

Построение технологической экспертной системы в процессе обучения

77-48211/514174

10, октябрь 2012

Каминский С. Е., Лукьянец О. Ф., Жумаев С. А.

УДК. 004.822

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

oleg.fedorovich@mail.ru

goldadlerman@mail.ru

kam@trtl-ln.com

Введение

В настоящее время накоплен огромный фактический материал в области технологии машиностроения. Он представлен в различных источниках: учебниках, справочниках, монографиях, статьях, технологических инструкциях и регламентах, методиках и ГОСТах, личных знаниях и опыте преподавателей и специалистов из промышленности. Приобретение навыков поиска нужной информации, ее анализа и аргументированного отбора для решения инженерных задач – неотъемлемая часть процесса обучения. Формализация и автоматизация этого процесса возможна с помощью экспертных систем. Описываемая технология автоматизации решения прикладных задач ориентирована на инструментальные средства оболочки экспертной системы «Решатель инженерных задач» [1].

Основные этапы формализации знаний.

1. Постановка задачи.
2. Подготовка терминологического словаря.
3. Обобщенное логическое описание задачи (аналог блок-схемы, но без излишней детализации).
4. Разделение задачи на отдельные фрагменты в виде таблиц в традиционной форме (ТТФ) и таблиц принятия решений (ТПР).
5. Реализация сложных расчетных фрагментов задачи.
6. Уточнение условий применимости фрагментов задачи.
7. Разработка тестов.
8. Разработка внешних интерфейсов пользовательского ввода данных
9. Разработка интерфейсов для обмена данными с внешними системами.
10. Ввод формализованных данных в базу знаний.
11. Отладка и тестирование работоспособности экспертной системы.

Ниже этапы формализации знаний рассмотрены более подробно. Описание каждого этапа строится по следующей схеме:

А. Решаемая на данном этапе задача (цель и возможные проблемы).

Б. Метод решения и необходимые сопутствующие исследования (на примере построения маршрутного технологического процесса).

В. Использование результатов в учебном процессе (состав типового задания).

Постановка задачи

А. Основными условиями возможности формализации знаний средствами Решателя инженерных задач, являются обозримость задачи и наличие достаточно четкого описания. **В этом коренное отличие рассматриваемого подхода от того, на который ориентированы традиционные средства разработки экспертных систем.** Конечно, чем конкретнее постановка задачи, тем лучше и для традиционных средств разработки экспертных систем, но всё же эти средства больше ориентированы на представление нечеткой и неполной информации. А так же на формулирование разнообразных правил манипулирования информацией. Решатель инженерных задач, наоборот, требует четкости и однозначности знаний. А если существует неоднозначность, она должна иметь количественные оценки пригодные для выбора единственного решения при уточнении условий задачи. В этой связи возникает научная составляющая процесса формализации знаний применительно к потребностям процедуры логического связывания информации для получения решения.

Если неоднозначностей для поиска решений много, автоматизация средствами Решателя инженерных задач не будет целесообразна.

Б. Рассмотрим конкретную задачу: построение технологического процесса изготовления детали. В качестве основных критериев выбора методов обработки будем использовать точность и шероховатость обрабатываемых поверхностей.

Создание маршрутного технологического процесса (МТП) может идти двумя путями: создание МТП на основе процесса-аналога и генерация МТП. Существующие системы в подавляющем большинстве представляют собой программы, работающие с использованием процессов-аналогов.

Количество форм поверхностей и возможных методов их обработки ограничено ([1], [2], [5]). Поверхности и методы их обработки могут быть представлены технологическими комплексами (ТК), и связанными с ними элементарными маршрутами обработки комплексов (ЭМОК) ([2], [3]). Формируя МТП, необходимо учитывать правила объединения переходов в операции и оценивать эффективность разрабатываемого технологического процесса.

