

# ЛОГИКО-ЭПИСТОМОЛОГИЧЕСКИЙ И КОГНИТИВНЫЙ ПОДХОД К РЕАЛИЗАЦИИ РАННИХ СТАДИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Л.А. Козлов

*Предлагается методика реализации ранних стадий проектирования, основанная на логических, теоретико-познавательных и когнитивных аспектах деятельности конструкторского бюро, проектирующего двигатели внутреннего сгорания (ДВС).*

Проектирование является познавательной деятельностью, в процессе которой реализуется трудный путь от самых общих представлений об объекте проектирования до получения рабочих чертежей, позволяющих изготовить множество однотипных изделий. Под ранними стадиями проектирования понимается деятельность конструкторского бюро, начиная от концептуального проектирования, которая завершается построением компоновочного чертежа. Опыт разработки систем автоматизированного проектирования (САПР), говорит о том, что этот этап проектной деятельности наиболее трудно поддается автоматизации.

Познавательные подходы принято делить на логико-эпистемологические и когнитивные. К логико-эпистемологическим обычно относят категориальный анализ, теорию парадигмы по Т. Куну [1], гипотетико-дедуктивный метод «псевдоиндукции» по К. Попперу [2], модельные множества Я. Хинтики [3], концептуализацию на основе лингвистического треугольника Г. Фреге [4] и другие. Когнитивный подход предполагает использование когнитивных моделей и когнитивной графики, которые в последнее время получили признание инженеров благодаря множеству примеров их эффективного использования.

Под концептуальным проектированием понимается процесс формирования системы взглядов на объект проектирования, которые порождают определяющий замысел будущего изделия.

Полезным инструментом здесь является лингвистический треугольник Готлоба Фреге (рис. 1). Треугольник содержит три компонента «знак» - название объекта; «денотат» - сам объект; «концепт» - система представлений об объекте коллектива ученых или проектировщиков.

Ученому обычно известно название объекта, зачастую ему доступен в той или иной мере сам объект исследования. В процессе научного, в том числе экспериментального исследования, он формирует определенную систему взглядов о том, что он изучает. Проектировщик находится в иной ситуации. Ему известно название объекта, но денотата у него нет, т.к. именно его он должен создать. Выйти на денотат проектировщик может только через концепт. Это означает, что он должен изучить (познать) объект, которого пока еще нет. В последнее время компоненты треугольника Фреге получили расширенную трактовку: понятие «знак» трансформировалось в «признаковую модель», «денотат» - в «модель денотата», «концепт» - в «концептуальную модель». Это позволяет

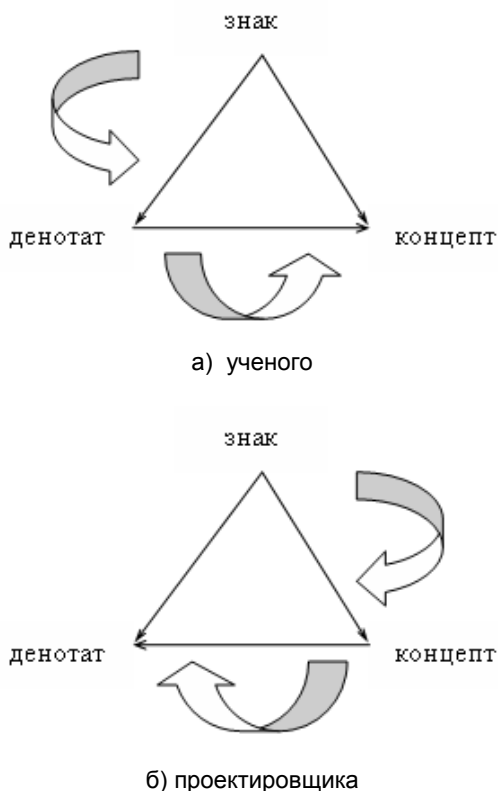


Рис. 1. Схема рассуждений об объекте с позиций ученого и проектировщика

## ЛОГИКО-ЭПИСТОМОЛОГИЧЕСКИЙ И КОГНИТИВНЫЙ ПОДХОД К РЕАЛИЗАЦИИ РАННИХ СТАДИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

делать более детальное описание объекта исследования или проектирования.

