ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ НАСТРОЙЩИКА УЛЬТРАЗВУКОВЫХ АППАРАТОВ

Е.В. Клименченко, Д.С. Абраменко

БТИ, г. Бийск

В статье представлены результаты разработки экспертной системы аккумулирующей знания настройщиков ультразвуковых технологических аппаратов и позволяющая выработать рекомендации по аппаратному и программному обеспечению для ультразвукового аппарата, предназначенного для решения нестандартной или новой задачи. Приводятся результаты анализа внутреннего устройства ультразвуковых аппаратов, в результате которого были выделены параметры, которые будут содержаться в базе данных, а также в итоговом отчете в качестве выходных параметров. Описаны технологии, используемые при разработке пользовательского интерфейса. Предложен и описан способ подбора комплектующих для ультразвукового аппарата, основанный на методе анализа иерархий, а также представлены результаты подбора состава аппарата на основе требований пользователя.

Ключевые слова: экспертная система, метод анализа иерархий, пользовательский интерфейс.

ВВЕДЕНИЕ

Для серийно выпускаемых специализированных ультразвуковых аппаратов состав и методика настройки отработана. Но, создание нового ультразвукового технологического аппарата является трудоемкой задачей, требующей соответствующих знаний множества специалистов. В первую очередь, в зависимости от назначения будущего аппарата, необходимо правильно выбрать его комплектацию: электронный генератор и ультразвуковую колебательную систему с требуемым рабочим инструментом, а также следует адаптировать имеющуюся или разработать новую управляющую программу. Всё это необходимо для обеспечения требуемых выходных характеристик ультразвукового аппарата, что в конечном счёте обеспечит эффективность реализации технологического процесса.

Сложность этого процесса привела к необходимости разработки экспертной системы, способной выполнять такие задачи на основе накопленной информации о ранее реализованных ультразвуковых аппаратах.

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ

При анализе внутреннего устройства ультразвуковых аппаратов были выделены характеристики (табл. 1), которые будут храниться в базе данных для каждого аппарата, а также в итоговом отчете в качестве выходных параметров[1].

Экспертная система проектировалась на базе архитектуры клиент-сервер. В качестве системы управления базами данных используется MySQL. Для реализации пользовательского интерфейса используются следующие технологии: HTML5, CSS, JavaScript, PHP8.

Для пополнения базы данных был разработан редактор, в котором реализованы следующие функции: добавление новых данных об ультразвуковых аппаратах, редактирование, чтение и удаление записей из базы данных.

Табл.1 Характеристики ультразвукового аппарата

№	Техническая характеристика
Основные технические характеристики	
1	Мощность
2	Частота ультразвуковых колебаний
3	Амплитуда механических колебаний
4	Интенсивность излучения
5	Типы обрабатываемых сред
6	Параметры среды
Характеристики генератора	
7	Модель платы
8	Тип полумоста
9	Уставка регулятора мощности
10	Ёмкость в цепи обратной связи
11	Потребляемый ток из сети
12	Запас регулятора мощности
13	Тип программного регулятора
14	Параметры дросселя
15	Параметры трансформатора
16	Параметры опорной ёмкости
17	Параметры параллельной ёмкости
Характеристики ультразвуковой колебательной системы	
18	Тип преобразователя
19	Тип концентратора
20	Тип промежуточного звена
21	Параметры рабочего инструмента
22	Рабочий объём
23	Тип системы охлаждения

Форма заполнения данных об ультразвуковом аппарате состоит из четырех основных блоков: основные параметры аппарата, параметры генератора, параметры ультразвуковой колебательной системы и индивидуальные настройки аппарата (рис. 1).

Рис.1. Форма заполнения данных об аппарате

В режиме экспертной системы необходимо указывать требуемые параметры разрабатываемого ультразвукового аппарата. Для выработки рекомендаций используется метод анализа иерархий.

Метод анализа иерархий является методологической основой для решения задач выбора альтернатив посредством их многокритериального рейтингования, то есть помогает выбирать наилучшее решение среди нескольких альтернатив относительно нескольких критериев. Данный метод не предписывает лицу, принимающему решение, какое-либо правильное решение, а позволяет самому в интерактивном режиме найти такой вариант, который наилучшим образом согласуется с его пониманием сути проблемы и требованиями к ее решению [2].

Алгоритм метода анализа иерархий состоит из следующих этапов:

- 1) выявление проблемы и определение конечной цели;
- 2) выявление основных критериев сравнения и альтернатив;
- 3) построение дерева иерархий, содержащего цель, критерии и альтернативы;
- 4) построение матрицы попарных сравнений критериев по цели;
- 5) построение матрицы попарных сравнений критериев альтернатив по критериям;
- 6) применение методики анализа полученных матриц;
- 7) определение весов альтернатив по системе иерархий [3].