В. Применительно к учебному процессу, постановка задачи заключается в четком формулировании учащимися целей и задач работы. В кратком описании метода решения задачи. В формулировании ожидаемых результатов решения и способах контроля их достоверности. Исследовательская часть работы может включать раздел сравнения данных из разных источников с целью выявления наиболее достоверных данных и определения оценочных характеристик. Таким образом, только одна постановка задачи, уже может являться самостоятельной темой домашнего задания по курсу «Технология машиностроения».

Подготовка терминологического словаря

А. Терминологический словарь - основа для описания знаний и должен включать все предметные понятия, которые потребуются для решения задачи. Чтобы разрабатываемая система легко состыковалась с другими системами, словарь должен быть унифицирован. Предпочтительно, чтобы термины входили в состав отраслевых и международных классификаторов. Только в этом случае не возникнет сложностей с обменом данными, и автоматизированная система будет без особого труда встраиваться в существующее программное обеспечение.

Б. Применительно к задаче построения маршрутной технологии, были использованы наименования переходов и операций по ГОСТ 3.1702-79 «Правила записи операций и переходов. Обработка резанием». Для описания входных и рабочих параметров были использованы термины, приведённые в [2] и [3]. Фрагмент словаря представлен на Рис.1.

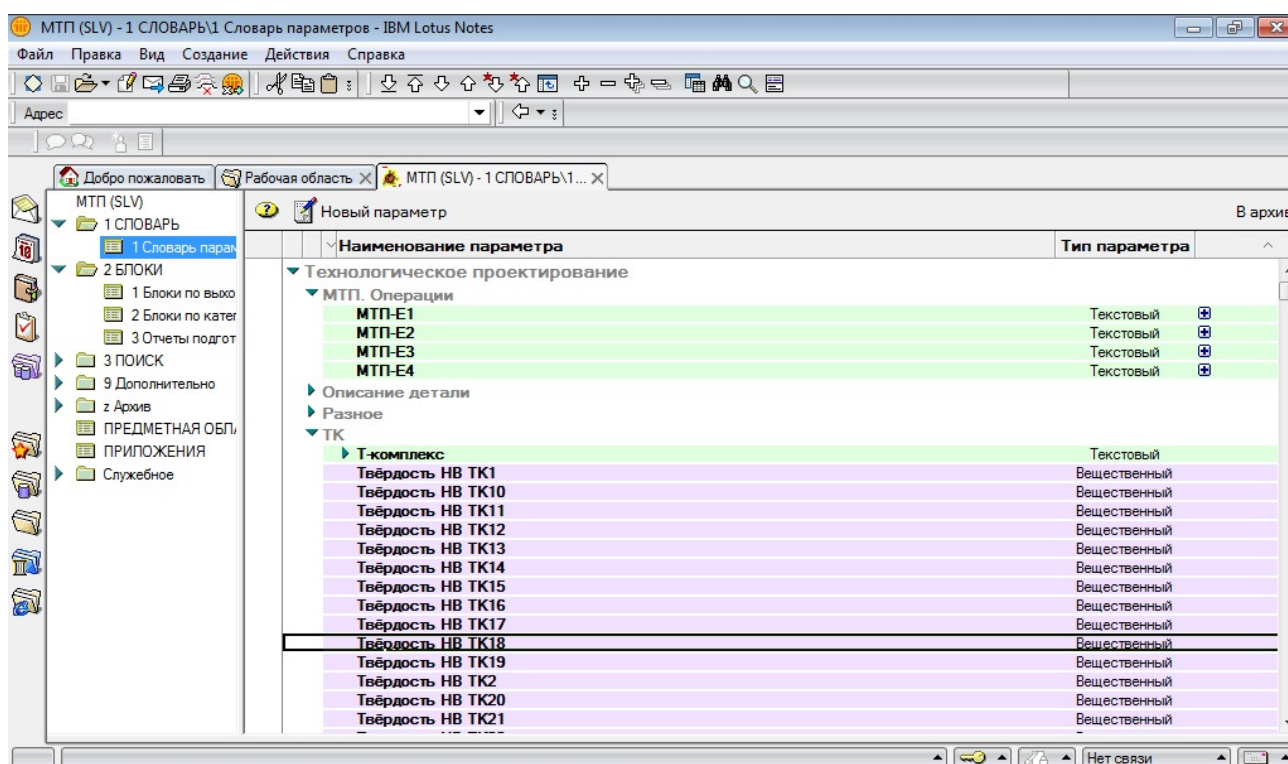


Рис.1. Фрагмент словаря

В. Применительно к учебному процессу, в задачу учащихся на этом этапе, входит ознакомление с отраслевыми стандартами и международными классификаторами. Ознакомление с имеющейся версией словаря. Подробное раскрытие смысла одного-двух, используемых терминов (уточнение смысла уже имеющих в словаре понятий). Конечно, каждый раз создавать словарь заново не имеет смысла, но всегда можно найти, что уточнить или иллюстрировать подходящим примером или дополнительной схемой, чертежом, картинкой.

Обобщенное логическое описание задачи (аналог блок-схемы, но без излишней детализации)

А. Этот этап очень важен для дальнейшей, более детальной, декомпозиции задачи. Основной целью данного этапа является выявление фрагментов задачи, которые могут породить циклические процессы поиска или потребуют сложных математических вычислений. Или одновременно должны использоваться несколько однотипных параметров.

Задача может оказаться неразрешимой или весьма трудноразрешимой. И тогда использование Решателя для такой задачи перестанет быть целесообразным. Задачу придется разделить на подзадачи и реализовывать каждую по отдельности, а затем объединить средствами внешней автоматизированной системы. В качестве внешней системы более высокого уровня может выступать другой Решатель инженерных задач.

