

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ**

---

---

*На правах рукописи  
УДК 621.385*

**АБИДОВА Гулмира Шухратовна**

**УСТРОЙСТВО СОПРЯЖЕНИЯ ХРОМАТОГРАФА С  
ПЕРСОНАЛЬНЫМ КОМПЬЮТЕРОМ С  
АВТОМАСШТАБИРОВАНИЕМ**

**05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем  
управления»**

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

**диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**Ташкент - 2010**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

**Актуальность работы.** Диссертационная работа посвящена решению народно-хозяйственной задачи разработки, исследованию и широкого практического применения аппаратно-программной реализации задач предварительного оценивания информативных параметров аналитических сигналов в автоматизированных системах количественного и качественного анализа состава и свойств веществ.

Актуальность темы обусловлена созданием и внедрением устройств и систем, позволяющих автоматизировать процессы сбора аналитической информации, ее обработки и принятия решений на основе полученных результатов для соответствующих изменений условий эксперимента или характеристик объекта.

Постоянное расширение сферы экспериментальных исследований, возрастание их сложности и информативности выдвигают на первый план проблему совершенствования систем автоматизации научного эксперимента, которая на современном этапе заключается в повышении интеллектуального уровня систем подобного типа. Это требует все более интенсивной разработки и внедрения различного рода методов устройств и систем, позволяющих автоматизировать процессы сбора аналитической информации, ее обработки и принятия решений в условиях изменения состояния и характеристик объекта, а также неполноты и стохастичности исходной информации.

Следует отметить, что этап предварительной обработки является наиболее существенным в общем процессе, от успешного осуществления которого зависит точность и достоверность результатов окончательного анализа. Результатом этапа предварительного оценивания является выделение и определение информативных признаков полученной экспериментальной кривой на основе данных анализа различных типов ее формы физического носителя.

В данной работе решается важная актуальная задача разработки, исследования и широкого практического применения новых методов аппаратно программной реализации задач предварительного оценивания информативных параметров аналитических сигналов в автоматизированных системах количественного и качественного анализа состава и свойств веществ. Так как задача сопряжения хроматографа с персональным компьютером является глобально важной сферой во многих отраслях науки и техники, уже решена ведущими производителями разных стран мира, таких как Япония, США, Россия. В Японии этой областью разработок занимается корпорация «SHIMADZU», которая располагает последними новинками хроматографов подключенных к ПК, таких марок как:

– GC-2014, газовый хроматограф для рутинных анализов. Работа с капиллярными и насадочными колонками. Ручная установка расхода газов. Возможность работы без ПК (с интегратором).

– GC-2010, наиболее передовая модель газового хроматографа "SHIMADZU». Полностью автоматизирован. Электронная система управления потоками газов. Электронная система компенсации изменения атмосферного давления и температуры окружающей среды. Различные режимы ввода проб. Современный проба отбор.

В Соединенных Штатах Америки в этой области последними новинками являются такие модели как:

– Varian-4900, портативный, переносной газовый хроматограф. Анализ газовых смесей в месте отбора пробы. Идеальная модель для анализа природного и сжиженного газа. Время полного анализа природного газа - 90с.

– Varian-430 GC, рутинный анализ. Капиллярные, насадочные колонки. Полный электронный контроль газовых потоков.

– Varian-450 GC, стандартная модель для выполнения рутинных и исследовательских задач. Работа с капиллярными и насадочными колонками. Автоматическое управление и контроль за работой всех узлов газового хроматографа. Автосамплер. Автоматическая обработка данных проба отбора Galaxie WS. Набор приставок.

И соответственно Российские разработки представляют из себя следующие модели:

– Кристалл-люкс4000М. Автоматическая установка расхода газов. Системы последовательно расположенных селективных детекторов. Работа с капиллярными и насадочными колонками. Современное проба отбирание.

– Кристалл – 2000М. Мультидетекторные модули для работы с капиллярными и насадочными колонками. Автоматический ввод жидких и газообразных проб. Программа сбора и обработки хроматографической информации «Хроматэк Аналитик» (Windows). Специализированные приложения «Хроматэк Газ», «Хроматэк Сжиженный газ», «Хроматэк Энергетик».

Решение задачи сопряжения хроматографа с ПК обосновывается тем, что существующие модели современных хроматографов на мировых рынках отличаются чрезмерно высокой ценой, что сильно ограничивает контингент пользователей, соответственно коэффициент уровня контроля различных отраслей производства и науки, что приводит к значительному повышению ручного труда и потребляемого времени.

