

**ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ САПР НА ОСНОВЕ ДИАЛОГОВОЙ БАЗЫ ЗНАНИЙ**

\*Одесский государственный экологический университет, Одесса, Украина

---

**Анотація.** Статтю присвячено принципам організації інтелектуальної системи автоматизованого проектування (САПР) на основі діалогової бази знань. Як філософська та психологічна основа інтелектуальної САПР розглядається гіпотеза Л.С. Виготського про зону найближчого розвитку. Згідно з цією гіпотезою, стосовно інтелектуалізації САПР, проект може виконувати некваліфікований оператор при підтримці вбудованого інтелектуального компонента. У статті показано, що в основі архітектури вбудованого інтелектуального компонента може лежати діалогова база знань, яка зберігає декларативні і процедурні знання, необхідні для підтримки ціленаправленого діалогового процесу еротетичного типу. У заключній частині статті наданий опис прикладу інтелектуальної САПР, збудованої на основі запропонованих принципів, яка призначена для теплофізичного проектування елементів конструкції енергетичних систем.

**Ключові слова:** інтелектуальна САПР, зона найближчого розвитку, діалогова база знань, теплофізичне проектування.

**Аннотация.** Статья посвящена принципам организации интеллектуальной системы автоматизированного проектирования (САПР) на основе диалоговой базы знаний. В качестве философской и психологической основы интеллектуальной САПР рассматривается гипотеза Л.С. Выготского о зоне ближайшего развития. Согласно этой гипотезе, применительно к интеллектуализации САПР, проект может выполнять неквалифицированный оператор при поддержке встроенного интеллектуального компонента. В статье показано, что в основе архитектуры встроенного интеллектуального компонента может лежать диалоговая база знаний, хранящая декларативные и процедурные знания, необходимые для поддержки целенаправленного диалогового процесса эротетического типа. В заключительной части статьи описан пример интеллектуальной САПР, построенной на основе предлагаемых принципов и предназначенной для теплофизического проектирования элементов конструкций энергетических систем.

**Ключевые слова:** интеллектуальная САПР, зона ближайшего развития, диалоговая база знаний, теплофизическое проектирование.

**Abstract.** This paper deals with concepts of organization of intelligent CAD systems based on the idea of a dialogue knowledge base. Using the philosophical and psychological foundations of an intelligent CAD system, the author considers the hypothesis of the Zone of Proximal Development offered by L.S. Vygotsky. According to this hypothesis, in the context of intelligent CAD systems, a project can be carry out by an unskilled operator with the support of the embedded intelligent component. This paper demonstrates that the core of the architecture of this intelligent component can contain a dialogue knowledge base, which keeps the declarative and procedural knowledge needed to support a goal-oriented erotetic dialogue process. In the final part of the paper there is an example of an intelligent CAD system constructed on the idea of the dialogue knowledge base. This CAD system is oriented to the thermal design of parts of power-producing systems.

**Keywords:** intelligent CAD, zone of proximal development, dialogue knowledge base, thermal design.

## 1. Введение

Характерной особенностью современного автоматизированного проектирования является существенная зависимость успешности выполнения проекта от экспертных знаний проектировщика. Не редки случаи, когда увольнение ключевого эксперта приводит к прекращению работы над проектом. Отмеченная проблема может быть решена путем создания интеллектуальной системы автоматизированного проектирования (САПР), способной накапливать и хранить знания, необходимые для принятия экспертных решений в процессе про-

ектирования. После того, как база знаний такой САПР заполнена, она в состоянии оказывать интеллектуальную поддержку проектировщику и не требует привлечения эксперта к выполнению проекта.

Философской и психологической основой интеллектуальной САПР может быть модель, предложенная Л.С. Выготским и получившая наименование «зона ближайшего развития (ЗБР)». Выготский определяет зону ближайшего развития как дистанцию между способностью учащегося решать задачу самостоятельно, без помощи внешнего интеллекта, и способностью обучаемого решать задачу при поддержке внешнего интеллекта [1, стр. 86]. На рис. 1 идея зоны ближайшего развития представлена в графической форме. Выготский рассматривал зону ближайшего развития в контексте процесса формирования у учащегося процедурных знаний с помощью внешнего интеллекта. В контексте проблематики создания интеллектуальной САПР, способной накапливать и хранить экспертные знания, мы можем рассматривать, с одной стороны, человека-оператора, не обладающего экспертными знаниями, а с другой, встроенный интеллектуальный компонент, основу которого представляет собой база процедурных знаний экспертного характера.