В первую очередь необходимо определить проблему и предполагаемый результат. В данном случае — это найти аппарат, комплектация и настройки которого будут удовлетворять требованиям пользователя. Далее необходимо построить иерархическую структуру, включающую цель,

критерии, альтернативы и другие рассматриваемые факторы, влияющие на выбор.

Вершиной иерархии является главная цель — аппарат; элементы нижнего уровня представляют множество вариантов достижения цели, элементы промежуточных уровней соответствуют критериям, которые связывают цель с альтернативами — это тип процесса, тип обрабатываемой среды, габариты ультразвуковой колебательной системы и т.д. (рис. 2).

Рис.2. Иерархия для задачи поиска оптимального решения

Следующим этапом после построения иерархии является определение приоритетов всех узлов структуры, представляющих относительную важность или предпочтительность узлов построенной иерархической модели.

В процессе диалога с экспертной системой на первом шаге необходимо выбрать тип процесса, реализуемого ультразвуковым аппаратом. На следующем шаге, в зависимости от выбранного процесса, пользователю будет представлена форма для заполнения основных требований к оборудованию. Рядом с каждым параметром расположено поле для ввода числового значения приоритета данного параметра (рис. 3).

Обработка жидких сред

Рис.3. Форма выбора параметров

Приоритеты расставляются согласно следующей шкале:

- одинаково предпочтительны = 1;
- немного лучше = 3;
- лучше = 5;
- значительно лучше = 7;
- принципиально лучше = 9;

– при затруднениях в определении степени предпочтения используются промежуточные значения 2, 4, 6 и 8.

Числа из этой шкалы используются, чтобы показать, во сколько раз элемент с большей оценкой предпочтительности доминирует над элементом с меньшей оценкой относительно общего для них критерия или свойства. Таким образом, величина приоритета напрямую связана с оптимальностью решения.

После того как все необходимые данные были получены от пользователя, параметры оценены и все значения внесены в базу данных, начинаются вычисления методом анализа иерархий. Сначала заполняются матрицы, относительно которых потом будет производиться попарное сравнение альтернатив. Матрица будет заполняться следующим образом: элементы, стоящие на главной диагонали всегда будут равны единицы, так как сравниваемые объекты равнозначны самому себе; элементы, стоящие выше главной диагонали будут вызывать функцию расчета приоритета, а элементы ниже главной диагонали будут равны обратному значению соответствующего элемента, стоящего выше главной диагонали.

Далее, вызывается функция, которая производит простановку приоритетов в матрицу попарного сравнения альтернатив относительно выставленной пользователем иерархии параметров. Так допустим, приоритет будет равен единице, если выставленные значения степеней предпочтения критериев одинаковые. Если разница значений степеней предпочтения будет отрицательной, то возвращается модуль обратного значения, так как превосходство обратное, иначе в результате возвращается разница значений. Далее, вычисляются весовые коэффициенты. В полученных на предыдущих шагах матрицах вначале вычисляется сумма по столбцам, затем значения матрицы делятся на сумму элементов в столбце, таким образом, производится нормировка значений матриц. Далее рассчитываются «веса», то есть складываются значения матрицы по строкам, и полученная сумма делится на количество параметров. Затем наибольший весовой коэффициент будет отображать наиболее значимый критерий отбора, либо наиболее лучшую альтернативу по конкретному критерию.

После нахождения весовых коэффициентов альтернатив по всем критериям, вызывается функция, в которой вычисляется произведение матриц весовых коэффициентов альтернатив и матрицы весовых коэффициентов параметров.

Если полученную матрицу отсортировать в порядке убывания ее значений, получится список предложений для пользователя, в начале которого будут отображаться самые предпочтительные предложения относительно его требований (рис. 4).

