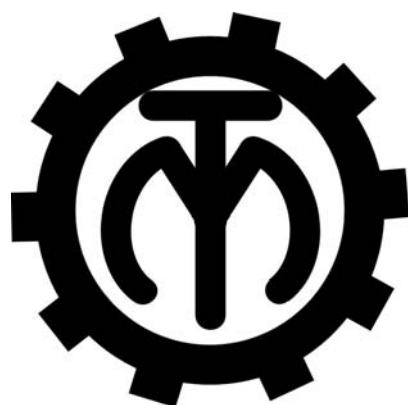


МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

# САПР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*Методические рекомендации к лабораторным работам  
для студентов специальности  
1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов  
и производств (по направлениям)»  
очной формы обучения*



Могилев 2023

УДК 621.01/.03  
ББК 30.2-5-05  
С19

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «23» марта 2023 г.,  
протокол № 12

Составитель канд. техн. наук, доц. М. Н. Миронова

Рецензент Ю. С. Романович

Методические рекомендации предназначены для выполнения лабораторных работ студентами специальности 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям)» очной формы обучения. Изложены методики выполнения лабораторных работ.

Учебное издание

## САПР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Ответственный за выпуск	В. М. Шеменков
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевнича

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2023

## Содержание

Инструкция по охране труда при проведении лабораторных работ.....	4
1 Лабораторная работа № 1. Повышение точности механической обработки на основе использования интеллектуальных систем .....	5
2 Лабораторная работа № 2. Моделирование структурных схем станочных приспособлений на основе использования семантических сетей..	13
3 Лабораторная работа № 3. Автоматизация расчета станочных приспособлений .....	17
4 Лабораторная работа № 4. Автоматизации расчета размерных цепей.....	21
Список литературы.....	26

# **Инструкция по охране труда при проведении лабораторных работ**

## ***Общие требования безопасности***

1 Для работы на ПЭВМ в компьютерном классе допускаются студенты, прошедшие обучение и проверку знаний по мерам безопасности.

2 Студенты должны соблюдать правила внутреннего распорядка. Не допускается находиться в классах в верхней одежде, в состоянии алкогольного, токсического или наркотического опьянения.

3 При проведении лабораторных работ необходимо соблюдать правила пожарной безопасности, знать места расположения первичных средств пожаротушения.

## ***Требования безопасности перед началом работы***

1 Внимательно изучить содержание и порядок проведения лабораторной работы, а также безопасные приемы ее выполнения.

2 В случае неисправности оборудования немедленно сообщить об этом преподавателю и до ее устранения к работе не приступать (работать на неисправном оборудовании запрещается).

## ***Требования безопасности во время работы***

Студенту при работе на ПЭВМ запрещается:

- прикасаться к задней стенке системного блока (процессора) при включенном питании;
- загромождать верхние панели устройств ненужными бумагами и посторонними предметами;
- допускать попадания влаги на поверхность системного блока, монитора, рабочую поверхность клавиатуры и другие устройства.

## ***Требования безопасности по окончании работы***

- 1 Произвести закрытие всех активных задач.
- 2 Отключить питание системного блока (процессора).
- 3 Осмотреть и привести в порядок рабочее место.
- 4 Предупредить преподавателя обо всех, даже малейших и незначительных, неисправностях оборудования.

# **1 Лабораторная работа № 1. Повышение точности механической обработки на основе использования интеллектуальных систем**

*Цель работы:* ознакомление с принципами управления параметрами технологических процессов с целью обеспечения точности механической обработки на основе использования семантических сетей.

## *Теоретические сведения*

Стремление преодолеть противоречие между усложнением создаваемых систем и традиционными подходами к их проектированию и обслуживанию в настоящее время определило одно из новых направлений развития систем автоматического управления точностью, связанное с применением интеллектуальных технологий.

Использование алгоритмов искусственного интеллекта открывает возможность осуществления иного подхода к данной проблеме, который предполагает отказ от статистического управления технологическим процессом на основе обобщенных экспериментальных зависимостей и использует принципы динамической обучаемости и адаптации системы управления технологическим оборудованием к реальным условиям производства.

Средством проектирования технологического процесса и оснастки могут являться компьютерные программы, использующие технологии функциональных семантических сетей, представляющих собой логическую схему, описывающую функциональные взаимосвязи между аргументами совокупности математических зависимостей. В качестве такой совокупности могут выступать аналитические или эмпирические зависимости, связывающие параметры технологического процесса и оснащения с суммарной погрешностью механической обработки.

Возможность преобразования функциональных семантических сетей в последовательность вычисляемых функций позволяет автоматизировать процедуру поиска оптимальных параметров технологического процесса и оснащения, которые обеспечивают снижение погрешности механической обработки.

Таким образом, описанные программы обладают существенным преимуществом по сравнению со стандартными программными средствами. В отличие от принятого в традиционном программировании подхода, в них жесткий алгоритм отсутствует, а последовательность вычислений формируется самостоятельно в процессе решения поставленной задачи. Это существенно снижает требования к квалификации конструктора, упрощает и ускоряет процесс поиска решения.

Семантические сети состоят из узлов и связывающих их дуг. Узлы в семантической сети соответствуют объектам, параметрам или событиям. Дуги описывают отношения между узлами.

Семантическую сеть удобно изображать в виде графа, в котором вершины отображают понятия, а ребра или дуги – отношения между ними. Таким образом, семантическую сеть можно представить тройкой объектов  $(V, E, \theta)$ , где  $V$  – множество вершин графа;  $E$  – множество ребер;  $\theta$  – функция инцидентности, которая каждому элементу множества  $E$  ставит в соответствие пару элементов из множества  $V$ .

У функциональной семантической сети множество вершин  $V$  является объединением непересекающихся подмножеств  $P$  и  $R$ , т. е.

$$V = P \cup R, \quad (1.1)$$

где  $P$  – множество параметров рассчитываемых задач, в том числе исходные данные;

$R$  – множество отношений, определяющих расчетные зависимости решаемых с помощью семантической сети задач.

$$R_i = \{f(P_1, \dots, P_j, \dots, P_k) = 0\}, \quad (1.2)$$

где  $P_j$  – элемент множества параметров сети  $P$ ;

$R_i$  –  $i$ -е отношение сети, определяющее функциональные зависимости между параметрами  $P_1, \dots, P_j, \dots, P_k$  и имеющее вид

$$f(P_1, \dots, P_j, \dots, P_k) = 0. \quad (1.3)$$

На рисунке 1.1 приведена возможная структура функциональной семантической сети, представляющей собой в общем случае двудольный граф и состоящей из  $n$  отношений и  $k$  параметров. Здесь вершины-окружности являются параметрами проектируемой системы, а вершины-прямоугольники содержат расчетные зависимости (отношения).

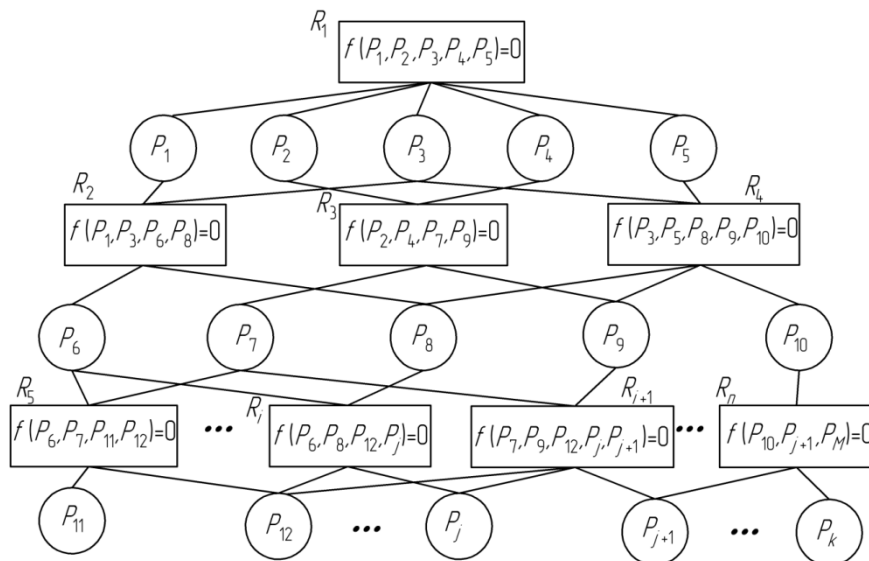


Рисунок 1.1 – Пример структуры функциональной семантической сети

Для реализации подхода, базирующегося на технологиях функциональных семантических сетей, была создана компьютерная программа Semantic. Интерфейс программного обеспечения, представленный на рисунке 1.2, ориентирован на диалог пользователя с программой как на стадии ввода исходной информации, так и при получении готового решения поставленной задачи.