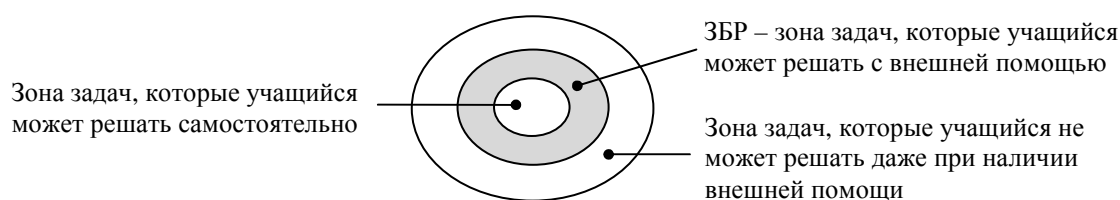


Рис. 1. Зона ближайшего развития Выготского

Ясно, что оператор и база экспертных знаний не изолированы друг от друга и что в процессе решения задачи проектирования между оператором и базой осуществляется интерактивное взаимодействие. Это интерактивное взаимодействие может иметь различный характер, зависящий от того, какая основная цель ставится перед интеллектуальным компонентом САПР.

Если основной целью интеллектуального компонента САПР является обучение неопытного оператора экспертным навыкам на примере конкретного проекта, а реализация проекта является второстепенной целью, то интеллектуальный компонент может работать примерно так, как работает когнитивный тьютор Джона Андерсона [2, 3], который пассивно наблюдает за действиями учащегося и вмешивается в процесс решения проблемы только в том случае, когда учащийся совершает ошибку. Если учащийся безошибочно и успешно осуществляет решение задачи, то он вообще может не догадываться о существовании интеллектуального компонента.

Если основной целью интеллектуального компонента САПР является реализация проекта, а обучение оператора – это второстепенная цель, то интерактивное взаимодействие между оператором и интеллектуальным компонентом приобретает характер диалогового процесса. В этом случае роль интеллектуального компонента кардинально меняется. Он становится активным агентом диалога, который управляет действиями оператора и с его помощью реализует сценарий проектирования, хранящийся в базе процедурных знаний. Каждый шаг решения проблемы детерминирован отдельной диалоговой транзакцией.

В последующих частях статьи рассмотрены принципы организации САПР с интеллектуальным компонентом, выполняющим роль активного проводника по сценарию проектирования. Показано, что в этом случае нет необходимости моделировать полномасштабный естественный диалог и можно ограничиться возможностями вопросно-ответного (эротетического) диалогового процесса.

## 2. Решение задач в диалоговом процессе и диалоговая база знаний

В эротетическом диалоге информационные посылки активного и реактивного диалоговых агентов имеют не только статус, но и форму вопросов и ответов. Эротетический диалоговый процесс часто используется для ввода команд оперативного управления программой либо исходных данных, необходимых для работы сугубо вычислительных процедур. Однако известны примеры диалоговых программ, в которых диалоговое общение приобретает свойства метода решения задачи [4, 5]. Работа таких программ распадается на последовательность диалоговых транзакций, новые данные вводятся порциями на каждой транзакции, а программа реагирует на введенные данные изменением своего поведения. Таким образом, возможности эротетического диалогового процесса значительно шире, чем его традиционное использование в системах электронной обработки данных. Если предположить, что роли диалоговых агентов зафиксированы, то процедурные знания активного агента диалога, управляющего целенаправленным диалоговым процессом, можно рассматривать как знания о методе решения задачи. Поэтому уместно говорить о диалоговых методах решения задач.

Сферой применимости диалоговых методов решения задач являются задачи, относящиеся к классу плохо формализуемых [8]. К плохо формализуемым задачам относятся в том числе и задачи, решаемые в процессе проектирования.

