

Д.Г. Евсеев, Б.С. Ципкин

РАСПОЗНАВАНИЕ СОСТОЯНИЙ ИЗЛУЧАЮЩЕЙ ОБЛАСТИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

При исследовании волновых процессов желательно иметь возможность управления экспериментальной установкой и объектом исследования непосредственно в ходе эксперимента, в особенности при изучении динамики этих процессов. Обратная связь по управлению экспериментом (рис. 1) позволяет в зависимости от поведения исследуемого объекта поддерживать такие режимы, при которых его особенности выделяются наиболее четко. Для осуществления управления экспериментом прежде всего необходимо, чтобы темп обработки информации превышал темп ее поступления с датчиков (т.е. обработка должна идти в реальном времени). Основная трудность при работе в реальном времени заключается в обеспечении достаточного быстродействия средств регистрации и обработки волновых процессов, при котором время реакции всей цепочки измерение - обработка - управление было бы достаточно мало. Этого можно достичь распараллеливанием процессов сбора и обработки информации и использованием простых (с вычислительной точки зрения), но вместе с тем эффективных алгоритмов анализа.

На базе этих принципов создана автоматизированная система на основе ЭВМ СМ-4 и УСО (устройство сопряжения с объектом) в международном стандарте КАМАК.



Рис. 1. Структура автоматизированной системы

В состав ЭВМ входят: процессор СМ 2104 (16 разрядов, длительность операции регистр-регистр 1,2 мкс), оперативное запоминающее устройство ОЗУ (256 Кбайт), 2 накопителя на магнитных дисках НМД (общей емкостью 10 Мбайт), 4 дисплея СМ 7200, 3 графических микропроцессорных принтера Д100, алфавитно-цифровое печатающее устройство с клавиатурой (АЦПУ) СМ 7103, устройство ввода-вывода перфоленды.

С помощью дисплея и принтеров обеспечивается многопользовательский режим работы. СМ 7103 используется для фиксации процесса диалога исследователя с ЭВМ, что дает возможность его последующего анализа и служит в качестве паспорта эксперимента.

В состав функциональных модулей КАМАК включены следующие: контроллер крейта 106А (общее управление модулями); вспомогательный микропроцессор 181А (память 20К RAM, 12 Кбайтов EPROM); два 10-разрядных цифро-аналоговых преобразователя в одном модуле 2ЦАП-10; преобразователь напряжения 058А (248/12В); регистр управления реле РУР-1Р; 5 полупроводниковых оперативных запоминающих устройств 203 (4 Кбайта 24-разрядных слов); 3 постоянных запоминающих устройства 222 (32 Кбайта 24-разрядных слов); таймер реального времени 733 (единица отсчета - 1 мс); генератор тактовых импульсов 730В (частота от 1 МГц до 1 Гц с декадным делением); 4 аналого-цифровых преобразователя 712 (10 разрядов, время преобразования 25 мкс); блок четырех фильтров (ширина полос пропускания 10 кГц); пересчетчик время/импульс 1403; индикатор магистрали 081.

Через модули 2ЦАП-10 и РУР-1Р подключен графопостроитель Н306.

В состав сервисных модулей входят: ручной контроллер 140 (пошаговое, единичное и цикловое выполнение операций); индикатор магистрали 081; генератор тактовых импульсов 730В; генератор - регистр слова 232А (24-разрядное слово); удлинитель 061. Эти модули позволяют проводить контроль и наладку функциональных модулей.

Данный вариант комплекса является основным, так как он обеспечивает решение очень широкого круга задач. При необходимости комплекс может быть легко расширен для решения каких-либо специфических задач. Например, могут быть добавлены полупроводниковые мультиплексоры 752 (по 32 канала) для увеличения числа входных каналов, интерфейс цветного телевизора 560 для расширения возможностей графики и др.