Дальнейшее рассмотрение вопроса будет опираться на материалы совместной деятельности кафедры «Системы автоматизированного проектирования» АлтГТУ и специального конструктивного бюро п.о. «Алтайдизель» (ныне Алтайский моторный завод). Для построения признаковой модели первоначально был сформирован перечень свойств, которыми должен обладать новый дизель, подлежащий проектированию. Этот перечень был представлен в виде «кортежа свойств».

W0 – дизель производственного объединения «Алтайдизель»;

W1 – дизель, наиболее полно удовлетворяющий требованиям потребителя;

W2 – дизель, требующий доработки под потребителя;

W3 – дизель, обеспечивающий наивысшую производительность трактора;

W4 – дизель с повышенным запасом крутящего момента;

W5 – дизель с регулировкой на два уровня мощности;

W6 – дизель, имеющий модификации без изменения базы;

W7 – дизель с наименьшими затратами на техническое обслуживание;

W8 – дизель, удовлетворяющий требованиям эргономики;

W9 – дизель, соответствующий современным нормативам экологии;

W10 – дизель, обладающий достаточно высоким ресурсом;

W11 – дизель, обладающий возможно низкой начальной стоимостью;

W12 – дизель с min расходом топлива и масла;

W13 – многотопливный дизель;

W14 – многоцелевой дизель;

W15 – дизель, имеющий min удельную металлоемкость;

W16 – дизель, приспособленный к автоматическим системам управления.

С точки зрения формальной логики каждая строка этого перечня является «унарным высказыванием». Из трех категорий Декарта и Локка (субстанция, атрибут, отношение) она содержит две первых. Категория «отношение» задействована при построении бинарных высказываний. Вот их перечень: J,W0,W1; J,W0,W2; A,W3,W1; A,W4,W3; A,W1,W14; A,W7,W1; O,W5,W2 A,W5,W9; A,W10,W1; O,W10,W2; J,W15,W14; A,W6,W11; E,W13,W11; A,W13,W1; A,W12,W9; E,W14,W11.

Здесь используются четыре квантофактора формальной логики:

A - всякий S есть P;

J - некоторый S есть P;

E – ни один S не есть P;

O - некоторый S не есть P.

Расшифруем некоторые из них.

J,W0,W1 – некоторый дизель п.о. «Алтайдизель» есть дизель наиболее полно удовлетворяющий требованиям потребителя;

E,W14,W11 – ни один многоцелевой дизель, не есть дизель, обладающий возможно низкой начальной стоимостью и т.д.

По своей структуре бинарные высказывания могут играть роль посылок силлогизма. Это означает, что если их рассматривать совместно, то из них вытекает множество следствий, для чего разработана специальная программа «сорит» [5, 6]. На рис.2 показаны результаты ее работы.

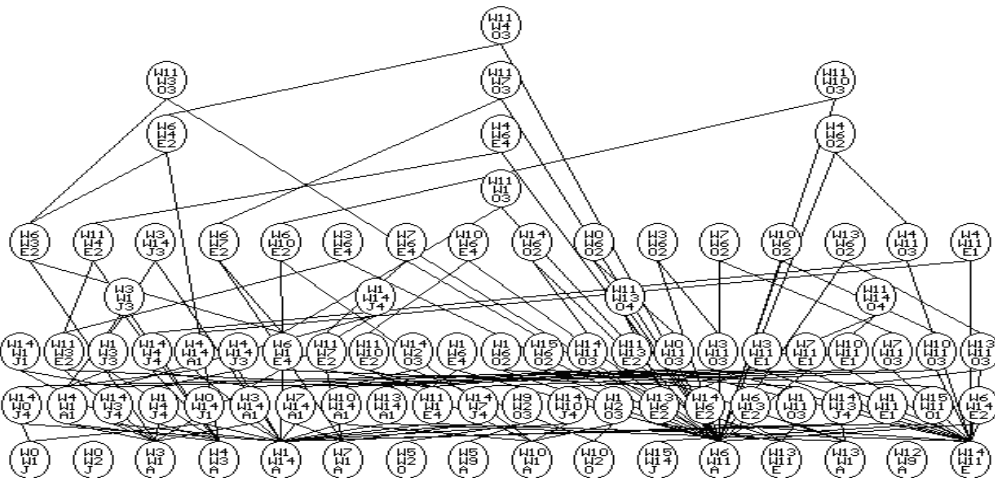


Рис. 2. Результаты работы программы «сорит»

Программа «сорит» обладает интересным свойством: она выводит на верхний уровень значимые для исследователя сущности. Здесь выделены  $W_{11}$  и  $W_6$ . Это стоимость изделия и факт наличия оборудования. Всего получено 89 выводов, отдельные из которых представляют практический интерес. Таким образом, сочетание кортежа свойств, бинарных отношений и множества выводов сорита можно рассматривать в качестве «признаковой модели», которая на данном этапе проектной деятельности дает достаточно содержательное представление о том, что предстоит сделать.