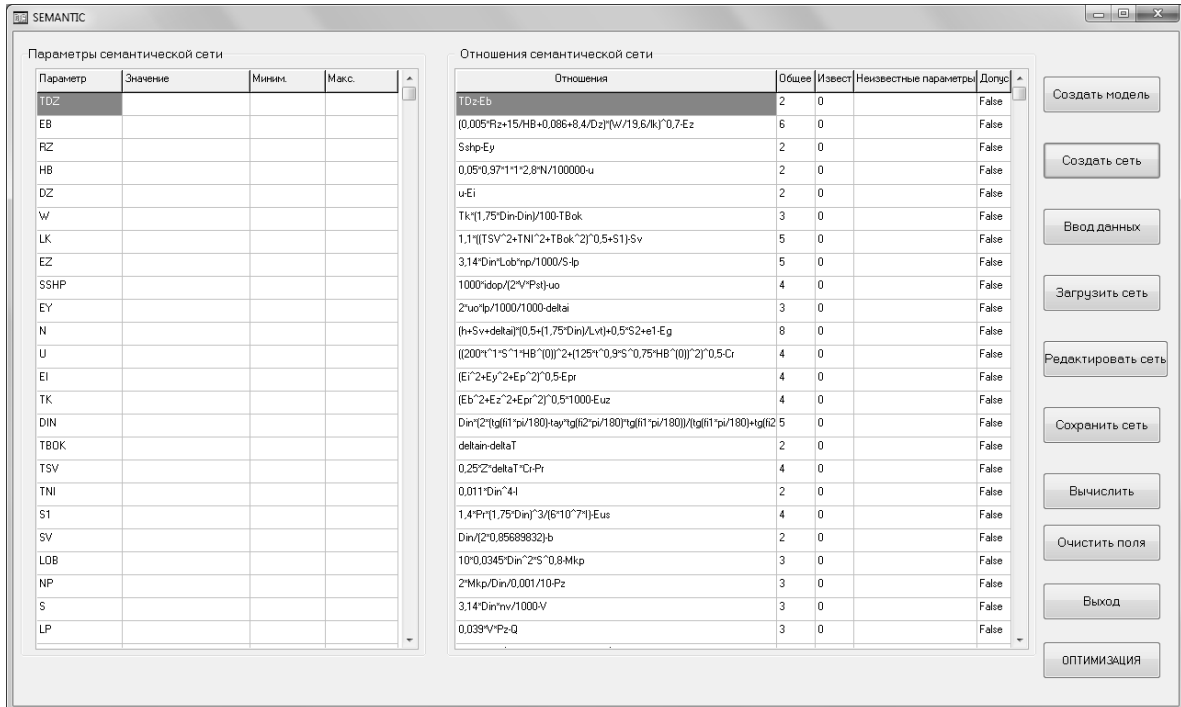


Рисунок 1.2 – Интерфейс программного обеспечения

### Задание

Определить суммарную погрешность расположения оси отверстия при сверлении с использованием приспособления, изображенного на рисунке 1.3.

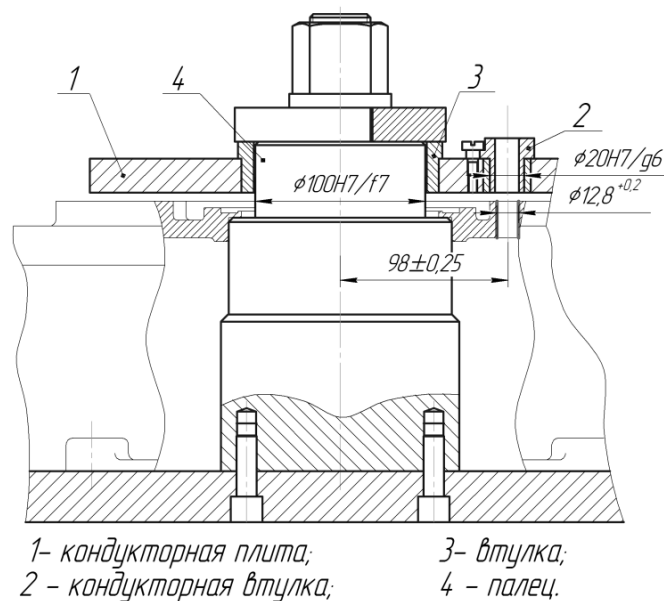


Рисунок 1.3 – Схема базирования заготовки

Исходными данными для этой задачи являются: допуск на расположение оси отверстия  $T_{obr} = 0,3$  мм; допуск базовой поверхности заготовки  $TD_Z = 0,043$  мм; число установов  $N = 50$ ; твердость материала заготовки по Бринеллю – 241 НВ; диаметр инструмента  $D_{in} = 12,8$  мм; подача сверла  $S = 0,28$  мм/об; допуск на величину обратной конусности  $T_k = 0,06$  мм; допуск на размер отверстия сменной втулки  $T_{SV} = 0,011$  мм; допуск на размер направляющей части сверла  $T_{IN} = 0,027$  мм; диаметральный зазор между сменной втулкой и сверлом  $S_1 = 0,012$  мм; высота кондукторной втулки  $l_{em} = 12$  мм; максимальный зазор между шпонкой и Т-образным пазом станка  $S_{shp} = 0,1$  мм; допуск на отклонение от соосности осей быстросменной и постоянной втулок  $TB_1 = 0,006$  мм; допуск на отклонение от соосности осей постоянной втулки и отверстия в плите  $TB_2 = 0,02$  мм; допуск на межцентровое расстояние между осями отверстий в плите  $TB_3 = 0,03$  мм; допуск на отклонение от соосности осей отверстия во втулке и отверстия в плите  $TB_4 = 0,04$  мм; допуск на отклонение от соосности осей отверстия во втулке и пальца  $TB_5 = 0,036$  мм; допуск на расположение оси обрабатываемого отверстия относительно оси пальца приспособления  $TB_7 = 0,02$  мм; допуск на эксцентricность пальца  $TB_6 = 0,003$  мм.

### **Методика выполнения лабораторной работы**

1 Загрузить интеллектуальную систему Semantic.

2 С помощью процедуры «Создать модель» (см. рисунок 1.2) сформировать функциональную семантическую сеть.

При расчете суммарной погрешности расположения оси отверстия компьютерной программой используется модуль управления точностью механической обработки, выбор которого показан на рисунке 1.4.

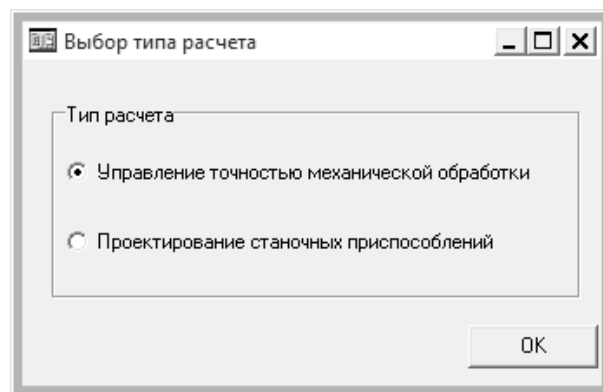


Рисунок 1.4 – Диалоговое окно выбора типа расчета программой

Характеристики процесса обработки вводятся в диалоговом режиме, при этом указываются способ обработки заготовки, материал обрабатываемой заготовки и инструмента, размеры инструмента, тип заготовки, способ ее базирования, время работы станка, принцип установки приспособления на станке, а также тип применяемой кондукторной плиты (рисунок 1.5).



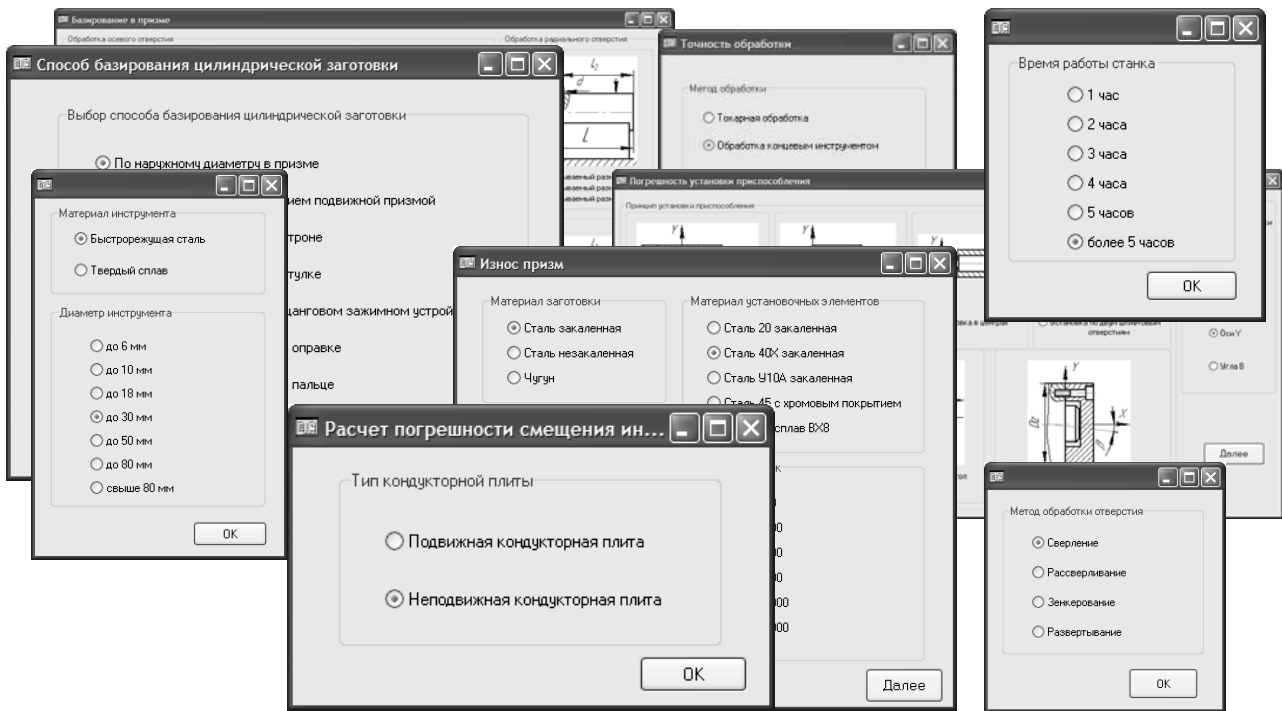


Рисунок 1.5 – Диалоговые окна выбора исходных данных

После выбора агрегатного состава проектируемой системы автоматически определяются математические отношения, которые будут использоваться при расчете погрешности обработки отверстий (рисунок 1.6).

