

3) использование чистых аномалий силы тяжести предпочтительнее для повышения точности определения возмущающего потенциала Земли, как для идеальной модели, так и модели с учетом «рельефа» геоида.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бровар, В.В. О возможном повышении точности гравиметрических выводов в геодезии / В.В. Бровар // *Астрономический журнал*. - 1971. - Т. 48, №6.-С. 1327-1332.
2. Шимбирев, Б.П. Теория фигуры Земли / Б.П. Шимбирев. - М.: Недра, 1975.-432 с.
3. Писецкая, О.Н. Определение аномалий высот на основе теории потенциала для GPS-измерений / О.Н. Писецкая // *Геодезия и кадастры. Прошлое, настоящее и будущее: материалы Междунар. науч. конф., Новополюк, 26 - 28 октября 2006 г.* / под ред. В.П. Подшивалова. - Новополюк: ПГУ, 2006. - С. 43 - 47.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ
ПРИ РАЗРАБОТКЕ «БАЗЫ ЗНАНИЙ» ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ИНЖЕНЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Хорошилов В.С., канд. техн. наук, доц.

(Сибирская государственная геодезическая академия, Новосибирск)

Рассматриваются вопросы разработки модуля «базы знаний» экспертной системы для оптимального проектирования геодезических работ при монтаже технологического оборудования инженерных объектов. В качестве инструментальной среды выбрана оболочка CLIPS, функциональные возможности которой расширены в результате разработки специального приложения.

Большинство современных инженерных объектов характеризуются сложностью устройств и условий функционирования, разнообразными требованиями к обеспечению точности определения положения деталей, узлов и механизмов; в то же время существует множество и большое разнообразие постоянно развивающихся методов и средств их геодезического обеспечения. За предыдущие годы накоплен колоссальный опыт геодези-

ческих работ при строительстве таких сооружений, как ускорители заряженных частиц, атомные электростанции, антенные комплексы, крупные промышленные предприятия, гидроузлы и др. Разработаны и созданы уникальные в своем роде специальные нестандартизированные приборы, устройства и различное оборудование - и всё это исчисляется тысячами наименований. Многие из этих приборов, систем и устройств уникальны, дорогостоящие и единичны, сохранились в ряде организаций и в то же время редко используются. Вместе с тем в практику инженерно-геодезических работ активно внедряются и современные средства измерений: электронные тахеометры, лазерные сканеры, спутниковые методы. Одним из наиболее эффективных инструментальных средств для оптимального применения всего многообразия средств геодезических измерений является использование экспертных систем (ЭС).

В работах автора [1, 3] показан процесс разработки геодезической информационной экспертной системы для оптимального выбора методов и средств измерений при проектировании геодезических работ на инженерных объектах, разработано структурно-функциональное содержание информационной экспертной системы [4], где в качестве исходных компонент использовались программные продукты: MS Access 2003, «пустая» инструментальная оболочка экспертной системы CLIPS и MS PowerPoint. Структура и концептуальные понятия разработанной базы данных методов и средств геодезических измерений, её функциональное содержание представлено в работе [2].

При этом заметим, что одним из наиболее сложных этапов разработки ЭС является разработка и создание «базы знаний» экспертной системы так как именно её содержание определяет эффективность работы ЭС. В нашем случае, как было отмечено ранее, для разработки «базы знаний» экспертной системы использовалась инструментальная среда CLIPS, функциональные возможности которой были расширены посредством разработки специального программного приложения CLIPSmod. В результате появилась возможность модульного представления знаний в оболочке CLIPS содержащей знания как о различных средствах измерений и контролируемых геометрических параметрах для различного технологического оборудования, так и для обучения и тестирования знаний пользователя по отдельным видам геодезических работ и выбранным средствам измерений.

На рисунке 1 представлен фрагмент модуля «базы знаний», с помощью которого, выбирая тип технологической линии и контролируемый па

раметр (с точки зрения геодезических работ), из базы данных ЭС выбираются рекомендуемые для этих целей средства геодезических измерений. Так, например, для выбранной технологической линии «монтаж компрессоров, насосов...» и типа контролируемого параметра «контроль зазора между фланцами разъёма... в разделе «Приборы» появляется весь перечень средств измерений, которые, в принципе, можно использовать для данного вида геодезических работ. В дальнейшем осуществляется последовательный поэтапный анализ всех средств измерений с целью выбора наиболее эффективного средства измерений в соответствие с технологической схемой [4], положенной в основу работы экспертной системы.