Система содержит ряд функциональных подсистем: моделирование волновых процессов, планирование эксперимента, прием и регистрацию сигналов с датчиков, формирование диагностических признаков, обработку измерительных данных, выработку управляющих воздействий, контроль и тестирование. Каждая подсистема содержит соответствующие аппаратные и программные средства.

Программное обеспечение автоматизированной системы построено на базе операционной системы реального времени ОС РВ, имеющей широкие функциональные возможности: объем оперативного запоминающего устройства до 2048 Кбайт слов, количество поддерживаемых терминалов до 20, встроенная защита файлов, организация резидентных библиотек, диагностика программных и аппаратных средств, системы управления базами данных.

Прикладные программы входят в единый программный комплекс с общими информационно-логическими связями. Комплекс реализует сетевую модель процессов обработки и разработан по оригинальной методике.

Автоматизированная система имеет следующие характеристики:

- количество входных каналов до 102;
- максимальная частота дискретизации входного сигнала до 170 кГц);
- динамический диапазон 60 дБ;
- полоса частот входного сигнала (при использовании видеоманитфона в качестве промежуточного носителя) до 1,7 МГц;
- количество одновременно обрабатываемых наборов данных до 10;
- тип данных - байтовые, целые, вещественные;
- использование данных многократное при однократном вводе;
- операции корректировки данных - сдвиг, перестановка, обнуление, замена на заданное значение по интервалу или диапазону;
- оценка наборов данных - по минимальному, среднему, максимальному значению, интерактивный режим взаимодействия пользователя с ЭВМ, основной набор процедур обработки - нормализация, интегрирование, сглаживание, амплитудный, спектральный, кепстральный анализы, распознавание образов;
- отображение данных и результатов в целом и по частям;
- масштабирование (равномерное, логарифмическое) осей координат, повороты графиков, совмещение, сопоставление и маркировка кривых, построение сечений трехмерных изображений, нанесение обозначений, надписей и т.д.

Одна из решаемых задач по анализу волновых процессов имеет следующую постановку. В некоторой области упругой среды, размеры которой малы по сравнению с расстоянием до приемника, находятся источники волн, имеющие различающиеся параметры. Расположенный на поверхности среды приемник в виде пьезодатчика воспринимает результирующую волну и преобразует ее в электрический сигнал. Известны количество источников и спектры излучения каждого источника. Требуется по результирующему излучению определить долю (P_i , $i = \overline{1, n}$, $\sum P_i = 1$) каждого источника, распознать одно из возможных m состояний излучающей области и рассчитать управ-

ляющее воздействие U ($U = \{u_1, u_2\}$, u_1 - для экспериментальной установки, u_2 - для упругой среды).

Выберем n частот f_j , $j = \overline{1, n}$ таким образом, чтобы наборы амплитуд спектров источников на этих частотах ни для каких двух источников не совпадали полностью (частичное совпадение разрешается) и были линейно независимы. Эти амплитуды используем в качестве первичных диагностических признаков и обозначим $W_i^{(j)}$ (i - номер источника, j - номер частотной компоненты спектра) (рис. 2). Вследствие затухания при распространении в среде

$$\tilde{W}_i^{(j)} = W_i^{(j)} \cdot e^{-ar},$$

где $\tilde{W}_i^{(j)}$ - амплитуда частотной компоненты вблизи приемника; $W_i^{(j)}$ - амплитуда частотной компоненты вблизи источника; a - коэффициент затухания; r - расстояние между источником и приемником.