Исследуя эту отрасль, были изучены научные работы, выполненные в Республике Узбекистан и в ближнем зарубежье, авторами которых являлись Насыров М.Ш., Рассказова Р.Б., Ниязов А.А., посвященные исследованию и анализу выходных характеристик хроматографа и вопросы подключения хроматографа к персональному компьютеру. Из стран СНГ, в Новосибирске в 2004 году была выполнена научная работа, автором которой являлся Баскаков И.Д., в которой излагались пути и возможности создания контроллера для промышленного хроматографа марки «Хромакон».

По итогам исследований было выявлено, что при подключении и работе хроматографа с персональным компьютером, появляются недопустимо большие погрешности, что приводит к потере важной информации, и в итоге недостоверности полученных результатов. Данная работа посвящена усовершенствованию и устранению этих недостатков.

Данная работа выполнялась в непосредственном сотрудничестве с Главным Бюро судебно-медицинской экспертизы Министерства Здравоохранения Республики Узбекистан.

**Степень изученности проблемы.** Ядром разрабатываемой информационно-вычислительной системы является устройство сопряжения, выполняющее большую часть функций по анализу формы и обработке экспериментальной кривой. При этом значительная роль отводится экспериментальной преобразователю, который является главным звеном в тракте сопряжения экспериментальной установки с вычислительной машиной и который помимо выполнения традиционных функций преобразования формы представления информации, выполняет операции по выявлению информативных признаков сигнала. Выявление и измерение характеристических параметров с использованием принципов искусственного интеллекта позволяет повысить эффективность и точность вычисления определяющих параметров хроматограммы, что в свою очередь повышает достоверность окончательных результатов анализа.

**Связь диссертационной работы с тематическими планами НИР.** Диссертационная работа выполнена на кафедре «Электрическая связь и радио», ТашИИТ, на основе П.30 – «Проблема совершенствования средств связи и систем управления».

**Целью исследования является:**

- анализ типовых функций и методов обработки аналитической информации;
- разработка перспективных методов способствующих повышению точности и эффективности обработки, данных анализа;
- алгоритмизация разработанных методов и исследование возможностей технической реализации предложенных алгоритмов;
- разработка структурных и функциональных схем устройств аппаратной части системы обработки;
- разработка усилителя с автомасштабированием и разработка цифрового компаратора.

**Задачи исследования.** Для достижения поставленных целей решаются следующие задачи исследований:

- анализ основных требований к устройствам предварительной обработки информации;
- разработка основных требований к устройствам предварительной обработки информации;
- расчет и выбор используемого аналого-цифрового преобразователя на основе современной микросхемотехники;

- разработка математических моделей хроматографических сигналов;
- разработка комплексного алгоритма предварительной обработки информации;
- разработка и расчет измерительного усилителя с автоматическим масштабированием;
- разработка и расчет цифрового компаратора для измерительного усилителя с автоматическим масштабированием;
- разработка рекомендаций для практического применения предложенных устройств.

**Объект и предмет исследования.** Объектом исследования являются системы сопряжения физико-химических анализаторов с персональным компьютером. Предметом исследования являются методы и алгоритмы определения информативных параметров данных хроматографов и масспектрометров.

**Методы исследования.** При решении поставленных задач использовались аналитические и программные методы исследований, а также специально разработанные методы с последующей обработкой и анализом полученных результатов.

Аналитические методы базировались на современной теории функциональной электроники, полупроводниковой электроники, микроэлектроники, теории цепей, спектрального анализа и математической статистики.

**Гипотеза исследования.** Улучшение качества процессов функционирования и работоспособности структур измерительно-вычислительных средств преобразования, за счет комплексного использования алгоритмов и аппаратных средств при обработке аналитической информации в системах управления.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- теоретическое обоснование, решение и обобщение интеллектуализации средств сопряжения персонального компьютера с объектом исследования;
- методы организации систем сопряжения, технологии обработки и ввода информации в процессор. Обладающие в отличие от традиционных, возможностью формирования, преобразования и ввода не только числовой, но и содержательной информации, характеризующей исследуемый процесс;
- разработка аппаратно-программных средств, для выявления информативных признаков аналитических сигналов, предварительного оценивания и обработки хроматографической информации, с учетом специфических свойств, входных данных;
- совокупность научных положений, полученные теоретические и практические результаты, позволяют осуществить решение диссертации научной и прикладной проблемы разработки и создания аппаратных и

программных средств повышения эффективности систем автоматизации, экспериментальных исследований состава и свойств веществ;

– сформулированные и обоснованные автором теоретические положения представляют собой обобщение и развитие методов обработки хроматографических сигналов в автоматизированных системах обработки данных анализа состава и свойств веществ. Выполненные исследования и разработки аппаратно-программных средств с элементами искусственного интеллекта позволяют решать научно-техническую проблему по созданию алгоритмических и аппаратных средств увеличения производительности и расширения функциональных возможностей автоматизированных систем обработки данных физико-химических исследований, имеющую важное народно-хозяйственное значение.

