"
09.03.04 "Software engineering"

Севастополь
СевГУ
2022

УДК 004.94(076.5)
ББК 22.193я73
И725

Р е ц е н з е н т :

А. В. Скатков - профессор кафедры «Информационные технологии
и компьютерные системы»

Составитель: Ю. В. Доронина

И725 Инструментальные средства компьютерного моделирования :
методические указания к лабораторному практикуму по дисциплине для
обучающихся направления подготовки 09.03.01 «Информатика и
вычислительная техника» (направленности «ЭВМ, системы и сети») и
09.03.04 «Программная инженерия» (направленности «Технологии
программирования») = Computer modeling tools : educational and
methodological guide / Севастопольский государственный университет,
Институт информационных технологий и управления в технических
системах, кафедра «Информационные технологии и компьютерные
системы» ; сост.: Ю. В. Доронина – Севастополь : СевГУ, 2022. – 60 с. –
Текст : электронный.

Предназначены для лабораторного практикума по дисциплине
«Инструментальные средства компьютерного моделирования» для обучающихся
направления подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»
(направленности «ЭВМ, системы и сети») и 09.03.04 «Программная инженерия»
(направленности «Технологии программирования»).

УДК 004.94(076.5)
ББК 22.193я73

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры
«Информационные технологии и компьютерные системы», протокол № 5 от
4 февраля 2022 г.

В авторской редакции

Изд. № 120/2022. Объем 3,75 п.л. Усл. печ. л. 3,49. Уч.-изд. л. 3,675.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2022

Содержание

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ (THEORETICAL INFORMATION FROM THE FIELD OF MODELING METHODS AND TOOLS) -----	4
Лабораторная работа № 1. Изучение и моделирование процессов движения информации методом структурного анализа на основе DFD-диаграмм с использованием CASE-средства поддержки моделирования потоков данных -----	8
Лабораторная работа № 2. Изучение и функциональное моделирование процессов при помощи методологии IDEF0 с использованием CASE-средства поддержки методологии функционального моделирования процессов -----	15
Лабораторная работа № 3. Изучение процессов моделирования данных, информационного моделирования процессов и построение реляционных информационных структур при помощи методологий ERD, IDEF1, IDEF1X с использованием CASE-средств-----	23
Лабораторная работа № 4. Изучение процессов описания логики взаимодействия информационных потоков при помощи методологии IDEF3 с использованием CASE-средств -----	32
Лабораторная работа № 5. Изучение процессов моделирования, анализа и реорганизации бизнес-процессов в методологии BPMN с использованием CASE-средств-----	38
Лабораторная работа № 6. Изучение инструментальных средств поддержки модельно-ориентированного проектирования встроенных систем -----	49
Примерный список вопросов для подготовки к зачету-----	56
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ-----	58
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Варианты заданий к практическим занятиям и лабораторным работам -----	60

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ (THEORETICAL INFORMATION FROM THE FIELD OF MODELING METHODS AND TOOLS)

Процесс перехода от реального объекта к его абстрактному образу посредством формализации называется **моделированием**.

В самом простом случае технология моделирования подразумевает 3 этапа: формализация, собственно моделирование, интерпретация результатов. В ряде случаев интерпретация результатов согласно цели моделирования выделяют в отдельный этап, рис.1.

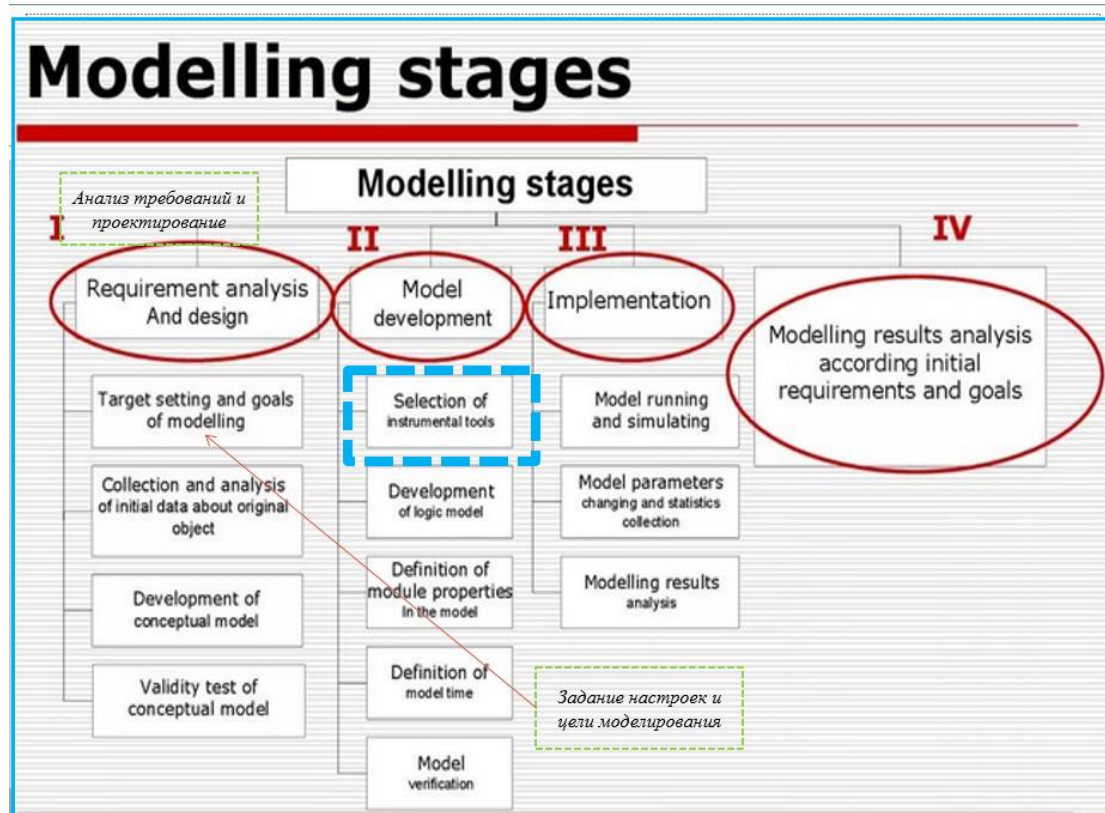


Рис. 1. Этапы моделирования

Модели, построенные с использованием математических понятий и формул, называют **математическими моделями**.

Информационная модель – это модель объекта, процесса или явления, в которой представлены информационные аспекты моделируемого объекта, процесса или явления.

Модель должна учитывать большое число факторов. Однако реализовать такое положение затруднительно особенно в слабоструктурируемых системах. Поэтому зачастую стремятся создавать модели достаточно простых элементов, с учётом их микро- и макросвязей.

Инструмент моделирования – это типовое средство, позволяющее достичь оригинальный результат и обеспечивающее сокращение затрат на выполнение промежуточных операций.

Технология моделирования – это набор стандартных способов, приёмов, методов, позволяющий достичь результата гарантированного качества с помощью указанных инструментов за заранее известное время при заданных затратах, но при соблюдении пользователем объявленных требований и порядка.

Среда моделирования – совокупность рабочего пространства и инструментов на нем, поддерживающая хранение и изменение, преемственность проектов и интерпретирующая свойства объектов и систем из них.

Концептуально-методологическое моделирование представляет собой процесс установления соответствия реальному объекту некоторой абстрактной конструкции, позволяющий получить характеристики объекта. Данная модель, как и всякая другая, описывает реальный объект лишь с некоторой степенью приближения к действительности.

Компьютерное моделирование — процесс вычисления компьютерной модели (иначе численной модели) на одном или нескольких вычислительных узлах. Реализует представление объекта, системы, понятия в форме, отличной от реальной, но приближенной к алгоритмическому описанию. Включает набор данных, характеризующих свойства системы и динамику их изменения со временем.

Инструменты компьютерного моделирования

1. Инструментальные универсальные программные средства (текстовые редакторы, СУБД, табличные процессоры, графические редакторы и пр.)
2. Специализированные программные средства, специфические для каждого вида моделирования.
3. Специализированные прикладные технологии, использующие компьютеры (как правило в режиме реального времени) в сочетании с измерительной аппаратурой, датчиками, сенсорами и пр.

В особо тесных отношениях с компьютером находятся:

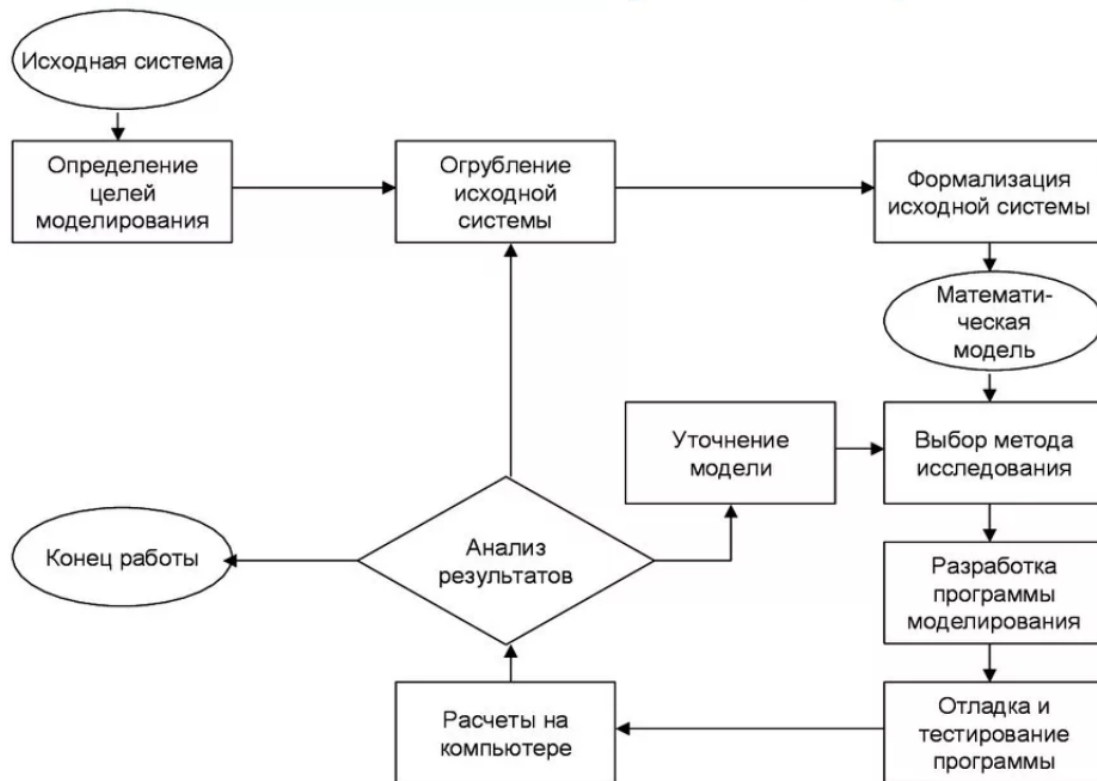
1. Математическое моделирование;
2. Графическое моделирование;
3. Имитационное моделирование;
4. Моделирование информационных процессов.

Важнейшей формой исследования сложных систем, основанного на системном анализе, является **имитационное моделирование** на ЭВМ, описывающее процессы функционирования систем в виде алгоритмов. Его применяют в случаях, когда необходимо учесть большое разнообразие исходных данных, изучить протекание процессов в различных условиях.

Область задач имитационного моделирования включает четыре основных направления:

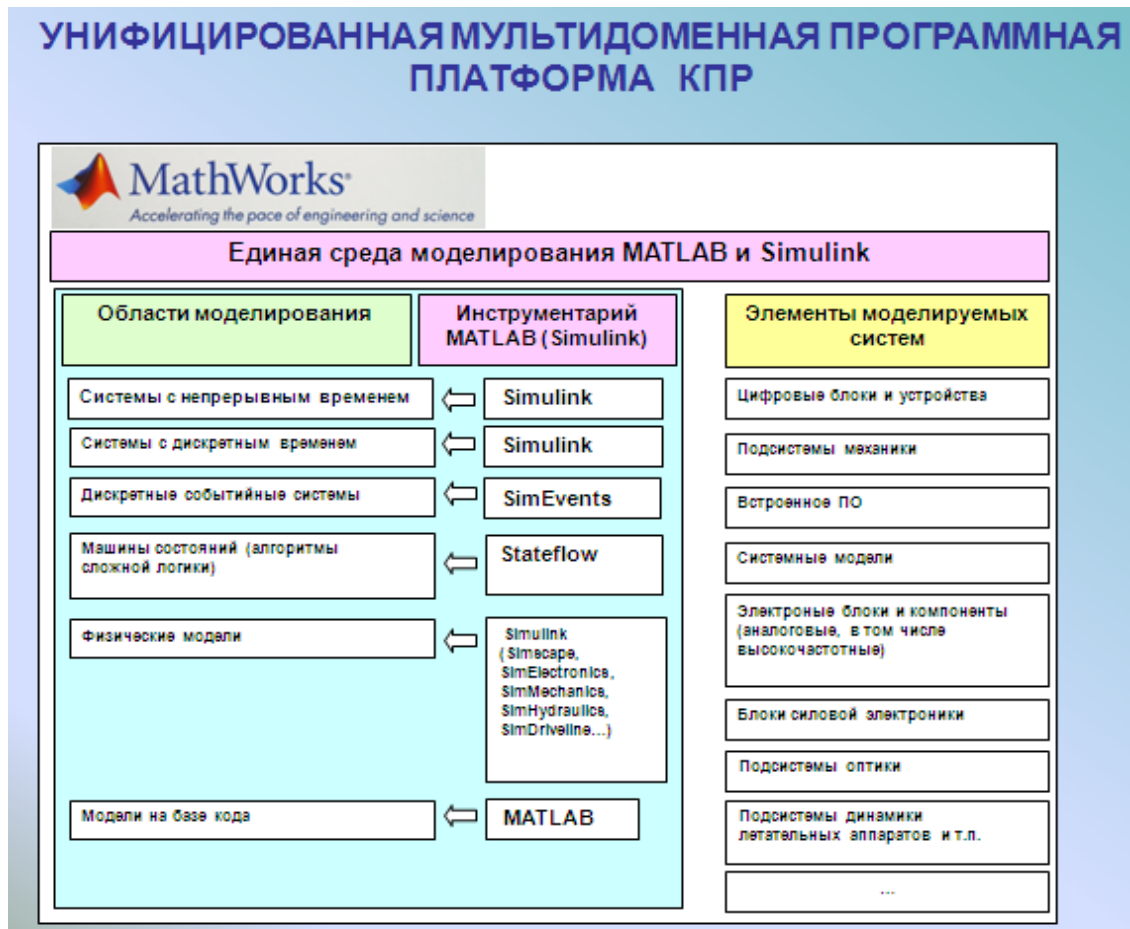
- моделирование динамических систем,
- дискретно-событийное моделирование,
- моделирование системной динамики,
- агентное моделирование (dynamic system modeling, discrete event modeling, system dynamics modeling, agent modeling).

Основные этапы компьютерного моделирования

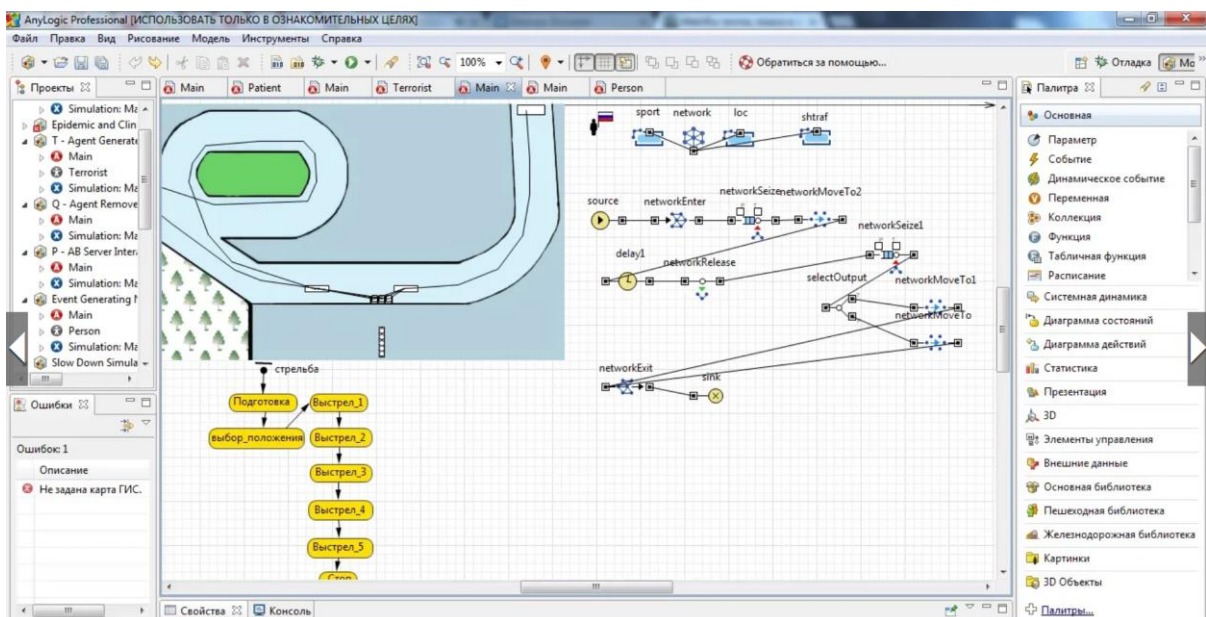


Примеры современных инструментов компьютерного моделирования

Examples of modern computer modeling tools:



AnyLogic (<https://soware.ru/products/anylogic>)



Лабораторная работа № 1

Изучение и моделирование процессов движения информации методом структурного анализа на основе DFD-диаграмм с использованием CASE-средства поддержки моделирования потоков данных

(Studying and modeling of information flow processes by structural analysis based on DFD diagrams using CASE tools to support data flow modeling)

Цель: изучить общие положения о моделировании потоков данных и компоненты диаграммы потоков данных DFD; осуществить исследование и моделирование процесса движения информации методом диаграмм потоков данных (DFD-диаграмм); осуществить выбор и применение инструментального средства для функционального моделирования потоков данных (диаграммы DFD).

1. Краткие теоретические сведения

1.1 Методологии функционального моделирования потоков данных DFD (Data Flow Diagrams) и потоков работ – WFD (Work Flow Diagram)

Классическая технология описания процессов, которая была разработана на заре рождения процессных технологий управления, достаточно проста и состоит всего лишь из двух стандартов описания бизнес-процессов – **DFD** и **WFD**.

Методология DFD (Data Flow Diagrams – диаграммы потоков данных) представляет модель системы как иерархию диаграмм потоков данных, описывающих процессы верхнего уровня (процессы, получающиеся на начальных этапах процессной декомпозиции). Методология DFD [10] чаще всего может быть представлен следующими нотациями:

- нотация Йордона – де Марко (Yourdon and Coad Process Notation);
- нотация Гейна-Сарсона (Gane and Sarson Process Notation).

1.2. Состав диаграмм потоков данных

Основными компонентами диаграмм потоков данных являются: процессы (работы); внешние сущности; потоки данных; хранилища (накопители) данных.

Процессы (работы). В DFD работы обозначают функции или процессы системы, которые обрабатывают и изменяют информацию (преобразуют входы в выходы).

Внешние сущности. Внешняя сущность представляет собой материальный объект, например, заказчики, персонал, поставщики, клиенты, изображают входы в систему и/или выходы из системы.

Потоки данных. Потоки данных на диаграммах DFD изображаются линиями со стрелкой на одном из ее концов или на обоих концах. Стрелка показывает направление информационного потока в системе.

Хранилища данных. Хранилища данных представляют собой данные, к которым осуществляется доступ.

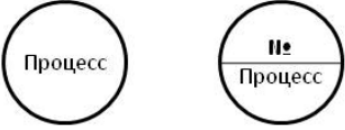
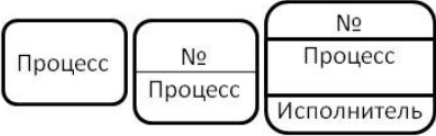
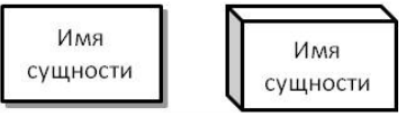
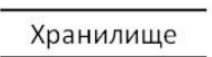
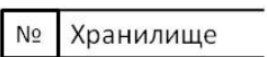
Объект	Нотация Йордана	Нотация Гейна-Сарсона
Процесс		
Внешняя сущность		
Поток данных <i>Управляющий поток</i>		
Хранилище данных		

Рис. 1.1. Форматы нотаций DFD

Методология DFD в различных нотациях

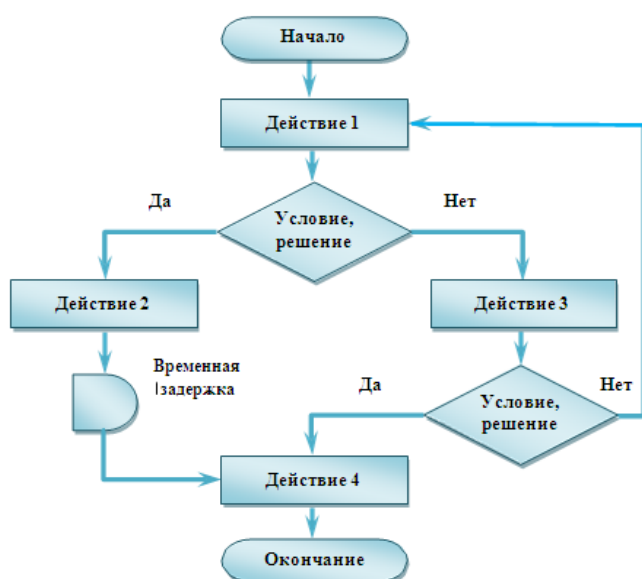


Рис. 1.2. Примеры DFD-диаграмм в нотациях Гейна-Сарсона и Йордана-де Марко

❖ **Дополнительная информация:**

Методология WFD (Work Flow Diagram – диаграмма потоков работ или диаграмма алгоритмов) [11] представляет модель системы как диаграмму потоков работ, которая используется для описания процессов нижнего уровня (процессы, получающиеся на последующих этапах процессной декомпозиции и являющиеся составной частью процессов верхнего уровня).