Диалоговый метод решения плохо формализуемой задачи должен имитировать поведение эксперта в процессе решения плохо формализуемой задачи. В [9] описывается поведение эксперта, решающего задачу следующим образом: «...Этот тип (знаний) представляет собой врождённые или приобретённые правила поведения, которые позволяют в данной конкретной ситуации принять решение о необходимых действиях. Он (эксперт) использует информацию в порядке, обратном тому, в котором она была получена. В качестве примера можно привести рассуждения типа: «Я знаю, что это действие приводит к такому-то результату, поэтому, если я хочу получить именно этот результат, я могу рассмотреть это действие». Человек постоянно пользуется этим типом знаний при восприятии, формировании концепций, решении задач и формальных рассуждениях. Появление экспертных систем связано с необходимостью принятия в расчёт именно этого фундаментального типа человеческих знаний».

В табл. 1 приведены основные характеристики поведения человека-эксперта при решении плохо формализуемой задачи и активного агента эротетического диалога, демонстрирующие аналогию между этими двумя процессами.

Таблица 1. Сравнительные характеристики поведения человека-эксперта и активного агента эротетического диалога

Характеристики поведения эксперта при решении плохо формализуемой задачи	Характеристики поведения активного агента эротетического диалога
Многошаговый процесс. На каждом шаге выполняется простое действие, в результате чего образуется некоторый промежуточный результат. Эксперт знает, какой должен быть следующий шаг. Процедурные знания эксперта – это знания о связях между предыдущими результатами и последующим действием. Часто действие, выполняемое в шаге, и полученный результат находятся в отношении «часть – целое»	Многошаговый процесс. На каждом шаге-транзакции активный агент передаёт реактивному агенту вопрос и получает релевантный ответ. Активный агент формирует последующий вопрос после анализа полученного ответа с учётом «глубины диалога», «истории ответов» и «истории вопросов». Ответ, в логическом смысле, является частью субъекта вопроса

В [10, 11] описаны принципы организации и структура проблемно независимой диалоговой базы знаний, хранящей знания активного диалогового агента, необходимые для поддержки диалогового процесса эротетического типа.

Одним из принципов, положенных в основу структуры диалоговой базы знаний, является раздельное хранение процедурных и декларативных знаний. Декларативные знания активного агента хранятся в памяти вопросов *QueMem*, а процедурные знания активного агента, или диалоговый метод решения задачи, – в компоненте, названном диалоговый метод доступа к памяти вопросов *DiAM* (Dialogue Access Method). На рис. 2 приведена логическая структура диалоговой базы знаний.

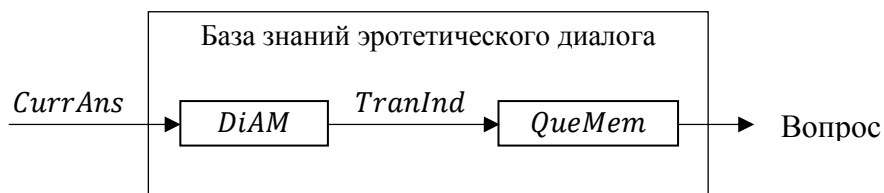


Рис. 2. База знаний эротетического диалога. *CurrAns* – текущий ответ реактивного агента; *TranInd* – имя последующей транзакции

Память вопросов *QueMem* хранит описание вопросов в виде спецификаций, достаточных для их интерпретации через видео и/или аудиоканалы компьютера. Память вопросов представляет собой память с прямым методом доступа и возвращает спецификации вопроса в ответ на имя диалоговой транзакции. Диалоговая транзакция – это однократный обмен вопросом и ответом между диалоговыми агентами. С каждой диалоговой транзакцией связан только один вопрос активного агента.

Задачей диалогового метода доступа *DiAM* является преобразование текущего ответа реактивного агента *CurrAns* в имя последующей транзакции *TranInd*. Процедурные знания эксперта представлены в *DiAM* в виде сетевой структуры, состоящей из цепочек транзакций, а процесс решения задачи представляет собой управляемый поиск целевого узла или целевой траектории. Ясно, что такой подход а priori предполагает, что сценарий активного агента содержит множество всех искомых результатов решения задачи.