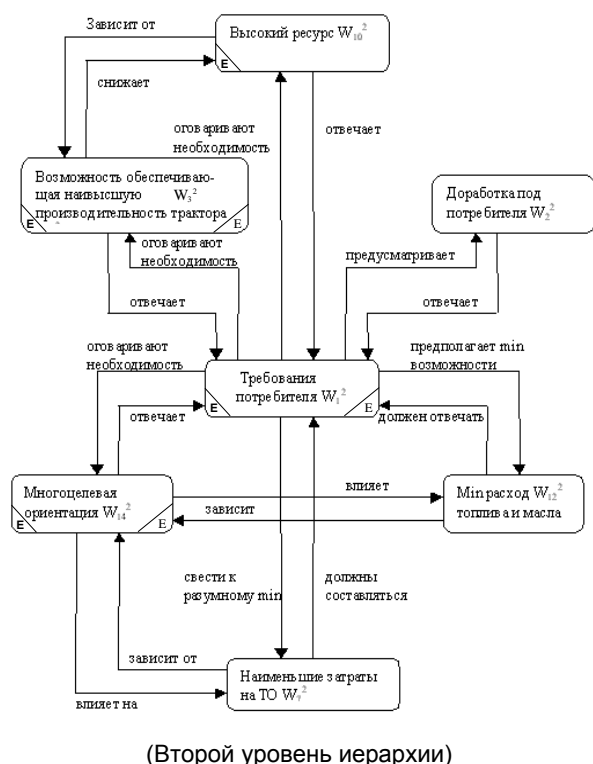
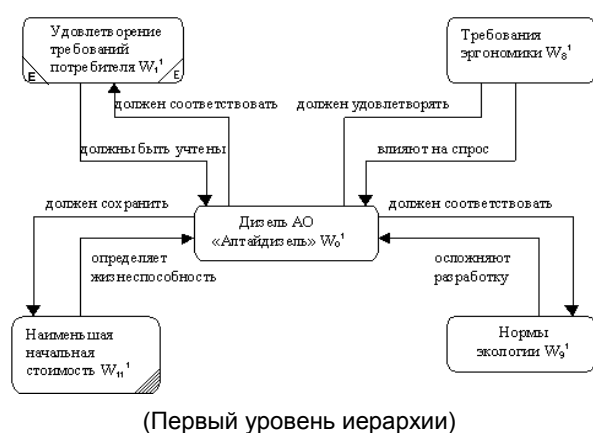


Рис. 3. Когнитивно-ориентированная иерархия семантических сетей

Следующей вершиной треугольника, представляющий интерес для проектировщика, является «модель денотата». У проектировщика пока нет денотата, но моделировать его он имеет право. В качестве такой модели может служить когнитивно ориентированная иерархия семантических сетей [5]. Представление о ней можно составить по рис.3. Модель разработана для перспективного дизеля АО «Алтайдизель».

Сеть имеет еще 2 уровня по звену «доработка под потребителя  $W_2^2$ » и по звену «начальная стоимость  $W_{11}^2$ ». Каждый блок сети дает представление о направлении деятельности. Здесь формируется представление о том, как достичь поставленной цели. Если цель недостижима, то становится ясно почему.