На диаграмме потоков работ появляются дополнительные объекты, с помощью которых описывается процесс: **логические операторы, события начала и окончания процесса, а также элементы, показывающие временные задержки**, рис.1.3.



Отличительной особенностью WFD-диаграммы является то, что стрелки между операциями бизнес-процесса обозначают не потоки объектов (информационные и материальные), а потоки или временную последовательность выполнения работ.

Рис. 1.3. Диаграмма потоков работ – WFD

❖ **DFD применяется при создании первоначального облика системы при согласовании технического задания с заказчиком.**

1.3. Правила и рекомендации для построения DFD-диаграммы

При построении DFD-диаграмм целесообразно: размещать на каждой диаграмме от 3 до 7 процессов; не загромождать диаграммы не существенными на данном уровне деталями.

Контекстная диаграмма (диаграмма верхнего уровня), являясь вершиной древовидной структуры диаграмм, показывает назначение системы (основную функцию) и ее взаимодействие с внешней средой. В каждой модели может быть только одна контекстная диаграмма.

После описания основной функции выполняется функциональная декомпозиция, т. е. определяются функции, из которых состоит основная. Далее функции делятся на подфункции и так до достижения требуемого уровня детализации исследуемой системы.

1.4. Инструментальные средства поддержки методологии DFD

В таблице 1.1 приведен перечень проприетарных (несвободных) инструментальных средств на российском рынке, поддерживающих DFD, и основные составляющие функциональных моделей.

Таблица 1.1 – Пакеты, поддерживающие DFD

Название	Нотация DFD	Мини-спецификации	Поведение
Ramus	Йордан	–	Упр. потоки и процессы
CASE Аналитик	Гейн-Карсон	Структурный язык	Упр. потоки и процессы
CASE/4/0	Йордан (расшир.)	–	Уорд-Мелпор (с STD)
Designer/2000	Гейн-Карсон	–	–
EasyCASE	Гейн-Карсон, Йордан	Структурный язык	Уорд-Мелпор (с STD)
I-CASE Yourdon	Йордан	3GL	STD
Prokit *WORKBENCH	Гейн-Карсон	–	–
S-Designor	Гейн-Карсон	–	–
SILVERRUN	Произвольная	–	Упр. потоки и процессы
Visible Analyst Workbench	Гейн-Карсон	–	–

1.4.1. Кроссплатформенная система моделирования и анализа бизнес-процессов Ramus Educational (условно свободное ПО)

Ramus Educational – это бесплатный аналог Ramus [50]. Ramus Education может быть использован для создания диаграмм в формате IDEF0 и DFD. Ramus Education использует формат файлов полностью совместимый с форматом файла коммерческой версии Ramus. Как и Ramus, Ramus Educational поддерживает импорт/экспорт файлов в формат IDL, таким образом, реализуя частичную совместимость с подобными программами (например, с CA Erwin Process Modeler). Ramus Educational поддерживает единый формат файлов с локальной версией Ramus.

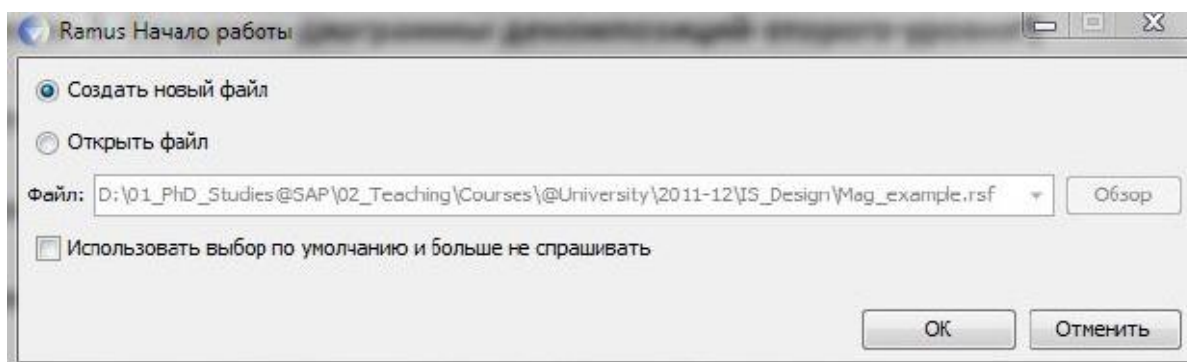


Рис. 1.4. Диалоговое окно начала работы в Ramus

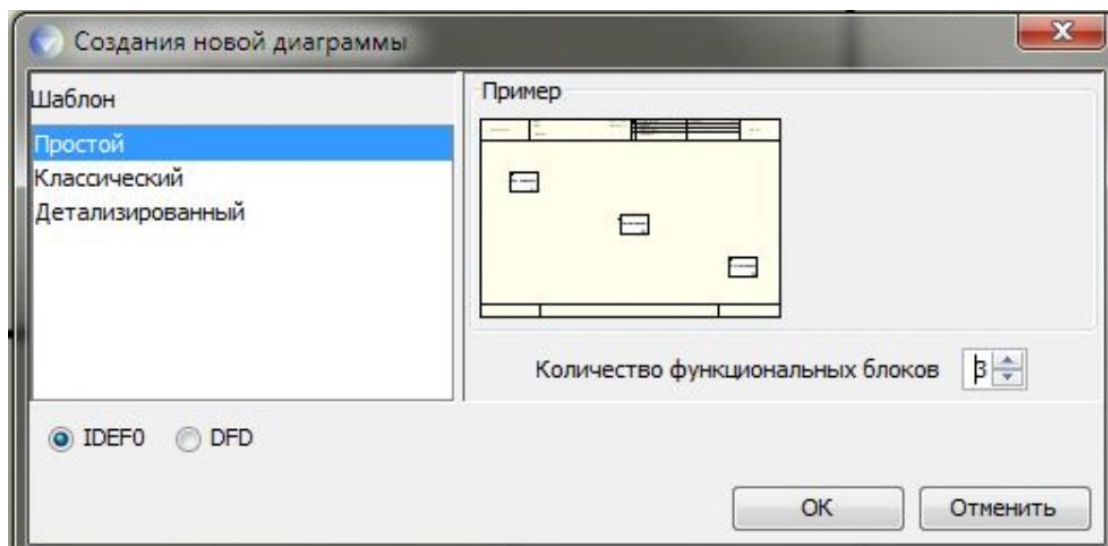


Рис. 1.5. Диалоговое окно декомпозиции контекстной диаграммы (нулевого уровня)



Рис. 1.6. Панель инструментов

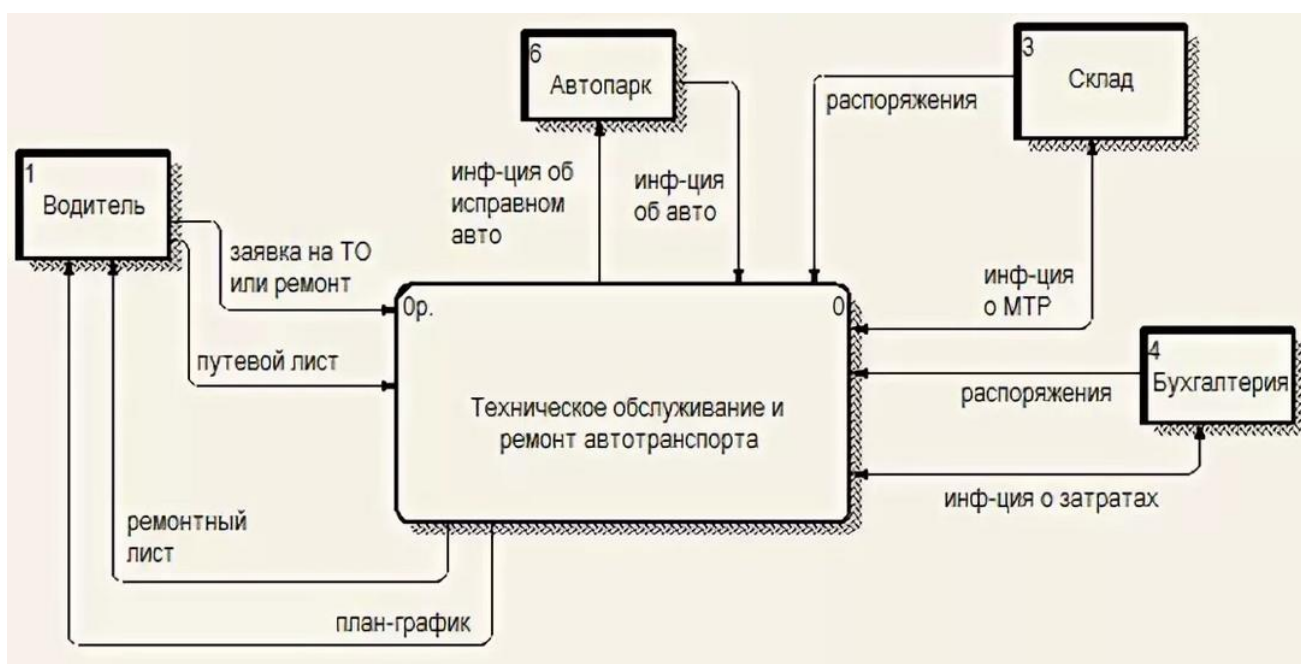


Рис. 1.7. Пример контекстной диаграммы DFD (нулевой уровень)

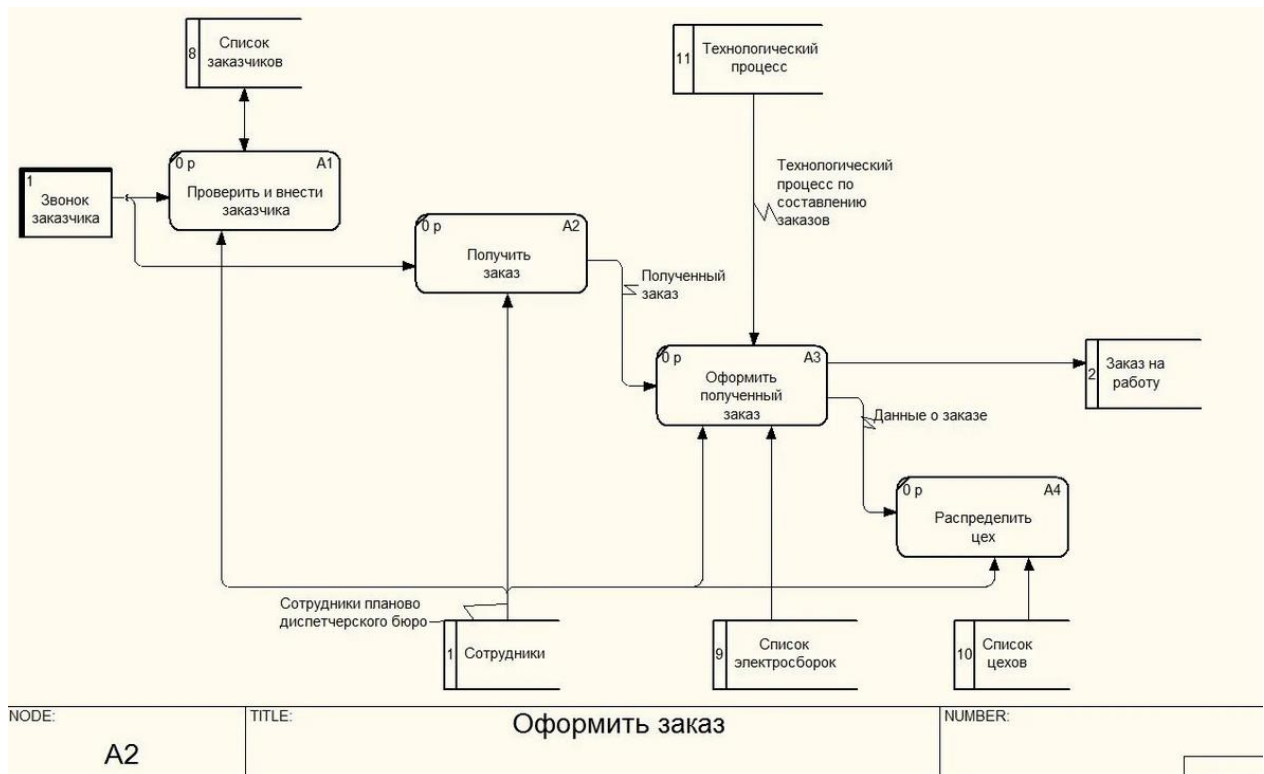


Рис. 1.8. Пример декомпозиции DFD в нотации Гейна-Сарсона

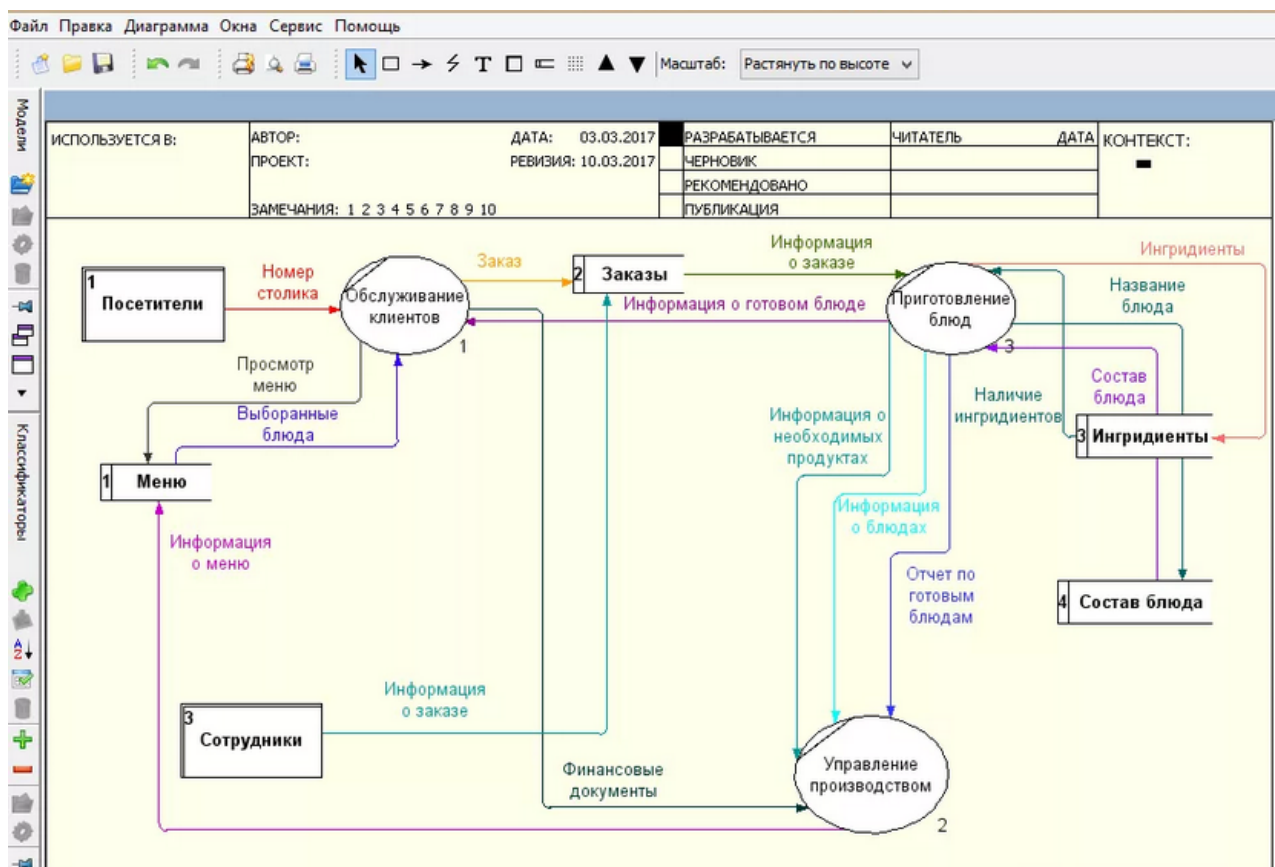


Рис. 1.9. Пример декомпозиции DFD в нотации Йордона-де Марко

Задание на лабораторную работу №1

В соответствии с вариантом предметной области (вариант выбирается из таблицы А.1. Приложения А) выполнить построение комплекса DFD-диаграмм при помощи CASE-средства Ramus Educational.

Порядок выполнения лабораторной работы №1

1. Построить DFD-диаграмму главного (основного) процесса.
2. Произвести декомпозицию (детализацию).
3. Выделить потоки данных, которыми обмениваются процессы и внешние сущности, для каждого из внутренних процессов выделить поставщиков и потребителей информации, при необходимости ввести хранилища данных.

Содержание отчета по лабораторной работе №1

1. DFD-диаграмма главного (основного) процесса (контекстная диаграмма), созданная средствами Ramus Educational.
2. DFD-диаграммы двух декомпозиций основного процесса, созданные средствами Ramus Educational (первая декомпозиция контекстной диаграммы и декомпозиция одного из блоков первой декомпозиции, рис.1.10).
3. Выводы.

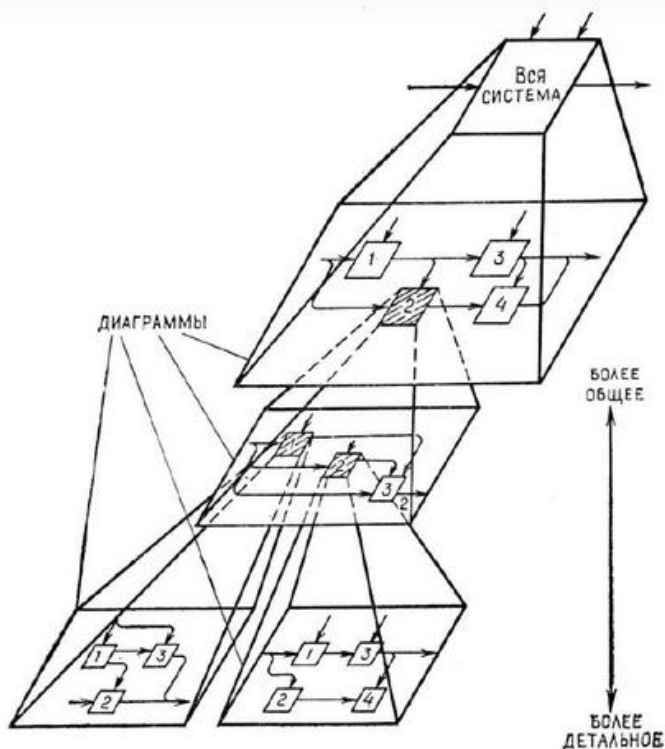


Рис. 1.10. Принцип вложенных декомпозиций процессов

Контрольные вопросы

1. Какова цель создания диаграммы потоков данных DFD?
2. Описать компоненты диаграммы потоков данных, их вид и назначение.
3. Что такое процесс?
4. Что такое внешняя сущность?
5. Каково назначение потоков данных?
6. Что такое хранилище данных? Привести примеры.
7. Перечислить основные правила и рекомендации построения диаграмм потоков данных.

Лабораторная работа № 2. Изучение и функциональное моделирование процессов при помощи методологии IDEF0 с использованием CASE-средства поддержки методологии функционального моделирования процессов

(Studying and functional modeling of processes using the IDEF0 methodology using CASE tools to support the methodology of functional modeling of processes)

Цель: изучить инструментальные средства функционального моделирования процессов при помощи IDEF0-диаграмм; построить функциональную модель по варианту на основе стандарта IDEF0.

1. Краткие теоретические сведения. Стандарт IDEF

Одними из самых известных и широко используемых методологий в области моделирования бизнес-процессов являются методологии семейства IDEF. Семейство IDEF появилось в конце 60-х гг. XX в. под названием SADT (Structured Analysis and Design Technique). В настоящее время оно включает следующие наиболее распространенные стандарты: IDEF0, IDEF1, IDEF1X, IDEF3.

Методология моделирования функциональной структуры объектов – SADT (Structured Analysis and Design Technique)

Методология SADT (Structured Analysis and Design Technique – Технология структурного анализа и проектирования), разработанная Дугласом Т. Россом для решения задач, связанных:

- с большими системами, такими, как проектирование телефонных коммуникаций реального времени,
- автоматизация производства (CAM),
- создание программного обеспечения для командных и управляющих систем,
- для описания большого количества сложных искусственных систем из широкого спектра областей (банковское дело, очистка нефти, планирование промышленного производства, системы наведения ракет, организация материально-технического снабжения, методология планирования, технология программирования).

В основе методологии SADT лежат два основных построения:

– **SA-блоки**, на основе которых создается иерархическая многоуровневая модульная система, каждый уровень которой представляет собой законченную систему (блок), поддерживаемую и контролируемую системой (блоком), находящейся над ней.

– **декомпозиция**. Использование этой концепции позволяет разделить каждый блок, понимаемый как единое целое, на свои составляющие, описываемые на более детальной диаграмме. Процесс декомпозиции проводится до достижения нужного уровня подробности описания. Диаграмма ограничивается 3-6 блоками

для того, чтобы детализация осуществлялась постепенно.

Модель SADT отображает функциональную структуру объекта, т.е. производимые им действия, и связи между этими действиями. SADT-диаграммы, являются декомпозициями ограниченных объектов.

По мере создания диаграмм, отображающих модель SADT, производится постепенное введение в рассмотрение все большего числа уровней детализации, так что в результате модель SADT представляет собой серию диаграмм с сопроводительной документацией, разбивающих сложный объект на составные части, представленные в виде блоков.

❖ SADT применяется при создании первоначального облика системы в рамках технического задания (ТЗ) на основе модели вида «черный ящик».