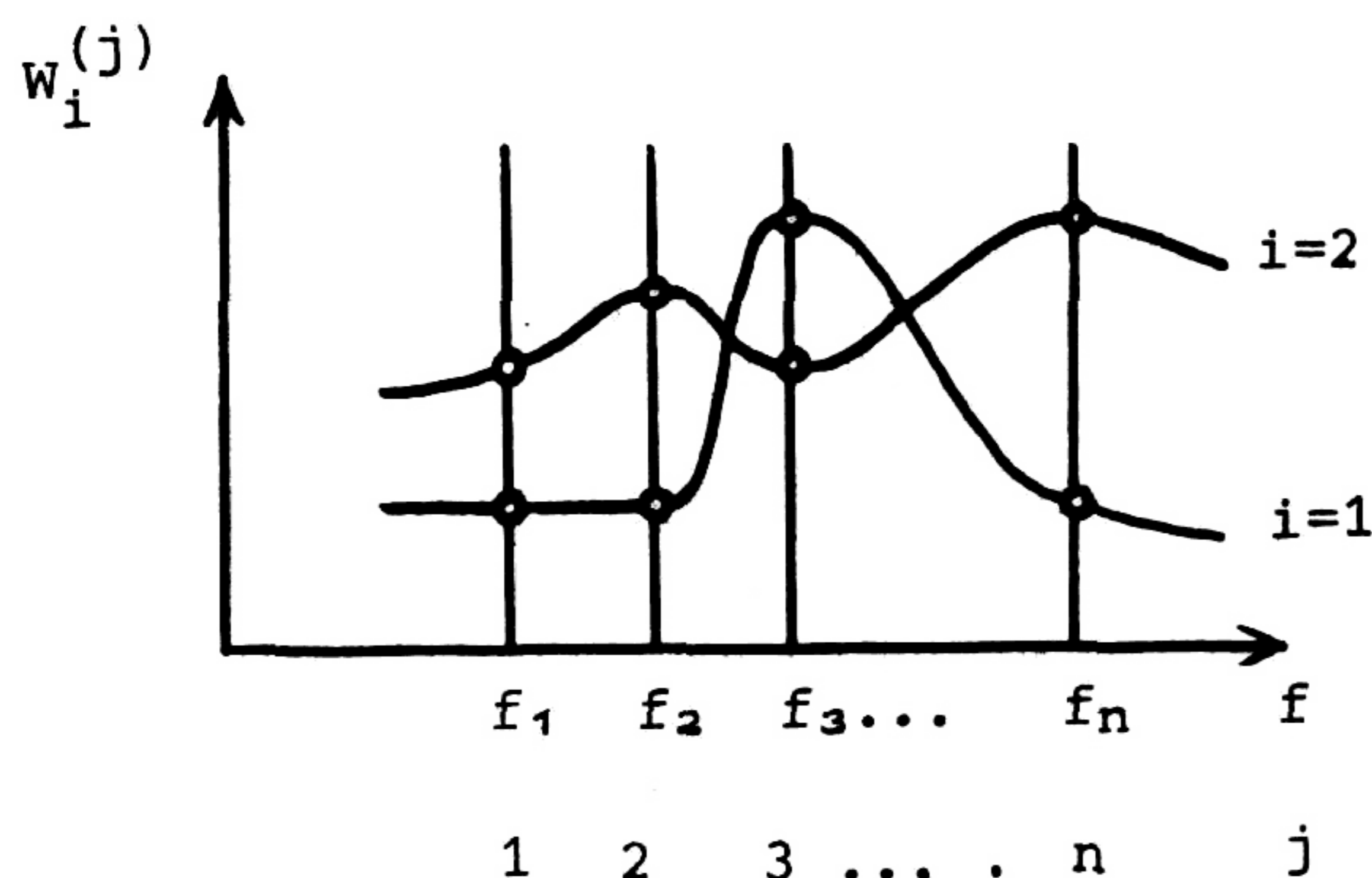


Рис. 2. Первичные диагностические признаки

Согласно принципу суперпозиции принимаемая волна является линейной комбинацией составляющих волн:

$$W_{\text{рег}}^{(j)} = \sum_{i=1}^n \alpha_i \tilde{W}_i^{(j)} = e^{-ar} \cdot \sum_{i=1}^n \alpha_i W_i^{(j)},$$

где $W_{\text{рег}}^{(j)}$ - регистрируемая приемником амплитуда частотной компоненты результирующей волны; α_i - коэффициенты, отражающие интенсивность каждого источника.