**Научная новизна** полученных в диссертации результатов, заключается в следующем:

- решены задачи первичной обработки аналитической информации в системах управления;
- разработаны методы определения и корректировки информативных параметров анализируемого сигнала, учитывающие его особенности;
- предложена структура комплексного алгоритма распознавания аналитических ситуаций в обрабатываемом сигнале;
- разработаны аппаратные средства, реализующие предложенные алгоритмы и методы в виде нестандартных устройств, функционирующих в периферийной части системы.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

– разработаны и приведены алгоритмы предварительной обработки хроматографической информации, между аппаратными и программными средствами;

– приведена методика расчета и разработки измерительного усилителя с автомасштабированием и цифрового компаратора, который рекомендован для критического использования при расчетах, планирования и анализа систем предварительной обработки данных;

– разработаны практические рекомендации по внедрению устройства сопряжения хроматографа с персональным компьютером с автомасштабированием.

**Реализация результатов.** Теоретические и практические результаты исследований представлены в Главное бюро судебно-медицинской экспертизы Минздрава Республики Узбекистан для использования в технологических объектах. Имеется акт о внедрении созданного и исследованного устройства в технологический процесс. Суммарный экономический эффект от внедрения результатов диссертационной работы составляет 18 млн. 48 тыс. сум в год.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы докладывались, обсуждались и получили одобрение на:

– научных семинарах кафедры «Технология и физика материалов», ТГТУ, 2002-2004 г.г.;

– научных семинарах кафедры «Электрическая связь и радио», 2005-2009 г.г.;

– объединенном научном семинаре кафедр «Электрическая связь и радио» и «Электроснабжение и микропроцессорное управление», ТашИИТ, 2007 г.;

– научно-практической конференции «Молодое поколение в развитии науки и техники» (Ташкент, 2003);

– международной научной конференции «Инновация 2006» (Ташкент 2006);

– республиканской научно-практической конференции «Роль ученых женщин в развитии науки и техники» (Ташкент 2006);

– научном семинаре при специализированном Совете Д 067.07.01 Ташкентского государственного технического университета имени Абу Райхана Беруни, 2009 г.

**Опубликованность результатов.** По результатам выполненных исследований опубликованы 7 научных работ, в том числе 4 – в научных журналах и 3 тезиса докладов.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Основная часть диссертации 158 страниц, в том числе 125 страниц основного текста, 28 рисунков, 2 таблицы, список литературы содержит 77 наименований.

Пользуясь случаем автор выражает глубокую благодарность научному руководителю – доктору технических наук, Халикову А.А., за постановку задачи и научное руководство работой.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** кратко обоснована актуальность темы диссертации, и состояние вопроса, сформулированы цели и основные задачи исследований, описаны состав и структура работы, показана ее научная новизна и практическая ценность, приведены основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** диссертации рассматриваются физико-химические основы хроматографического процесса, основные параметры хроматографического пика характеризующие его форму. Подробно рассмотрены информативные параметры хроматографического пика. Рассмотрены возможности определения этих информативных параметров аппаратным методом с последующей передачей данных в персональный компьютер.

Предложен общий подход к проблеме создания эффективных средств обработки данных с установок физико-химического анализа помимо решения

вопросов проблемной ориентации, требующие разработку перспективных методов и алгоритмов, позволяющих реализовать принципы искусственного интеллекта, повысить точность и оперативность обработки данных. Приведен анализ форм кривых, используемых для аппроксимации реальных хроматографических пиков. Такие функции как Гаусс, бигаусс, комбинация функции Гаусса с другими функциями.

Рассмотрены вероятностно-статистические методы анализа вопросов обнаружения пика. Обнаружение пика по производной производится при превышении значения производной сигнала детектора порога чувствительности селектора. Возникающая при этом погрешность при Гауссовой модели пика имеет вид:

$$S_{обн} = 0.5 - \Phi(x\tau); \quad (1)$$

где  $x\tau$  - абсцисса обнаружения пика, определяемая из уравнения:

$$x\tau f(x\tau) = \frac{S\sigma}{A}. \quad (2)$$

Таким образом, в этом случае  $S_{обн}$  зависит от параметра  $\frac{S\sigma}{A}$ , возрастаая с его увеличением.