Диалоговый метод доступа состоит из связанных между собой узловых элементов. Отдельный узел *DiAM* соответствует одной транзакции. В каждый момент времени активным является только один узел. Сеть *DiAM* неоднородна в том смысле, что она строится из узлов разных типов. Узлы отличаются назначением, описанием и правилом навигации. Идея неоднородности сети *DiAM* является принципиальной и означает, во-первых, что сеть состоит из разнотипных узловых элементов, а во-вторых, что возможна различная типология узловых элементов. В подавляющем большинстве случаев сеть *DiAM* может конструироваться из трех типов узловых элементов [10].

- Узел прямой навигации (узел типа *Node1*). Это узел, который соответствует транзакции, находящейся внутри сценария и предполагающей продолжение диалога. Для узла типа *Node1* имя следующей транзакции определяется только на основании имени текущей транзакции.

- Узел условной навигации (узел типа *Node2*). Это узел, который также соответствует транзакции, предполагающей продолжение диалога. Для узла типа *Node2* имя следующей транзакции определяется на основании имени текущей транзакции и истории ответов на предыдущих транзакциях.

- Целевой узел (узел типа *Node3*). Это узел, которым завершается диалоговый процесс.

Определение следующей транзакции и активизацию соответствующего узла осуще-

ствяет унифицированный процесс *DiMC* (Dialogue Method Cycle). Унифицированность процесса *DiMC* означает, во-первых, что для выполнения любой транзакции необходимо выполнить одну и ту же последовательность действий, а во-вторых, что эта последовательность действий не зависит от задачи, решаемой в процессе диалога.

Среди действий, выполняемых *DiMC*, есть две деятельности, требующие уточнения. Во-первых, это деятельность, при помощи которой осуществляется интерпретация вопроса и, во-вторых, деятельность, при помощи которой осуществляются обработка ответа и формирование имени следующей транзакции. Поскольку *DiMC* – это унифицированный процесс, который «единообразно» обрабатывает любую транзакцию, то, как интерпретация вопроса, так и обработка ответа, должны быть стандартизованы. Иными словами, *DiMC* должен уметь неким стандартным способом генерировать любой вопрос и обрабатывать любой ответ. Ясно, что даже при достаточно обширном стандарте могут встречаться случаи, когда стандартных средств недостаточно. Например, при генерации вопроса в том случае, когда он представлен не вербально, невозможно учесть все многообразие невербальной презентации информации. Необходимость в нестандартных средствах становится особенно очевидной, когда при обработке ответа необходимо выполнить специфическую численную обработку. Поэтому, кроме базового процесса *DiMC*, целесообразно использовать «внешние», по отношению к *DiMC*, процессы. Эти процессы должны вызываться из *DiMC* и возвращать ему управление после завершения работы. Данные процессы получили наименование *процессы-демоны* [12]. Таким образом, в общем случае, в системе диалоговой базы знаний должна присутствовать библиотека специализированных процессов-демонов

*QueDemon* и *AnsDemon*,

которые могут осуществлять «дообработку» вопроса или ответа на любой транзакции в том случае, когда стандартных средств *DiMC* недостаточно.

### **3. Диалоговая имитация работы эксперта при моделировании явления тепло- и массопереноса**

Рассмотрим пример, иллюстрирующий организацию и практическое использование интеллектуальной САПР на основе диалоговой базы знаний. Часто при разработке программ, используемых для математического моделирования явлений тепло- и массопереноса, основные усилия разработчиков направлены на создание и совершенствование методоориентированного ядра программы, поскольку здесь можно опереться как на хорошо разработанный математический аппарат, так и на традиционные технологии программирования [13, 14]. Автоматизации процесса решения плохо формализуемых задач, «окружающих» методоориентированное ядро, уделяется значительно меньше внимания. Такое распределение приоритетов снижает эффект от применения системы автоматизированного проектирования. В качестве примера можно рассмотреть процесс теплофизического проектирования элемента конструкции энергетической установки. Расчётный блок в такой системе используется для определения полей температур или термических напряжений с помощью либо метода сеток, либо метода конечных элементов. В зависимости от производительности компьютера и количества используемых элементов этот процесс продолжается единицы или десятки минут, в то время как подготовка сетевой модели и данных, необходимых для расчёта, занимает недели и месяцы работы эксперта. Не менее трудоёмок процесс интерпретации экспертом полученных массивов чисел, то есть переход от полей температур или напряжений к конкретным конструкторским решениям. Использование компьютера как на начальном этапе проектирования, так и на этапе интерпретации расчётных результатов, предполагает умение решать плохо формализуемые задачи, имитирующие работу человека-эксперта.