1.1 Методология IDEF0. Общие сведения

IDEF0-методология – это методология функционального моделирования, согласно которой система представляется как совокупность взаимодействующих процессов/работ/функций на основе графического языка описания (моделирования) систем – графическая нотация, предназначенная для формализации и описания бизнес-процессов (рабочих процессов).

Данная методология при описании функционального аспекта информационной системы конкурирует с методами, ориентированными на потоки данных (DFD). В отличие от них IDEF0 позволяет:

- описывать любые системы, а не только информационные (DFD предназначена для описания программного обеспечения);

- создать описание системы и ее внешнего окружения до определения окончательных требований к ней. С помощью данной методологии можно постепенно выстраивать и анализировать систему даже тогда, когда трудно еще представить ее воплощение.

Таким образом, IDEF0 может применяться на ранних этапах создания широкого круга систем. В то же время она может быть использована для анализа функций существующих систем и выработки решений по их улучшению.

1.2. Модели и типы диаграмм, рассматриваемые в рамках методологии IDEF0

Результатом моделирования процессов является модель, которая относится к одному из трех типов:

- модель AS-IS (как есть) – модель текущей организации процессов;

- модель TO-BE (как будет) – модель идеальной организации процессов;

- модель SHOULD-BE (как должно бы быть) – идеализированная модель, не отражающая реальную организацию процессов.

1.3. Основные понятия стандарта IDEF0

1)Функциональный блок (Activity Box, рисунок 2.1) – графически изображается в виде прямоугольника и олицетворяет собой некоторую конкретную функцию в рамках рассматриваемой системы.

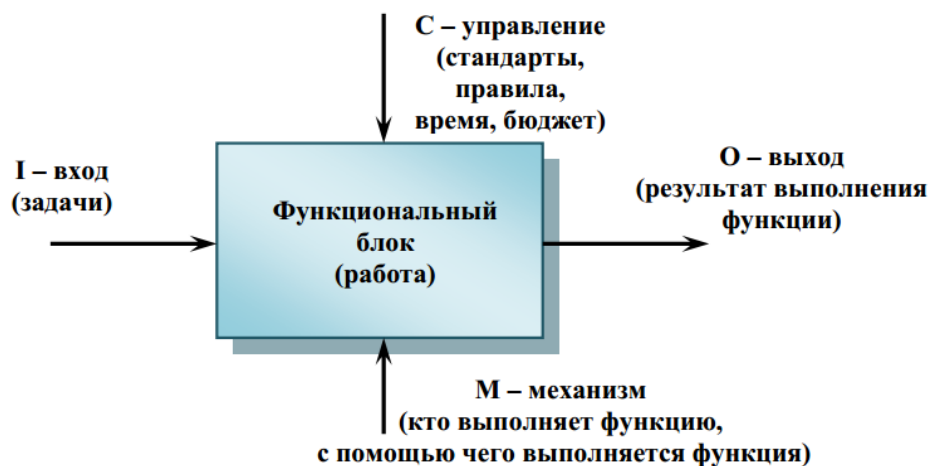


Рис. 2.1 Функциональный блок и интерфейсные дуги IDEF0-диаграммы

По требованиям стандарта название каждого функционального блока должно быть сформулировано в глагольном наклонении. Каждая из четырех сторон функционального блока имеет своё определенное значение (роль), при этом:

- верхняя сторона – «Управление» (Control);
- левая сторона – «Вход» (Input);
- правая сторона – «Выход» (Output);
- нижняя сторона – «Механизм» (Mechanism).

Каждый функциональный блок в рамках единой рассматриваемой системы должен иметь свой уникальный идентификационный номер.

2)Интерфейсная дуга (Arrow) или поток – отображает элемент системы, который обрабатывается функциональным блоком или оказывает иное влияние на функцию, отображенную данным функциональным блоком.

3)Декомпозиция (Decomposition) процессов.

1.4. Этапы построения IDEF0-диаграммы

Модель IDEF0 всегда начинается с представления системы как единого целого – одного функционального блока, с интерфейсными дугами, простирающимися за пределы рассматриваемой области. Такая диаграмма с одним функциональным блоком называется контекстной диаграммой, и обозначается идентификатором «А-0».

Наглядное представление декомпозиции функциональных блоков можно увидеть на рис. 2.2.

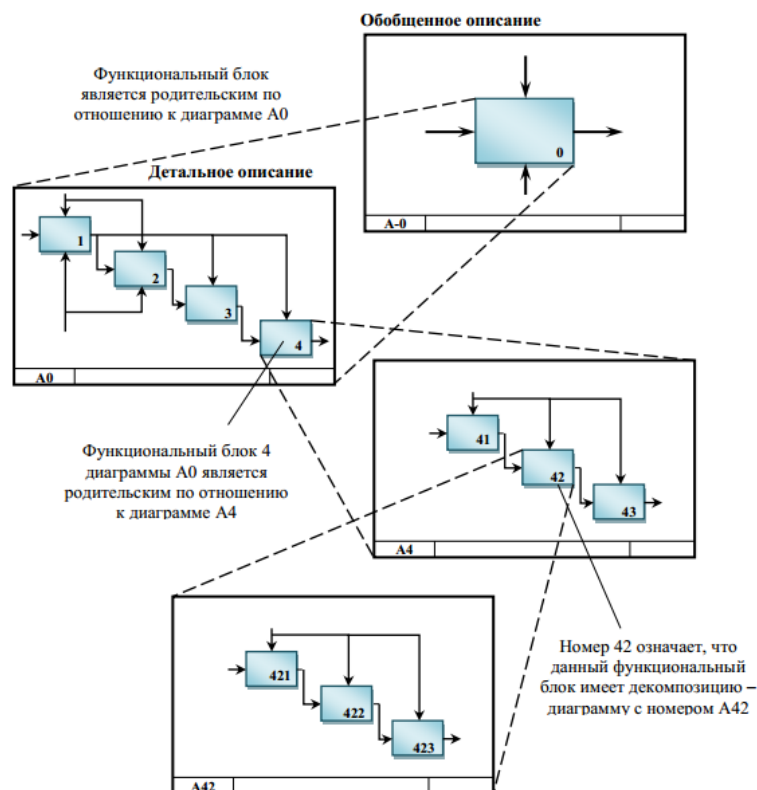


Рис. 2.2 Декомпозиция функциональных блоков

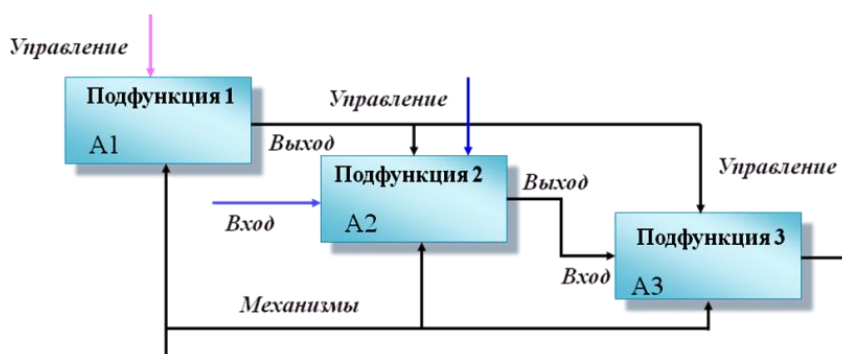


Рис. 2.3. Пример декомпозиции бизнес-процесса (рабочего процесса) на оставляющие его операции в стандарте IDEF0

1.5. Правила и рекомендации для построения IDEF0-диаграммы

1. Перед построением модели определить ее тип: AS-IS (как есть), TO-BE (как будет) или SHOULD-BE (как должно быть), а также определения позиции, с точки зрения которой строится модель.
2. Обратные связи и итерации (циклические действия) могут быть изображены с помощью обратных дуг. Обратные связи по входу рисуются «нижней» петлей, обратная связь по управлению – «верхней».
3. Каждый блок и каждая стрелка на диаграммах должны обязательно иметь имя.
4. При построении диаграмм для лучшей их читаемости может использоваться механизм туннелирования стрелок.
5. Каждый блок на диаграммах должен иметь свой номер.
6. Контекстная диаграмма имеет обозначение A-0.

1.6. Инструментальные средства поддержки методологии функционального моделирования процессов (IDEF0)

Существует множество CASE-средств, поддерживающих функциональное моделирование в стандарте IDEF0. Популярными CASE-средствами поддержки функционального моделирования (IDEF0) являются программные инструменты проектирования и управления проектами: BPwin, Ramus, ARIS Express, Business Studio и другие. Ramus распространяется в нескольких редакциях (версиях).

В России получили распространение следующие проприетарные системы:

1. семейство продуктов CA ERwin® Data Modeler, ранее AllFusion Process Modeler/AllFusion ERwin Data Modeler (ранее BPWin/ERWin) (CA Technologies, США);
2. Design/IDEF (MetaSoftware, США, распространитель – Метатехнология, Москва);
3. система IDEF0/EMTool (компания Ориентсофт, г.Минск);
4. ARIS (компания Software AG, Германия – результат поглощения компании IDS Scheer автора методологии Августа-Вильгельма Шеера).

Лидирующую позицию в области моделирования данных настоящее время занимает семейство продуктов CA ERwin Data Modeler.

1.6.1 CA ERwin Data Modeler Community Edition

CA ERwin Data Modeler Community Edition – это бесплатное базовое средство моделирования, включающее в себя подмножество функций флагманского продукта CA ERwin Data Modeler Standard Edition. На рис. 2.4 представлен вид интерфейса CA ERwin Data Modeler Community Edition.

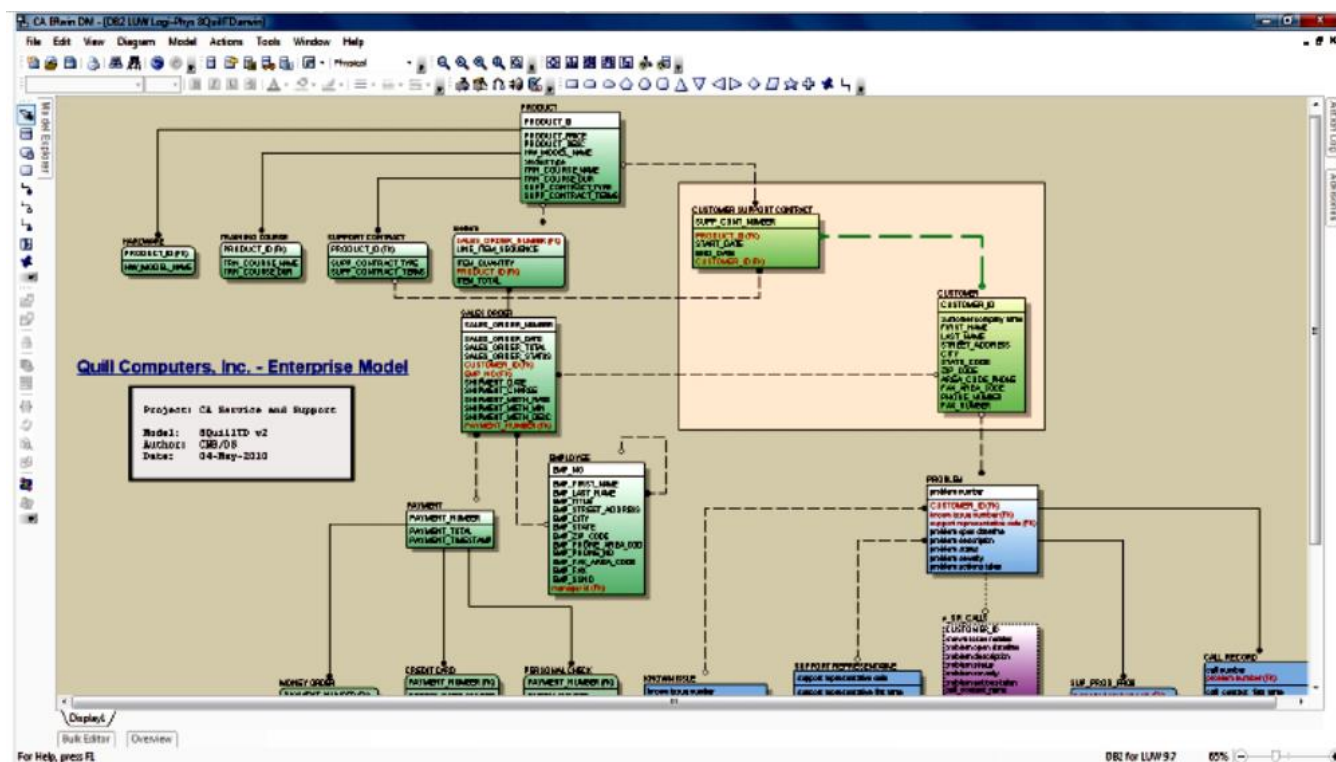


Рис. 2.4 Интерфейс CA ERwin Data Modeler Community Edition

Решение CA ERwin Data Modeler Community Edition помогает управлять сложной инфраструктурой данных с помощью следующих основных возможностей:

- визуализация сложных структур данных. Модели данных создаются автоматически, что дает простое графическое представление для визуализации сложных структур баз данных;
- создание проектов баз данных;
- определение стандартов;
- сравнение моделей и баз данных. Функция Complete Compare осуществляет сравнение моделей, скриптов и баз данных, выводя все различия на экран (в версии Community Edition данные доступны только для чтения);
- отчетность и публикация. Простой, интуитивно понятный интерфейс Report Designer позволяет создавать отчеты в виде текстовых и HTML-файлов, которые могут содержать диаграммы и метаданные.

1.6.2 Ramus Educational (IDEF0)

Процесс создания функционально-структурной модели IDEF0 начинается с определения контекста, т.е. наиболее общего, абстрактного уровня описания системы в целом. Этому уровню представления соответствует контекстная диаграмма.

Контекстное описание включает в себя:

- определение объекта моделирования (предметной области);
- определение цели моделирования;
- определение точки зрения на субъект моделирования.

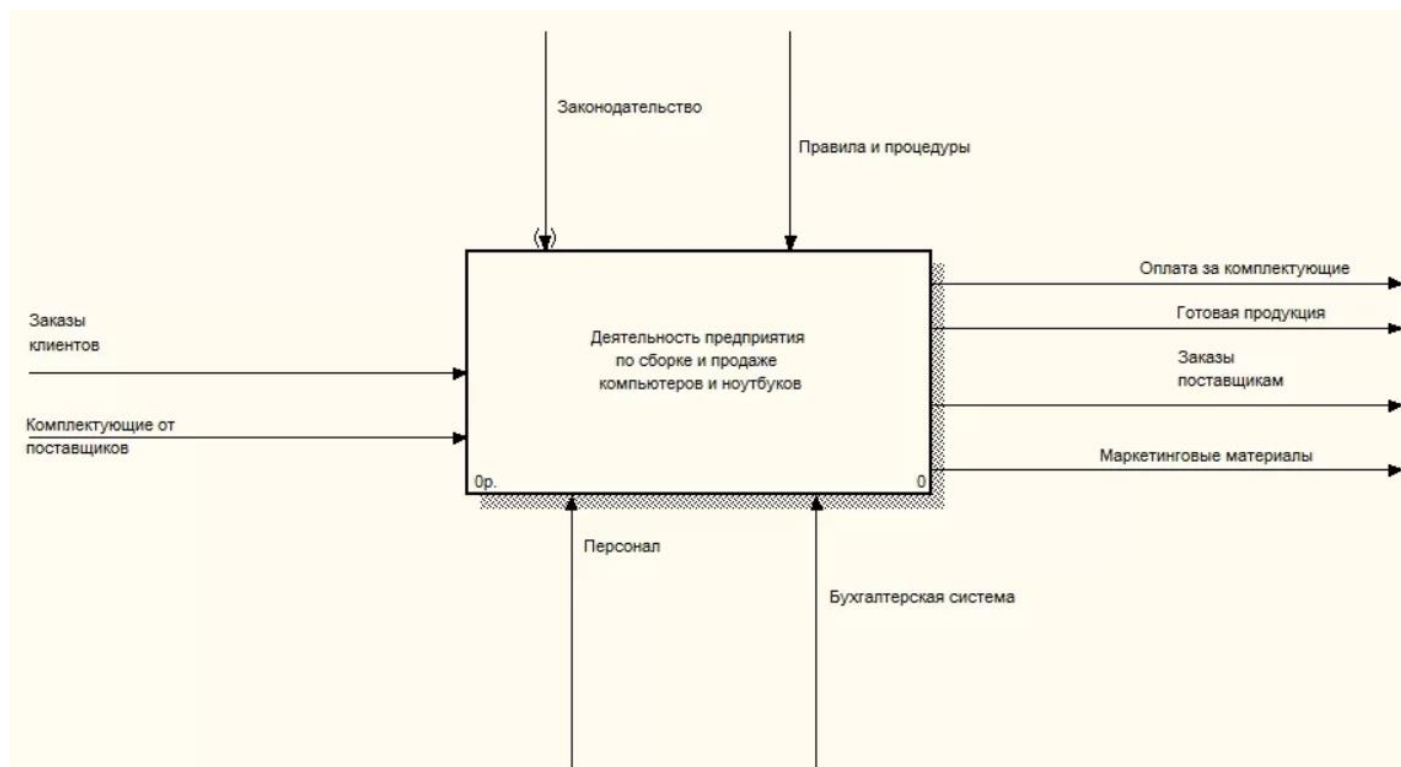


Рис.2.5. Пример контекстной диаграммы для построения IDEF0

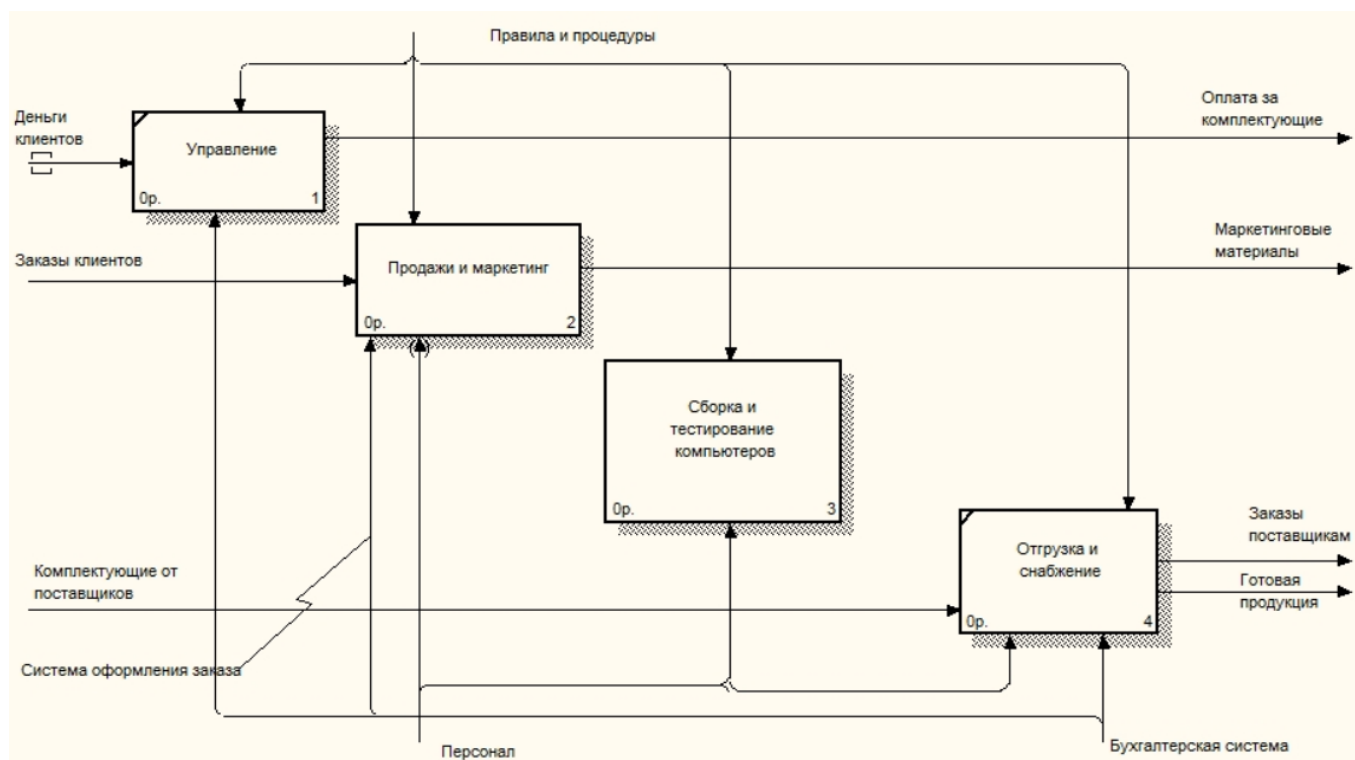


Рис. 2.6. Пример декомпозиции рабочего процесса в нотации IDEF0 в Ramus

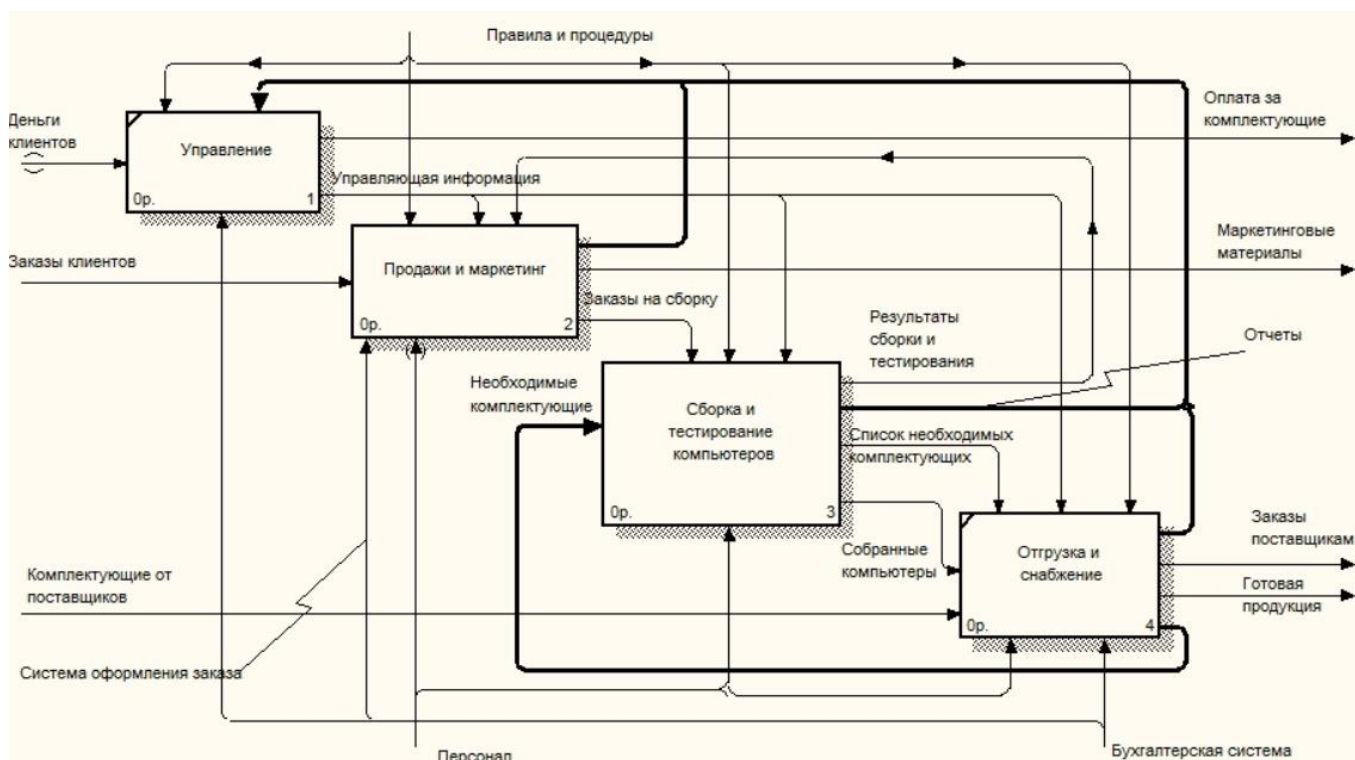


Рис. 2.7. Пример итоговой диаграммы рабочего процесса в нотации IDEF0 в Ramus

Задание на лабораторную работу №2

В соответствии с вариантом предметной области и результатами лабораторной работы №1 выполнить построение IDEF0-диаграммы при помощи CASE-средства Ramus Educational и проанализировать отличия от CA ERwin Data Modeler Community Edition.