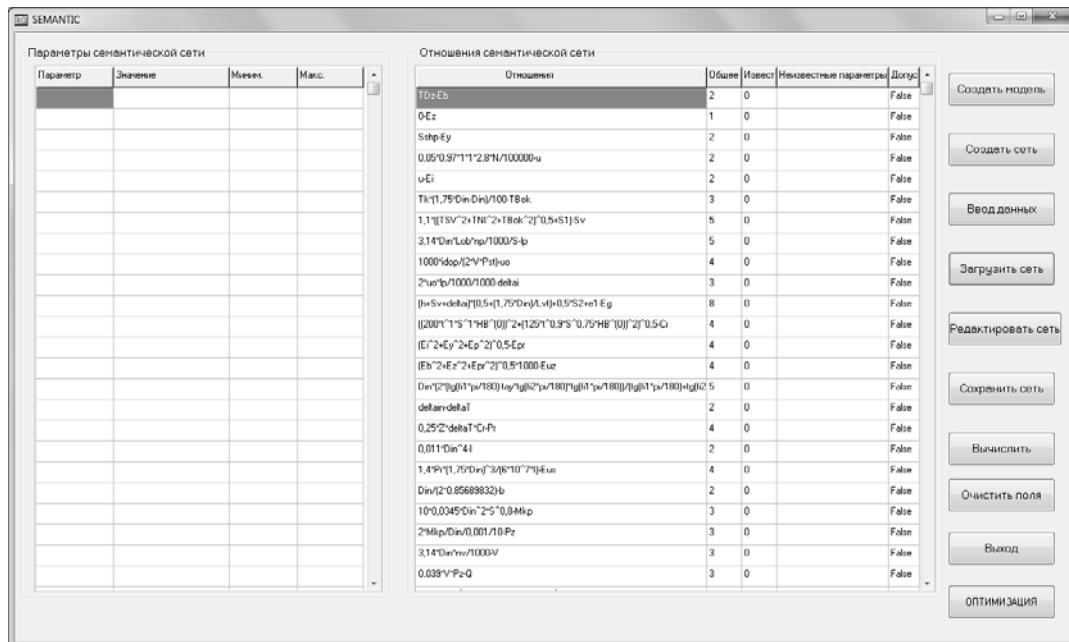


Рисунок 1.6 – Главное диалоговое окно с отношениями сети

3 С помощью процедуры «Создать сеть» (см. рисунок 1.6) анализируются полученные математические зависимости и определяются параметры, входящие в состав этих отношений.

В результате системой формируется математическая модель проек-

тируемой системы в виде функциональной семантической сети, представленной в таблицах диалогового окна (рисунок 1.7).

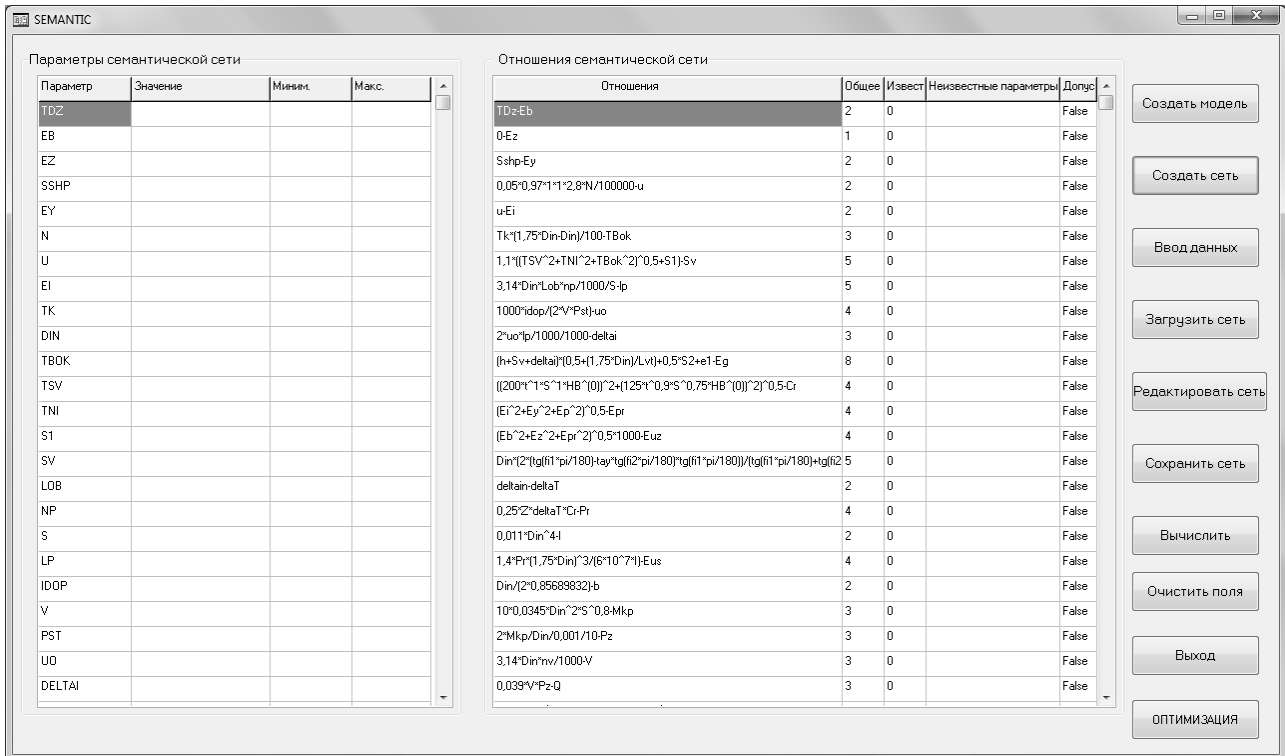


Рисунок 1.7 – Главное диалоговое окно с функциональной семантической сетью для расчета точности механической обработки

4 С помощью процедуры «Ввод данных» ввести исходные данные и наложить ограничения на параметры сети (рисунок 1.8).

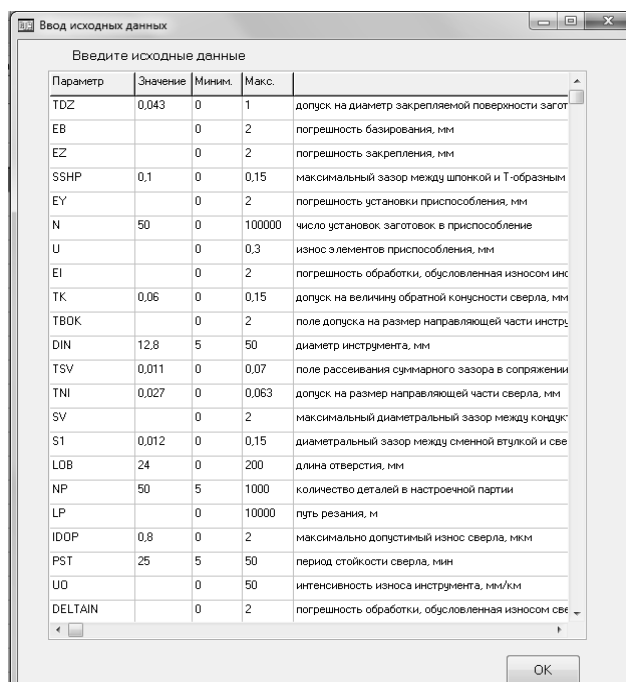


Рисунок 1.8 – Диалоговое окно ввода исходных данных



6 Сравнить полученную погрешность обработки  $\Delta_{\Sigma}$  с точностью заданного размера  $T_{obr}$ .

7 Сделать вывод об обеспечении требуемой точности обработки, т. е. проверить условие  $\Delta_{\Sigma} < T_{obr}$ .

Если условие не выполняется, осуществить выбор оптимальных параметров технологического процесса и оснащения с целью минимизации суммарной погрешности расположения оси отверстия.

Для этого указать в диалоговом окне, представленном на рисунке 1.11, управляемые параметры.

Параметр	Управление	Наименование параметра
TDZ		допуск на диаметр закрепляемой поверхности заготовки, мм
EB		погрешность базирования, мм
EZ		погрешность закрепления, мм
SSHП	1	максимальный зазор между шпонкой и Т-образным пазом стола станка, мм
EY		погрешность установки приспособления, мм
N		число установок заготовок в приспособление
U		износ элементов приспособления, мм
EI		погрешность обработки, обусловленная износом инструмента, мм
TK		допуск на величину обратной конусности сверла, мм
TBOK		поле допуска на размер направляющей части инструмента от обратной конусности, мм
DIN		диаметр инструмента, мм
TSV		поле рассеивания суммарного зазора в сопряжении «сменная втулка-инструмент», мм
TNI		допуск на размер направляющей части сверла, мм
SV		максимальный диаметральный зазор между кондукторной втулкой и инструментом, мм
S1	1	максимальный диаметральный зазор между кондукторной втулкой и инструментом, мм
LOB		длина отверстия, мм
NP		количество деталей в настроечной партии
LP		путь резания, м
IDOP		максимально допустимый износ сверла, мкм
PST		период стойкости сверла, мин
UO		интенсивность износа инструмента, мм/км
DELTA IN		погрешность обработки, обусловленная износом сверла, мм
LVT	1	длина кондукторной втулки, мм

Рисунок 1.11 – Выбор управляемых параметров

Определить новое минимальное значение суммарной погрешности расположения оси отверстия и рациональные значения выбранных управляемых параметров.