Будем считать, что в общем случае интеллектуальная САПР состоит из трёх программных блоков.

1. Проблемно-ориентированный блок, предназначенный для снабжения расчётного ядра системы данными, необходимыми и достаточными для выполнения расчётов.

2. Методо-ориентированный блок, предназначенный для выполнения расчётов.

3. Проблемно-ориентированный блок, предназначенный для интерпретации результатов, полученных с помощью блока 2.

Блок 2 строится на базе одного из известных численных методов и реализуется существенно алгоритмически. Блоки 1 и 3 – это блоки, предназначенные для решения совокупности плохо формализуемых задач, методы решения которых представляют собой эвристические правила, объединённые логикой эксперта.

В табл. 2 приведены несколько примеров трёхблочной организации интеллектуальной САПР.

Таблица 2. Примеры трёхблочной организации интеллектуальной САПР

Область применения САПР	Назначение блока		
	Блок 1	Блок 2	Блок 3
Теплофизическое проектирование	Генерация конечно-разностного аналога	Расчёт температурного поля методом сеток	Анализ температурного поля. Генерация данных для параметрических расчётов
Прочностное конструирование	Генерация конечно-элементного аналога	Расчёт поля напряжений методом конечных элементов	Анализ поля напряжений. Генерация данных для параметрических расчётов
Проектирование интегральных схем	Генерация логической схемы	Поверочный расчёт методом верификации электронных схем	Анализ результатов верификации. Редактирование логической схемы

В последующей части параграфа описана применимость диалоговой базы знаний для решения плохо формализуемых задач, возникающих в процессе моделирования явлений теплопереноса (первая строка табл. 2). Идея диалоговой базы знаний легла в основу пакета программ под наименованием «Термоанализатор», разработанного в Одесском институте низкотемпературной техники и энергетики по заданию НИИ «Шторм» (г. Одесса) в конце 90-х годов. Программа «Термоанализатор» обеспечивает полный цикл моделирования (ввод данных – расчёт – отображение результатов) стационарных и нестационарных полей температур неоднородных по своему составу объектов произвольной геометрической формы при разнообразных граничных условиях. Описание пакета программ «Термоанализатор» можно найти в [15].

Основная задача, которая ставилась при разработке пакета «Термоанализатор», заключалась в проектировании интеллектуального компонента, хранящего эвристические знания специалистов в области моделирования теплопереноса в таком виде, который делает их доступными для использования неспециалистами. Интеллектуальный компонент реализует функции первого и третьего блоков трёхблочной организации интеллектуальной САПР (табл. 2).

В методо-ориентированном блоке пакета программ «Термоанализатор» реализована технология математического моделирования теплового состояния объектов методами пря-

мой аналогии. В основе метода – сведение дифференциального оператора (уравнение теплопроводности, начальные и граничные условия) к конечно-разностному. С этой целью исследуемый объект заменяется топологически адекватной ему сеточной моделью (дискретным аналогом), для каждого узла которой составляется уравнение теплового баланса, совокупность которых образует систему линейных алгебраических уравнений [16].

Система формирования дискретного аналога является диалоговой и по форме, и с точки зрения метода решения плохо формализуемых задач. Особенностью реализации диалогового процесса, при решении задачи формирования дискретного аналога, является фиксированное закрепление роли активного агента диалога за программой. Таким образом, в ходе формирования дискретного аналога вопросы всегда задаёт программа, а отвечает на эти вопросы всегда оператор-пользователь. Программа «знает», с какого вопроса необходимо начать диалог и каким очередным вопросом необходимо отреагировать после получения ответа на предыдущий вопрос. Вопрос, являющийся переносчиком декларативных знаний, строится в соответствии с теорией Белмана и Стила [17], рассматривающей логическую структуру вопроса как совокупность субъекта вопроса и требования вопроса. На рис. 3 приведен фрагмент сценария диалогового метода «оценка мерности модели» в виде сети Петри.