Порядок выполнения лабораторной работы №2

1. Построить диаграмму декомпозиции первого уровня (диаграмма A0) (построение осуществлять в кроссплатформенной системе моделирования и анализа бизнес-процессов Ramus Educational).
2. Построить диаграммы декомпозиции второго и третьего уровней.
3. Исследовать доступные инструменты функционального моделирования процессов системы CA ERwin Data Modeler Community Edition.

Содержание отчета по лабораторной работе №2

1. IDEF0-диаграммы, созданные средствами кроссплатформенной системы моделирования и анализа бизнес-процессов Ramus Educational.
2. Сравнительная характеристика инструментов моделирования: Ramus Educational и CA ERwin Data Modeler Community Edition.
3. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что отображается на функциональной модели системы?
2. Дать краткую характеристику моделей AS-IS, TO-BE и SHOULD-BE.
3. Перечислить виды диаграмм, используемых в IDEF0.
4. Что показывает контекстная диаграмма?
5. Перечислить элементы графической нотации IDEF0.
6. Перечислить типы связей между функциями.
7. Назвать основной принцип, определяющий объединение функций в модули.
8. Назвать правила именования стрелок при их ветвлении.
9. Для чего применяется механизм туннелирования стрелок?
10. Какие связи отображаются на диаграмме дерева узлов?
11. Перечислить отличия методологии IDEF0 от DFD.

Лабораторная работа № 3. Изучение процессов моделирования данных, информационного моделирования процессов и построение реляционных информационных структур при помощи методологий ERD, IDEF1, IDEF1X с использованием CASE-средств

(Studying of data modeling processes, information modeling of processes and construction of relational information structures using ERD, IDEF1, IDEF1X methodologies using CASE tools)

Цель: изучить стандарты и нотации ERD и построение информационной модели в нотациях Питера Чена и IDEF1 (IDEF1X); осуществить выбор и применение инструментального средства информационного моделирования процессов и построения реляционных информационных структур (IDEF1X диаграмм).

- ❖ Для выполнения лабораторной работы №3 потребуются знания из дисциплины «Базы данных».
- ❖ **Определение БД:** это совокупность взаимосвязанных, хранящихся вместе данных при наличии такой минимальной избыточности, которая допускает их оптимальное использование для одного или нескольких приложений. Данные организуются так, чтобы они были независимы от программных средств. Добавление (модификация) данных должна осуществляться общим управляемым способом.
- ❖ **Система управления базой данных (СУБД)** – это программное обеспечение для использования и модификации БД одним или несколькими лицами.
- ❖ **Объект** – элемент, информация о котором сохраняется. Он может быть материальным и нематериальным. **Атрибут** – свойство объекта. Наименьшей единицей данных является отдельное значение данных, которое называется атомарным. **Домен** – множество атомарных значений одного атрибута.
- ❖ **Отношение** – таблица, обладающая следующими свойствами: каждый элемент таблицы представляет собой один элемент данных (отсутствие повторяющихся групп); все столбцы однородны (то есть элементы столбца имеют одинаковую природу); столбцам однозначно присвоены имена; в таблице нет двух одинаковых строк; в операциях с такой таблицей все строку и столбцы могут рассматриваться в любом порядке не зависимо от их смысла и содержания. **Кортеж** – строка такой таблицы.
- ❖ **Ключ** – атрибут (совокупность атрибутов), используемый для идентификации записей или кортежа. **Основной ключ** – ключ, который используется для уникальной идентификации записей (первичный ключ). **Дополнительный (вторичный) ключ** – не идентифицирует уникальную запись, но идентифицирует все записи, обладающие одним определенным свойством. **Внешний ключ** – это атрибут или комбинация атрибутов отношения R2, значение которых обязательно должно совпадать со значением первичного ключа некоторого другого отношения R1. **Экземпляр записи** – это значение в конкретной строке таблицы.

1. Краткие теоретические сведения

1.1 Методология моделирования данных – ERD (Entity-Relationship Diagrams) (case-метод Баркера)

Наиболее распространенной методологией моделирования данных являются *диаграммы «сущность-связь»* – ERD (Entity-Relationship Diagrams). С их помощью определяются важные для предметной области объекты (сущности), их свойства (атрибуты) и отношения друг с другом (связи). ERD непосредственно используются для проектирования реляционных баз данных (РБД). Нотация ERD была впервые введена П.Ченом (Chen) и получила дальнейшее развитие в работах Баркера [14].

Различают два уровня информационного моделирования: логический и физический.

Логическая модель позволяет понять суть проектируемой системы, отражая логические взаимосвязи между сущностями. Различают три уровня логической модели, отличающихся по глубине представления информации о данных:

диаграмма сущность-связь (Entity Relationship Diagram, ERD);

модель данных, основанная на ключах (Key Based model, KB);

полная атрибутивная модель (Fully Attributed model, FA).

Диаграмма сущность-связь представляет собой модель данных верхнего уровня. Она включает сущности и взаимосвязи, отражающие основные бизнес-правила предметной области. Диаграмма сущность-связь может включать связи «многие-ко-многим» и не включать описание ключей.

Модель данных, основанная на ключах – более подробное представление данных. Она включает описание всех сущностей и первичных ключей и предназначена для представления структуры данных и ключей, которые соответствуют предметной области.

Полная атрибутивная модель – наиболее детальное представление структуры данных: представляет данные в третьей нормальной форме и включает все сущности, атрибуты и связи (IDEF1X).

Физическая модель отражает физические свойства проектируемой базы данных (типы данных, размер полей, индексы). Параметры физической информационной модели зависят от выбранной системы управления базами данных (СУБД).

1.2. Диаграмма сущность-связь (ERD)

Сущность (Entity) – множество экземпляров реальных или абстрактных объектов (людей, событий, состояний, идей, предметов и др.), обладающих общими атрибутами или характеристиками.

Связь (Relationship) – ассоциация между сущностями, при которой каждый экземпляр одной сущности ассоциирован с произвольным (в том числе нулевым) количеством экземпляров второй сущности, и наоборот.

Атрибут (Attribute) – любая характеристика сущности, значимая для рассматриваемой предметной области и предназначенная для квалификации, идентификации, классификации, количественной характеристики или выражения состояния сущности.

На рис. 3.1 приведен пример ER-диаграммы в данной нотации.

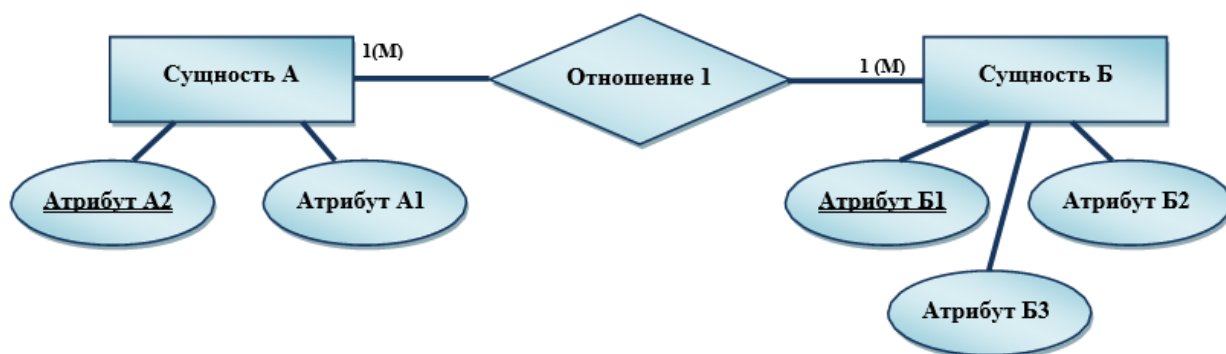


Рис. 3.1. Схема ERD в нотации П.Чена

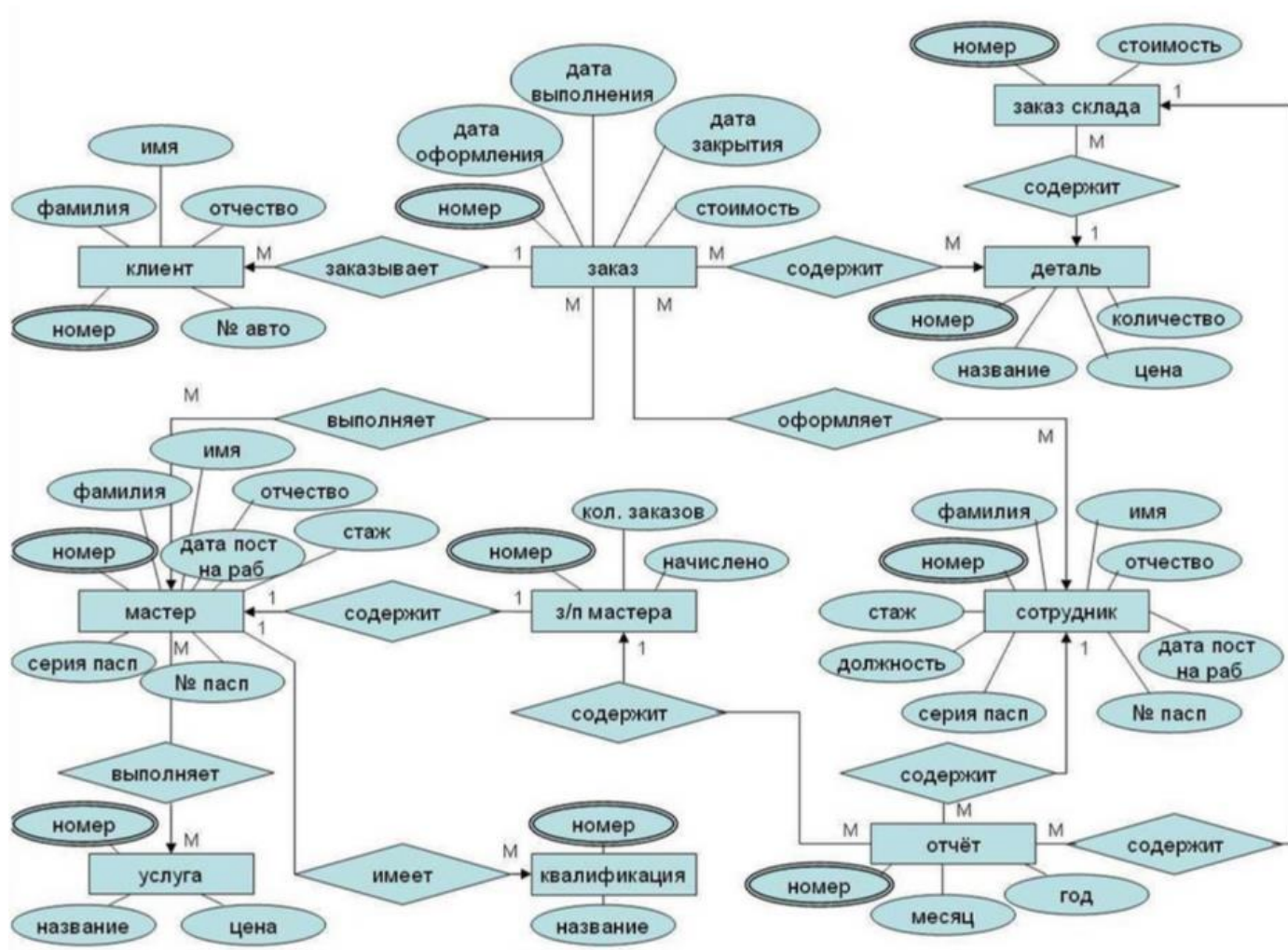
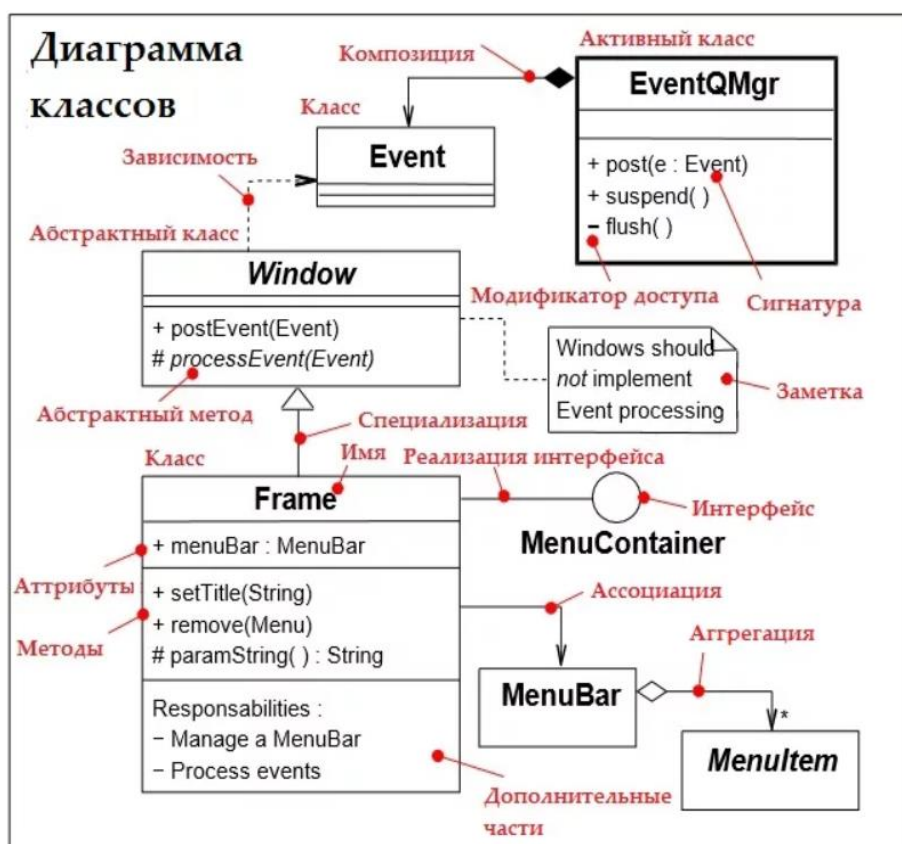


Рис. 3.2. Пример ERD в нотации П.Чена

1.3. Методология анализа взаимосвязей между информационными потоками – IDEF1 (IDEF1X) (Integrated DEfinition Function)

Методология IDEF1 разработанная Т. Рэмеем, основана на подходе П.Чена и позволяет построить модель данных, эквивалентную реляционной модели до третьей нормальной формы* (НФ – этапы нормализации, построения реляционной схемы данных).

В настоящее время на основе совершенствования методологии IDEF1 создана ее новая версия – методология IDEF1X. IDEF1X разработана с учетом таких требований, как простота изучения и возможность автоматизации.



❖ **Для сведения:** На рис. 3.3 приведена диаграмма, выполненная на основе стандарта IDEF1. Используется для построения модели данных при использовании объектно-ориентированного проектирования (object-oriented design).

Рис. 3.3 Диаграмма классов в стандарте IDEF1

На основе совершенствования метода IDEF1 создана его новая версия – метод IDEF1X, разработанный с учетом таких требований, как простота для изучения и возможность автоматизации.

IDEF1X – методология, предназначена для построения концептуальной схемы логической структуры реляционной базы данных, которая была бы независимой от программной платформы её конечной реализации.

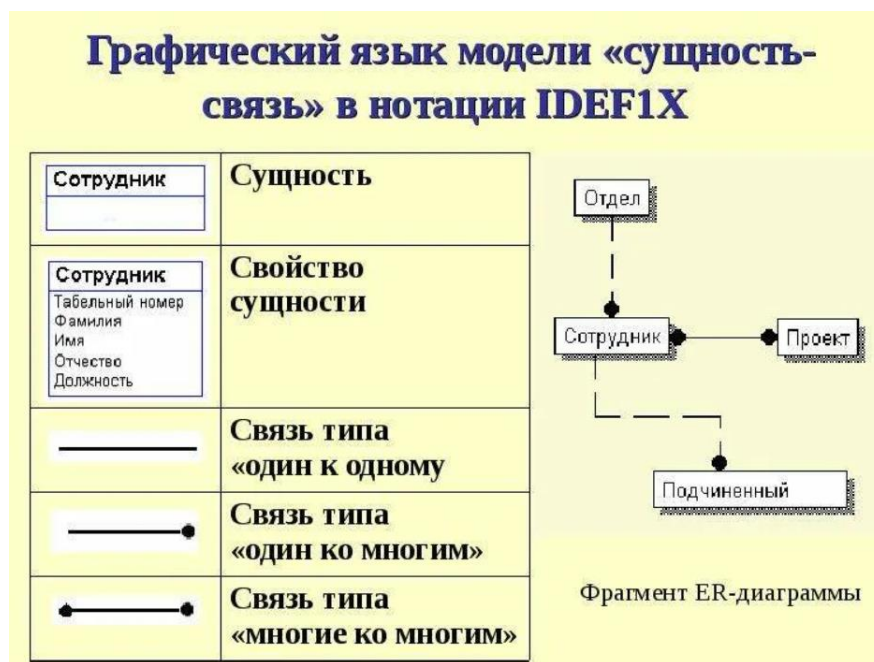


Рис. 3.4 Пример описания модели в стандарте IDEF1X

На рис. 3.5 приведен пример модели данных в стандарте IDEF1X. Обозначения: **прямая линия с точкой** – связь 1:M, формируемая отношениями двух первичных ключей (РК) в разных таблицах схемы; **пунктирная линия** – неидентифицирующая связь – изображается на схеме между двумя таблицами, когда внешний ключ (FK) в одной из таблиц не является первичным.

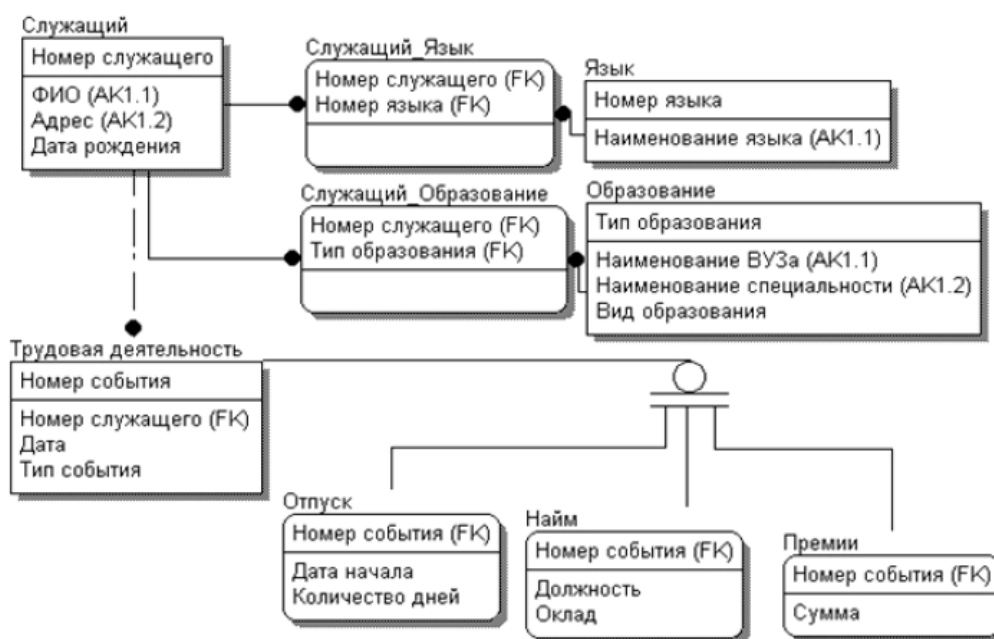


Рис. 3.5. Пример ER-диаграммы в стандарте IDEF1X

1.4. Инструментальные средства поддержки моделирования данных (реляционных баз данных (БД)) в стандарте IDEFX

Основные CASE-средства способные осуществлять информационное моделирование и построение IDEFX1-диаграмм:

- IDEF/Design (компания-производитель – Meta Software Corp) поддерживает методологии описания и моделирования системных функций (IDEF0/SADT), структур и потоков данных в системе (IDEF1, IDEF1x, ER- диаграммы) и поведения системы;
- ARIS (компания Software AG, Германия);
- семейство продуктов CA ERwin ® Data Modeler;
- MS Visio и другие.