Так же должны быть выявлены места возможного вмешательства человека в автоматизированный процесс. Не секрет, что часто, более разумно доверить принятие окончательного решения человеку, особенно при необходимости волевого решения в условиях не полной определенности. В традиционных ЭС так стараются не поступать. Но, для рассматриваемой технологии формализации знаний это вполне допустимое решение, обеспечивающее кратчайший путь к достижению цели.

Описывая логику задачи, необходимо выявить пробелы в информации и найти способы её дополнения и уточнения. Здесь опять может оказаться велика доля научной составляющей, поскольку дополнение и уточнение информации, скорее всего, потребует глубоких исследований.

Б. Применительно к построению маршрутного технологического процесса, основной алгоритм выбора последовательности этапов обработки основан на подходе, изложенном в [4], [5], [6]. При этом необходимо решить сложную комбинаторную задачу отбора технологических операций и выбора их последовательности. Для ранжирования технологических переходов были применены весовые коэффициенты. Для формирования окончательного маршрута использованы специальные сортировки с исключением повторяющихся значений.

Рассматриваемая реализация задачи формирования МТП позволяет получать упорядоченные списки этапов обработки только для деталей, не требующих более одного станка. Для более сложных случаев, используемый метод позволяет определить только общий порядок обработки. После объединения ЭМОК нескольких ТК получается список из этапов обработки. При этом для схожих ТК с близкими требованиями к качеству объединяемые ЭМОК могут содержать пересекающиеся списки этапов обработки. Исключает пересечения специальная функция объединения. Она не только удаляет дублирование в объединенном списке, но и сортирует оставшиеся элементы списка согласно весовым коэффициентам. Весовые коэффициенты назначены таким образом, чтобы получить наиболее логичную с точки зрения Технологии машиностроения последовательность этапов обработки детали.

В. Применительно к учебному процессу, на данном шаге формализации знаний учащиеся должны представить описание поиска решений по пунктам. Каждый пункт должен одной фразой описывать конкретную вычислительную или логическую процедуру. Или поиск в одной таблице. Если фрагмент решения можно описать одной короткой фразой, то почти

всегда, данный фрагмент информации сможет быть легко формализован средствами Решателя инженерных задач.

Разделение задачи на отдельные фрагменты в виде таблиц в традиционной форме (ТТФ) и таблиц принятия решений (ТПР)

А. То, что на предыдущем этапе представляло собой один пункт (одну фразу) описания процесса поиска решения, теперь должно стать таблицей описывающей всю процедуру. Большая часть информации и процедур поиска решений может быть соответствующим образом преобразована и размещена в таблицах.