Если производная вычисляется аналоговым селектором по приращениям, то необходимо учитывать влияние квантования по времени:

$$S_{обн} = 0.5 - \Phi\left(x\tau + \frac{\Delta t}{\sigma}\right); \quad (3)$$

где  $x\tau$  - определяется выражением,

$$f(x\tau) - f\left(x\tau + \frac{\Delta t}{\sigma}\right) = \frac{S'}{A}. \quad (4)$$

Абсолютная величина  $S_{обн}$  в этом случае имеет минимум при  $\sigma/\Delta t = 3/5$ . При уменьшении  $\sigma/\Delta t$  возрастают вероятность появления и величина дополнительной погрешности от квантования по времени, а при увеличении  $\sigma/\Delta t$  (уменьшении  $\Delta t$ ), погрешность  $S_{обн}$  возрастает за счет более позднего обнаружения пика.

В случае цифрового селектора по первой разности необходимо учесть дополнительно квантование по уровню. Полагая величину кванта равной единице, получим:

$$S_{обн} = 0.5 - \Phi\left(-\frac{k^* \Delta t + \varepsilon}{\sigma}\right); \quad (5)$$

где  $k^*$  - определяется из уравнения:

$$\text{Ent}\{Af(k^* \Delta t + \varepsilon)\} - \text{Ent}\{Af(k^* + 1)\Delta t + \varepsilon\} = S'; \quad (6)$$

здесь,  $\text{Ent}(B)$  - целая часть числа  $B$ ,  $k=1, 2, \dots, k^*$ ;

$\varepsilon$  - смещение момента пересечения функцией шкалы квантования по уровню относительно начала текущего интервала  $\Delta t$ ,  $0 \leq \varepsilon \leq \Delta t$ .



Отмечается, что успешная реализация принципов искусственного интеллекта в измерительных и вычислительных процедурах, в первую очередь определяется степенью изученности специфических особенностей анализируемого сигнала. В этой связи рассматриваются особенности, модели и основные информативные параметры аналитического сигнала на примере хроматографического.

Во второй главе рассматриваются перспективы развития автоматизированных систем обработки аналитической информации, успешная реализация которых обеспечивается, прежде всего, расширением функциональных возможностей устройств сопряжения аналитической установки с обрабатываемым персональным компьютером. Исследуется путь решения задачи предварительной обработки информации в устройствах сопряжения, использующих аппаратно-программные методы совмещения процессов преобразования и предварительной обработки.

Кроме того, рассмотрены проблемы автоматизации хроматографического анализа, которые затрагивают два аспекта: автоматическую обработку выходных сигналов хроматографа и автоматическое управление его узлами и режимами. Причем первичная обработка хроматографической информации представляет собой наиболее существенный этап автоматизации обработки данных хроматографического анализа, на котором базируются все последующие этапы и от результатов которого зависят метрологические и надежные характеристики окончательных результатов анализа. Первичная обработка хроматографической информации заключается в определении параметров формализованной хроматограммы.

Рассмотрены основные информативные параметры хроматографического сигнала, представляющего собой последовательность пиков различной амплитуды и длительности, разделенных нулевым значением базовой линии, являются площади этих пиков, ограниченные кривой функции и базовой линией, а также моменты появления их максимумов. По значениям площадей пиков судят о количественном содержании отдельных компонентов в анализируемой смеси, моменты появления максимумов являются исходной информацией для качественного анализа. Автоматизация первичной обработки хроматографической информации усложняется ее особенностями: широким динамическим диапазоном сигнала на выходе хроматографа, дрейфом базовой линии, наличием различного рода шумов и помех. Таким образом, на этапе первичной обработки данных хроматографического анализа необходимо произвести автоматический выбор диапазона измерения обрабатываемого сигнала, определить закон изменения базовой линии, осуществить обнаружение полезного сигнала, отделить его от помех и измерить его определяющие параметры.

Результаты этапа первичной обработки хроматографической информации представляют собой исходные данные для этапа окончательной обработки, осуществляемой персональным компьютером. Применение для

первичной обработки хроматографической информации средств вычислительной техники неизбежно приводит к необходимости преобразования входной аналоговой информации в цифровую форму.

Отсюда следует, что основным звеном устройства автоматизации первичной обработки хроматографической информации является преобразователь напряжения в код, т.е., аналого-цифровой преобразователь, непосредственно связанный с источником аналогового сигнала (выходным детектором хроматографа). Это обстоятельство обуславливает определяющий вклад аналого-цифрового преобразователя в результирующую погрешность устройства обработки.

Приведены программные модули данной подсистемы. Они предназначены для накопления данных, поступающих с хроматографов, в реальном масштабе времени и вычисления площади хроматографических пиков тремя методами (вычисление площади по амплитуде и времени удерживания пика, вычисление площади по амплитуде и ординате пика, вычисление площади по методу интегрирования).