Бесплатное базовое средство моделирования CA ERwin Data Modeler Community Edition включает в себя подмножество функций флагманского продукта CA ERwin Data Modeler Standard Edition.

1.5. Особенности моделирования данных (реляционных баз данных (БД)) в стандарте IDEFX

Процесс информационного моделирования для создания БД начинается с построения внешней модели, которая представляет собой наиболее укрупненное описание предметной области в виде определения сущностей и связей между ними, рис.3.6.

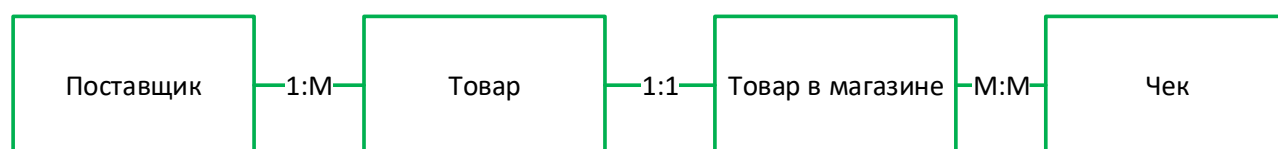


Рис. 3.6. Пример внешней модели данных (первоначальная схема описания взаимодействия данных)

Далее производится уточнение связей и «развязка» отношений типа многие – ко многим (М:М), наличие которого указывает на то, что это сложная сетевая структура (модель).

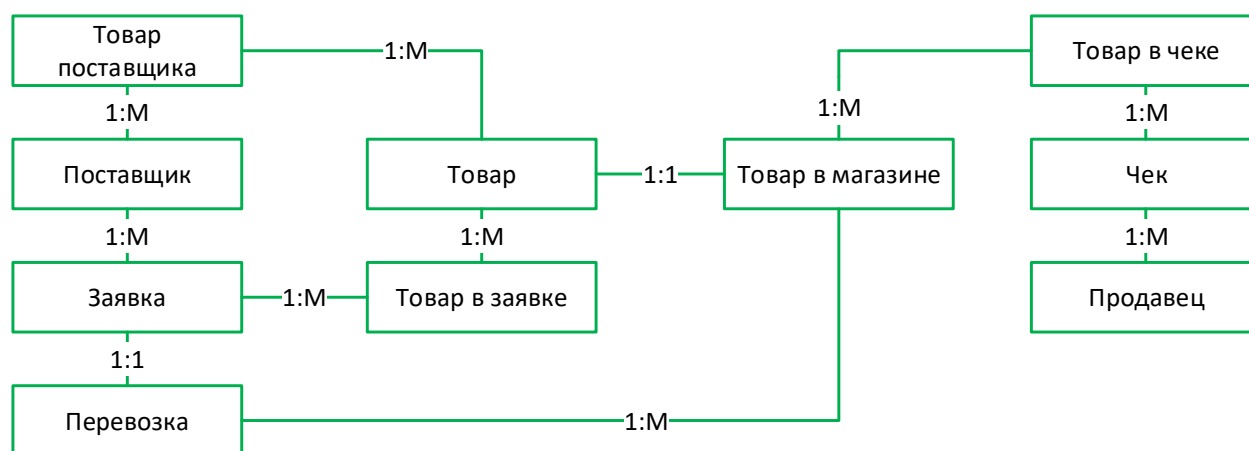


Рис. 3.7. Простая сетевая модель данных (со связями М:1)

На рис.3.8-3.9 приведены последующие основные этапы создания модели БД (пример информационного моделирования) на основе моделей ERD в нотации П. Чена и нотации IDEF1X.

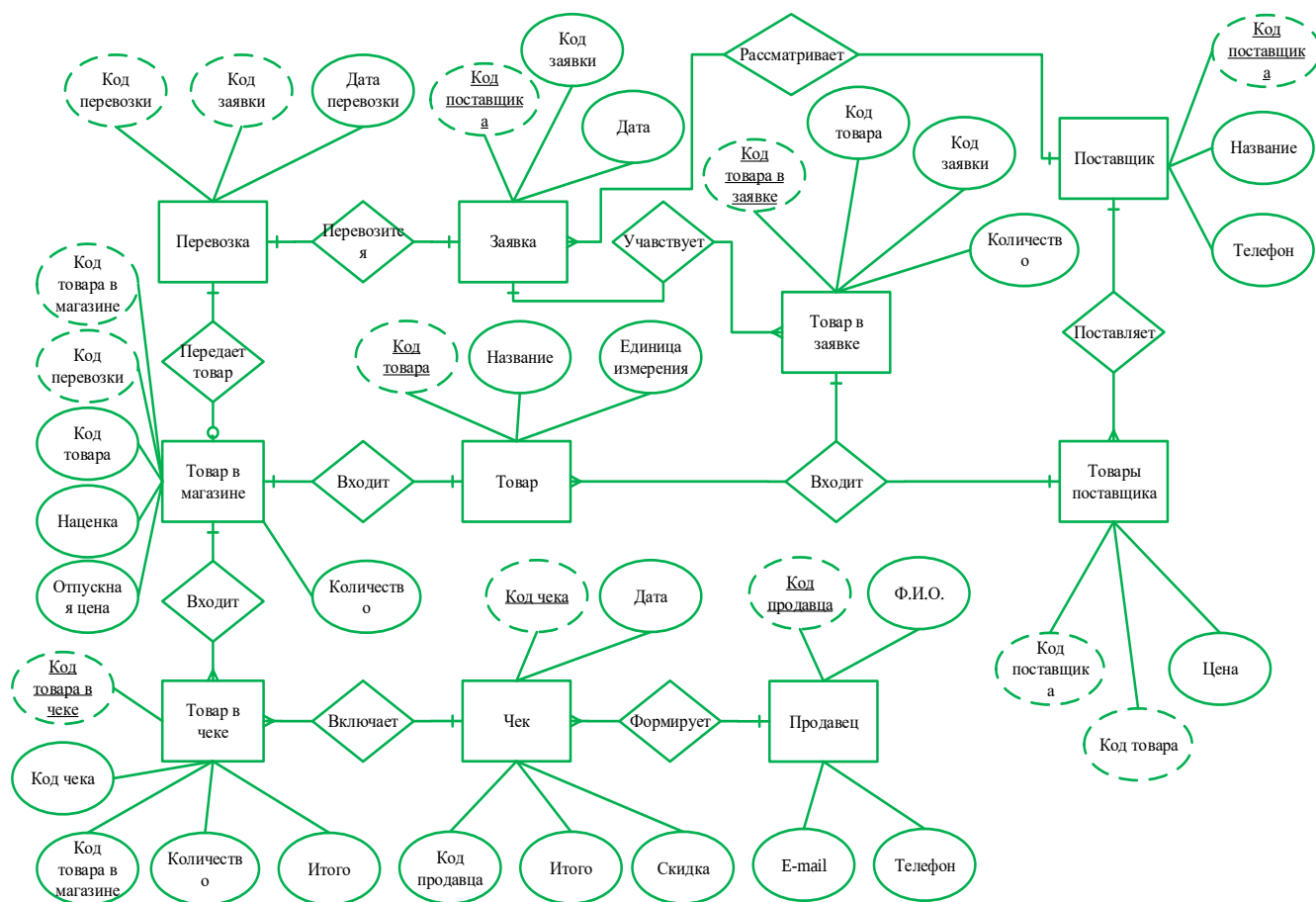


Рис. 3.8. Пример ER-диаграммы в стандарте П. Чена: отмечены ключевые атрибуты (подчеркиванием), обозначены связи (1:M, M:1, M:M)

Модель на ключах, в отличие от нотации Чена, отражает положение ключевых атрибутов в системе: взаимосвязь сущностей с другими в иерархической структуре, с точки зрения наследования ключевых полей.

Обозначения ключей отношений:

PK - primary key;

FK - foreign key.

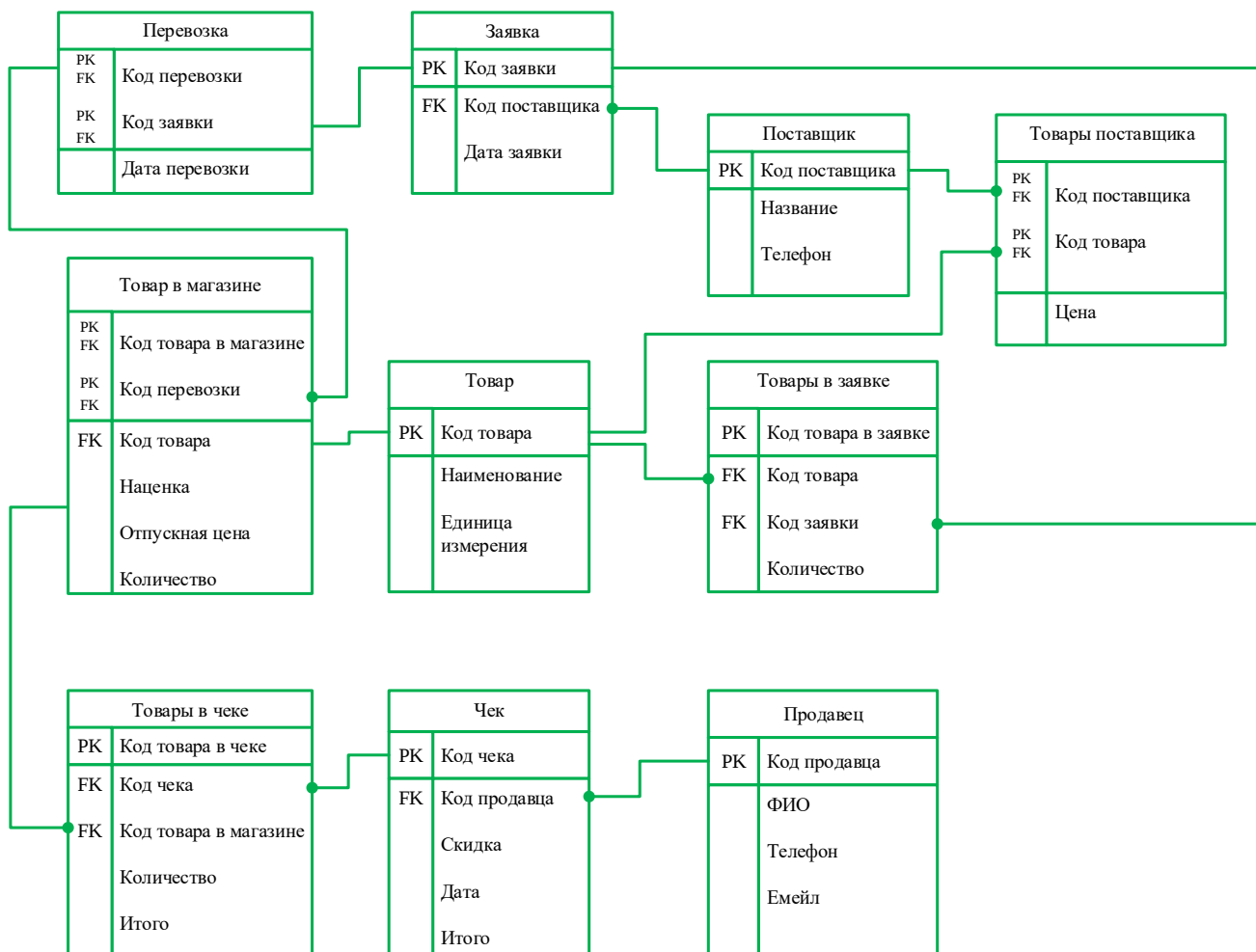


Рис. 3.9. Пример ER-диаграммы в стандарте IDEF1X

Задание на лабораторную работу №3

В соответствии с вариантом предметной области выполнить построение ER-диаграммы в нотации П.Чена и IDEF1X-диаграммы при помощи CASE-средства CA ERwin Data Modeler Community Edition или MS Visio.

Порядок выполнения лабораторной работы №3

1. Составить описание предметной области на естественном языке.
2. Определить ключевые атрибуты для каждой сущности (или ввести необходимые атрибуты, которые станут первичными ключами).
3. Построить информационную модель уровня «сущность-связь» – ER-диаграмму в нотации П.Чена.
4. Исследовать функционал моделирования данных системы CA ERwin Data Modeler Community Edition; MS Office Visio или Dia (альтернатива коммерческой MS Office Visio).

Содержание отчета по лабораторной работе №3

1. ER-диаграмма в нотации П.Чена.
2. IDEF1X-диаграмма (полная атрибутивная модель в третьей нормальной форме), созданная в СА ERwin Data Modeler Community Edition или MS Visio.
3. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Какова цель информационного моделирования?
2. Понятие сущности, атрибута, связи.
3. Понятие первичного и внешнего ключа.
4. Изображение ключей на диаграммах IDEF1X.
5. Понятие зависимой и независимой сущности.
6. Изображение сущностей на диаграммах IDEF1X.
7. Понятие идентифицирующей и неидентифицирующей связи.
8. Изображение связей на диаграммах IDEF1X. Понятие мощности связи. Обозначение мощностей связей на диаграммах IDEF1X.

Лабораторная работа №4. Изучение процессов описания логики взаимодействия информационных потоков при помощи методологии IDEF3 с использованием CASE-средств

(Studying of the processes of describing the logic of interaction of information flows using the IDEF3 methodology using CASE tools)

Цель: изучить инструментальные средства функционального моделирования процессов, ориентированные на потоки данных с помощью диаграмм логики взаимодействия информационных потоков в нотации IDEF3.

1.Краткие теоретические сведения

1.1 Методология описания (документирования) и моделирования процессов – IDEF3 (Integrated DEfinition Function)

Нотация IDEF3, вторая важнейшая нотация (после IDEF0), предназначена для описания потоков работ (Work Flow Modeling). IDEF3 широко используется для создания моделей бизнес-процессов организации на нижнем уровне – при описании работ, выполняемых в подразделениях и на рабочих местах.

Нотация визуального моделирования IDEF3 позволяет создать графическое описание логики взаимодействия информационных потоков, взаимоотношений между процессами обработки информации и объектов, являющихся частью этих процессов, очередность их запуска и завершения. IDEF3 предоставляет инструмент моделирования сценариев действий сотрудников организации, отделов, и т.п.

IDEF3-диаграмма (диаграмма потока, process flow diagram, IDEF3-diagram, workflow) – основная единица описания в IDEF3, являющаяся графическим представлением назначения системы или процесса и применяются для анализа завершенности процесса обработки информации (проверка модели ИС на целостность).

Существуют **два типа диаграмм** в стандарте IDEF3, представляющие описание одного и того же сценария процесса в разных ракурсах:

- *диаграммы Описания Последовательности Этапов Процесса – PFDD* (Process Flow Description Diagrams).
- *диаграммы Состояния Объекта и его Трансформаций в Процессе – OSTN* (Object State Transition Network).

С помощью диаграмм PFDD документируется последовательность и описание стадий в рамках процесса.

Диаграмма PFDD, рис.4.1 является графическим отображением сценария рабочего процесса.

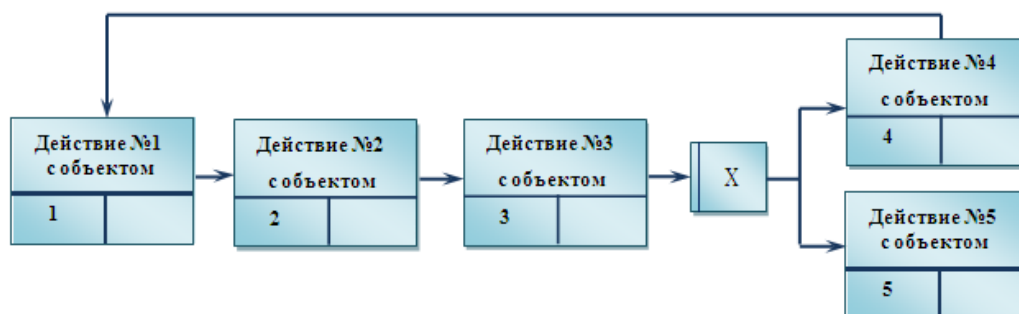


Рис. 4.1. Пример PFDD диаграммы

Прямоугольники на диаграмме PFDD называются *функциональными элементами* или *элементами поведения* – UOB (Unit of Behavior,) и обозначают событие, стадию процесса или принятие решения. Каждый UOB имеет свое имя, отображаемое в глагольном наклонении и уникальный номер.

Объект, обозначающийся префиксом *J* – называется *перекрестком* (Junction). Перекрестки используются для отображения логики взаимодействия стрелок (потоков) при слиянии и разветвлении или для отображения множества событий, которые могут или должны быть завершены перед началом следующей работы.

Если диаграммы PFDD технологический процесс «с точки зрения наблюдателя», то другой класс диаграмм IDEF3 OSTN позволяет рассматривать тот же самый процесс «С точки зрения объекта», рис.4.2.

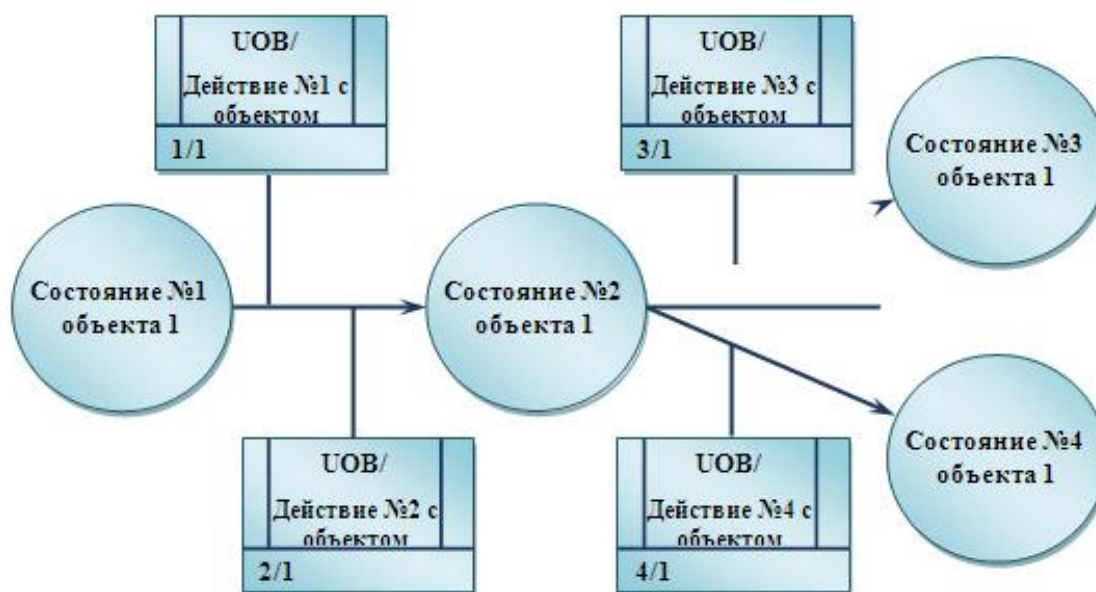


Рис. 4.2. Пример OSTN диаграммы

Нотацию IDEF3 целесообразно применять в случае относительно простых процессов на нижнем уровне декомпозиции, т.е. процессов уровня рабочих мест. При помощи этой нотации достаточно сложно создавать комбинированные модели, в которых бы сочетались описания потоков работ и процессы управления этими работами.

1.2. Состав IDEF3-диаграмм

Любая IDEF3-диаграмма может содержать: работы; связи; перекрестки (соединения); объекты ссылок.

Работа (Unit of Work, activity) изображается прямоугольником с прямыми углами (рисунок 4.1) и имеет имя, выраженное отглагольным существительным, обозначающим процесс действия, одиночным или в составе фразы, а также номер (идентификатор).



Рис. 4.3. Изображение работы в IDEF3

Связи предназначены для выделения существенных взаимоотношений между действиями. Все связи в IDEF3 являются однонаправленными. В таблице 4.1 приведены три возможных типа связей.

Таблица 4.1 – Типы связей в модели IDEF3

Изображение	Название	Назначение
	Временное предшествование (Temporal precedence)	Исходное действие должно завершиться прежде, чем конечное действие сможет начаться
	Объектный поток (Object flow)	Выход исходного действия является входом конечного действия.-
	Нечеткое отношение (Relationship)	Вид взаимодействия между исходным и конечным действиями задается аналитиком отдельно для каждого случая использования такого отношения

Связь типа «Временное предшествование». Отражает, что исходное действие должно полностью завершиться, прежде чем начнется выполнение конечного действия.

Связь типа «Объектный поток». Одной из наиболее часто встречающихся причин использования этого типа связи состоит в том, что некоторый объект, являющийся результатом выполнения исходного действия, необходим для выполнения конечного действия.

Связь типа «Нечеткое отношение». Используется для выделения отношений между действиями, которые невозможно описать с использованием предшествующих или объектных связей.

Перекрестки (соединения). Завершение одного действия может инициировать начало выполнения сразу нескольких других действий, или,

наоборот, определенное действие может требовать завершения нескольких других действий для начала своего выполнения.