Чтобы избавиться от мультипликативной помехи, связанной с затуханием, нормализуем амплитуды, разделив их на суммарное значение:

$$W_{\text{норм}}^{(j)} = \frac{W_{\text{рег}}^{(j)}}{\sum_{j=1}^n W_{\text{рег}}^{(j)}} = \frac{e^{-ar} \cdot \sum_{i=1}^n \alpha_i W_i^{(j)}}{\sum_{i,j=1}^n e^{-ar} \alpha_i W_i^{(j)}} = \sum_{i=1}^n \tilde{\alpha}_i W_i^{(j)},$$

$$\sum_{j=1}^n W_{\text{норм}}^{(j)} = 1, \quad \tilde{\alpha}_i = \alpha_i / \sum_{i,j=1}^n \alpha_i W_i^{(j)}.$$

Поскольку наборы $W_i = \{W_i^{(j)}, j = \overline{1, n}\}$ линейно независимы, можно рассматривать их как базисные векторы линейного пространства R^n , а $W_{\text{норм}} = \{W_{\text{норм}}^{(j)}, j = \overline{1, n}\}$ - как некоторый вектор в этом пространстве. Тогда $\tilde{\alpha}_i$ можно определить как проекции вектора на оси координат (рис. 3). Зная $\tilde{\alpha}_i$, легко определить доли вклада источников P_i (вторичные диагностические признаки):

$$P_i = \frac{\alpha_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i} = \frac{\alpha_i / \sum_{i,j=1}^n \alpha_i W_i^{(j)}}{\sum_{i=1}^n (\alpha_i / \sum_{i,j=1}^n \alpha_i W_i^{(j)})} = \frac{\tilde{\alpha}_i}{\sum_{i=1}^n \tilde{\alpha}_i}.$$

Распределение P_i характеризует состояние области излучения. Пространство возможных значений P_i с помощью одного из методов распознавания образов (полилинейных решающих правил) разбивается разделяющими гиперплоскостями на m подпространств (рис. 4). С течением времени состояние источников меняется и, соот-