Б. Применительно к построению маршрутной технологии, используются только таблицы в традиционной форме. Используются несколько однотипных групп таблиц. Таблицы для описания ЭМОК определённого ТК (Рис. 2) и таблицы формирования списка операций (Рис. 3). В таблицах формирующих списки этапов обработки используются специализированные функции объединения и сортировки.

ЭМОК11 - IBM Lotus Notes

ФайлПравкаВидСозданиеДействияСправка

Добро пожаловать

Рабочая область

МТП (SLV) - 2 БЛОКИ\2 Блоки...

ЭМОК11

Изменить

Закрывать

Входные параметры (возможен ввод данных с использованием графических меню)

Наименование параметра

Значение

Имя

2

Точность ТК11

IT 5; IT 6; IT 7; IT 8; IT 9; IT 10; IT 11; IT 12; IT 13

3

Шероховатость Ra (мкм) ТК 11

[0,01 ; 36]

Выходные параметры

Наименование параметра

Значение

Имя

1

Маршрут для ТК11

Таблица решений 8x8x4

Точность ТК11

Шероховатость Ra (мкм) ТК 11

Точность ТК11

[0,01 ; 0,16]

[0,16 ; 0,5]

[0,5 ; 3]

[3 ; 5,5]

[5,5 ; 7,5]

[7,5 ; 10]

[10 ; 12,5]

[12,5 ; 36]

IT 5

Точение черновое#1, Точение получистовое#2, Точение чистовое#3, Шлифование предварительное#4, Шлифование окончательное#5, Шлифование

Точение черновое#1, Точение получистовое#2, Точение чистовое#3, Шлифование предварительное#4, Шлифование окончательное#5, Шлифование

Точение черновое#1, Точение получистовое#2, Точение чистовое#3, Шлифование предварительное#4, Шлифование окончательное#5, Шлифование

Точение черновое#1, Точение получистовое#2, Точение чистовое#3, Шлифование предварительное#4, Шлифование окончательное#5, Шлифование

Точение черновое#1, Точение получистовое#2, Точение чистовое#3, Шлифование предварительное#4, Шлифование окончательное#5, Шлифование

Точение черновое#1, Точение получистовое#2, Точение чистовое#3, Шлифование предварительное#4, Шлифование окончательное#5, Шлифование

Точение черновое#1, Точение получистовое#2, Точение чистовое#3, Шлифование предварительное#4, Шлифование окончательное#5, Шлифование

Точение черновое#1, Точение получистовое#2, Точение чистовое#3, Шлифование предварительное#4, Шлифование окончательное#5, Шлифование