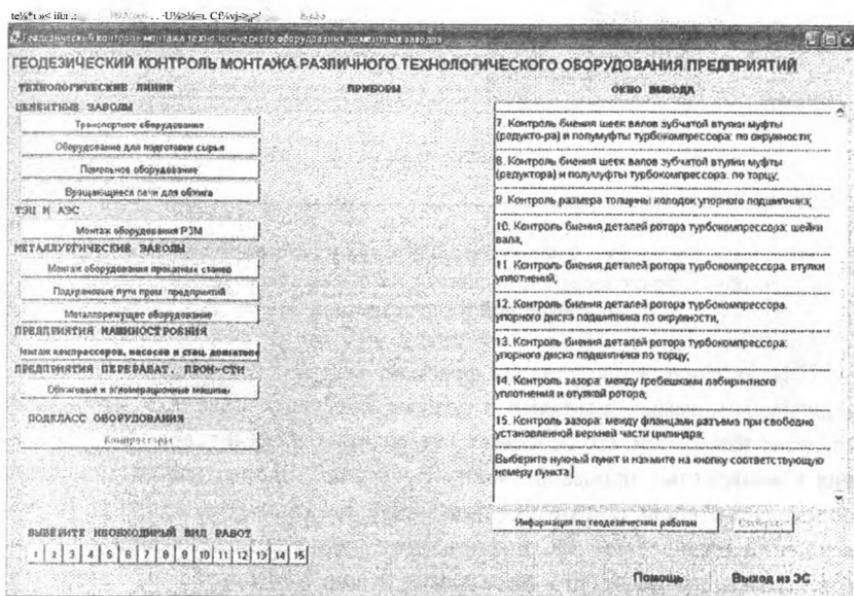


Рис. 1. Фрагмент модуля «базы знаний» экспертной системы

по выбору средств геодезических измерений для определённого контролируемого параметра

На рисунке 2 представлен фрагмент модуля «базы знаний», с помощью которого осуществляется обучение пользователя процессу производства геодезических работ на конкретной технологической линии. В качестве примера показан процесс технологии сборки паровой турбины на заводском стенде и монтаже на фундаменте с применением оптических приборов.

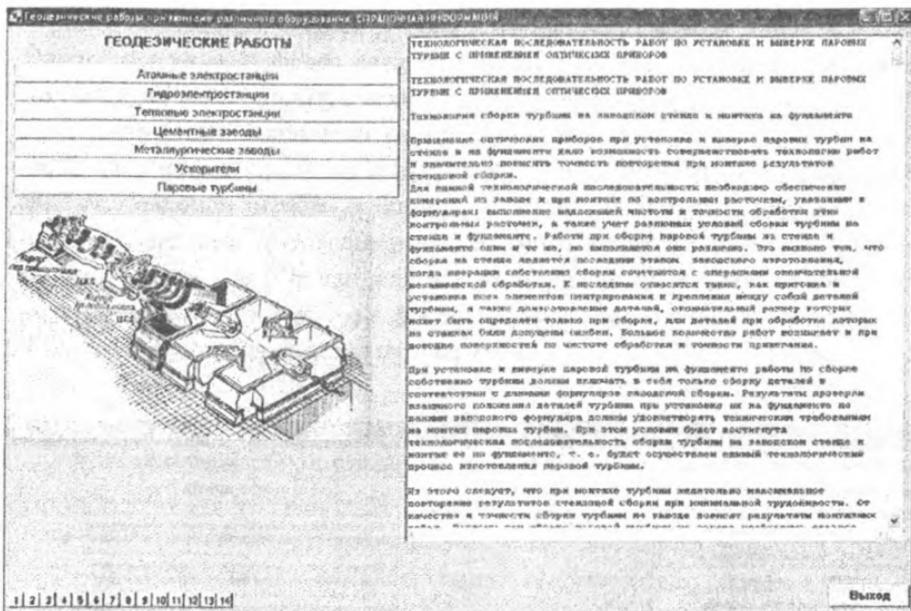


Рис. 2. Фрагмент модуля «базы знаний» по обучаению пользователя процессу производства геодезических работ на конкретной технологической линии

На рисунке 3 представлен фрагмент модуля тестирования пользователя необходимыми знаниями в режиме консультирования о выбранном средстве измерений, его особенностях, возможностях и условиях применения в конкретных производственных условиях. Экспертная система сама определяет степень подготовки пользователя, задавая ему вопросы. По завершении тестирования ЭС информирует, какие из предложенных вопросов вызвали затруднение и показывает количество правильных ответов в различных категориях сложности, что позволяет пользователю самому сделать вывод, над какими разделами ему ещё стоит поработать.