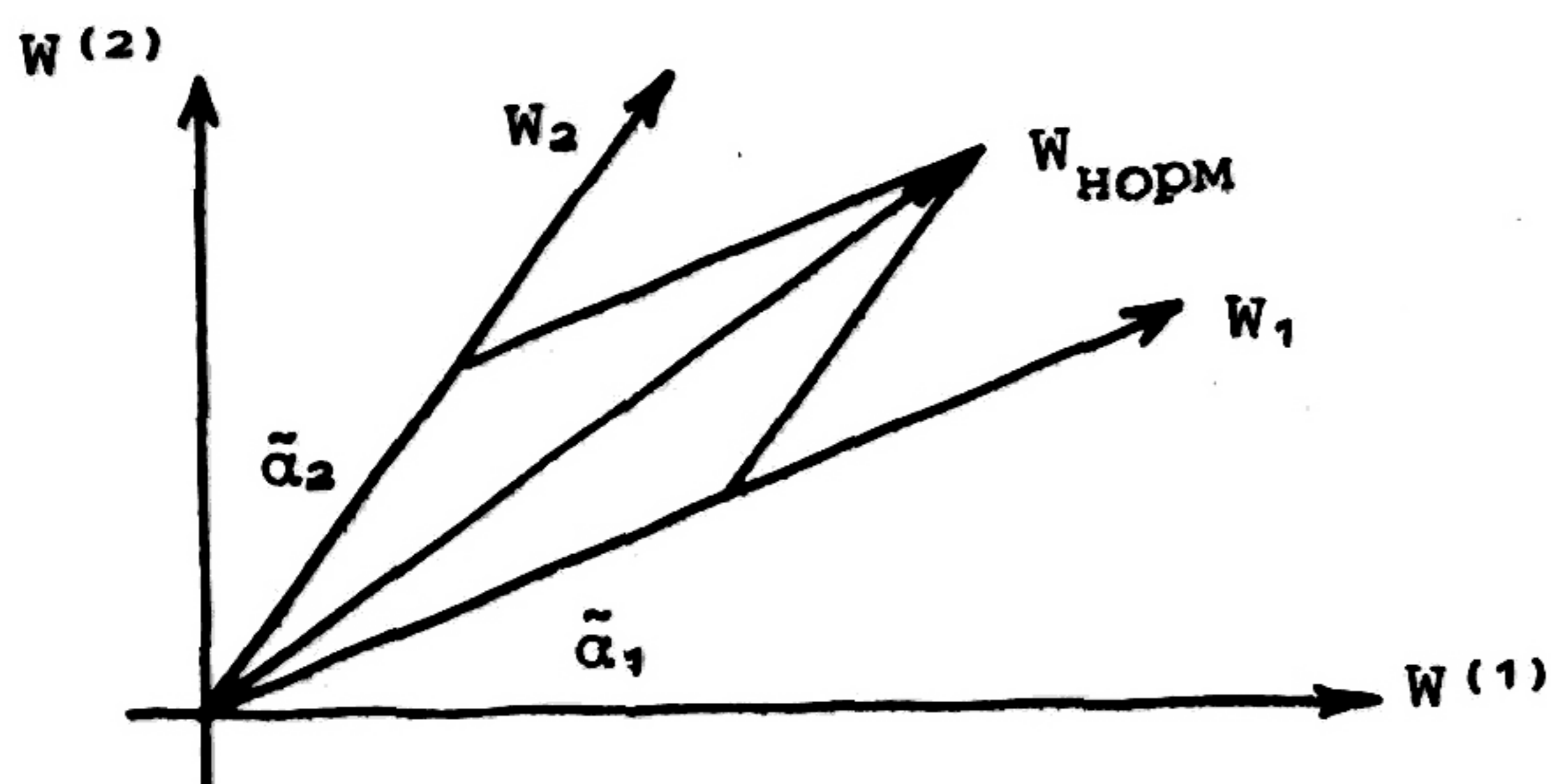


Рис. 3. Определение \tilde{a}_i в двумерном случае

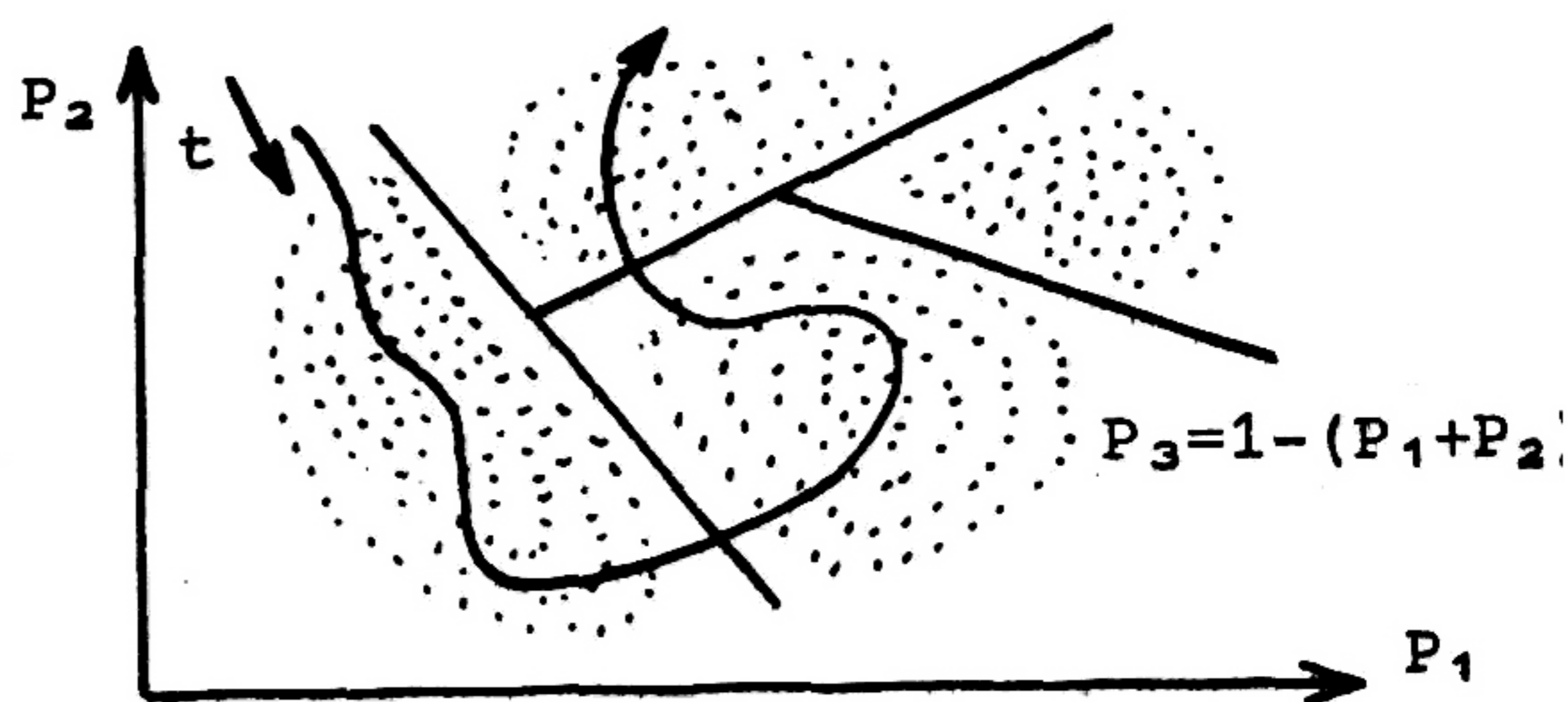


Рис. 4. Разбиение пространства вторичных диагностических признаков в трехмерном случае

ветственно, меняются P_i . Их значения образуют некоторую траекторию, пересечение которой разделяющих гиперплоскостей означает смену состояний области излучения. В этот момент осуществляется выработка управляющих воздействий u_1 и u_2 .

Прием колебаний (рис. 5) осуществляется пьезодатчиком, преобразующим их в электрические, затем они усиливаются предусилителем и поступают на вход блока частотных фильтров, находящихся в КАМАК. Частотные фильтры из широкополосного (до 1 МГц) сигнала выделяют узкополосные компоненты $W_{\text{рег}}^{(j)}$. На основе этих первичных признаков микропроцессор КАМАК рассчитывает вторичные признаки P_i и по ним определяет K ($K = \overline{1, m}$) - номер состояния излучающей области. Значение K передается в СМ-4, которая рассчитывает управляющие воздействия.

Автоматизированная система используется при анализе упругих волн в твердых телах.