Различают перекрестки для слияния (сворачивающие соединения, Fan-in Junction) и разветвления (разворачивающие соединения, Fan-out Junction) стрелок. Соединения разбивают или соединяют внутренние потоки и используются для описания ветвления процесса. Классификация возможных типов перекрестков приведена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Классификация возможных типов перекрестков

Обозначение	Наименование	Смысл в случае слияния стрелок (Fan-in Junction)	Смысл в случае разветвления стрелок (Fan-out Junction)
	Asynchronous AND	Все предшествующие процессы должны быть завершены (All previous processes must be completed)	Все следующие процессы должны быть запущены (All the following processes must be started)
	Synchronous AND	Все предшествующие процессы завершены одновременно (All previous processes are completed simultaneously)	Все следующие процессы запускаются одновременно (All the following processes are started simultaneously)
	Asynchronous OR	Один или несколько предшествующих процессов должны быть завершены (One or more previous processes must be completed)	Один или несколько следующих процессов должны быть запущены (One or more the following processes must be started)
	Synchronous OR	Один или несколько предшествующих процессов завершаются одновременно (One or more preceding processes are terminated simultaneously)	Один или несколько следующих процессов запускаются одновременно (One or more of the following processes are started simultaneously)
	XOR (Exclusive OR)	Только один предшествующий процесс завершен (Only one previous process is completed)	Только один следующий процесс запускается (Only one next process is started)



Рис. 4.4. Изображение указателя в диаграмме IDEF3

Действия в IDEF3 могут быть *декомпозированы* (разложены на составляющие) для более детального анализа. Декомпозировать действие можно несколько раз. Это позволяет документировать альтернативные потоки процесса в одной модели.

1.3. Инструментальные средства поддержки описания логики взаимодействия информационных потоков – методологии IDEF3

Наиболее популярные системы, поддерживающие функциональное моделирование в стандарте IDEF3 и используемые в России:

- семейство продуктов CA ERwin® Data Modeler, ранее AllFusion Process Modeler/AllFusion ERwin Data Modeler (ранее BPWin/ERWin) (CA Technologies, США);
- Design/IDEF (MetaSoftware, США, распространитель – Метатехнология, Москва);
- ARIS (компания Software AG, Германия);
- MS Visio.

Задание на лабораторную работу №4

В соответствии с вариантом предметной области выполнить построение IDEF3-диаграммы при помощи одного из доступных инструментальных средств.

Порядок выполнения лабораторной работы №4

Исходные данные: контекстная диаграмма (A-0) – модель окружения и диаграмма 1-го уровня (A0), построенные с помощью методологии IDEF0.

1. Используя результаты выполнения предыдущих занятий определить список действий и объектов, составляющих моделируемый процесс.
2. Исследовать доступный функционал построения IDEF3-диаграмм системы моделирования данных CA ERwin Data Modeler Community Edition.
3. Осуществить построение IDEF3-диаграммы в CA ERwin Data Modeler Community Edition или MS Visio.

Содержание отчета по лабораторной работе №4

1. Постановка задачи, цель.
2. IDEF3-диаграммы, созданные в одном из доступных средств, например, CA ERwin Data Modeler Community Edition или MS Visio.
3. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой модель в нотации IDEF3?
2. Перечислить основные элементы нотации IDEF3.
3. Перечислить типы стрелок в диаграммах IDEF3.

4. Что называется перекрестком?
5. Назвать типы перекрестков.
6. Нумерация объектов в IDEF3.
7. Виды взаимодействия параллельных процессов. Примеры.
8. Объектная связь. Примеры.
9. Связь временного предшествования. Примеры.
10. Типы ссылок.
11. Порядок построения IDEF3 диаграмм.
12. Сходство и различие диаграмм IDEF3 и IDEF0 моделей.

Questions about the section

1. What is the model in IDEF3 notation?
2. List the main elements of the IDEF3 notation.
3. List the arrow types in the IDEF3 diagrams.
4. What is called a crossroads?
5. Name the types of intersections.
6. Numbering of objects in IDEF3.
7. Types of interaction of parallel processes. Examples.
8. Object communication. Examples.
9. The connection of temporal precedence. Examples.
10. Types of links.
11. The order of construction of IDEF3 diagrams.
12. Similarity and difference of diagrams of IDEF3 and IDEF0 models.

Лабораторная работа № 5. Изучение процессов моделирования, анализа и реорганизации бизнес-процессов в методологии BPMN с использованием CASE-средств

(Studying the processes of modeling, analysis and reorganization of business processes in the BPMN methodology using CASE tools)

Цель: изучить инструментальные средства моделирования бизнес-процессов (в нотации BPMN-диаграмм).

1. Краткие теоретические сведения

1.1. Методология моделирования, анализа и реорганизации бизнес-процессов – BPMN (Business Process Model and Notation)

Модель и нотация бизнес-процессов (BPMN, Business Process Model and Notation) – методология моделирования, анализа и реорганизации бизнес-процессов. В отличие от других методологий бизнес-моделирования, имеющих статус «фирменного» (EPC) или «национального» (IDEF0) стандарта, BPMN получила «международный» статус – Международная организация по стандартизации опубликовала стандарт «ISO/IEC 19510:2013. Information technology – Object Management Group. Business Process Model and Notation».

Основной целью BPMN является обеспечение доступной нотацией описания бизнес-процессов всех пользователей: от аналитиков, создающих схемы процессов, и разработчиков, ответственных за внедрение технологий выполнения бизнес-процессов, до руководителей и обычных пользователей, управляющих этими бизнес-процессами и отслеживающих их выполнение.

Диаграмма процесса в нотации BPMN представляет собой алгоритм выполнения процесса. В нотации BPMN выделяют пять основных категорий элементов:

- элементы потока (Flow Objects) (события, процессы и шлюзы);
- данные (объекты данных и базы данных) (товарно-материальные ценности (ТМЦ) или информация);
- соединяющие элементы (Connecting Objects) (потoki управления, потоки сообщений и ассоциации);
- зоны ответственности (Swimlanes) (пулы и дорожки);
- артефакты (сноски) (Artifacts).

Элементы потока являются важнейшими графическими элементами, определяющими ход бизнес-процесса. Элементы потока, в свою очередь, делятся на: события (Events); действия (Activities); шлюзы (Gateways).

Выделяют три вида **соединяющих элемента** потока, связывающихся друг с другом и с другими элементами: поток операций (Sequence Flow); поток сообщений (Message Flow); ассоциация (Association).

Разновидности диаграмм (типы процессов) BPMN: диаграмма процессов (Process Diagram): частный (внутренний) бизнес-процесс (Private (internal) Business

Process); публичный (открытый) процесс (Public Process); диаграмма хореографии (Choreography Diagram); диаграмма взаимодействия (Collaboration Diagram): процессов (Process); посредством обмена сообщениями (A view of Conversations).

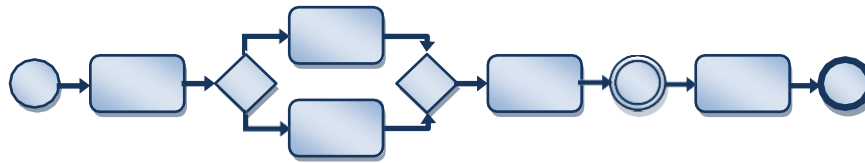


Рис. 5.1. Примерный вид BPMN диаграммы частного бизнес- процесса

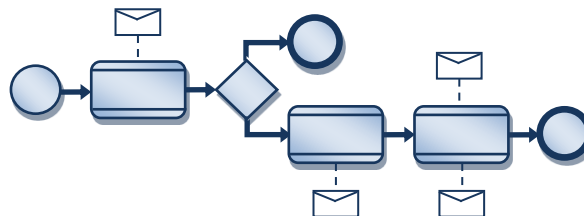


Рис. 5.2. Примерный вид BPMN диаграммы хореографии

1.2. Основные элементы в нотации BPMN

Алгоритм выполнения процесса представляется на диаграмме с помощью графических элементов. Это помогает пользователям быстро понимать логику процесса.

Выделяют четыре основные категории элементов:

объекты потока управления: события, действия и логические операторы;

соединяющие объекты: поток управления, поток сообщений и ассоциации;

роли: пулы и дорожки;

артефакты: данные, группы и текстовые аннотации.

Таблицы 5.1, 5.2 содержат перечень основных графических элементов моделирования, изображенных при помощи графических нотаций.

Таблица 5.1 – Основные графические элементы моделирования

Элемент	Описание	Нотация
Событие (Event)	Событие – это то, что происходит в течение бизнес-процесса и оказывает влияние на его ход.	
Действие (Activity)	Действие – общий термин, обозначающий работу, выполняемую исполнителем. Выделяют следующие виды действий, являющихся частью модели Процесса: Процесс (Process), Подпроцесс (Sub-Process) и Задача (Task).	
Шлюз (Gateway)	Шлюзы используются для контроля расхождений и схождения потока операций.	
Обмен сообщениями (Conversation)	Описание действия, характеризующего обмен информацией между участниками (пулами) взаимодействия.	

Таблица 5.2 – Основные графические элементы моделирования диаграммы бизнес-процесса (BPD)

Элемент	Описание	Нотация
Поток операций (Sequence Flow)	Поток операций служит для отображения того порядка, в котором организованы действия Процесса.	
Поток сообщений (Message Flow)	Поток сообщений служит для отображения обмена сообщениями между двумя участниками, готовыми эти сообщения отсылать и принимать.	
Ассоциация (Association)	Ассоциация служит для установления связи между информацией и элементами потока.	
Ссылка на обмен сообщениями (Conversation Link)	Указывает на обмен сообщениями между участниками взаимодействия.	
Пул (Pool)	В BPMN Пул представляет собой Участника Процесса.	
Дорожка (Lane)	Дорожка обеспечивает разделения внутреннего пространства Пула как по вертикали, так и по горизонтали.	
Объект данных (Data Object)	Объект данных относится к Артефактам, т.к. не оказывает непосредственного влияния ни на Поток операций, ни на Поток сообщений.	
Группа (Group)	Группировка объектов, не оказывающих влияния на Поток операций.	
Текстовая аннотация (Text Annotation)	Текстовая аннотация служит в качестве механизма, позволяющего разработчику модели бизнес-процесса вводить дополнительную информацию	

1.3. Элементы BPMN-диаграмм и их классификация

События. При выполнении процесса могут происходить различные события, оказывающие влияние на ход процесса: старт процесса, его завершение, смена статуса документа, получение сообщения и многое другое. Все события классифицируются по следующим признакам.

1. По времени наступления:

стартовое событие – инициирует начало процесса (диаграммы). Из стартового события поток управления может только исходить, а поток сообщений как входить, так и исходить.

конечное событие – является результатом выполнения процесса. В конечное событие поток управления может только входить, а поток сообщений – как входить, так и исходить.

промежуточное событие – все остальные события, возникающие в ходе выполнения процесса. В промежуточное событие обязательно должен входить и выходить один поток.

2. По возможности прерывания выполнения действия (подпроцесса):

непрерывающее событие – стартовое или промежуточное событие, возникающее в ходе выполнения действия, но инициирующее связанный с событием исходящий поток только после завершения действия.

прерывающее событие – событие, возникающее до или после стандартного выполнения действия или требующее его немедленного прекращения в исключительных ситуациях.

3. По типу результата действия:

событие-инициатор обработки – стартовое или промежуточное событие, возникшее в результате выполнения действия и требующее его последующей обработки. Отображается незакрашенной иконкой;

событие-результат обработки – промежуточное или конечное событие, возникшее в результате выполнения действия и являющееся итоговым результатом стандартного или нестандартного выполнения процесса.

4. По причине возникновения (триггеру):

неопределенное (None);

сообщение (Message);

таймер (Timer);

ошибка (Error);

прерывание, эскалация (Escalation);

отмена (Cancel);

компенсация (Compensation);

условие (Conditional);

связь (Link);

сигнал (Signal);

завершение (Terminate)

множественное (Multiple);

параллельно-множественное (Parallel Multiple).

Действия. Процесс, отображаемый в виде диаграммы, представляет собой упорядоченный набор действий, выполняемых с целью получения конкретного результата. Различают три основных вида действий и их разновидности:

1. Задача (Task). Представляет собой элементарное (неделимое, атомарное) действие. Виды задач:

сервисная (Service). Задача предназначена для оказания услуги, которая может являться как веб-сервисом, так и автоматизированным приложением;

отправка сообщения (Send). Задача считается выполненной, если сообщение послано хотя бы один раз;

получение сообщения (Receive). Задача считается выполненной, если сообщение получено хотя бы один раз;

пользовательская (User). Характерная задача, выполняемая исполнителем при содействии других людей или программного обеспечения;

ручное исполнение (Manual). Характерная задача, выполняемая исполнителем без каких-либо средств автоматизации;

бизнес-правило (Business-Rule). Задача, технология выполнения которой зависит от текущих обстоятельств и выбирается на основе заданного бизнес-правила;

сценарий (Script). Задача, порядок выполнения операций которой описан на языке, распознаваемом исполнителем.

2. Подпроцесс (Sub-Process). Представляет собой составное действие, включающее в себя другие действия, шлюзы, события и потоки операций. Части подпроцесса могут непосредственно отображены на диаграмме внутри символа действия или вынесены на отдельную диаграмму декомпозиции.

3. Вызов (Call). Позволяет включать в состав диаграммы повторно используемые задачи и подпроцессы. На диаграмме выделяется жирным контуром.

Шлюзы. Шлюз предназначен для указания специфики пропуска потока операций по альтернативным или параллельным ветвям.

Тип шлюза задается маркером, указываемым внутри его символа:

эксклюзивный (Exclusive, XOR – исключаящее ИЛИ). Предназначен для разделения потока операций на несколько альтернативных маршрутов, т.е. в ходе выполнения процесса может быть активирован только один из предложенных маршрутов. Условия пропуска по исходящему маршруту задается рядом с соответствующей линией в виде логического выражения;

неэксклюзивный (Inclusive, OR – логическое ИЛИ).

комплексный (Complex).

параллельный (Parallel, AND – логическое И).

эксклюзивный, основанный на событиях (Exclusive Event-Based).

эксклюзивный, основанный на событиях, запускающий процесс (Exclusive Event-Based Gateway to start a Process).

параллельный, основанный на событиях, запускающий процесс (Parallel Event-Based Gateway to start a Process).

Объекты данных. С помощью дополнительных маркеров на диаграмме может быть показана специфика использования и содержания данных:

входные данные (Data Inputs), выходные данные (Data Outputs), набор данных (Data Collection).

Потоки операций. В дополнение к стандартному изображению потока операций, на диаграмме могут быть указаны специфические потоки:

условный поток операций (Conditional Sequence Flow) и поток операций по умолчанию (Default Sequence Flow).

Действия – это точки выполнения работ в ходе процесса. Они относятся к выполняемым элементам процесса BPMN. Действие может быть как **элементарным**, так и **неэлементарным** (составным).

1.4. Правила и рекомендации для построения BPMN –диаграмм

1. Ветвление на альтернативные потоки по логическим выражениям («исключающее ИЛИ» или логическое «ИЛИ») можно отобразить через соответствующий шлюз (эксклюзивный, неэксклюзивный или комплексный) или с использованием специфических потоков операций, рисунок 5.1.

2. Шлюз, разветвляющий ветки, и шлюз, объединяющий эти ветки, должны совпадать. Допускается также ситуация, когда шлюз ветвления «И», шлюз объединения – «ИЛИ», рисунок 5.3.

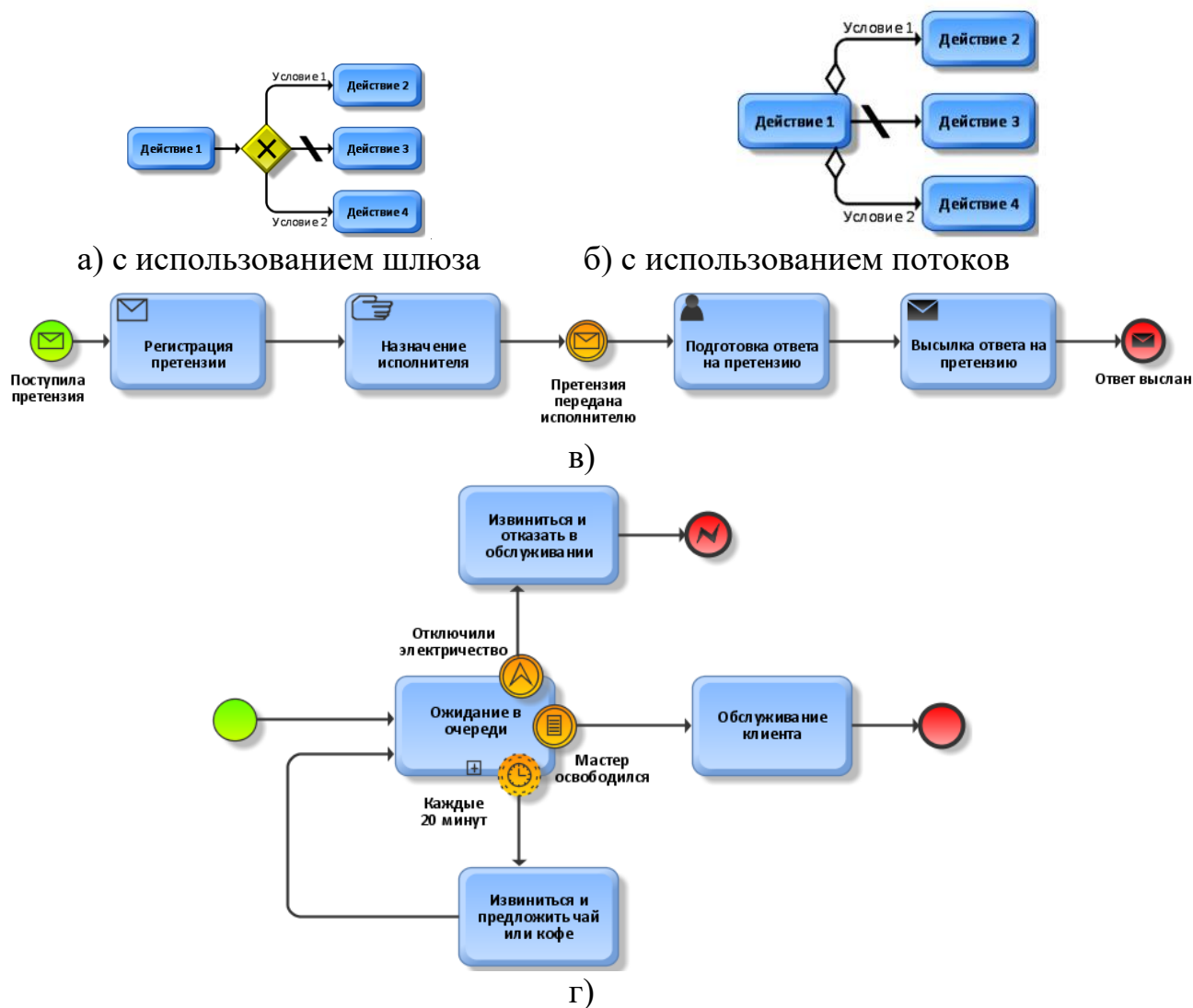


Рис. 5.3 Примеры ветвления на альтернативные потоки по логическим выражениям

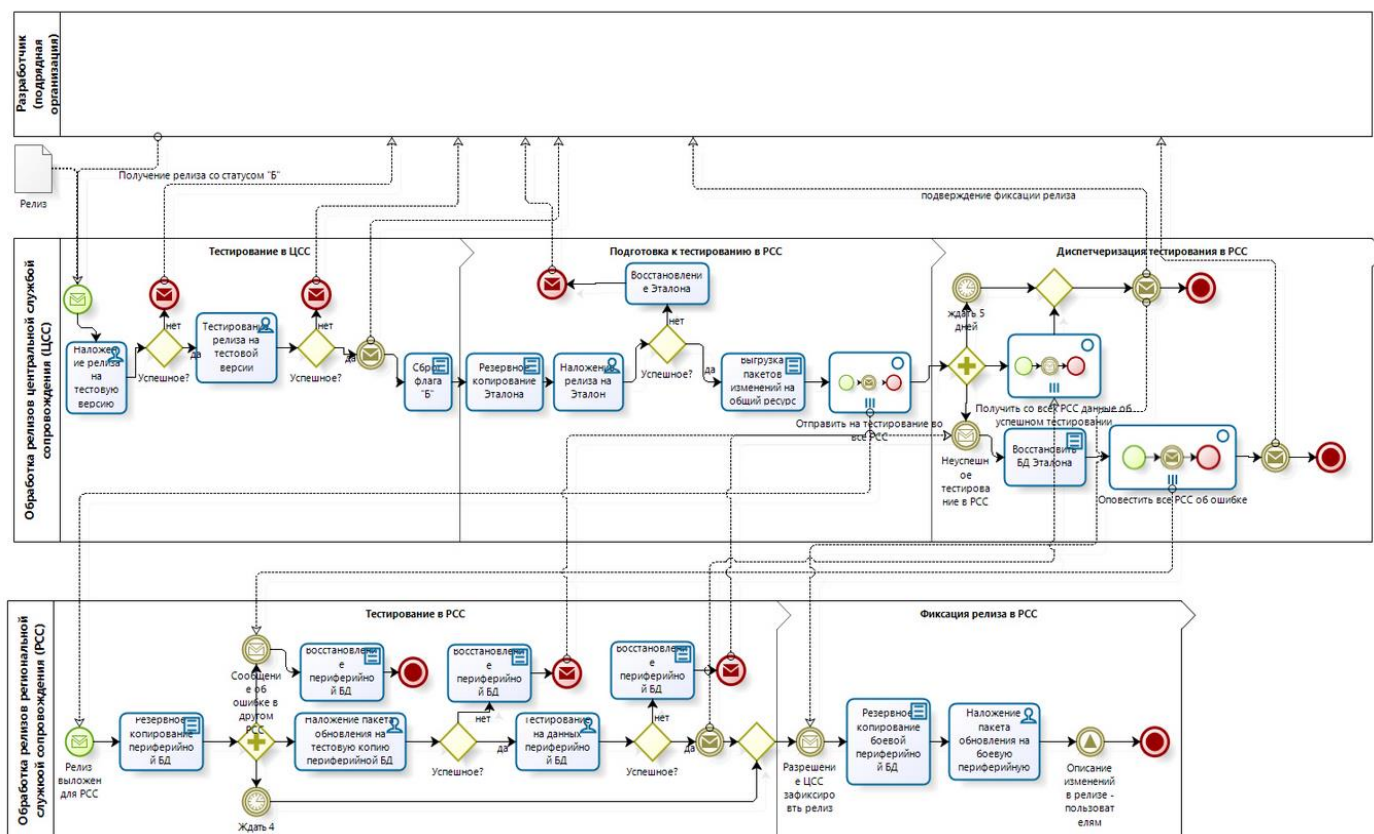


Рис. 5.4. Пример BPMN

<https://bpmntraining.ru/wp-content/uploads/2010/12/new-release.jpg>

1.5. Инструментальные средства поддержки моделирования бизнес-процессов BPMN

Современные инструментальные средства поддержки моделирования бизнес-процессов связывают построенные модели процессов с операционной деятельностью компании и предоставляют механизмы контроля и мониторинга процессов.