Кроме того, в приведенной подсистеме ведется контроль заполнения буфера данных, контроль наличия слитных пиков, контроль выхода хроматографических пиков на определенное значение от максимального значения пика, управление каналом доступа информации с аналого-цифрового преобразователя в память вычислительной машины.

Отдельно рассмотрены вероятностно-статические методы проверки гипотез о законах распределения. С их помощью также можно получить описания исследуемых хроматографических сигналов, однако, их применение требует большого объема вычислительных работ, так необходимо проведение работ по многократному перебору количества выборок для идентификации необходимой модели.

В третьей главе указывается на целесообразность использования в тракте сопряжения измерительно-вычислительных аппаратных средств, для выявления информативных параметров хроматографических пиков. В соответствии с этим выбран гибридный тип измерительно-вычислительных средств.

Рассмотрены математические модели определения информативных параметров, таких как начало пика, конец пика, экстремум и дисперсия пика. Для определения этих значений пика можно применить первую и вторую производную функции Гаусса. Эти производные можно выразить аппаратно, как изменения значения выходного значения аналого-цифрового преобразователя за время  $\Delta t$ . При использовании первой производной, обнаружение не чувствительно к неизменному базисному сигналу. Критерием обнаружения является превышение первой производной сигнала некоторого порогового значения, например порога чувствительности дифференцирующего блока устройства обработки (селектора):

$$V_i \geq S. \quad (7)$$

Бурное развитие средств микропроцессорной техники привело к созданию высокопроизводительных персональных компьютеров, позволяющих реализовать значительные потенциальные возможности методов цифровой обработки аналоговой информации. Для сопряжения персонального компьютера с объектами используются устройства сбора данных (УСД), сигналы на входах которых могут во многих случаях изменяться в широком (80дБ и более) динамическом диапазоне, обработка таких сигналов необходима, в частности, в радио и гидролокаторах, в установках физико-химического анализа, аппаратуре для сейсмических исследований, в технике ядерного эксперимента и. т. д. Учет требований по динамическому диапазону входных сигналов преобразователей информации приводит к разработке специальных устройств, сбора данных с расширенным диапазоном.

Рассмотрим основные методы построения устройств, сбора данных с расширенным диапазоном.

Одним из способов увеличения динамического диапазона является использование много разрядных линейных аналого-цифровых преобразователей. Рассмотрев форму из широкого спектра известных типов аналого-цифровых преобразователей в устройствах сбора данных с расширенным диапазоном, используют главным образом многозарядные ( $m \geq 14$ ) аналого-цифровые преобразователи последовательного приближения, имеющие оптимальное сочетание по точности, быстродействию и аппаратным затратам. Как известно основу аналого-цифрового преобразователя последовательного приближения составляет цифро-аналоговый преобразователь, регистр последовательных приближений и компаратор. Ограничиваясь рассмотрением дробовой и тепловой составляющих напряжения шумов, имеет следующее соотношение для дисперсии шума на входе компаратора:

$$D_k = \frac{S_{ш}}{4\tau_{экс}}; \quad (8)$$

одни параметры имеют доминирующие значения, другие – играют второстепенную роль. Ввиду многообразия требований, предъявляемых к преобразователям, формы критериев эффективности должны быть также достаточно разнообразными. При этом необходимо, чтобы критерии обладали следующими свойствами:

1. Представительность (возможностью учета в обоснованных пропорциях всех доминирующих внешних параметров);
2. Конкретностью (наличием определенного физического смысла);
3. Конструктивностью (возможностью формального использования критерия без привлечения эвристических оценок эффективности);
4. Простотой (отсутствием трудностей математического, экспериментального и вычислительного характера при определении конкретных численных значений критерия);

5. Универсальностью (возможностью применения критерия для комплексной оценки эффективности преобразователей информации различных типов и в различных условиях);
6. Системностью (чувствительностью критерия и условием функционирования устройства).

Свойства представительности, конструктивности и универсальности могут быть отнесены, в критерий эффективности в явном виде. Однако с точки зрения простоты критерия желательно, чтобы в нем фигурировало минимальное число параметров. Кроме того, при большом числе учитываемых параметров трудно построить критерии, обладающие свойством конкретности, т.е. имеющие ясный физический смысл.

Расширение функциональных возможностей гибридных средств сопряжения предполагает выполнение различных функциональных, вычислительных и логических операций над измерительной информацией, помимо линейного преобразования формы их представления и различного рода совместимости с нормированными информационно-энергетическими характеристиками входа персонального компьютера. Прослеживаются пути решения задачи выполнения первичной обработки информации, в устройствах сопряжения, использующих аппаратно-программные методы совмещения процессов преобразования и обработки информации.