Нет связи

Рис.2. ЭМОК для ТК11

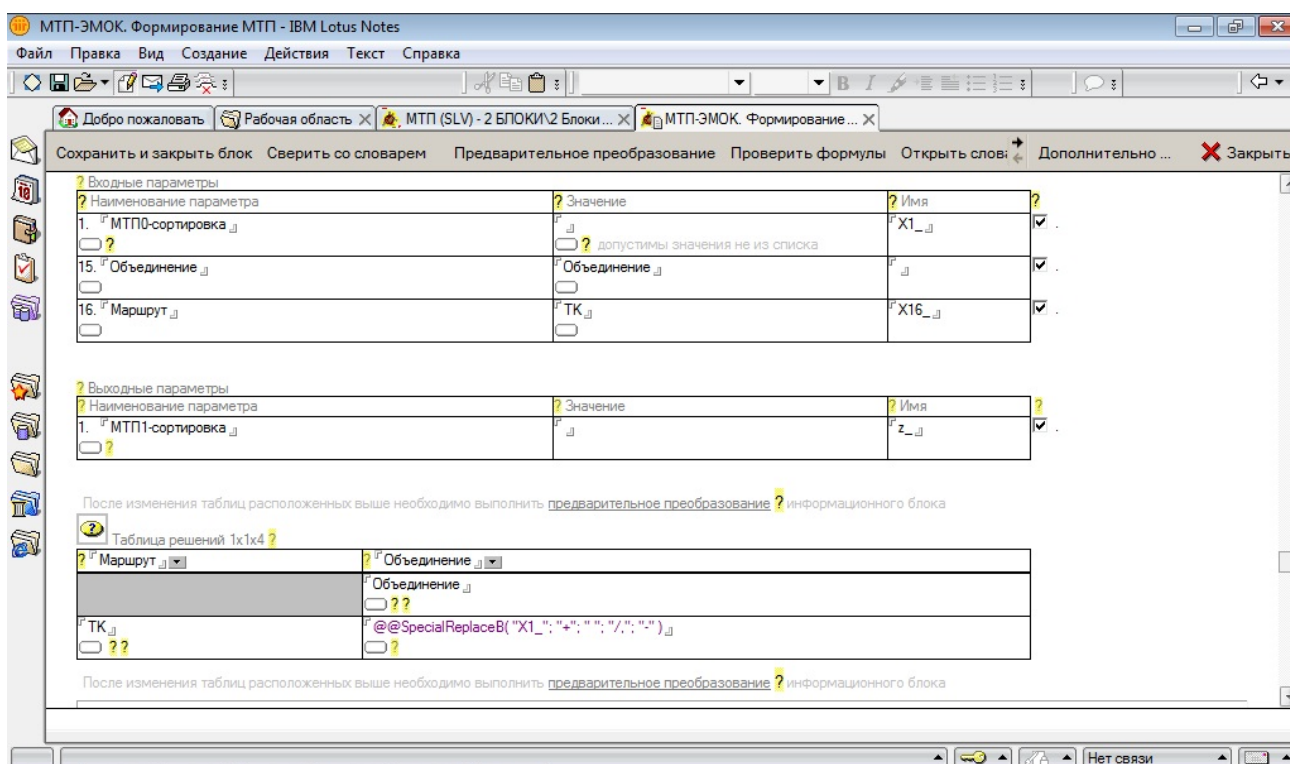


Рис.3. Обработка ЭМОК специализированной функцией

В. Применительно к учебному процессу, на данном этапе учащиеся должны подготовить заготовки таблиц, которые в дальнейшем будут использоваться для наполнения конкретными данными.

Реализация сложных расчетных фрагментов задачи (расчетных модулей)

А. Какие-то фрагменты решения могут потребовать сравнительно сложных расчетов или даже вызова внешних программных модулей.

Расчетные модули это фрагменты общей задачи, реализуемые небольшими программами, или программы, обеспечивающие вызов внешних процедур. Например, осуществляющие вызов системы моделирования методом конечных элементов. Расчетные модули требуются далеко не всегда.

Б. Для реализации задачи построения маршрутной технологии, ограниченной одним установом расчетные модули не требуются.

В. Применительно к учебному процессу, учащимся может потребоваться использовать на практике свои знания, полученные при изучении дисциплин, связанных с программированием.

Уточнение условий применимости фрагментов задачи

А. Это один из ключевых моментов технологии формализации знаний задачи средствами Решателя инженерных задач. От того, насколько полно и правильно будут определены

условия применимости таблиц и расчетных модулей, зависит возможность автоматического построения непротиворечивых связей между фрагментами процедуры поиска решений.

Задание условий применимости того или иного фрагмента решения может вылиться в весьма сложную задачу. Особенно для многовариантных задач с большим терминологическим словарём. Что порождает научную проблему определения критериев и обоснование методов оценки допустимых объемов задач пригодных для реализации средствами Решателя инженерных задач.

Б. При построении маршрутной технологии условия применения таблиц должны обеспечить правильность объединения ЭМОК и формирования списка операций. Для основной группы таблиц условия, ограничивающие их применимость следующие:

- материал детали;
- тип производства;
- ТК (технологический комплекс);
- IT (кавалитет точности ТК);
- Ra (шероховатость поверхностей ТК).