8 Оформить отчет.

### *Содержание отчета*

1 Цель работы.

2 Схема обработки.

3 Диалоговое окно со сформированной системой функциональной семантической сетью расчета на точность.

- 4 Диалоговые окна с результатами расчета системой.
- 5 Значения суммарной погрешности расположения оси отверстия и рациональные значения выбранных управляемых параметров.
- 6 Выводы.

### **Контрольные вопросы**

- 1 Назовите две основные функциональные проблемы, решаемые средствами искусственного интеллекта.
- 2 Дайте определение интеллектуальным информационным системам.
- 3 Назовите разновидности интеллектуальных систем.
- 4 Какие особенности систем искусственного интеллекта Вы знаете?

## **2 Лабораторная работа № 2. Моделирование структурных схем станочных приспособлений на основе использования семантических сетей**

**Цель работы:** ознакомление с принципами моделирования структурных схем станочных приспособлений на основе использования семантических сетей.

### **Задание**

Выбрать рациональную структуру приспособления, предназначенного для установки призматической заготовки при ее обработке на сверлильной операции. Поиск осуществить на структурных схемах, приведенных на рисунке 2.1. Приспособления предназначены для полного базирования заготовок по трем плоскостям и закрепления силами, направленными по нормали к опорной плоскости. Заготовка закрепляется с помощью диафрагменного пневмоцилиндра 3. Усилие зажима передается на прихват 1 через рычажный механизм 2.

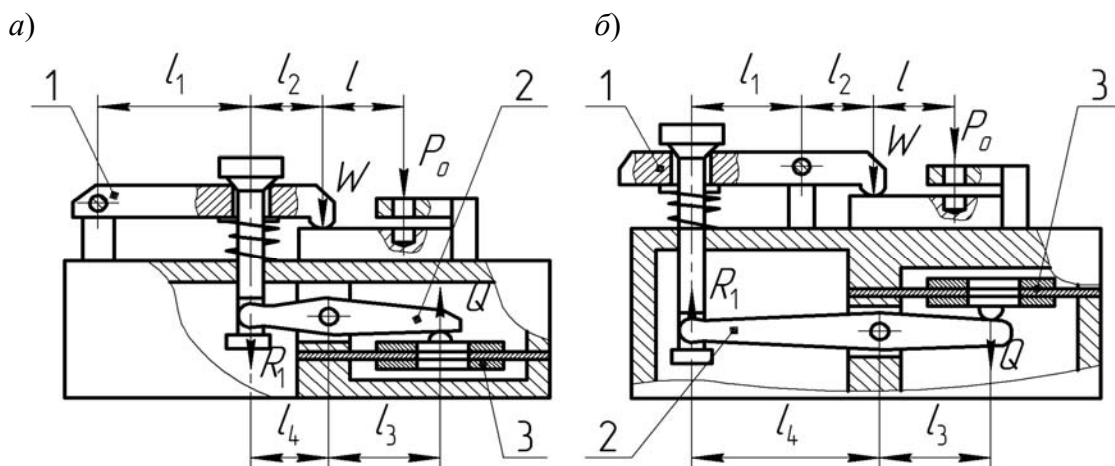


Рисунок 2.1 – Схемы проектируемых станочных приспособлений

Исходными данными являются:

- диаметр сверла  $D_{in} = 15$  мм;
- подача  $S = 0,14$  мм/об;
- предел прочности обрабатываемого материала  $\sigma_B = 750$  МПа;
- размеры  $l = 150$  мм,  $l_1 = 250$  мм,  $l_2 = 50$  мм,  $l_3 = 200$  мм;
- для приспособления, изображенного на рисунке 2.1, а,  $l_4 = 100$  мм;
- для приспособления, изображенного на рисунке 2.1, б,  $l_4 = 350$  мм;
- давление в пневмоцилиндре  $p = 0,63$  МПа;
- диаметр диафрагмы пневмоцилиндра  $D = 60$  мм.

В качестве критерия выбора рациональной структуры приспособления использовать коэффициент усиления механизма.

### Методика выполнения лабораторной работы

1 Загрузить интеллектуальную систему Semantic. Моделирование средств технологической оснастки с помощью системы позволяет осуществлять поиск рациональных вариантов конструктивных схем станочных приспособлений и получить наиболее высокие показатели функционирования выбранного приспособления.

2 С помощью процедуры «Создать модель» (рисунок 2.2) сформировать функциональную семантическую сеть.

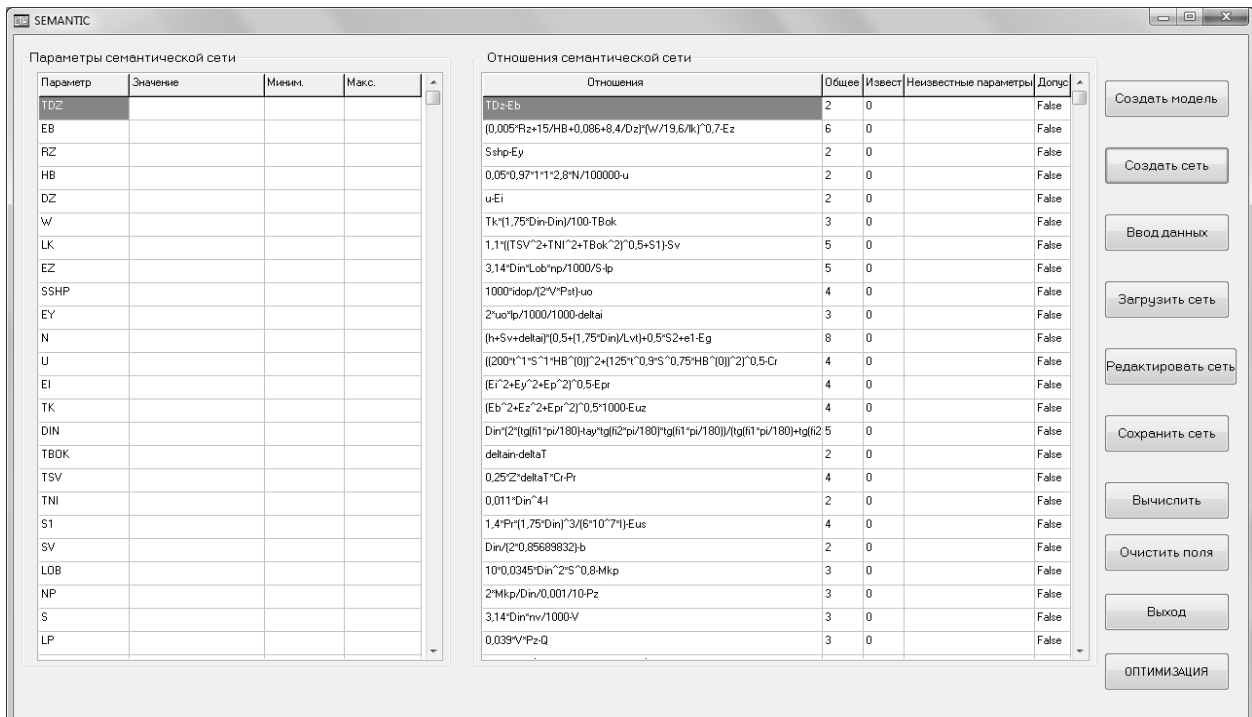


Рисунок 2.2 – Интерфейс программного обеспечения

При расчете приспособлений программой используется модуль проектирования станочных приспособлений, выбор которого показан на рисунке 2.3.

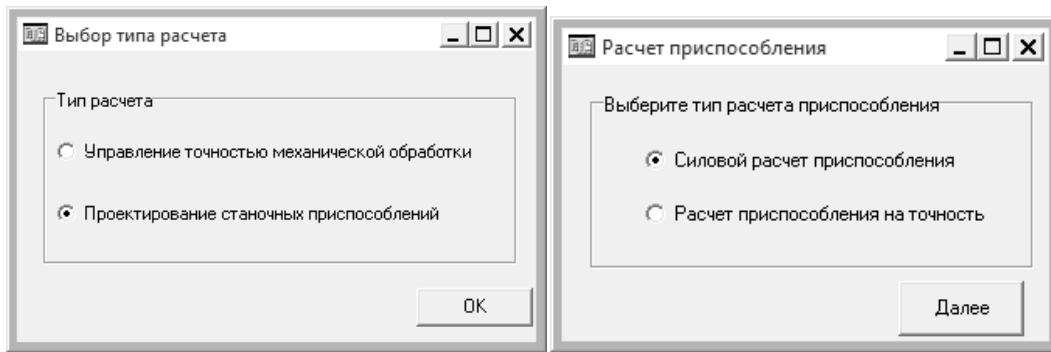


Рисунок 2.3 – Диалоговые окна выбора типа расчета системой

Для выбора рациональной структуры приспособления с помощью пользовательского интерфейса ввести в систему описание технической модели, т. е. указать вид обработки, тип заготовки, а также перечислить агрегатный состав проектируемой системы.

На рисунке 2.4 показан выбор зажимных механизмов станочного приспособления, изображенного на рисунке 2.1, а.