Концептуальная модель строится путем наложения выводов сорита на семантическую сеть. Выбираются важные сущности (у нас  $W_{11}$  и  $W_6$ ) и по тексту сорита проводится анализ какие блоки сети связаны с  $W_{11}$  и  $W_6$  квантификаторами  $E$  и  $A$ . В первом случае (когда  $E$ ) выявляются осложнения. Во втором случае (когда  $A$ ) выявляются благоприятные факторы. На рис. 3 блок  $W_{11}$  (заштрихован правый нижний угол) связан квантификатором  $E$  с блоком  $W_1^1$  «удовлетворение требований потребителя»; с блоком  $W_3^2$  «обеспечение наивысшей производительности трактора» (отчеркнут правый нижний угол стоит метка  $E$ ); с блоком  $W_{14}^2$  «многоцелевая ориентация». Это означает, что без дополнительного финансирования эти цели недостижимы. Таким образом, в результате проведенного анализа мы знаем «что делать» (сорит), знаем в общих чертах «как делать» (семантическая сеть), знаем об ограничениях предстоящей деятельности и о факторах способствующих достижению цели. Эту информацию можно рассматривать в качестве «концептуальной модели».

Компонент когнитивизма в процессе реализации ранних стадий проектирования дизелей достаточно весом. Это выбор глобальной цели проектирования, ее декомпозиция, ранжирование подцелей, построение сценариев их достижения. Известен целый комплекс когнитивных моделей, многие из которых уместны в деятельности проектировщика [5]. Наибольший интерес представляет деятельность компоновщика с точки зрения возможности ее компьютерной поддержки. Интересно, что высококвалифицированные компоновщики не отрицают возмож-

## ЛОГИКО-ЭПИСТОМОЛОГИЧЕСКИЙ И КОГНИТИВНЫЙ ПОДХОД К РЕАЛИЗАЦИИ РАННИХ СТАДИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

ности эффективности такой поддержки процесса компоновки, но требуют «настройки компьютера на себя», т.е. на свои когнитивные структуры. Изучение данного вопроса говорит о том, что задача эта трудная, но разрешимая [5]. В то же время компьютерная компоновка семейства дизелей на основе базовой модели вполне реализуема. На рис.4 показан фрагмент подобного процесса, т.е. компьютерная сборка кривошипно-шатунного механизма [7].



Рис. 4. Компьютерная сборка кривошипно-шатунного механизма

Заслуживает рассмотрения так называемая когнитивная графика. Эта графика может быть компьютерной, но от последней она отличается тем, что должна либо наводить проектировщика на новые мысли либо раскрывать ему суть скрытых явлений, инициируя на них его реакцию [8].

Обеспечение возможности использования подобной графики нередко требует некоторой изобретательности. Подобную ситуацию можно увидеть из приведенного ниже материала.

В процессе разработки семейства двигателей или в процессе модернизации работоспособной машины нередко возникает необходимость многовариантных расчетов коленчатого вала. В процессе динамического расчета коленчатого вала строятся графики сил, действующих в кривошипно-шатунном механизме, развернутых по углу поворота вала. Если ввести третью координату (число оборотов коленвала) и на этой оси строить множество графиков силы (например, суммарной) то они образуют поверхность рис.5, которая благодаря специальному программному обеспечению [9] может менять свою ори-

ентацию в пространстве. Эта графическая абстракция оказалась удобным инструментом для определения работоспособности варианта модернизации дизеля путем сравнения его с серийной машиной.

Модернизация заключалась в попытке уменьшить массу поршня с целью обеспечения возможности повышения числа оборотов коленчатого вала двигателя.