Из наиболее популярных зарубежных программных продуктов выделяются:

- ARIS Business Performance Edition (IDS Scheer AG);
- CA ERwin Data Modeler, ранее AllFusion Process Modeler/AllFusion ERwin Data Modeler (ранее BPWin/ERWin) (CA);
- Hyperion Performance Scorecard (Oracle);
- IBM WebSphere Business Modeler (IBM);
- SAP Strategic Enterprise Management (SAP).

Среди российских разработок можно выделить:

- Business Studio (Современные технологии управления);
- Бизнес-инженер (Битек);
- Инталев: Корпоративный навигатор (Инталев);
- ОРГ-Мастер Про (Бизнес Инжиниринг Групп).

Наиболее мощной из представленных выше систем и самой дорогой является инструментальная система ARIS (разработчик IDS Scheer), которая представляет собой интегрированное семейство программных продуктов, предназначенных для структурированного описания, анализа и последующего совершенствования бизнес-процессов предприятия, а также подготовки организаций к внедрению сложных информационных систем.

Программные продукты ARIS Platform группируются в четыре специализированных модуля:

ARIS Strategy Platform позволяет создавать системы сбалансированных показателей и оптимизировать бизнес-процессы в соответствии с ними.

ARIS Design Platform позволяет выявлять организационные, структурные и технологические недостатки и определять возможности оптимизации.

ARIS Implementation Platform позволяет реализовывать бизнес-процессы в ИТ-среде. Модули, относящиеся к платформе:

ARIS Controlling Platform используется для поиска возможностей совершенствования путем оценки и визуализации выполненных процессов, импортированных из ИТ-систем.

1.5.1 Инструмент для моделирования бизнес-процессов ARIS Express (свободное ПО)

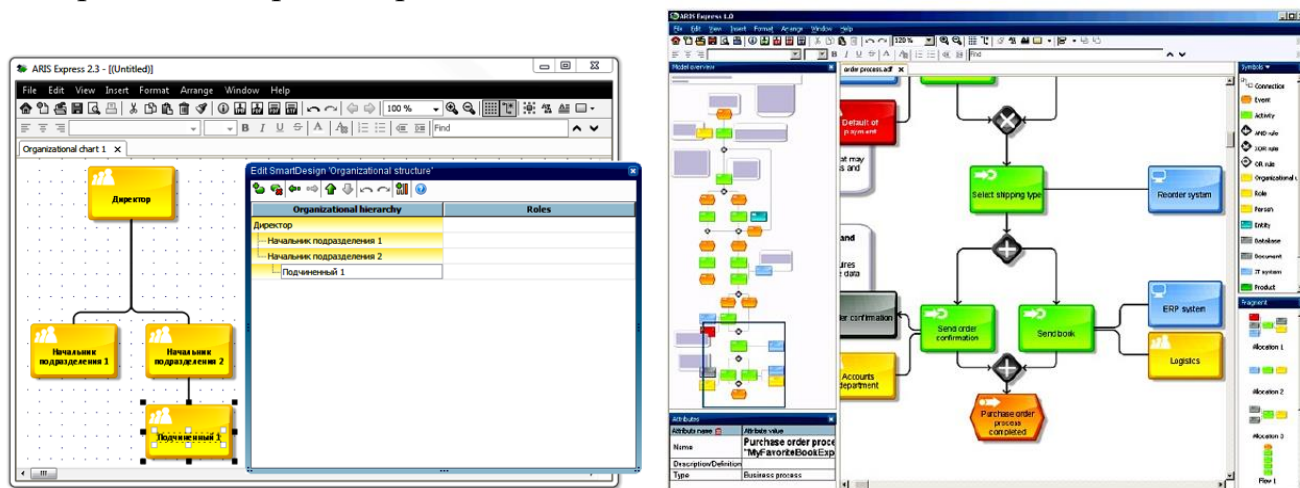
Бесплатная версия программы поддерживает только базовые типы диаграмм, не имеет многопользовательской поддержки, не использует базу данных, не содержит инструментов для формирования отчётов и средств анализа модели.

ARIS Express поддерживает следующие типы моделей (рис. 5.5): организационная диаграмма (Organizational chart); бизнес-процесс (Business process); ИТ-инфраструктура (IT infrastructure); карта процессов (Process landscape); модель данных (Data model); карта систем (System landscape); доска (Whiteboard); BPMN диаграмма версии 2.0 (BPMN diagram); общие диаграммы (General diagram).



Рис. 5.5. Интерфейс ARIS Express

Первый модуль предназначен для построения организационной структуры (рис. 5.6). Включает технологию Smart Design, которая позволяет очень быстро формировать модель в таблице и мгновенно синхронизировать её с графическим отображением в редакторе.



а)

б)

Рис. 5.6. а) оргструктура в ARIS Express, б) бизнес-процессы в ARIS Express

Любую диаграмму можно экспортировать в PDF или RTF-формат, а также сохранить как картинку или распечатать. Модели, сохраненные в формат «adf» могут быть перенесены в полноценную версию ARIS. Сохраненные модели можно защитить при помощи пароля.

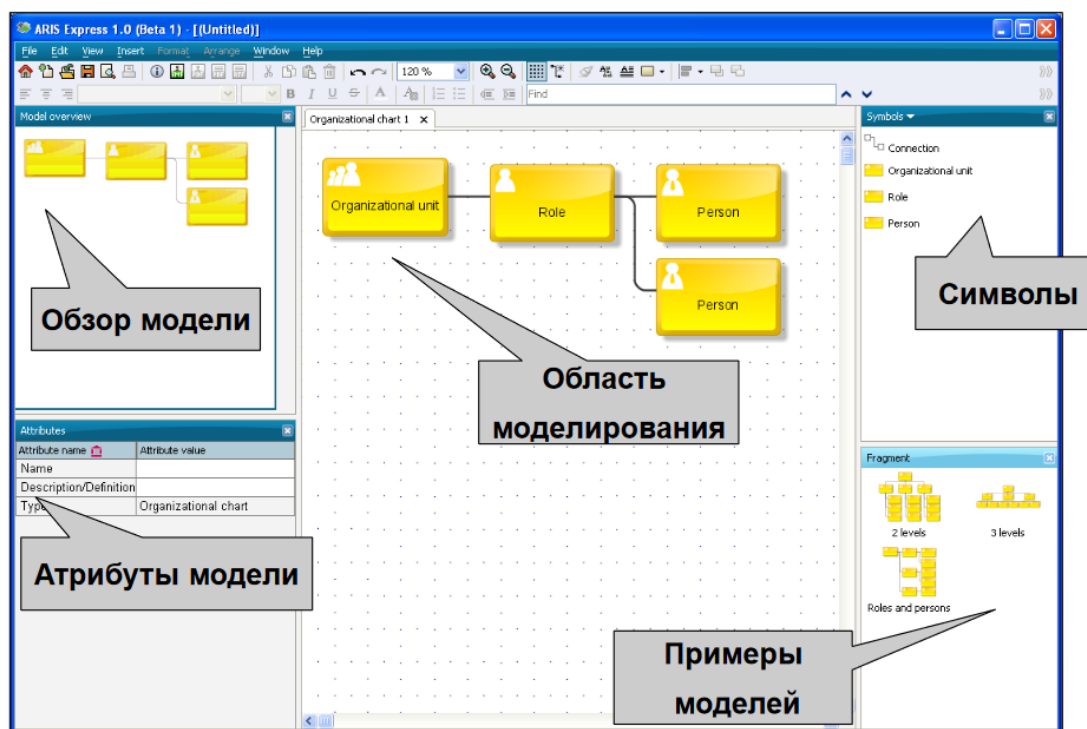


Рис. 5.7. Создание модели в ARIS Express

Задание на лабораторную работу №5

В соответствии с вариантом предметной области и на основании результатов выполнения предыдущих лабораторных работ выполнить построение BPMN-диаграмм при помощи CASE-средств: ARIS Express.

Порядок выполнения лабораторной работы №5

1. Исследовать доступный функционал системы моделирования и анализа бизнес-процессов ARIS Express. Осуществить построение BPMN-диаграмм в системе моделирования и анализа бизнес-процессов ARIS Express.

2. Построить простую модель процесса.

3. Произвести разделение задач между участниками процесса.

4. Построить усложненную модель бизнес-процесса (BPMN-диаграмму):

1) соединить элементы потока управления потоками операций и включить элементы потока управления, соединения и бизнес-элементы, то есть необходимо связать задачи потоками операций и показать логику их взаимодействия при помощи шлюзов;

2) произвести размещение:

документов (с точки зрения управления процессами, документ – это информация на любом информационном носителе – бумажный документ, электронное письмо, доклад, презентация и т.д.);

программ и баз данных;

инструментов и материалов;

показателей эффективности в процессе.

Содержание отчета по лабораторной работе №5

1. Простая модель процесса.
2. Усложненная модель бизнес-процесса (BPMN-диаграмма), созданная в системе моделирования и анализа бизнес-процессов ARIS Express.
3. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое BPMN? Перечислить особенности данной нотации.
2. Перечислить основные категории элементов BPMN-модели.
3. Перечислить объекты потока управления.
4. Дать определение процесса, подпроцесса, задачи.
5. В чем отличие между задачей и событием?
6. Дать определение бизнес-элемента.
7. Для чего в модели используются ресурсы?
8. Чем отличаются ресурсы и бизнес-элементы?

Лабораторная работа № 6

Изучение инструментальных средств поддержки модельно-ориентированного проектирования встроенных систем (Study of tools to support model-oriented design of embedded systems)

Цель: изучить инструментальные средства поддержки модельно-ориентированного проектирования сложных систем.

1. Краткие теоретические сведения

1.1. Инструментальные средства поддержки модельно-ориентированного проектирования (МОП)

1.1.1 Методологии модельно-ориентированного проектирования и моделирования интегрированных информационных систем

Модельно-ориентированное проектирование способствует представлению проекта на основании требований, а также улучшенной степени интеграции и повторному использованию на этапах концептуального и детализированного моделирования и проектирования.

Отправной точкой модельно-ориентированного проектирования является применение инструмента Simulink® компании MathWorks, с помощью которого на стадии концептуального проектирования создаются модели всей системы, включающие алгоритмы и внешнюю среду. Эти модели можно симулировать и анализировать на протяжении всего процесса проектирования для обеспечения соответствия алгоритмов и спецификаций, на основании которых разрабатываются алгоритмы. Такой подход дает два преимущества:

- обнаружение и исправление ошибок на ранних стадиях проектирования обходится гораздо дешевле по сравнению с выявлением ошибок во время реализации и тестирования;

- результаты проектирования, тесты и анализ можно повторно использовать в течение всего процесса разработки.

На рис.6.1 представлен типичный процесс разработки встроенного программного обеспечения, включающий в себя составление требований, проектирование, реализацию, интеграцию и этапы тестирования.



Рис. 6.1. Типичный процесс разработки встроенных систем

Составления требований. Составление спецификации по требованиям – это процесс анализа и документирования требований и ограничений, которым должна удовлетворять разрабатываемая система.

Взаимодействие с внутренними и внешними клиентами и поставщиками с помощью модели. Спецификации разрабатываются для того, чтобы облегчить взаимодействие между изготовителем комплектного оборудования (ОЕМ) и его поставщиком или между двумя подразделениями одной компании.

Симуляция работы крупной системы и среды, в которой функционирует аппаратура, позволяет инженерам выполнять полное тестирование системы до начала ее реализации. Например, рассмотрим проект алгоритма прерывания взлета. Этот алгоритм можно разрабатывать независимо в среде Simulink или как часть более высокоуровневой модели самолета.

Трассируемость требований в концептуальной модели. В рабочем процессе при использовании модельно-ориентированного проектирования все элементы концептуального проекта должны трассироваться к требованиям, которые они удовлетворяют. MathWorks обеспечивает базовую поддержку трассируемости при помощи средства Simulink Verification and Validation™.

Верификация концептуальной модели. Концептуальный проект должен анализироваться для верификации выполнения заданных требований. В этой задаче могут оказать помощь несколько продуктов компании MathWorks. Например, система MATLAB® может применяться для выполнения скриптов, подбора значений параметров и выполнения анализа выходных результатов симуляции. Эти задачи могут запускаться параллельно на многоядерных компьютерах или кластерах с использованием возможностей параллельных и распределенных вычислений

Этап реализации. Реализация – это процесс перевода разработки во встроенное программное обеспечение, которое можно запускать на целевом аппаратном обеспечении. В МОП перевод из разработки во встроенное программное обеспечение автоматизирован за счет генерации кода, которая значительно снижает количество ошибок и экономит время на написание кода.

Изменение модели вместо редактирования кода. К модели стоит относиться как к единственному эталону разработки. Изменять сгенерированный код напрямую не рекомендуется. Вместо этого следует вносить изменения в модель и повторно генерировать код, чтобы избежать лишних затрат и проблем с синхронизацией.

В современной теории имитационного моделирования существуют четыре основных подхода:

- моделирование динамических систем (системы имитационного моделирования: MATLAB Simulink, VinSim и др.);
- дискретно-событийное моделирование (GPSS, Arena, eMPlant, AutoMod, PROMODEL, Enterprise Dynamics, FlexSim и др.);
- системная динамика (СИМ: VenSim, PowerSim, iThink, и др.);
- агентное моделирование (системы имитационного моделирования AnyLogic, Swarm, Repast и др.), при котором модели используются для

исследования децентрализованных систем, динамика и функционирование которых определяется не глобальными правилами и законами, а наоборот, эти правила и законы являются результатом индивидуальной активности членов группы.

В каждом из этих направлений развиваются свои инструментальные средства, свои системы имитационного моделирования и языки.

Среда MATLAB / Simulink

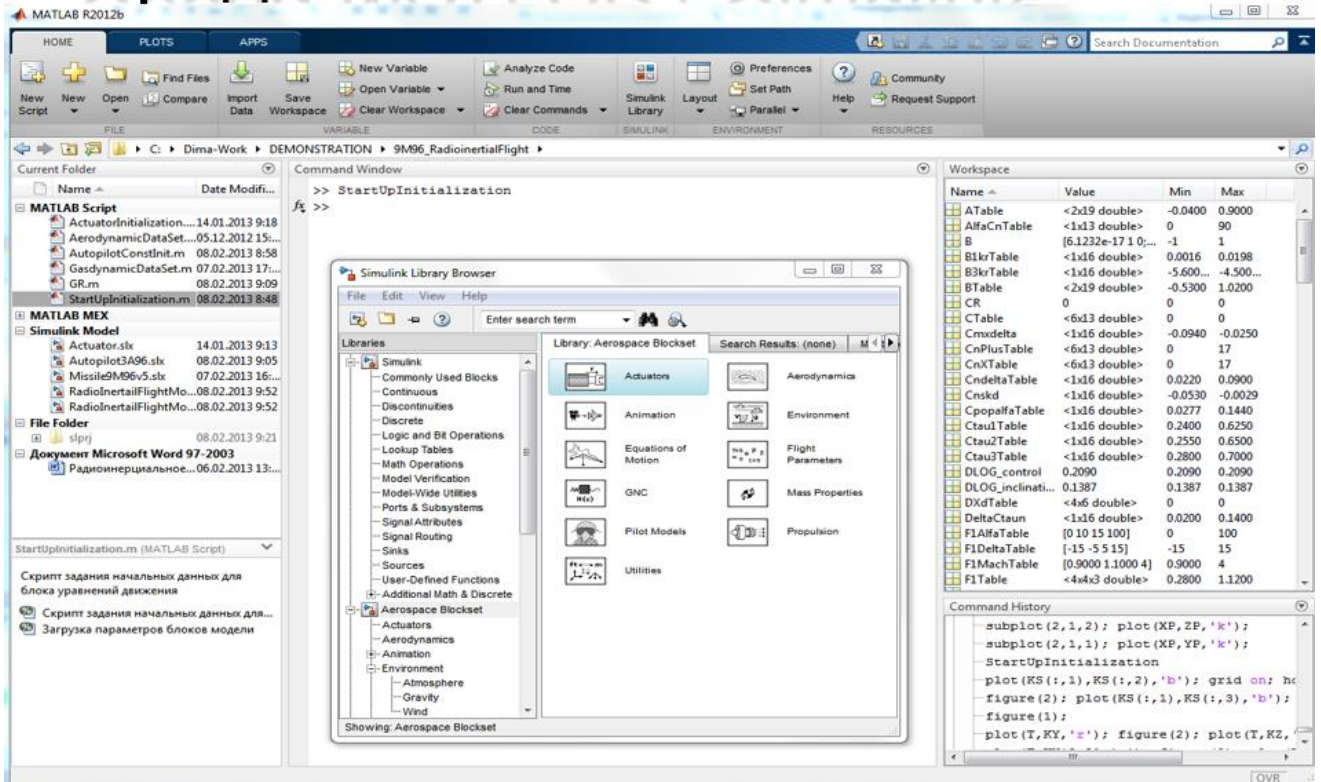


Рис. 6.2. Внешний вид интерфейса Simulink

1.1.2. AnyLogic – Инструмент для разработки и исследования имитационных моделей (свободное ПО)

Пакет AnyLogic – отечественный профессиональный инструмент нового поколения, который предназначен для разработки и исследования имитационных моделей. Разработчик продукта – компания «Экс Джей Текнолоджис» (XJ Technologies), г. Санкт-Петербург.

AnyLogic имеет развитый базовый язык дискретного и смешанного дискретно/непрерывного моделирования, на основе которого построены решения для конкретных областей: библиотека Enterprise Library, а также Material Flow Library (потoki материалов) и Healthcare Library (работа медицинских учреждений).

Базовые инструменты для разработки модели в среде AnyLogic: панели инструментов; панель Проекты (дерево всех объектов проекта); панель Палитра; панель Ошибки; окно свойств; окно графического редактора.

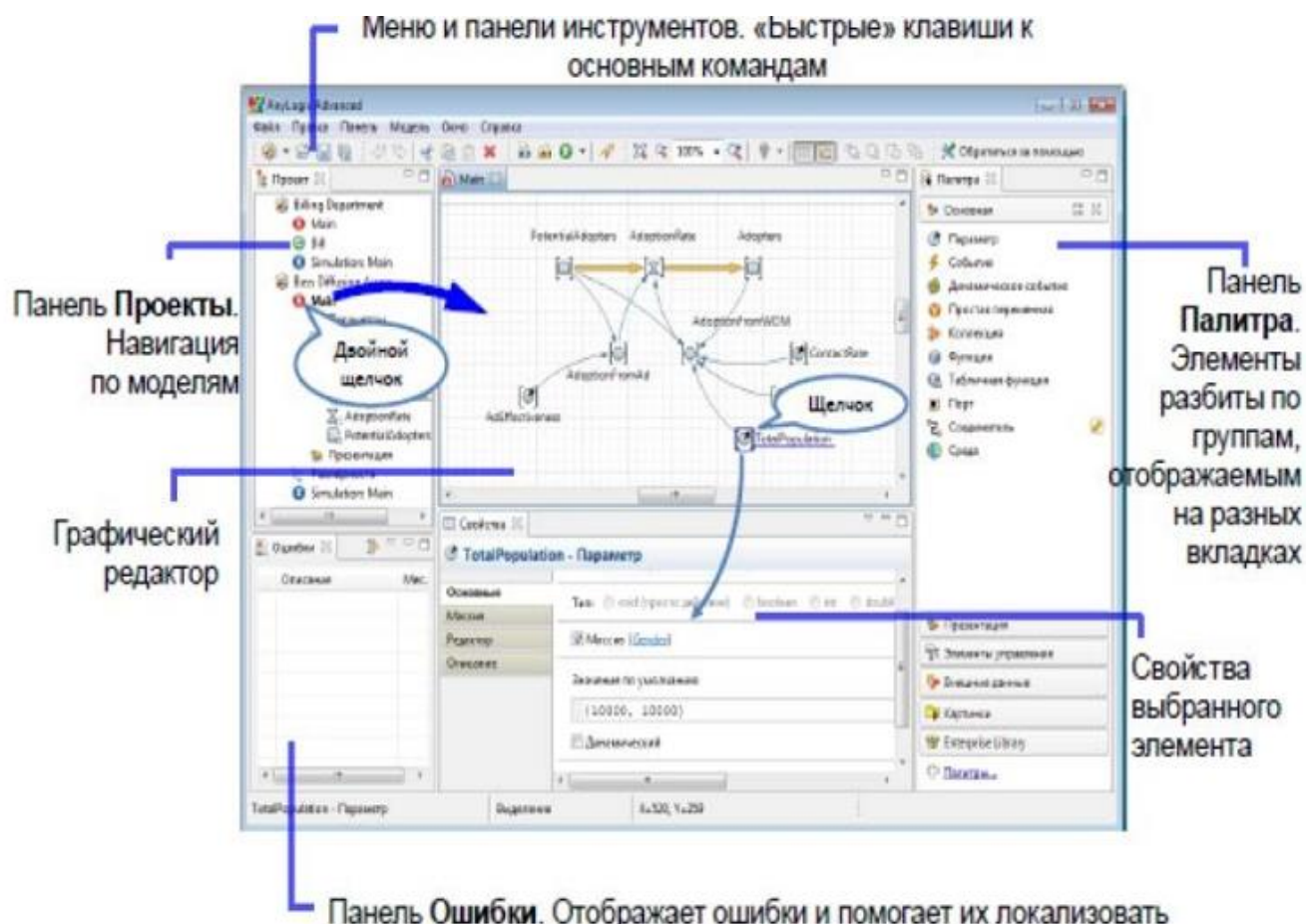


Рис. 6.3. Общий вид графического редактора модели в среде AnyLogic

Примеры простейших моделей (систем массового обслуживания (СМО)) в среде AnyLogic приведены на рис.6.4-6.5.