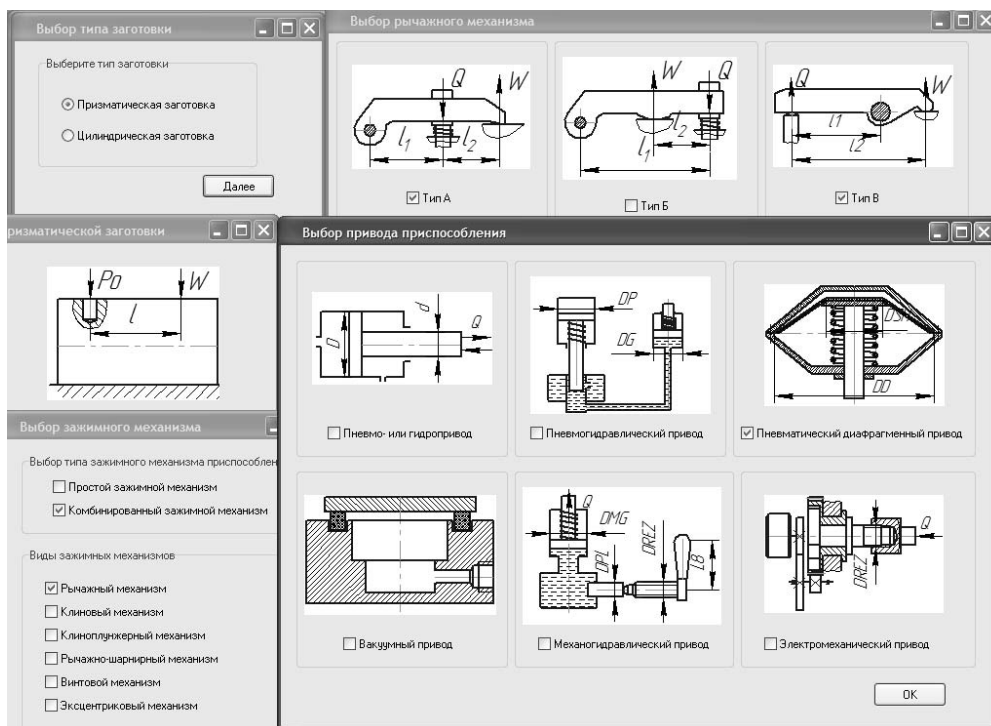


Рисунок 2.4 – Диалоговые окна выбора зажимных механизмов приспособления, изображенного на рисунке 2.1, а

3 С помощью процедуры «Создать сеть» (см. рисунок 2.2) сформировать математическую модель приспособления в форме функциональной семантической сети.

4 С помощью процедуры «Ввод данных» (см. рисунок 2.2) ввести исходные данные (рисунок 2.5).





### Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение семантическим сетям.
- 2 Назовите виды семантических сетей.
- 3 Дайте определение функциональным семантическим сетям.
- 4 Как осуществляется поиск решений на семантических сетях?

## 3 Лабораторная работа № 3. Автоматизация расчета станочных приспособлений

**Цель работы:** ознакомление с принципами силового расчета станочных приспособлений на основе использования семантических сетей.

### Задание

Выполнить силовой расчет станочного приспособления, используемого на вертикально-сверлильной операции и предназначенного для полного базирования заготовок по трем плоскостям и закрепления силами, направленными по нормали к опорной плоскости. Закрепление заготовки осуществляется с помощью пневмоцилиндра. Усилие зажима передается на прихват через клиновый механизм (рисунок 3.1).

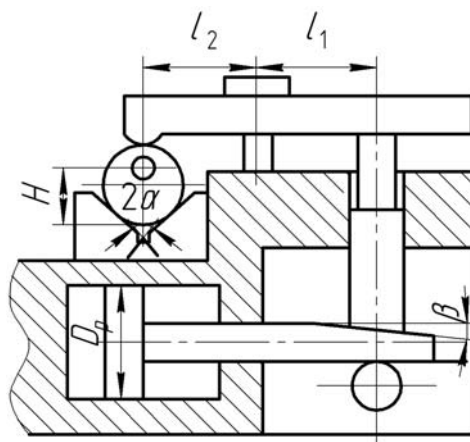


Рисунок 3.1 – Схема проектируемого приспособления

Исходными данными поставленной задачи являются:

- диаметр сверла  $D_{in} = 10$  мм;
- подача сверла  $S = 0,28$  мм/об;
- предел прочности обрабатываемого материала  $\sigma_B = 750$  МПа;
- расстояние между точками приложения сил зажима и закрепления заготовки  $l_1 = 150$  мм;
- расстояние от опоры рычажного механизма до точки приложения силы закрепления  $l_2 = 250$  мм;
- угол скоса клина  $\beta = 30^\circ$ ;

- половина угла призмы  $\alpha = 45^\circ$ ;
- давление в пневмоцилиндре  $p = 0,63$  МПа.

### Методика выполнения лабораторной работы

- 1 Загрузить интеллектуальную систему Semantic.
- 2 С помощью процедуры «Создать модель» (рисунок 3.2) сформировать функциональную семантическую сеть.

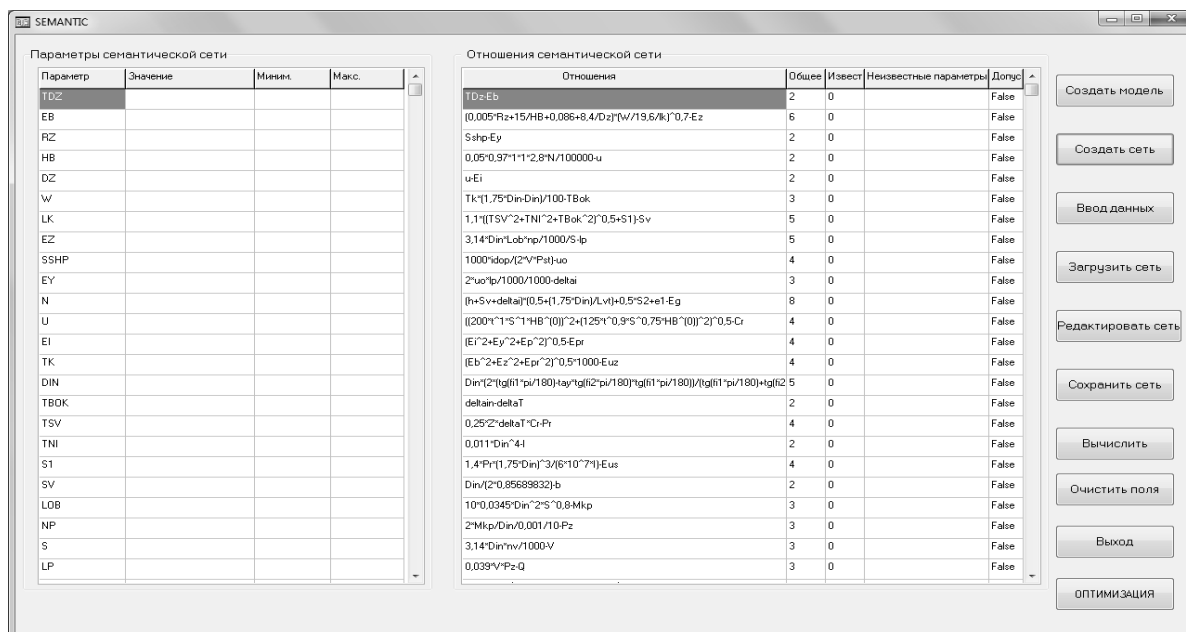


Рисунок 3.2 – Интерфейс программного обеспечения

Для формирования функциональной семантической сети системой используется модуль проектирования станочных приспособлений (рисунок 3.3).

При силовом расчете станочных приспособлений программой Semantic используется модуль силового расчета, осуществляющего расчет силы закрепления заготовки, а также расчет зажимных механизмов и привода приспособления.

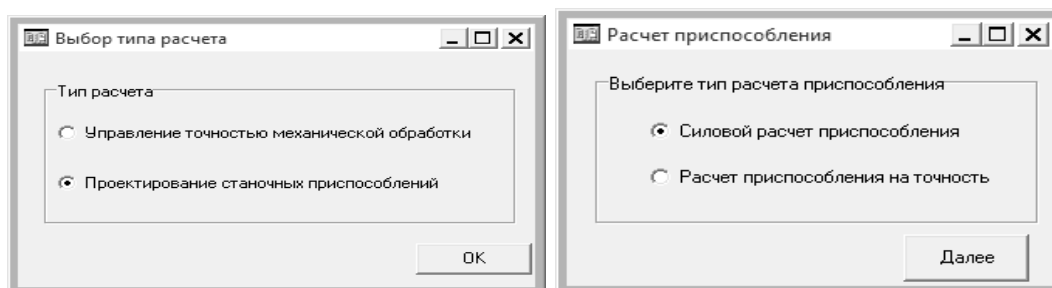


Рисунок 3.3 – Диалоговые окна выбора типа расчета системой

- 3 В диалоговом режиме ввести характеристики процесса обработки и проектируемого приспособления. Указать способ обработки отверстия,

материал обрабатываемой заготовки и инструмента, вид зажима, площадь контакта заготовки с опорным элементом приспособления, тип заготовки и обрабатываемого отверстия, а также агрегатный состав проектируемой системы. Диалоговые окна выбора исходных данных представлены на рисунке 3.4.