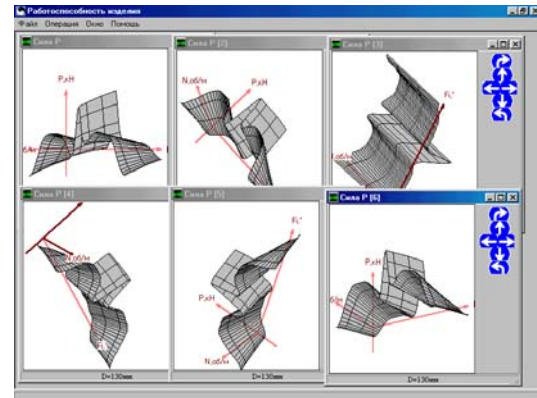


Рис. 5. Поверхность, образованная множеством графиков суммарной силы

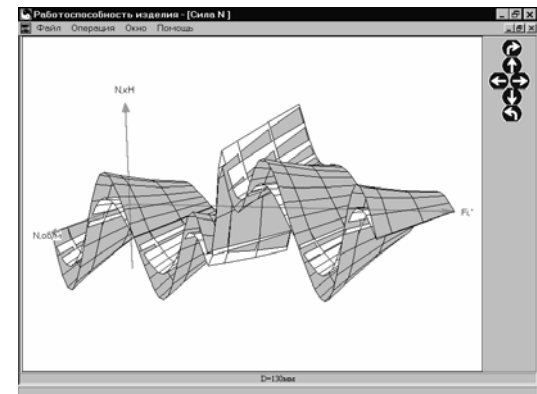


Рис. 6. Сравнение по характеристике N

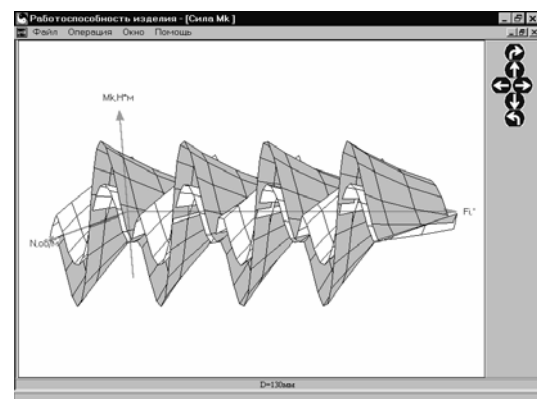


Рис. 7. Сравнение по характеристике Mk

На рис.6 и рис.7 серийная машина представлена темной поверхностью, а вариант модернизации – светлой. Если на рис.7 мы видим, что характеристика МК варианта модернизации не превышает характеристик МК серийной машины, то на рис. 6 такое превышение имеет место. На рис. 8 показан укрупненный фрагмент рис. 6.

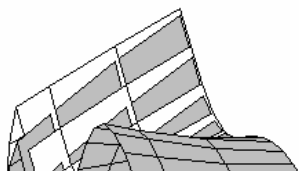


Рис. 8. Фрагмент рисунка

Важно отметить, что если бы сравнение производилось не на основе поверхностей, а на основе графиков, то этого превышения можно было бы не заметить, т.к. при некотором числе оборотов коленчатого вала характеристики двух дизелей практически совпадают. Это видно из рис. 8. В данном случае компьютерная графика обретает качество когнитивной, т.к. она инициирует необходимость проведения проверенных расчетов шатуна.

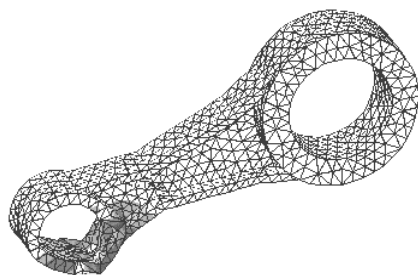


Рис. 9. Результаты проверки работоспособности шатуна

Результаты проверочного расчета шатуна, выполненного методом конечных элементов, показаны на рис. 9. Они говорят о неработоспособности верхней головки шатуна.

Можно сделать вывод, что масса поршня чрезмерно занижена. Необходима ее корректировка.

Описанная методика и разработанное программное обеспечение [6, 9] существенно повышают эффективность реализации ранних стадий проектирования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кун Т. Структура научных революций. – М.: Прогресс, 1994. – 300 с.
2. Поппер К. Логика и рост научного знания. – М.: Прогресс, 1983. – 608 с.
3. Хинтика Я. Логико-эпистимологические исследования. – М.: Прогресс, 1980. – 450 с.
4. Фреге Г. Логика и логическая семантика. М.: Аспект пресс, 2000. – 512 с.
5. Козлов Л.А. Когнитивное моделирование на ранних стадиях проектной деятельности: учебное пособие с грифом УМО. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2001. – 247 с.
6. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2002611415 Программа автоматизации построения сорита («сорит») / В.В. Павлов, Л.А. Козлов, Е.А. Переверзев, Л.А. Козлов, Е.И. Макарова / Паттерны когнитивной графики как инструментальные средства информационной поддержки жизненного цикла изделия // Ползуновский вестник. –2004.-№ 3. - С.89-92.
7. Зенкин А.А. Когнитивная компьютерная графика / Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука, 1991. – 192 с.
8. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2003610373. Построение оценочных паттернов работоспособности кривошипно-шатунного механизма. (паттерн) / П.И. Исаев, Л.А. Козлов, А.Г. Кузьмин. Заяв. 16.12.2002. Зареч. 12.02.2003.