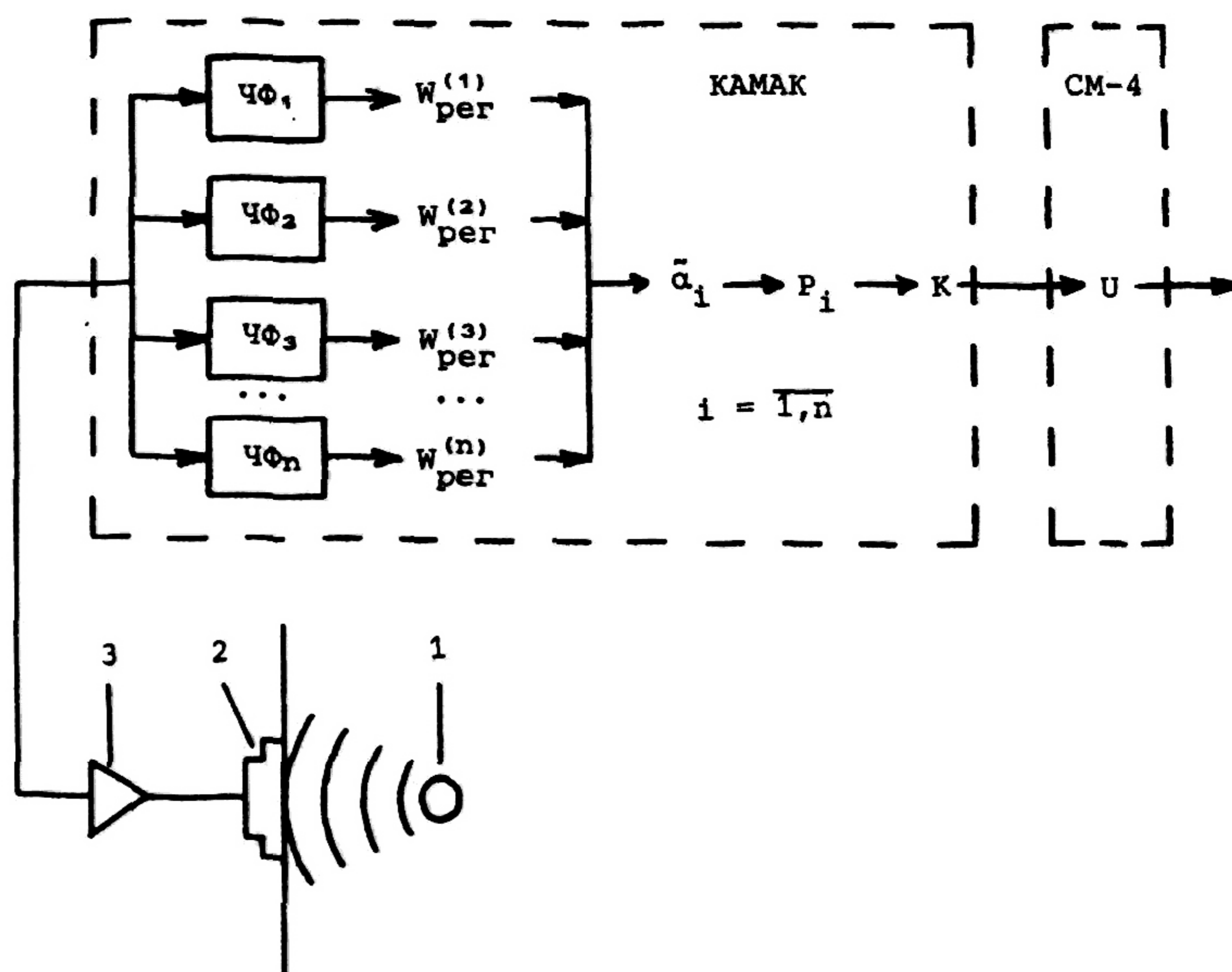


Рис. 5. Схема приема и обработки волновых процессов (1 - излучающая область, 2 - пьезодатчик, 3 - предусилитель, ЧФ - частотные фильтры)

Л и т е р а т у р а

1. Гуляев В.А., Чаплыга В.М., Кедровский И.В. Методы и средства обработки диагностической информации в реальном времени. Киев: Наукова думка, 1986. - 223 с.

2. В и н о г р а д о в В.И. Информационно-вычислительные системы: Распределенные модульные системы автоматизации. М.: Энергоиздат, 1986. - 336 с.

3. Ц ы п к и н Б.С. Автоматизированная система акустико-эмиссионной диагностики технологических процессов // Межвузовский сб. науч. тр.: Автоматизированные системы испытаний объектов железнодорожного транспорта. М.: МИИТ, 1986. Вып. 775. С. 50-52.