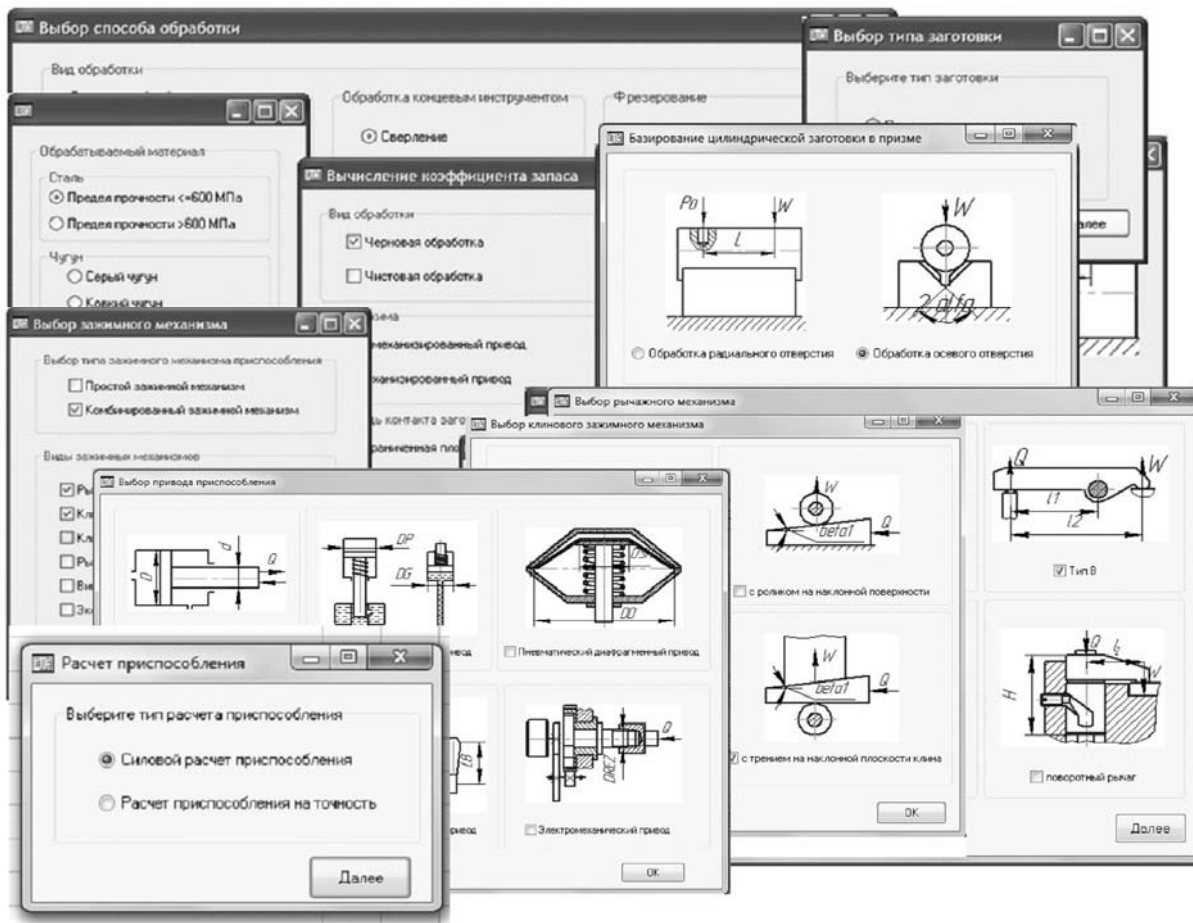


Рисунок 3.4 – Диалоговые окна выбора исходных данных

4 С помощью процедуры «Создать сеть» (см. рисунок 3.2) анализируются полученные математические зависимости и определяются параметры, входящие в состав этих отношений. В результате системой формируется математическая модель проектируемой системы в виде функциональной семантической сети.

5 С помощью процедуры «Ввод данных» ввести исходные данные и наложить ограничения на параметры построенной сети (рисунок 3.5).

6 С помощью процедуры «Вычислить» (см. рисунок 3.2) определить параметры приспособления, при которых выполняется условие закрепления заготовки. В качестве такого параметра используется диаметр цилиндра пневмопривода проектируемого приспособления  $D$  (рисунок 3.6).

В результате поиска решения системой будет определен диаметр цилиндра пневмопривода проектируемого приспособления  $D$ . При этом система последовательно вычислит все неизвестные параметры, от которых зависит данная величина (рисунок 3.7).

## 7 Оформить отчет.

Введите исходные данные

Параметр	Значение	Миним.	Макс.	
DIN	10	5	80	диаметр инструмента, мм
S	0,28	0,03	2	подача инструмента, мм/об
SIGMAВ	750	400	1200	предел прочности обрабатываемого материала, МПа
Р0		0	10000	осевая сила резания, Н
KZP		1	10	коэффициент запаса по силе резания
ALFA	45	0	180	половина угла призмы
WTR		0	100000	требуемая сила закрепления заготовки, Н
L1	150	10	1000	расстояние между опорой рычага и точки приложения
L2	250	10	1000	расстояние между точками приложения силы зажима
I1		0	100000	передаточное отношение рычажного механизма
BETA1	30	0	90	угол скоса клинового механизма
I2		0	100000	передаточное отношение клинового механизма
IR		0	1000000	общее передаточное отношение сил закрепления и з
QTR		0	100000	требуемая сила зажима привода, Н
ITR		0	100000	требуемое общее передаточное отношение сил закр
WFR		0	100000	создаваемая приспособлением сила закрепления за
D	50	10	400	диаметр цилиндра пневматического или гидравличес
P	0,63	0,4	1	давление в цилиндре пневматического или гидравли
QR		0	10000	создаваемая приспособлением сила зажима приво

OK

Рисунок 3.5 – Диалоговое окно ввода исходных данных

Вычислить

Определить

Все неизвестные параметры

Параметр

OK Справка

Рисунок 3.6 – Диалоговое окно выбора рассчитываемого параметра

SEMANTIC

Параметр	Значение	Миним.	Макс.
DIN	10	5	80
S	0,28	0,03	2
SIGMAВ	750	400	1200
Р0	2769,45617377758	0	10000
KZP	2,4999771181641	1	10
ALFA	45	0	180
wTR	11954,1999228299	0	100000
L1	150	10	1000
L2	250	10	1000
I1	1,27507373690605	0	100000
BETA1	30	0	90
I2	1,11451372504234	0	100000
IR	1,42114004120231	0	1000000
QTR	8130,43294474463	0	100000
ITR	1,42110511660576	0	100000
WFR	11954,1999228299	0	100000
D	135,120208263397	10	400
P	0,63	0,4	1
QR	8130,43288886547	0	10000

Отношения	Общее	Извест	Неизвестные параметры	Допол
$10 \cdot 63 \cdot \sin(45) \cdot 1,15 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{750} / 0,75 \cdot 10$	4	4	---	True
2,5 KzP	1	1	---	True
$KzP \cdot P_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot 100 / (0,25 \cdot (1 + \sin(\alpha)) \cdot 100) \cdot WTR$	4	4	---	True
$(0,85 \cdot I_1 \cdot D \cdot I_1) \cdot I_1$	3	3	---	True
$(0,85 \cdot I_2 \cdot \beta_1 \cdot \gamma \cdot (180 + 0,0956) \cdot 0,09) \cdot I_2$	2	2	---	True
$I_1 \cdot I_2$	3	3	---	True
$QTR \cdot WTR$	3	3	---	True
$P \cdot D^2 \cdot \gamma \cdot 0,9 / 4 \cdot Q$	3	3	---	True
$WFR \cdot WTR$	2	2	---	True
$QTR \cdot QR$	2	2	---	True
$I_1 \cdot I_2$	2	2	---	True

SEMANTIC

Значение параметра D равно 135,120208263397

OK

Создать модель

Создать сеть

Ввод данных

Загрузить сеть

Редактировать сеть

Сохранить сеть

Вычислить

Очистить поля

Выход

ОПТИМИЗАЦИЯ

Рисунок 3.7 – Диалоговое окно с результатом решения программой задачи по нахождению диаметра цилиндра пневмопривода

## Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Схема станочного приспособления.
- 3 Диалоговое окно со сформированной системой функциональной семантической сетью силового расчета станочного приспособления.
- 4 Диалоговое окно с результатами расчета системой.
- 5 Выводы.

## Контрольные вопросы

- 1 Какие параметры станочных приспособлений рассчитывались?
- 2 Назовите преимущество использования систем автоматизированного проектирования.
- 3 Какие параметры станочных приспособлений были оптимизированы?
- 4 Обоснуйте выбор критериев оптимизации.
- 5 Обоснуйте выбор технических ограничений.
- 6 Обоснуйте выбор метода поиска экстремума целевой функции.

## 4 Лабораторная работа № 4. Автоматизация расчета размерных цепей

**Цель работы:** ознакомление с принципами расчета размерных цепей на основе использования семантических сетей.

### Задание

Выполнить размерный анализ станочного приспособления, изображенного на рисунке 4.1.