Четвертая глава данной работы посвящена расчетно-аппаратной реализации отдельных задач обработки хроматограмм. Приведена функциональная схема аппаратной части системы для определения характеристических вспомогательных параметров анализируемого сигнала.

Процесс измерения заключается в сравнении измеряемой величины с эталонной в кодировании результата сравнения. Сближение эталонной и входной величин означает приведение рабочего диапазона аналого-цифрового преобразователя к диапазону входного сигнала, другими словами, адаптацию устройства измерения к широкодиапазонному сигналу, поступающему на его вход. Согласование измеряемой и эталонной величин может быть:

- мультипликативным, когда масштабируется входная или эталонная величина;
- аддитивным, когда входная или эталонная величина смещаются на заранее известные значения;
- аддитивно-мультипликативным.

Критерий выбора типа согласования определяется задачей, в рамках которой осуществляется измерение. С точки зрения точностных характеристик, аддитивное согласование превосходит мультипликативное, но с другой стороны, в ряде случаев более приемлемым является мультипликативный способ согласования входной и эталонной величин, т.к. он отличается простой технической реализацией, что позволяет применять универсальные измерительные устройства, обеспечивает удобство отображения измеряемой информации. Следует отметить, что для устройств, построенных на основе аналого-цифрового преобразователя, согласование

входной и эталонной величин путем изменения масштаба последней практически непригодно, из-за ограниченного рабочего диапазона по цифровому сигналу схем сравнения аналого-цифрового преобразователя.

Т.е., оптимальным для измерительных приборов на основе аналого-цифрового преобразователя является масштабирование измеряемой величины. Устройства, осуществляющие автоматический выбор диапазона измерения, можно представить в качестве логического автомата, сигналы, с выхода которого управляют изменением чувствительности входного масштабирующего блока. Работа этого блока показана на диаграмме, рис. 1.

При разработке аналого-цифрового преобразователя следует рассчитать минимальную разрядность аналого-цифровых преобразователей для получения соответствующей погрешности.

При определении процентного содержания компонентов определяемой смеси требования к погрешности составляет 0,1%.

Исходя из того, что в зависимости от значения напряжения на выходе, относительная погрешность будет считаться по формуле:

$$\delta = \frac{\delta\Delta \cdot 100 \%}{U_{\text{вх}}} \quad (9)$$

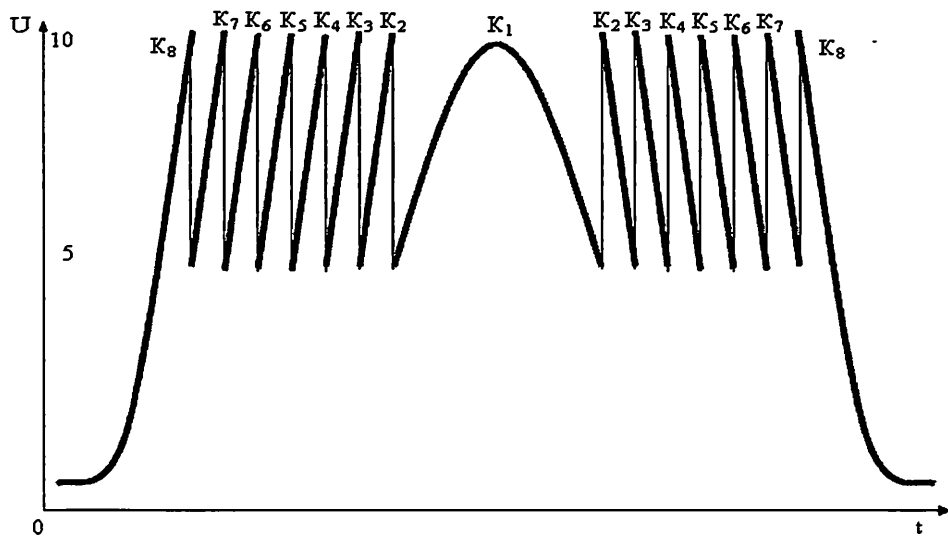


Рис. 1. Диаграмма изменения выходного сигнала усилителя с автомасштабированием

Из этой формулы видно, что при:

$$\Delta\delta = \text{const},$$

при больших значениях  $U_{\text{вх}}$ , относительная погрешность меньше, а при малых значениях  $U_{\text{вх}}$ , погрешность его увеличивается.

При выборе аналого-цифрового преобразователя будем исходить из того, что минимальное  $U_{\text{вх. min}} = 1 \text{ В}$ , а относительная погрешность  $0,1 \%$ .