В. Применительно к учебному процессу, учащиеся должны перечислить условия, которые определяют однозначный выбор каждой таблицы на подмножестве параметров конкретной задачи. При решении небольших по объему частных задач, проблем с многовариантностью возникнуть не должно.

Разработка тестов

А. Тестирование, во-первых, является средством отладки задачи. Во-вторых, позволяет убедиться в работоспособности системы и правильности получаемых результатов в штатных ситуациях. В-третьих, должно помочь найти граничные условия потери работоспособности в нештатных ситуациях. Последнее особенно важно, для предотвращения отказов по причине использования недопустимых данных.

Б. Отладку работы Решателя инженерных задач целесообразно выполнять поэтапно. Для отладки задач построения МТП были разработаны три группы тестов:

- проверка правильности выбора ЭМОК для одного ТК;
- проверка правильности объединения ЭМОК;
- проверка правильности сортировки этапов обработки после объединения ЭМОК.

В. Применительно к учебному процессу учащиеся должны проанализировать комплект, разработанных ими таблиц и определить граничные условия их применения. Определиться с входными и выходными данными своей задачи. Указать данные, которые ни при каких условиях не должны приводить к получению решения. Одним из возможных способов анализа связей таблиц, является построение вручную схемы взаимосвязей и эмуляция поиска решений по этой схеме.

Б. Для задачи построения маршрутной технологии внешний интерфейс предусматривает не только передачу введенных данных, но и передачу данных, которые не вводятся вручную, а предопределены решаемой задачей, как постоянные значения. Так же обеспечивается возможность вывода информации. Например, заполнение маршрутной карты в Microsoft Excel.

В. Применительно к учебному процессу учащиеся составляют перечень входных и выходных параметров, необходимых для обращения к базе знаний Решателя инженерных задач.

Ввод формализованных данных в экспертную систему

А. Процедура наполнение экспертной системы предусматривает дальнейшее преобразование словаря и фрагментов решения к формам специальных документов. К таким документам относятся:

- документы словарных статей;
- документы значений текстовых параметров;
- документы информационных блоков (формализованных фрагментов процедуры поиска решений).

Б. Пример информационного блока, используемого для определения типа производства, приведен на Рис. 5.

Определение типа производства - IBM Lotus Notes

Файл Правка Вид Создание Действия Текст Справка

Добро пожаловать Рабочая область МТП (SLV) - 2 БЛОКИ/2 Блоки... Определение типа производст...

Сохранить и закрыть блок Сверить со словарем Предварительное преобразование Проверить формулы Открыть слов: Дополнительно ... Закрыть

Входные параметры			
Наименование параметра	Значение	Имя	
1. Размеры изделия	Изделие средних размеров	X1	✓
2. План выпуска изделия, шт/год	{ 0 : 100000 }	X2	✓

Выходные параметры		
Наименование параметра	Значение	Имя
1. Тип производства		Z

После изменения таблиц расположенных выше необходимо выполнить предварительное преобразование информационного блока

Таблица решений 8x8x4									
Размеры изделия	План выпуска изделия, шт/год								
	{ 0 : 10 }	{ 10 : 200 }	{ 200 : 500 }	{ 500 : 5000 }	{ 5000 : 100000 }				
Изделие средних размеров	Единичное	Мелкосерийное	Среднесерийное	Крупносерийное	Массовое				

Включение отображения служебных полей и кнопок

Нет связи

Рис.5. Информационный блок, определяющий тип производства

В. Применительно к учебному процессу учащиеся формируют весь набор информационных блоков для своей задачи, используя инструментальные средства Решателя. Возможно, что

при формировании электронных документов будут выявлены ошибки и неточности, допущенные при выполнении предыдущих этапов, и потребуется вернуться назад и что-то исправить или переделать.

Отладка и тестирование работоспособности экспертной системы

А. Отладка и тестирование заключаются в подготовке поисковых запросов для проверки правильности функционирования отдельных информационных блоков и цепочек из информационных блоков. Одновременно отлаживается действенность ограничений и правильность связывания информационных блоков. При необходимости в информационные блоки и словарь вносятся изменения и дополнения.