С целью эффективного управления процессом оптимизации выбора средств измерений разработан программный модуль «динамический дизайнер форм» (рис. 4) на платформе .NET FW 2.0 с использованием библиотеки DevExpress (доступна по сети Internet) и языка программирования C#. I

Разработанный модуль «встраивается» в CLIPS и позволяет пошагово управлять процессом выбора наиболее эффективных средств измерений для решения конкретных геодезических задач.

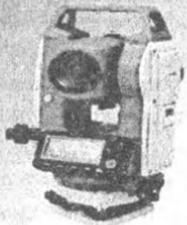
Тестирование знаний

Выход

ВОПРОС 1

Для чего используется измерение со смещением по расстоянию?

1. Для определения местоположения точки, находящейся на значительном удалении от станции.
2. Для определения местоположения точки, на которой невозможно установить отражатель.
3. Для определения местоположения смещенной точки.



ВсприUWT 1

ВсприПННТ 2

ВсприПНТ Я

Рис. 3. Тестирование пользователя по выбранному средству измерений

КОНТРОЛЬ ОТКАЗОВ ОТ РАБОТЫ СИСТЕМЫ

Контролируемые параметры

- Контроль размеров
- Контроль формы
- Контроль формы и расположения
- Контроль местоположения

Универсальные объекты

- Ускорители земных частей
- Автоматические станции
- Тепловые электростанции
- Радиотелестанции
- Металлургические заводы
- Центральные заводы
- Прокатные станы
- Кутачно-прессовое оборудование
- Обрабатывающие станы

Центральные заводы

1. Проверка геометрии:
 - разбега продольной оси агрегатов
 - вынесение простых точек
 - проверка горизонтальности прямого и обратного отвеса
 - контроль отклонения от перпендикулярности
 - контроль симметричности отвесов для а
 - контроль отклонения разбега по высоте и
 - контроль взаимной параллельности
 - контроль горизонтальности рельсов сбор
 - контроль симметричности рельсов сбор
 - поверка отвеса между ребрами и ко
 - контроль смещения торцов рельсов в лев
2. Ускорители

Внешние условия

- Изменение температуры
- Вибрация
- Изменение освещенности
- Запыленность
- Турбулентность
- Промышленные условия
- Условия техногенной безопасности

Особенности выбора средств контроля

- Расчет параметра оптимизации
- Расчет трудоемкости контроля
- Оптимальный выбор
- Проектирование измерений
- Печать

Трудоемкость контроля

- Категория контроля
- Квалификация исполнителя
- Длительность контроля

Контроль размера зрительной трубы

Контроль размера диаметра

Контроль размера длины

Контроль отклонений от формы поперечного сечения

- выгнутость
- выпуклость
- конусообразность
- сальникообразность
- овальность
- ограничение
- от круглости
- от плоскостности
- от других видов отклонений

Центральные заводы

1. Проверка геометрии:

- разбега продольной оси агрегатов
- вынесение простых точек
- проверка горизонтальности прямого и обратного отвеса
- контроль отклонения от перпендикулярности
- контроль симметричности отвесов для а
- контроль отклонения разбега по высоте и
- контроль взаимной параллельности
- контроль горизонтальности рельсов сбор
- контроль симметричности рельсов сбор
- поверка отвеса между ребрами и ко
- контроль смещения торцов рельсов в лев

2. Ускорители

Вибрация

Изменение освещенности

Запыленность

Турбулентность

Промышленные условия

Условия техногенной безопасности

Категория контроля

Квалификация исполнителя

Длительность контроля

Рис. 4. Внешний модуль управления «динамический дизайнер форм»

Одним из условий функционирования экспертных систем является обязательное объяснение выполнения действий. Принимая то или иное решение, пользователь, который обращается к экспертной системе за советом, должен знать, на основе каких логических доводов этот совет был сформирован. Инженер, обслуживающий экспертную систему, должен быть уверен в правильности работы всех подсистем, а проверить это он может, только получив от экспертной системы всю возможную информацию о ходе рассуждений в процессе решения задачи. Поэтому эти две причины и побуждают разработчиков экспертных систем делать их по возможности «прозрачными» для пользователя. Под прозрачностью при этом понимается способность экспертной системы объяснить, почему принято именно такое решение, вследствие каких рассуждений система пришла к тому или иному выводу. Так, на рисунке 5 показан фрагмент модуля объяснения принятия решения с помощью экспертной системы. В правой стороне окна вывода предложены средства измерений для контролируемого параметра с учётом влияния выбранного условия измерений (в нашем случае - изменение температуры); в левой стороне фрагмента можно посмотреть шкалы упорядоченности методов измерений на основе ранжирования, построенные автором на основе опроса экспертов [5].