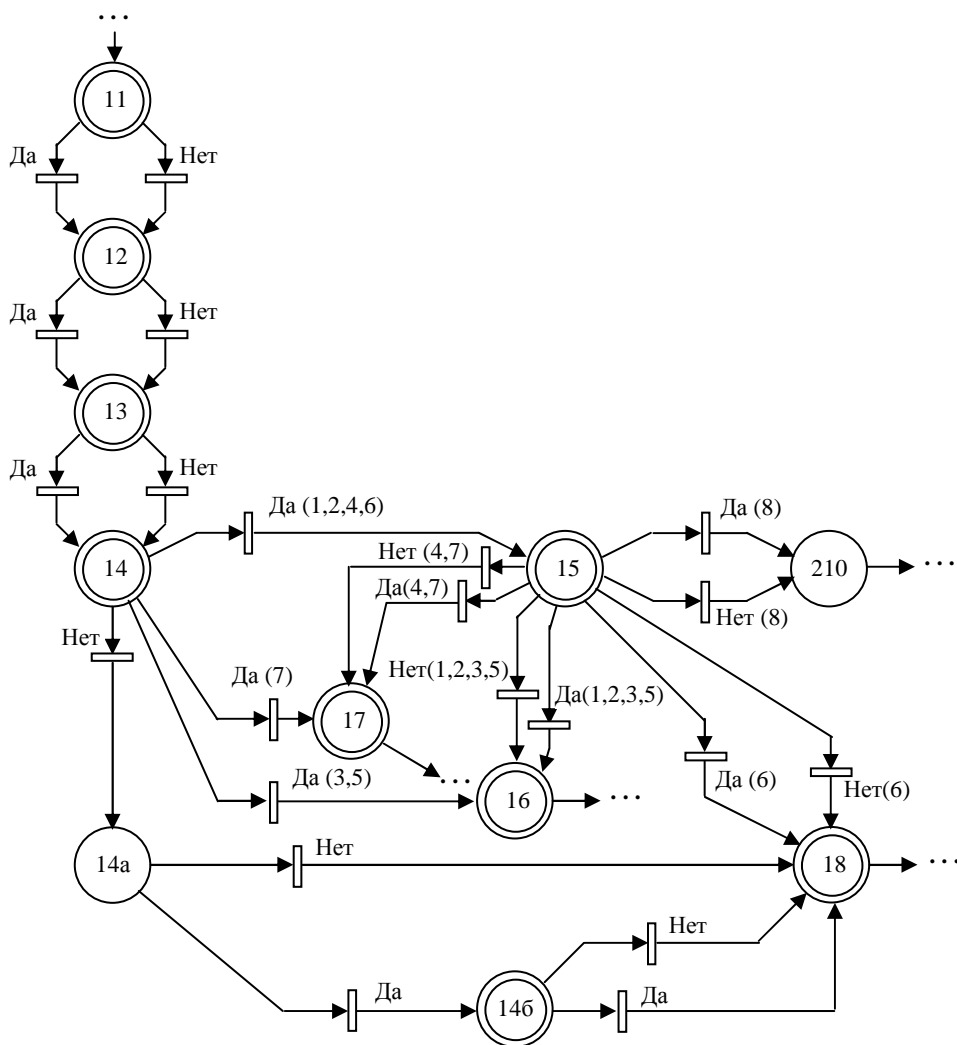


Рис. 3. Фрагмент сценария диалогового метода «оценка мерности модели»

Как видно из фрагмента сценария, приведенного на рис. 3, активный агент диалога

(программа «Термоанализатор») на каждой транзакции ожидает ответ «Да» или «Нет». Для упрощения сценария при определении имени следующего шага используется процедура-демон. Аккумулятор ответов оператора представляет собой два одномерных массива: M1[1..3] и M2[1..3], хранящих комбинации нулей и единиц. Для определения имени следующей транзакции агент-демон использует содержимое массива M1, представляющее собой целое число, в диапазоне от 1 до 8.

На рис. 3 приняты следующие обозначения.

Позиция, изображённая в виде удвоенной окружности, означает, что при вычислении имени следующей транзакции используется процедура-демон, а позиция, изображённая в виде одинарной окружности, означает, что при вычислении имени следующей транзакции процедура-демон не используется.