Исходя из этого, мы определим абсолютную погрешность разрабатываемого нами аналого-цифрового преобразователя. Абсолютная погрешность определяется по формуле:

$$\Delta\delta = \frac{U_{\text{вх}} \cdot \delta_{\text{отн}}}{100\%}, \quad (10)$$

где,  $\Delta\delta$  - абсолютная погрешность. Подставляя в эту формулу значение  $U_{\text{вх min}} = 1 \text{ В}$ ,  $\delta_{\text{отн}} = 0,1 \%$ , получаем:

$$\Delta\delta = \frac{U_{\text{вх}} \cdot \delta_{\text{отн}}}{100\%} = \frac{1\text{В} \cdot 0,1\%}{100\%} = 1\text{мВ}. \quad (11)$$

Из теории аналого-цифрового преобразования известно, что абсолютная погрешность вычисляется по формуле:

$$\Delta\delta = \frac{U_{\text{м.р.}}}{2}; \quad (12)$$

где  $U_{\text{м.р.}}$  - значение напряжения младшего разряда.

Исходя из этих данных учитывая, что  $U_{\text{вых max(АЦП)}} = 10 \text{ В}$ , а абсолютная погрешность  $1 \text{ мВ}$ , следует выбрать аналого-цифровой преобразователь 12-ти разрядное.

Как было рассмотрено выше, входное напряжение аналого-цифрового преобразователя должно колебаться от  $1 \text{ В}$  до  $10 \text{ В}$ , при значении входного сигнала менее  $1 \text{ В}$ , относительная погрешность увеличивается, поэтому этот раздел посвящен разработке усилителя, который будет обеспечивать изменения входного сигнала в пределах от  $1 \text{ В}$  до  $10 \text{ В}$ .

Обычно на практике максимально и минимальные соотношения содержания веществ в многокомпонентной смеси равно:

$$\frac{m_{\text{max}}}{m_{\text{min}}} = 1000, \quad (13)$$

учитывая, что отношение 
$$U_{\text{вх max}}/U_{\text{вх min}} = 10. \quad (14)$$

Исходя из выше приведенных обстоятельств, отношение коэффициента усиления максимум ( $K_{y \text{ max}}$ ) к минимальному коэффициенту усиления будет:

$$\frac{K_{y \text{ max}}}{K_{y \text{ min}}} = 100. \quad (15)$$

Поэтому, при разработке усилителя с программируемым коэффициентом усиления выбираем:

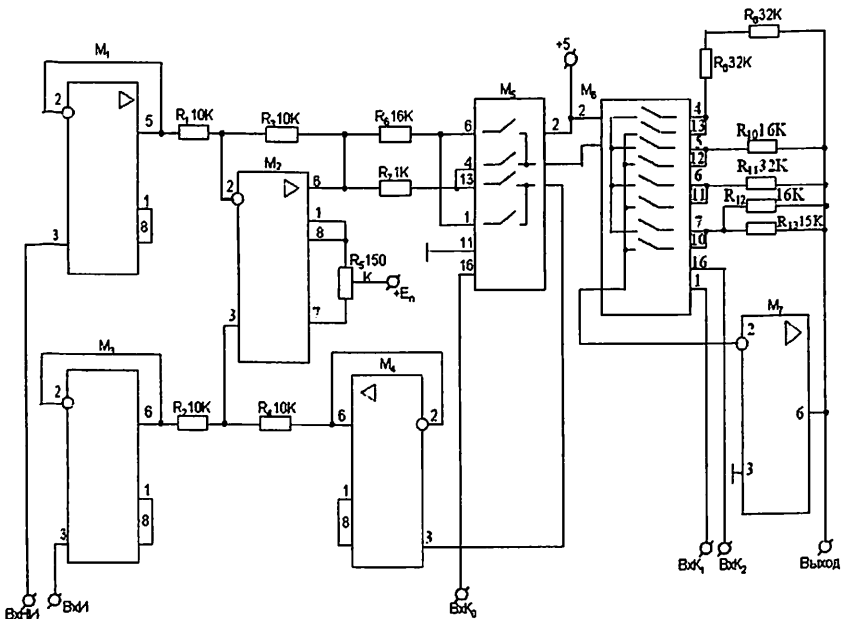
$$K_{y \text{ max}}/K_{y \text{ min}} = 128; \quad (16)$$

т.к. в разрабатываемом усилителе, измерение коэффициента усиления будет производиться в двоичном коде. Нами разработан дифференциальный

измерительный усилитель, обеспечивающий при поступлении цифровой команды, установление за время 15 мкс любого из восьми значений коэффициента усиления, изменяющегося по двоичному закону в пределах от 0,5 до 64. Усилитель работает в диапазоне частот до 200 кГц с входным (выходным) сигналом  $\pm 10$  В, при нелинейности амплитудной характеристики 0,02 %.