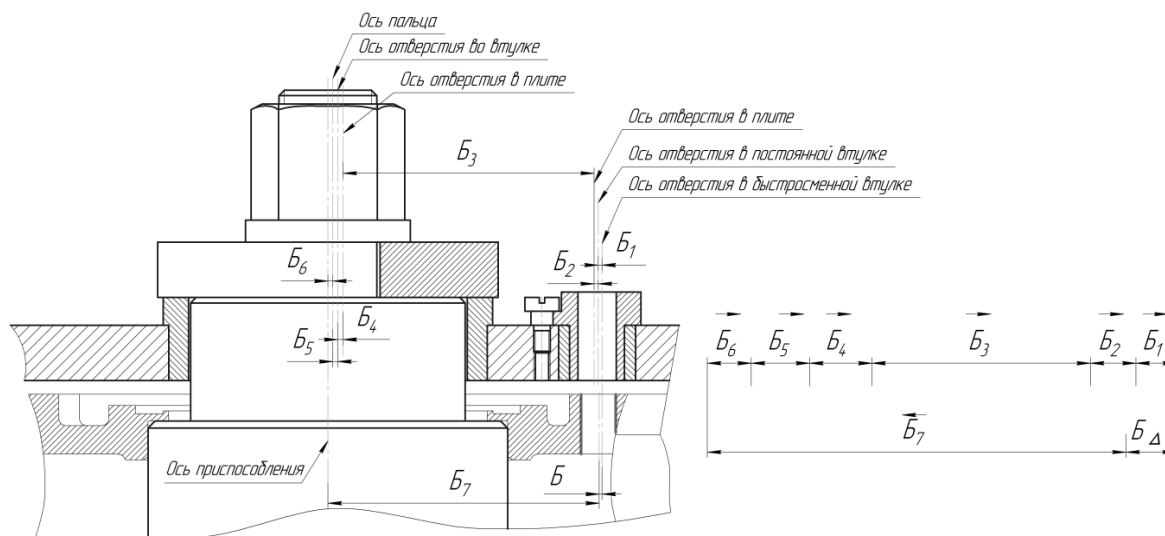


Рисунок 4.1 – Схемы взаимодействия элементов приспособления и его размерная цепь

Смещение оси отверстия от ее номинального положения определяется при решении уравнения размерной цепи  $B$  приспособления

$$B_{\Delta} = B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5 + B_6 - B_7, \quad (4.1)$$

где  $B_1$  – отклонение от соосности осей быстросменной и постоянной втулок;

$B_2$  – отклонение от соосности осей постоянной втулки и отверстия в плите;

$B_3$  – межцентровое расстояние между осями отверстий в плите;

$B_4$  – отклонение от соосности осей отверстия во втулке и отверстия в плите;

$B_5$  – отклонение от соосности осей отверстия во втулке и пальца;

$B_6$  – эксцентricность пальца;

$B_7$  – требуемое расположение оси обрабатываемого отверстия относительно технологической базы.

Исходными данными для этой задачи являются: допуск на расположение оси отверстия  $T_{obr} = 0,3$  мм; допуск базовой поверхности заготовки  $TD_Z = 0,043$  мм; число установов  $N = 50$ ; твердость материала заготовки по Бринеллю – 241 НВ; диаметр инструмента  $D_{in} = 12,8$  мм; подача сверла  $S = 0,28$  мм/об; допуск на величину обратной конусности  $T_{\kappa} = 0,06$  мм; допуск на размер отверстия сменной втулки  $T_{SV} = 0,011$  мм; допуск на размер направляющей части сверла  $T_{IN} = 0,027$  мм; диаметральный зазор между сменной втулкой и сверлом  $S_1 = 0,012$  мм; высота кондукторной втулки  $l_{sm} = 12$  мм; максимальный зазор между шпонкой и Т-образным пазом станка  $S_{shp} = 0,1$  мм; допуск на отклонение от соосности осей быстросменной и постоянной втулок  $T_{B1} = 0,006$  мм; допуск на отклонение от соосности осей постоянной втулки и отверстия в плите  $T_{B2} = 0,02$  мм; допуск на межцентровое расстояние между осями отверстий в плите  $T_{B3} = 0,03$  мм; допуск на отклонение от соосности осей отверстия во втулке и отверстия в плите  $T_{B4} = 0,04$  мм; допуск на отклонение от соосности осей отверстия во втулке и пальца  $T_{B5} = 0,036$  мм; допуск на расположение оси обрабатываемого отверстия относительно оси пальца приспособления  $T_{B7} = 0,02$  мм; допуск на эксцентricность пальца  $T_{B6} = 0,003$  мм.

### **Методика выполнения лабораторной работы**

1 Определить математические отношения, которые будут использоваться при выполнении размерного анализа станочного приспособления.

2 Полученные зависимости записать в файл текстового типа (Lab4.txt). Пример такого файла представлен на рисунке 4.2.

3 Загрузить интеллектуальную систему Semantic. С помощью процедуры «Загрузить сеть» (рисунок 4.3) открыть базу знаний, которая хранится в файле Lab4.txt.

4 С помощью процедуры «Создать сеть» сформировать математическую модель проектируемой системы в виде функциональной семантической сети,

представленной в таблицах главного диалогового окна системы Semantic (рисунок 4.4).

```

[PARAMETERS]

[NODES]
ADELTA-A1-A2-A3+A4+A5+A6
TA1-ESA1+EIA1
TA2-ESA2+EIA2
TA3-ESA3+EIA3
TA4-ESA4+EIA4
TA5-ESA5+EIA5
TA6-ESA6+EIA6
TADELTA-TA1-TA2-TA3-TA4-TA5-TA6
ECA1-(ESA1+EIA1)/2
ECA2-(ESA2+EIA2)/2
ECA3-(ESA3+EIA3)/2
ECA4-(ESA4+EIA4)/2
ECA5-(ESA5+EIA5)/2
ECA6-(ESA6+EIA6)/2
ECADELTA-(ECA1+ECA2+ECA3)+ECA4+ECA5+ECA6
ESADELTA-ECADDELTA-TADELTA/2
EIADELTA-ECADDELTA+TADELTA/2
ESA1-ECA1-TA1/2
EIA1-ECA1+TA1/2
ESA2-ECA2-TA2/2
EIA2-ECA2+TA2/2
ESA3-ECA3-TA3/2
EIA3-ECA3+TA3/2
ESA4-ECA4-TA4/2
EIA4-ECA4+TA4/2
ESA5-ECA5-TA5/2
EIA5-ECA5+TA5/2
ESA6-ECA6-TA6/2
EIA6-ECA6+TA6/2

```

Рисунок 4.2 – Пример файла текстового типа

Отношения	Общее	Извест	Неизвестные параметры	Допуск
ADELTA-A1-A2-A3+A4+A5+A6	7	0		False
TA1-ESA1+EIA1	3	0		False
TA2-ESA2+EIA2	3	0		False
TA3-ESA3+EIA3	3	0		False
TA4-ESA4+EIA4	3	0		False
TA5-ESA5+EIA5	3	0		False
TA6-ESA6+EIA6	3	0		False
TADELTA-TA1-TA2-TA3-TA4-TA5-TA6	7	0		False
ECA1-(ESA1+EIA1)/2	3	0		False
ECA2-(ESA2+EIA2)/2	3	0		False
ECA3-(ESA3+EIA3)/2	3	0		False
ECA4-(ESA4+EIA4)/2	3	0		False
ECA5-(ESA5+EIA5)/2	3	0		False
ECA6-(ESA6+EIA6)/2	3	0		False
ECADDELTA-(ECA1+ECA2+ECA3)+ECA4+ECA5+ECA6	7	0		False
ESADELTA-ECADDELTA-TADELTA/2	3	0		False
EIADELTA-ECADDELTA+TADELTA/2	3	0		False
ESA1-ECA1-TA1/2	3	0		False
EIA1-ECA1+TA1/2	3	0		False
ESA2-ECA2-TA2/2	3	0		False
EIA2-ECA2+TA2/2	3	0		False
ESA3-ECA3-TA3/2	3	0		False
EIA3-ECA3+TA3/2	3	0		False
ESA4-ECA4-TA4/2	3	0		False