Переходы подписаны ответами «Да» или «Нет». Если после перечисленных ответов изображены круглые скобки, то переход является условным. Он выполняется в том случае, когда, кроме утвердительного или отрицательного ответа оператора, учитывается возвращаемое демоном значение. Список чисел в скобках является альтернативным. Например, если переход имеет надпись: «Да (1,2,4,6)», то это означает, что оператор ответил «Да», а демон вернул одно из чисел в скобках.

В табл. 3 приведена расшифровка используемых на рис. 3 вопросов и ответов.

Таблица 3. Табличное описание сценария «оценка мерности модели»

Имя транз.	Содержание вопроса	Ожидаемый ответ	Аккумулятор ответов		Значение, возвращаемое демоном	Имя следующей транзакц.
			M1	M2		
11	Можно ли предположить однородность материала вдоль оси X?	Да	M1[1]:= 0			12
		Нет	M1[1]:= 1			12
12	Можно ли предположить однородность материала вдоль оси Y?	Да	M1[2]:= 0			13
		Нет	M1[2]:= 1			13
13	Можно ли предположить однородность материала вдоль оси Z?	Да	M1[3]:= 0		1..7	14
		Нет	M1[3]:= 1		8	210
14	Есть ли на поверхностях, ограничивающих объект по оси X, участки, температура которых известна до решения задачи?	Да		M2[1]:= 1	1, 2, 4, 6	15
					3, 5	16
					7	17
		Нет				14a
14a	Поверхности, ограничивающие объект по оси X, теплоизолированы?	Да				14б
		Нет				18
14б	Теплообменом между объектом и окружающей средой по этим поверхностям в направлении оси X можно пренебречь?	Да		M2[1]:= 0		18
		Нет	M1[1]:= 1			18
15	Температуры хотя бы на одной из этих поверхностей по координате Y изменяются?	Да	M1[2]:= 1		1, 2, 3, 5	16
					4, 7	17
		Нет	M1[2]:= 0		6	18
					8	210



210	Ваш объект может быть представлен трёхмерной моделью (сеточным аналогом). Правомерность применения модели меньшей мерности можно установить только на основе анализа результатов моделирования	Нажатие любой клавиши				Главное меню системы
-----	--	-----------------------	--	--	--	----------------------

Помимо своего основного назначения, подсистема оценки мерности может быть полезна начинающему оператору в приобретении навыков математического моделирования теплового состояния объектов, а также для углубления представления оператора о моделируемом объекте и его взаимодействии с окружающей средой.

Интеллектуальный компонент пакета программ «Термоанализатор» включает следующие подсистемы:

- подсистема экспертной оценки мерности математической модели;
- подсистема формирования сеточной модели;
- подсистема автоматизированного вычисления коэффициентов теплообмена;
- подсистема обеспечения справочной информацией;
- подсистема интерпретации результатов моделирования;
- архив сеточных моделей.

Концепция построения подсистемы автоматизированного вычисления коэффициентов теплообмена предполагает использование двух подходов:

- объектно-независимый подход, предполагающий, что определение коэффициента теплообмена выполняется на основе детальных характеристик свойств поверхности омывающей её среды и т.д.;
- объектно-зависимый подход, предполагающий, что определение коэффициентов теплообмена осуществляется для конкретных объектов (диски газовых турбин, котельные агрегаты, элементы радиоэлектронной аппаратуры и т.д.) в конкретных условиях эксплуатации.

Поиск необходимого процесса для вычисления коэффициентов теплообмена осуществляется в диалоговом режиме. Вводя качественные характеристики взаимодействия поверхности объекта с окружающей средой, оператор получает доступ к зависимости или группе зависимостей, позволяющих определить количественную характеристику конвективного теплообмена – коэффициент теплообмена и использовать её при формировании сеточной модели. Аналогичным образом осуществляются поиск и использование зависимостей для расчёта коэффициента теплообмена излучением или сложного теплообмена.

Подсистема интерпретации результатов моделирования представлена двумя опциями:

- отображением температурного поля в виде таблицы;
- отображением профиля температур для заданной оператором последовательности узлов сеточной модели.