Результат

№	Модель
1.	Волна-Т УЗТА-1/22-ОРв (вариант исполнения №2)
2.	Волна УЗТА-0,8/22-ОМУ
3.	Волна УЗТА-0,4/22-ОМ (вариант исполнения №2)
4.	Волна УЗТА-0,4/22-ОМ (вариант исполнения №2)
5.	Волна УЗТА-0,8/22-ОМ (вариант исполнения №1)

1 2 Последняя

Рис. 4. Отображение отсортированных вариантов

После выбора в таблице модели аппарата будет отображён подробный отчет, содержащий данные о комплектации данного аппарата (рис. 5)

Аппарат ультразвуковой серии «Волна-Т»

Модель УЗТА-1/22-ОРв-2 (вариант исполнения №2)
Номер аппарата: 046.2019-1206

Назначение: кавитационная ультразвуковая обработка жидких и вязкодисперсных сред (расплавы металлов и т.п.) для их модификации при температуре до 1000 градусов Цельсия. Комплектация: электронный генератор с таймером и регулятором выходной мощности (30–100%), ультразвуковая пьезоэлектрическая колебательная система в металлическом корпусе с принудительным воздушным охлаждением, промежуточным узлом жидкостного охлаждения (тепловой отсек), промежуточным узлом (Стала 45 или аналог) и пультуловым сменным рабочим инструментом из специального тугоплавкого сплава. Промежуточное звено не подлежит нагреву свыше 200–250 градусов Цельсия.

Технические характеристики:

Мощность, ВА, не более	1000
Частота ультразвуковых колебаний, кГц	22
Амплитуда, мм	56
Интенсивность излучения, Вт/см ² , не менее	10

Параметры генератора:

Модель платы	Волна-М (1000 Вт)
Тип полумоста	Модуль
Параметры дросселя	
Тип каркаса	ETD59 × 2
Первичная обмотка	2х1.2

Рис. 5. Отчет с данными о комплектации аппарата

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показывает, что метод анализа иерархий является эффективным для построения оптимального решения поставленной задачи, а именно подбора наиболее близкого по параметрам аппарата на основе требований к новому ультразвуковому аппарату. Это способствует повышению скорости и качества разработки нового ультразвукового технологического оборудования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Конструкционные схемы и состав ультразвуковых колебательных систем. [Электронный ресурс] // u-sonic. – Режим доступа: <http://u-sonic.ru/ultrazvukovaya-razmernaya-obrabotka-materialov/5-razrabotka-ultrazvukovykh-kolebatelnykh-sistem-dlya-realizatsii-tehnologicheskogo-protsesta-razme/5-1-konstrukтивnye-skemy-i-sostav-ultrazvukovykh-kolebatelnykh-sistem/>.

2. Enrique Mu and Milagros Pereyra-Rojas, Understanding the Analytic Hierarchy Process. University of Pittsburgh, Pittsburgh: Springer, 2017.

3. Анализ математических методов поддержки принятия решений. [Электронный ресурс]// olap. Режим доступа: <http://www.olap.ru/best/analysis.asp>.

Клименченко Екатерина Валерьевна – студент, магистрант, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО АлтГТУ, тел. (3854)432459, email: ekaterina.climenchenko@yandex.ru.

Абраменко Денис Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры МСИА, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО АлтГТУ, тел. (3854)432481, email: ades@bti.secna.ru.

EXPERT SYSTEM FOR THE ADJUSTER OF ULTRASONIC DEVICES

E.V. Klimenchenko, D.S. Abramenko

Biysk Technological Institute, Biysk

Abstract – The article presents the results of the development of an expert system that accumulates the knowledge of the adjusters of ultrasonic technological devices and allows us to develop recommendations on hardware and software for an ultrasound device designed to solve a non-standard or new task. The results of the analysis of the internal structure of ultrasound devices are presented, as a result of which the parameters that will be contained in the database, as well as in the final report as output parameters, were selected. The technologies used in the development of the user interface are described. A method for selecting components for an ultrasound device based on the hierarchy analysis method is proposed and described, and the results of selecting the composition of the device based on user requirements are also presented.

Index terms: expert system, hierarchy analysis method, user interface.

REFERENCES

1. Structural schemes and composition of ultrasonic oscillatory systems, u-sonic, accessed May30, 2021, <http://u-sonic.ru/ultrazvukovaya-razmernaya-obrabotka-materialov/5-razrabotka-ultrazvukovykh-kolebatelnykh-sistem-dlya-realizatsii-tekhnologicheskogo-protssessa-razme/5-1-konstruktivnye-skemy-i-sostav-ultrazvukovykh-kolebatelnykh-sistem/>.
2. Enrique Mu and Milagros Pereyra-Rojas, Understanding the Analytic Hierarchy Process. University of Pittsburgh, Pittsburgh: Springer, 2017.
3. Analysis of mathematical methods of decision support, olap, accessed June 20, 2021, <http://www.olap.ru/best/analysis.asp>.

Klimenchenko Ekaterina Valeryevna – Student, Biysk Technological Institute, (3854)432459, email: ekaterina.climenchenko@yandex.ru.