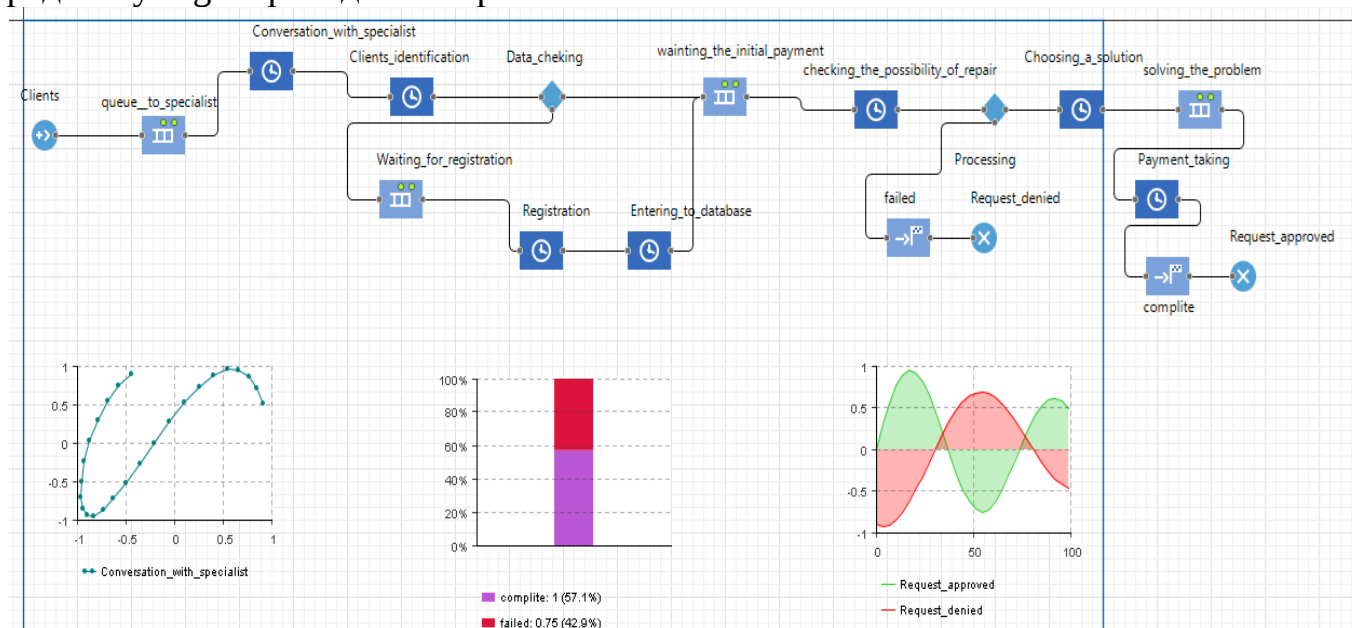


Рис. 6.4. Пример модели СМО в среде AnyLogic: Model business process for monitoring the state a technical device

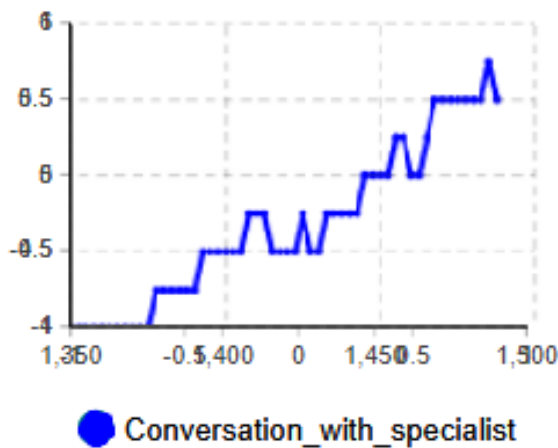


Figure 2 – Timing chart average time of expectations

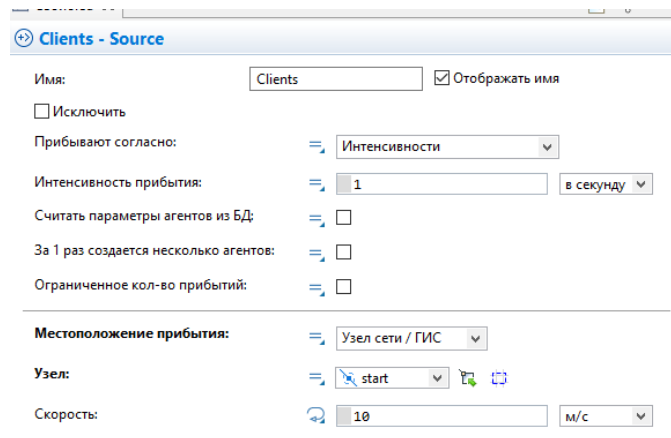


Figure 5 – Settings in the "Client"

Задание на лабораторную работу №6. Часть 1.

1. Исследовать возможности инструмента имитационного моделирования AnyLogic.
2. Осуществить имитационное моделирование выбранного для исследования процесса средствами AnyLogic.

Порядок выполнения лабораторной работы №6

1. Определить состав исходных данных для моделирования.
2. Определить состав выходных данных.
3. Построить структурную диаграмму процесса. При построении модели нужно задать ее структуру (т.е. описать, из каких частей состоит модель системы).
4. Настроить параметры модели, то есть задать характеристики объектов.
5. Задать поведение отдельных объектов системы, то есть построить диаграмму состояний (или стейтchart) – модифицированные графы переходов конечного автомата. Стейтchart позволяет графически задать пространство состояний алгоритма поведения объекта, а также события, которые являются причинами срабатывания переходов из одних состояний в другие, и действия, происходящие при смене состояний.
6. Запустить модель и проанализировать процессы.

Содержание отчета по лабораторной работе №6. Часть 1.

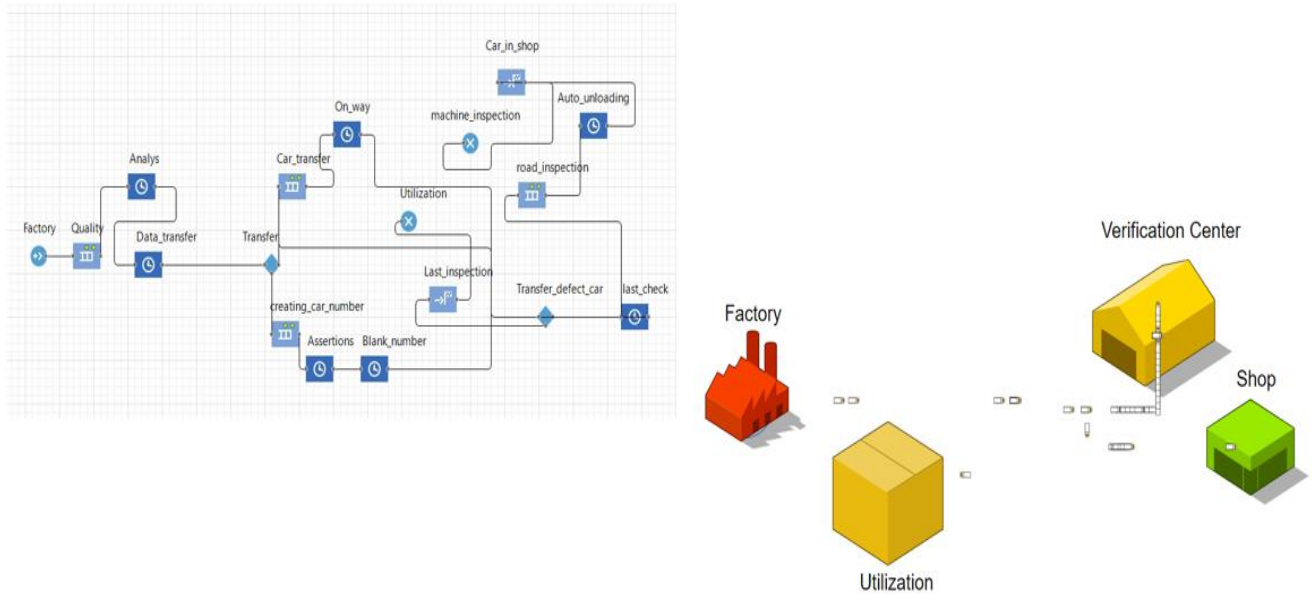
1. Имитационная модель системы, сформированная на платформе AnyLogic.
2. Результаты моделирования в виде диаграмм процессов.
3. Выводы.

Задание на лабораторную работу №6. Часть 2.

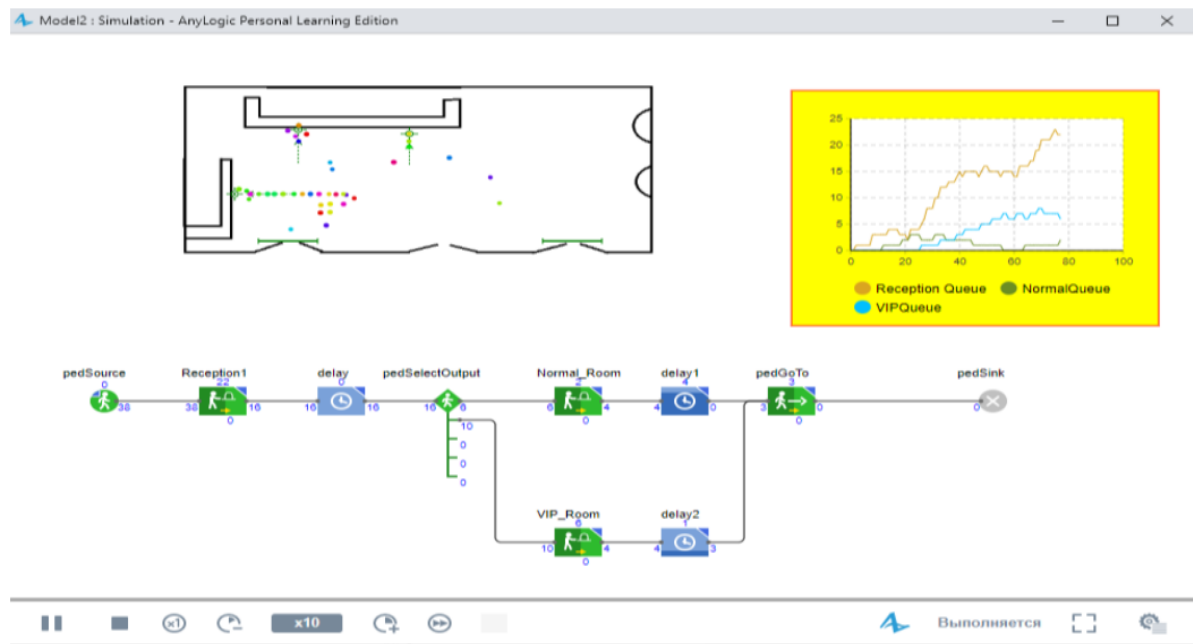
1. Исследовать возможности анимации процессов в инструменте имитационного моделирования AnyLogic.

2. Осуществить анимационные настройки и имитационное моделирование выбранного для исследования процесса средствами AnyLogic.

Примеры реализации простейшей анимации



ANYLOGIC model with animation



Контрольные вопросы

1. Пояснить суть модельно-ориентированного проектирования (МОП).
2. Имитационное моделирование в среде AnyLogic, общие понятия. Режимы выполнения моделей. Работа с окнами.
3. Организация экспериментов.
4. Реализация модели динамической системы в среде AnyLogic. Построение

моделей с иерархической структурой. Примеры моделей.

5. Блочный метод реализации. Примеры моделей.

6. Системная динамика. Модель развития эпидемии. Модель распространения инноваций и новых продуктов. Модель развития популяции.

7. Организация процесса обслуживания. Блоки дискретно-событийного моделирования, их свойства.

8. Модель отделения скорой помощи. Модель банка. Модель производственного цеха.

9. Многоагентные системы. Агенты в среде AnyLogic. Поведение, интерфейс агентов. Архитектура агентных моделей. Взаимодействие агентов: со средой, с другими агентами, в пространстве. Модель муравьиной колонии.

Примерный список вопросов для подготовки к зачету

1. Понятия: системы, компьютерной системы, информационной технологии, метода и средства моделирования.
2. Понятие информационной модели, математической модели, компьютерной модели.
3. Метод и средства моделирования функциональной структуры объектов – SADT.
Методология моделирования данных – ERD (Entity-Relationship Diagrams) (case-метод Баркера).
4. Метод и средства моделирования работы в реальном времени – STD.
5. Метод и средства функционального моделирования процессов – IDEF0. Последовательность создания функциональных моделей.
6. Метод и средства моделирования взаимосвязей между информационными потоками – IDEF1 (IDEF1X).
7. Метод и средства описания (документирования) и моделирования процессов – IDEF3.
8. Метод и средства моделирования, анализа и реорганизации бизнес-процессов – BPMN.
9. Метод и средства МОП.
10. Современные технологии имитационного моделирования и программное обеспечение. Обзор характеристик программных систем моделирования.
11. Имитационное моделирование в среде AnyLogic, общие понятия. Режимы выполнения моделей. Работа с окнами.
12. Имитационное моделирование в среде AnyLogic, общие понятия. Доработка модели. Организация экспериментов.
13. Основные концепции имитационного моделирования в среде AnyLogic.
14. Реализация модели динамической системы в среде AnyLogic. Построение моделей с иерархической структурой. Примеры моделей.
15. Реализация модели динамической системы в среде AnyLogic. Блочный метод реализации. Примеры моделей.
16. Системная динамика. Модель развития эпидемии. Модель распространения инноваций и новых продуктов. Модель развития популяции.
17. Дискретно-событийное моделирование в среде AnyLogic. Организация процесса обслуживания. Блоки дискретно-событийного моделирования, их свойства.
18. Дискретно-событийное моделирование в среде AnyLogic. Модель отделения скорой помощи. Модель банка. Модель производственного цеха.
19. Многоагентные системы. Агенты в среде AnyLogic. Поведение, интерфейс агентов. Архитектура агентных моделей.
20. Использование различных парадигм при разработке моделей. Агентные и системно-динамические модели. Модель, разработанная в рамках различных подходов.
21. Примеры моделей для различных областей применения: динамика развития города, информатика и коммуникации, модели коллективного поведения, логистика и транспорт.

Sample list of questions to prepare for the test

1. Concepts: systems, computer systems, information technology, methods and means of modeling.
2. The concept of information model, mathematical model, computer model.
3. Method and means of modeling the functional structure of objects - SADT. Data modeling methodology - ERD (Entity-Relationship Diagrams) (case-Barker method).
4. Method and means of modeling real-time work - STD.
5. Method and means of functional modeling of processes - IDEF0. The sequence of creating functional models.
6. Method and means of modeling relationships between information flows - IDEF1 (IDEF1X).
7. Method and means of describing (documenting) and modeling processes - IDEF3.
8. Method and means of modeling, analysis and reorganization of business processes - BPMN.
9. The method and means of model-oriented programming.
10. Modern simulation technologies and software. Overview of the characteristics of software modeling systems.
11. Simulation modeling in AnyLogic environment, general concepts. Modes of execution of models. Working with windows.
12. Simulation modeling in AnyLogic environment, general concepts. Modification of the model. Organization of experiments.
13. Basic concepts of simulation modeling in AnyLogic environment.
14. Implementation of the dynamic system model in AnyLogic environment. Building models with a hierarchical structure. Examples of models.
15. Implementation of the dynamic system model in the AnyLogic environment. Block implementation method. Examples of models.
16. System dynamics. Model of epidemic development. A model for the dissemination of innovations and new products. Population development model.
17. Discrete event modeling in AnyLogic environment. Organization of the service process. Discrete-event modeling blocks, their properties.
18. Discrete event modeling in AnyLogic environment. The model of the emergency department. The bank's model. The model of the production shop.
19. Multi-agent systems. Agents in the AnyLogic environment. Behavior, agent interface. Architecture of agent models.
20. The use of different paradigms in the development of models. Agent-based and system-dynamic models. A model developed within the framework of various approaches.
21. Examples of models for various fields of application: the dynamics of urban development, computer science and communication, models of collective behavior, logistics and transport.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ

1. IEEE Std 1220-2005 IEEE Standard for Application and Management of the Systems Engineering Process. Режим доступа – <https://standards.ieee.org/findstds/standard/1220-2005.html>.
2. ГОСТ Р ИСО 10303 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Режим доступа – <http://www.gosthelp.ru/gost/gost18561.html>.
3. IDEF Family of Methods. A Structured Approach to Enterprise Modeling & Analysis Режим доступа – <http://www.idef.com/>.
4. Documents Associated with Unified Modeling Language (UML) Version 2.5 Режим доступа – <http://www.omg.org/spec/UML/2.5/>.
5. IEEE Recommended Practice for Architectural Description of Software-Intensive Systems (IEEE Std 1471-2000). Режим доступа – <http://standards.ieee.org/findstds/standard/1471-2000.html>.
6. Вендров А.М. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 176 с.
7. Цуканова О. А. Методология и инструментарий моделирования бизнес- процессов: учебное пособие – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 100 с. [Электронный ресурс] Режим доступа – <http://books.ifmo.ru/file/pdf/1720.pdf>.
8. Галямина И. Г. Управление процессами: Учебник для вузов. Стандарт третьего поколения. – СПб.: Питер, 2013. – 304 с: ил.
9. Построение диаграмм потоков работ – WFD. [Электронный ресурс] Режим доступа – <http://studopedia.info/2-82371.html>.
10. IDEF0 Function Modeling Method. Описание. Режим доступа – <http://www.idef.com/IDEF0.htm>.
11. РД IDEF0–2000 Руководящий документ. Методология функционального моделирования IDEF0. ИПК Издательство стандартов, 2000. [Электронный ресурс] Режим доступа – <http://www.nsu.ru/smk/files/idef.pdf>.
12. Barker R. CASE-Method. Entity-Relationship Modelling. Copyright Oracle Corporation UK Limited, Addison-Wesley Publishing Co., 1990.
13. IDEF1 Information Modeling Method. Описание. Режим доступа – <http://www.idef.com/IDEF1.htm>.
14. IDEF1X Data Modeling Method. Описание. Режим доступа – <http://www.idef.com/IDEF1x.htm>.
15. Integration Definition For Information Modeling (IDEF1X). Режим доступа – <http://www.idef.ru/documents/Idef1x.pdf>.
16. IDEF3 Process Description Capture Method report. Режим доступа – <http://www.staratel.com/iso/IDEF/IDEF3/Idef3.pdf>.
17. BPMN (Business Process Model and Notation). Описание. Режим доступа – <http://www.elma-bpm.ru/bpmn2/>.

18. ARIS (ARchitecture of Integrated Information Systems). Учебные материалы. Режим доступа – http://bainr.ru/study_materials_methodology_ARIS.html
19. Dia Tutorial (Учебник Dia). [Электронный ресурс]. Режим доступа – <http://younglinux.info/book/export/html/169>.
20. Официальный русскоязычный сайт проекта Ramus. Режим доступа – <http://ramussoftware.com/>.
21. Официальный сайт проекта CA ERwin® Data Modeling. Режим доступа – <http://erwin.com/worldwide/russian-russia>.
22. Проектирование информационных систем с CA ERwin Modeling Suite 7.3 :учебное пособие / В.И. Горбаченко, Г.Ф. Убиенных, Г.В. Бобрышева – Пенза: Изд-во ПГУ, 2012. – 154 с.
23. ARIS Community. Table of contents of ARIS Express help. [Электронный ресурс]. Режим доступа – <http://www.ariscommunity.com/help/aris-express>.
24. Серова, Е.Г. Современные методологические и инструментальные подходы моделирования бизнес-задач / Е.Г. Серова // Int. Journal Information Technologies and Knowledge Decision Making and Business Intelligence Strategies and Techniques. 2008. - № 2. [Электронный ресурс]. Режим доступа – <http://simulation.su/uploads/files/default/2008-serova-1.pdf>.
25. Официальный сайт The AnyLogic Company. Учебные материалы. [Электронный ресурс]. Режим доступа – <http://www.anylogic.ru/books>.
26. Боев В.Д. Компьютерное моделирование: Пособие для практических занятий, курсового и дипломного проектирования в AnyLogic7:. — СПб.: ВАС, 2014. — 432 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Варианты заданий к практическим занятиям и лабораторным работам

№	Описание
1	Процесс обслуживания клиентов Интернет-провайдером
2	Мониторинг состояния технического устройства (ПК) с анализом результатов
3	Процесс обслуживания клиентов ремонтной мастерской
4	Процесс диагностики и ремонта сетевого оборудования
5	Процесс бронирования номера в гостинице
6	Мониторинг качества выпускаемой продукции на предприятии
7	Процесс банковского обслуживания клиентов (один из подпроцессов)
8	Мониторинг экологического состояния объекта инфраструктуры
9	Мониторинг наличия товаров на складе
0	Процесс настройки нового оборудования
***	По согласованию с преподавателем

В авторской редакции

Изд. № 120/2022. Объем 3,75 п.л. Усл. печ. л. 3,49. Уч.-изд. л. 3,675.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»