## 6. Заключение

Философской и психологической основой организации интеллектуальных САПР может служить гипотеза Выготского о зоне ближайшего развития. Согласно этой гипотезе, применительно к интеллектуализации системы автоматизированного проектирования, проект может выполнять неквалифицированный оператор при поддержке встроенного интеллек-

туального компонента. Предлагается рассматривать процесс проектирования как эротетический диалоговый процесс между оператором и встроенным интеллектуальным компонентом. На каждой диалоговой транзакции оператор, отвечая на вопрос встроенного интеллектуального компонента, детерминирует порцию декларативных знаний, необходимых интеллектуальному компоненту для выполнения очередного шага в процессе решения задачи проектирования. Интеллектуальный компонент строится на основе концепции диалоговой базы знаний, хранящей как декларативные, так и процедурные знания, необходимые для реализации диалогового сценария, а сам диалоговый сценарий рассматривается как метод решения задачи. В статье приведен пример интеллектуальной системы автоматизированного проектирования, построенной на основе диалоговой базы знаний. Приведенный пример не является гипотетическим, а описывает реальный пакет программ, реализующий полный цикл теплофизического проектирования элементов конструкций энергетических установок. Все задачи, решаемые пакетом программ в процессе теплофизического проектирования, выполняются оператором, не обладающим специальными экспертными знаниями в области моделирования явлений тепло- и массопереноса.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vygotsky L. Mind in society: The development of higher psychological processes / Vygotsky L. – Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978. – 389 p.
2. Anderson J.R. Rules of the Mind / Anderson J.R. – Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, 1993. – 410 p.
3. Cognitive Tutors: Lessons Learned / Anderson J.R., Corbet A.T., Koedinger K.R. [et al.] // The Journal of the Learning Sciences. – 1995. – Vol. 4, N 2. – P. 167 – 207.
4. Янко Т.Е. Информационная модель диалога / Т.Е. Янко // Научно-техническая информация. – (Серия 2. «Информационные процессы и системы»). – 1990. – № 12. – С. 30.
5. Дракин В.И. Общение конечных пользователей с системами обработки данных / Дракин В.И., Попов Э.В., Преображенский А.Б. – М.: Радио и связь, 1988. – 286 с.
6. Петрушенко А.Н. О диалоговых вычислениях в алгоритмических алгебрах / А.Н. Петрушенко // Кибернетика. – 1990. – № 1. – С. 13 – 20.
7. Констейбл Р. О классах схем программ / Р. Констейбл, Д. Грис // Кибернетический сборник. – 1977. – Вып. 14. – С. 122 – 177.
8. Кузнецов В.Е. Представление в ЭВМ неформальных процедур / Кузнецов В.Е. – М.: Наука, 1989. – 202 с.
9. Harmon P. Expert Systems. Artificial Intelligence in Business / P. Harmon, D. King. – John Wiley, 1985. – 218 p.
10. Chmyr I. Dialogue of Partners as a Method For Non-Formal Problem Solving / Maddy D. Brouwer-Janse, Thomas L. Harrington (ed.) // Collection: Human-Machine Communication for Educational Systems Design, NATO ASI Series F129. – Berlin: Springer-Verlag, 1994. – P. 221 – 228.
11. Чмырь И.А. Представление процедурных знаний в диалоговой базе знаний / И.А. Чмырь // Математичні машини і системи. – 2008. – № 1. – С. 106 – 114.
12. Айтьян С.Х. Инструментальные средства разработки экспертных систем на ПЭВМ / С.Х. Айтьян, К.Р. Гуарян // Микропроцессорные средства и системы. – 1989. – № 6. – С. 55 – 61.
13. Математика и САПР. – М.: Мир, 1988. – Кн. 1. – 190 с.
14. Математика и САПР. – М.: Мир, 1989. – Кн. 2. – 215 с.
15. Коноплев И.Д. Применение диалоговых методов при моделировании явлений тепло-массопереноса / И.Д. Коноплев, Л.С. Остапенко, И.В. Соловьева // Тепловые режимы, термостатирование и охлаждение радиоэлектронной аппаратуры (ТРЕО). – 1992. – Вып. 3–4. – С. 93 – 101.
16. Коздоба Л.А. Электрическое моделирование явлений тепло- и массопереноса / Коздоба Л.А. – М.: Энергия, 1972. – 98 с.
17. Белнап Н. Логика вопросов и ответов. Прогресс / Н. Белнап, Т. Стил. – М., 1981. – 288 с.

*Стаття надійшла до редакції 14.03.2014*