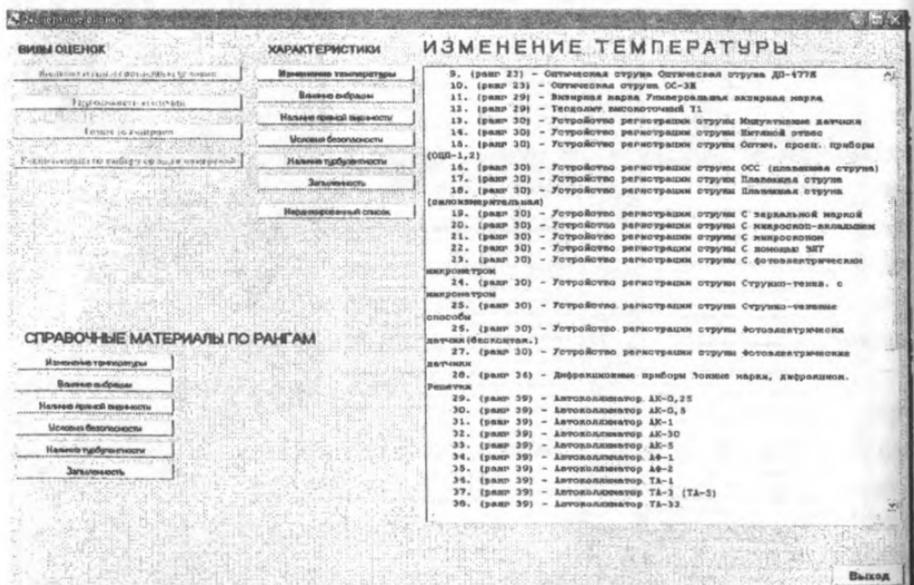


Рис. 5. Фрагмент модуля «базы знаний» по объяснению принятия решения

Именно с применением модуля управления «динамический дизайнер форм» и предусмотрено поэтапное объяснение принятия решения с возможностью просмотра в окне вывода на компьютере, возвратом на предыдущие уровни и распечаткой на принтере в разработанной экспертной системе для оптимального проектирования инженерно-геодезических работ.

Таким образом, разработанная геодезическая информационная экспертная система существенно облегчает задачу оптимального выбора методов и средств измерений при проектировании геодезических работ на инженерных объектах, а также наделяет пользователя необходимыми знаниями для более эффективного применения выбранных средств измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хорошилов, В.С. Основные компоненты экспертной информационной системы оптимального выбора геодезического метода и средств измерений при монтаже технологического оборудования / В.С. Хорошилов. - // Изв. вузов. Горный журнал. - Екатеринбург, 2006. - № 3. - С. 66 - 69.
2. Хорошилов, В.С. Проектирование модели реляционной базы данных в структуре информационной системы / В.С. Хорошилов, Т.В. Жежко // Геодезические работы при монтаже технологического оборудования: сб. матер, науч, конгр. ГЕО-Сибирь-2005. Геодезия, картография, маркшейдерия, Новосибирск, 25 - 29 апр. - Новосибирск: СГГА, 2005. - Т. 1.-С. 115-119.
3. Хорошилов, В.С. Основные этапы проектирования экспертной информационной системы для оптимального выбора геодезических методов и средств измерений / В.С. Хорошилов // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2007. - № 2. - С. 46 - 54.
4. Хорошилов, В.С. О разработке информационной экспертной системы для оптимального геодезического обеспечения инженерных объектов / В.С. Хорошилов // Геодезия и картография. - М., 2008. - № 5. - С. 15-19.
5. Хорошилов, В.С. Применение метода экспертных оценок для обоснования показателя «выходного качества» применяемых геодезических методов измерений при монтаже технологического оборудования / В.С. Хорошилов // Изв. вузов. Горный журнал. - Екатеринбург, 2006. - №2.-С. 72-76.