Инструментальные средства Решателя инженерных задач имеют встроенные средства ввода данных. Возможны два варианта ввода данных. В виде специальных документов поисковых запросов. Или непосредственно в поисковую среду.

Б. Рис. 6. иллюстрирует ввод текстовых данных непосредственно в поисковую среду.

Признак поиска	Признак определе	Блок в котором значение было найдено	Уровень поиска	Последовг поиска	Наименование параметра	Значение
✓	✓	МТП-операции. Единичнс 18	47	МТП0	Токарная [Точн	
→	✓				Точность ТК1	нет
→	✓				Шероховатость Ra (мкм) ТК 1	0
→	✓				Твердость НВ Поверхности 1	0
→	✓				Точность ТК2	нет
→	✓				Шероховатость Ra (мкм) ТК 2	0
→	✓				Твердость НВ Поверхности 2	0
→	✓				Точность ТК3	нет
→	✓				Шероховатость Ra (мкм) ТК 3	0
→	✓				Твердость НВ Поверхности 3	0
→	✓				Точность ТК4	нет
→	✓				Шероховатость Ra (мкм) ТК 4	0
→	✓				Твердость НВ Поверхности 4	0
→	✓				Точность ТК5	нет
→	✓				Шероховатость Ra (мкм) ТК 5	0
→	✓				Твердость НВ Поверхности 5	0
→	✓				Точность ТК6	нет
→	✓				Шероховатость Ra (мкм) ТК 6	0
→	✓				Твердость НВ Поверхности 6	0
→	✓				Точность ТК7	нет
→	✓				Шероховатость Ra (мкм) ТК 7	0

Рис. 6. Ввод данных непосредственно в поисковую среду

В. Применительно к учебному процессу учащиеся должны составить поисковый запрос демонстрирующий работоспособность и правильность связывания, разработанного ими, комплекта информационных блоков.

Заключение

Таким образом, в ходе рассмотренных выше шагов формализации знаний предметной области, выполняется полный цикл разработки прикладного приложения автоматизирующего конкретную задачу проектирования. В частности, построение маршрутного технологического процесса.

Выводы

Использование средств Решателя инженерных задач в процессе обучения это новый инструмент в руках преподавателя.

Только работоспособная автоматизированная система, будет основанием для получения зачета по итогам обучения. А это весьма объективная оценка, что является существенным преимуществом данного подхода по сравнению с обычными домашними работами. Разработка автоматизированной системы средствами Решателя инженерных задач может стать предметом курсовой НИР или дипломной работы. Или частью лабораторного практикума.

Формализация знаний требует дополнительных исследований, что способствует развитию инженерной науки.

Использованные сокращения

МТП – маршрутный технологический процесс.

ТК – технологический комплекс.

ЭМОК - элементарный маршрут обработки комплекса.

Список литературы

1. Решатель инженерных задач: URL.<http://trtl-ln.ru> (дата обращения:25.10.2011).
2. САПР технологических процессов: учебник для студ. высш. учеб. заведений / А.И. Кондаков. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 272с.
3. Справочник. Инженерный журнал №3, 2001 г. Кондаков А.И. Формирование информационной основы проектирования маршрутных процессов изготовления деталей.
4. Технология машиностроения: В 2 т. Т. 1. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов / В.М. Бурцев, А.С. Васильев, А.М. Дальский и др.; Под ред. А.М. Дальского. – 2-е изд., стереотип. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 546 с., ил.
5. Технология машиностроения: В 2 т. Т. 2. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов / В.М. Бурцев, А.С. Васильев, А.М. Дальский и др.; Под ред. А.М. Дальского. – 2-е изд., стереотип. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 546 с., ил.
6. Цветков В.Д. Система автоматизации проектирования технологических процессов. М. «Машиностроение», 1972, 240 с.
7. ГОСТ 3.1702-79 Правила записи операций и переходов. Обработка резанием.