Рисунок 4.3 – Главное диалоговое окно с отношениями семантической сети

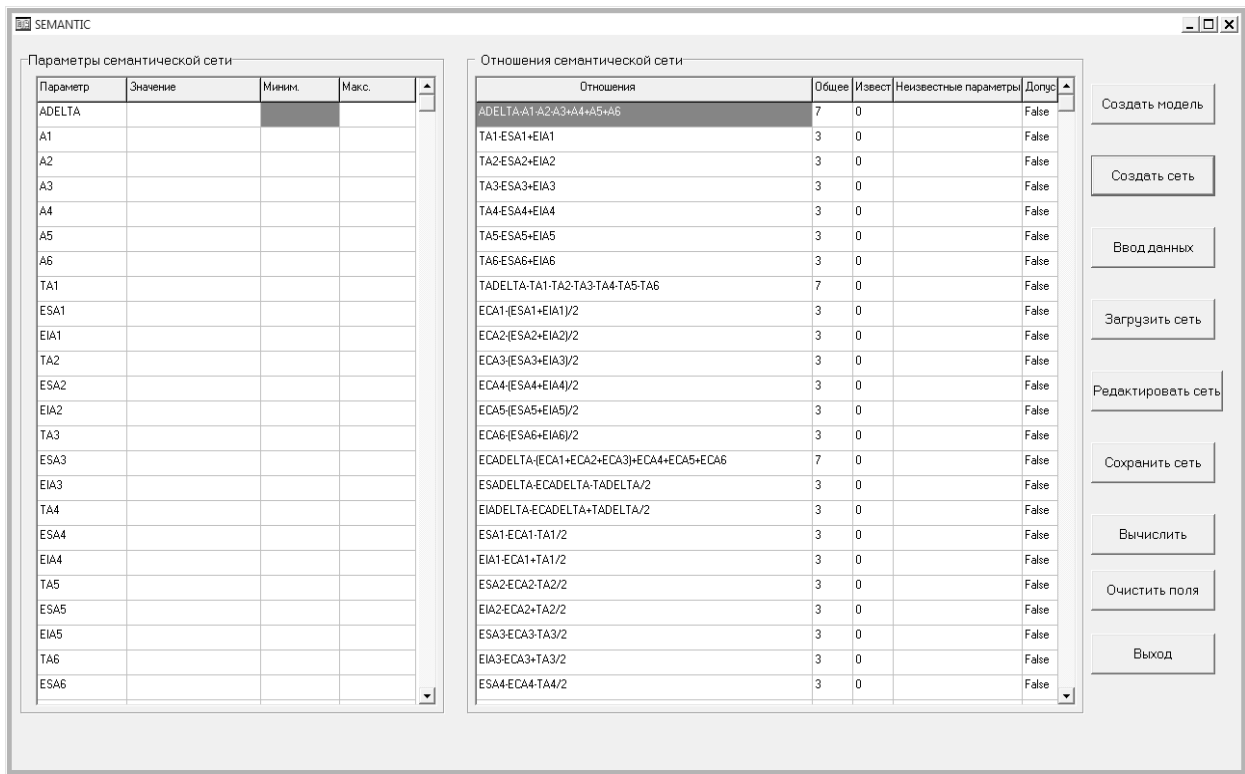


Рисунок 4.4 – Главное диалоговое окно с функциональной семантической сетью

5 С помощью процедуры «Ввод данных» ввести исходные данные и наложить ограничения на параметры сети (рисунок 4.5). После ввода исходных данных и ограничений параметров сети автоматически заполняются все поля таблиц главного диалогового окна системы Semantic.

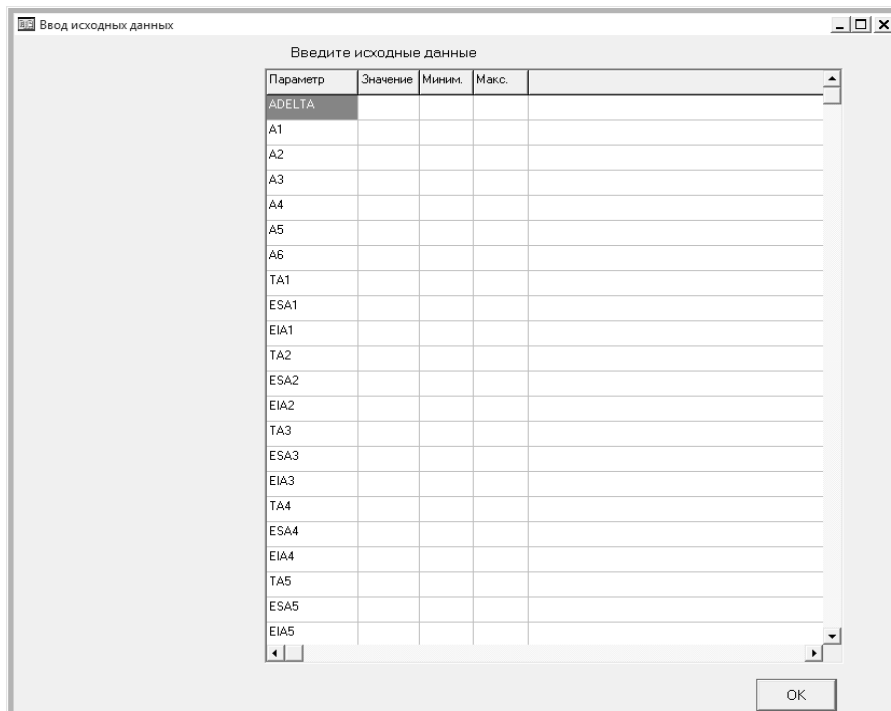


Рисунок 4.5 – Диалоговое окно ввода исходных данных



В таблице «Параметры семантической сети» (рисунок 4.6) указаны параметры проектируемой системы, их величины, а также интервал значений для поиска решений.

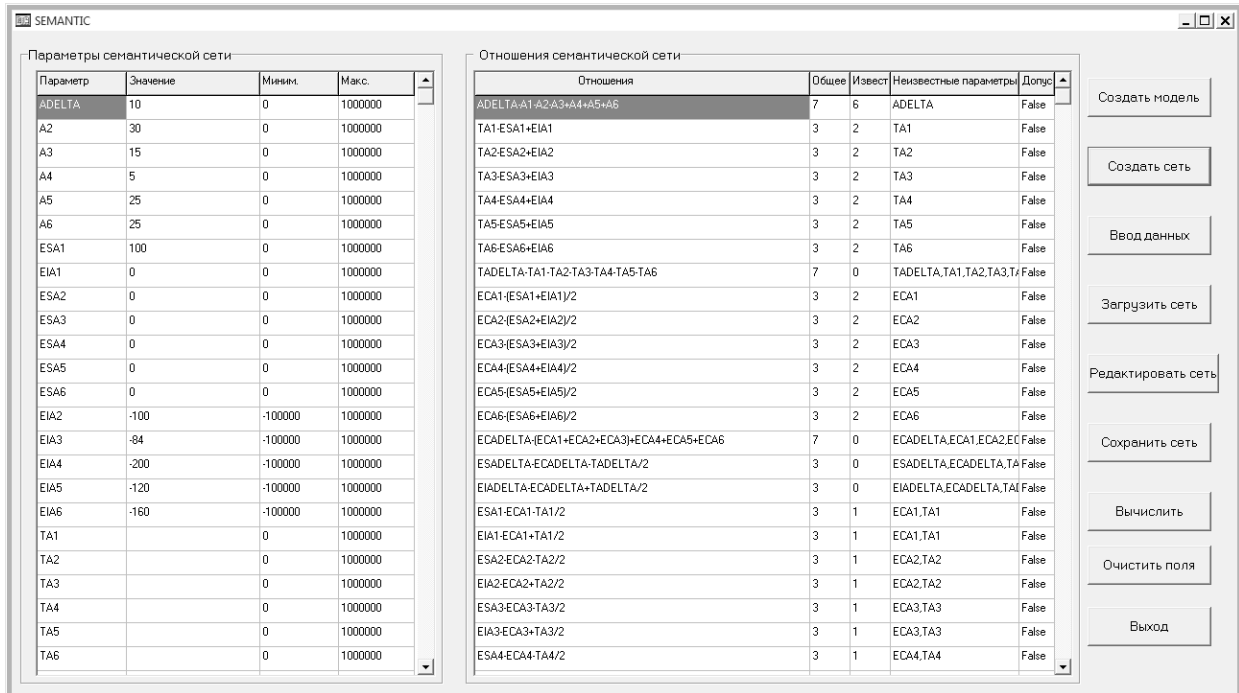


Рисунок 4.6 – Главное диалоговое окно с введенными исходными данными

В таблице «Отношения семантической сети» (см. рисунок 4.6) представлены отношения, которые используются при размерном анализе. Для каждого из них указано общее количество параметров (столбец «Общее»), число известных параметров в данном отношении (столбец «Извест.»), а также приведен список неизвестных параметров для каждого отношения (столбец «Неизвестные параметры»), которые должны быть определены.

6 Выполнить расчет параметров сети с помощью процедуры «Вычислить» (см. рисунок 4.6), выбрав в диалоговом окне, представленном на рисунке 4.7, «Все неизвестные параметры».

7 Оформить отчет.

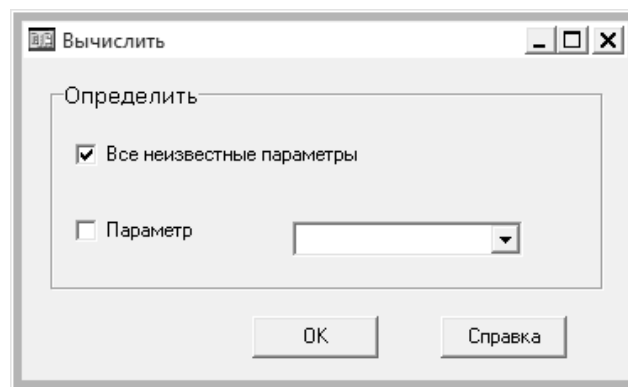


Рисунок 4.7 – Диалоговое окно выбора рассчитываемого параметра

### ***Содержание отчета***

- 1 Цель работы.
- 2 Схемы станочного приспособления и размерной цепи.
- 3 Диалоговое окно со сформированной системой функциональной семантической сетью размерной цепи.
- 4 Диалоговое окно с результатами расчета системой.
- 5 Выводы.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Назовите основные этапы автоматизации расчета размерных цепей.
- 2 Каким образом осуществлялась автоматизация расчета размерных цепей?
- 3 Назовите преимущества автоматизации расчета размерных цепей.

## **Список литературы**

- 1 **Акулович, Л. М.** Основы автоматизированного проектирования технологических процессов в машиностроении : учебное пособие / Л. М. Акулович, В. К. Шелег. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2020. – 488 с.
- 2 Основы автоматизированного проектирования: учебник / Под ред. А. П. Карпенко. – Москва : ИНФРА-М, 2017. – 329 с.
- 3 **Шишов, О. В.** Современные технологии и технические средства информатизации : учебник / О. В. Шишов. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 462 с.
- 4 Компьютерное моделирование : учебник / В. М. Градов [и др.]. – Москва: КУРС ; ИНФРА-М, 2020. – 264 с.
- 5 **Берлинер, Э. М.** САПР в машиностроении : учебник / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – Москва : Форум, 2011. – 448 с.
- 6 **Пашкевич, В. М.** Функциональные семантические сети для обеспечения точности механической обработки: монография / В. М. Пашкевич, М. Н. Миронова. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2015. – 210 с.