Кроме того, устройства сбора данных с широким диапазоном входного сигнала необходимы в технике связи, при радиолокации, сейсмических исследованиях и технике ядерного эксперимента.

Обычно это требование удовлетворяется включением в состав устройства усилителя с нелинейной амплитудной характеристикой. Удобным для такого применения является усилитель с цифровым программированием коэффициента усиления. Однако, сохранение высокого быстродействия при увеличении коэффициента усиления обеспечивается существенным усложнением схемы усилителя, например, построением специализированного входного каскада, если это измерительный усилитель с дифференциальным входом. На рис. 2 представлена схема дифференциального измерительного усилителя с цифровым программированием коэффициента усиления.



**Рис.2. Принципиальная схема усилителя с автоматическим масштабированием.  
M<sub>1</sub>-M<sub>4</sub>-К140УД7; M<sub>5</sub>-К1043КГ1; M<sub>6</sub>-К1043КГ2; M<sub>7</sub>-К140УД7**

В схеме исключается зависимость коэффициента усиления от сопротивления ключей, что позволяет избежать индивидуальной подгонки каждого значения усиления. Произведен анализ и выбор типа используемого аналого-цифрового преобразователя, кроме того, произведен расчет и разработка аналого-цифрового преобразователя на основе микросхемы K572ПВ1.

Приведен расчет и разработка измерительного усилителя с автоматическим масштабированием.

Подробно рассмотрены вопросы разработки компаратора для измерительного усилителя с автоматическим масштабированием, с последующей реализацией всех схем на уровне микросхем.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научные и практические результаты диссертационной работы заключаются в следующем:

1. Рассмотрены вопросы состояния и путей развития автоматизированных систем научных исследований, выполнен детальный анализ современных методов, технических и программных средств, обработки аналитической информации.

2. Установлено, что пути повышения эффективности современных систем управления невозможно, без существенного расширения функциональных возможностей той части системы, которая обеспечивает непосредственную связь аналитической установки с вычислительной машиной, что приводит к значительной экономии ресурсов персонального компьютера, повышает оперативность обработки данных.

3. Разработаны методы выделения и корректировки информативных параметров обрабатываемого сигнала, учитывающие его особенности и отличающиеся простотой технической реализации и точностью.

4. Созданы алгоритмическое и программные средства разработанных методов и комплексирование их в единый алгоритм, позволяющий распознавать аналитические ситуации в обрабатываемом сигнале на основе структурных методов распознавания образов и выбирать по полученным результатам распознавания соответствующий метод обработки.

5. Проанализированы возможности технической реализации предложенных алгоритмов, осуществлено распределение функций по первичной обработке между аппаратными и программными средствами системы по критерию минимального времени выполнения задачи.



6. Предложены методы корректировки информативных параметров обрабатываемого хроматографического сигнала, учитывающие особенности аппаратной реализации и отличающиеся методической точностью и простотой технического исполнения.

7. Сформулированы основные требования к программному обеспечению, проанализированы особенности процесса обмена информацией между преобразователем сигнала с выхода датчика аналитической установки и вычислительной машиной с учетом особенностей функционирования аппаратных средств, в периферийной части системы, осуществляющих предварительную обработку сигнала. Полученные в работе теоретические и прикладные результаты позволяют полностью автоматизировать этапы предварительной обработки и оценивания аналитической информации, повысить точность и достоверность результатов физико-химического анализа в системах обработки данных установок анализа состава и свойств веществ.

### СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Халиков А.А., Абидова Г.Ш. Выбор типа используемого аналого-цифрового преобразователя для спектрометрической аппаратуры // Вестник ТашИИТ. – Ташкент, 2007. – №2. – С. 70-74.
2. Халиков А.А., Абидова Г.Ш. Методы определения площади хроматографического пика // Вопросы кибернетики. Информационные технологии и системы. – Ташкент, 2007. – Вып.176. – С. 113-118.
3. Абидова Г.Ш. Расчет и разработка измерительного усилителя с автомасштабированием // Вестник ТУИТ. – Ташкент, 2007. – №2. – С. 72-76.
4. Халиков А.А., Абидова Г.Ш. Расчет и разработка компаратора для измерительного усилителя с автомасштабированием // Журнал «Химическая технология. Контроль и управление». – Ташкент, 2007. – №5. – С. 17.
5. Аминова Г.Ш. Вопросы обнаружения пика // Республиканская научно-практическая конференция «Роль ученых женщин в развитии науки и техники». – Ташкент, 2006. – С. 31-35.
6. Халиков А.А., Абидова Г.Ш. Устройство сопряжения хроматографа к персональному компьютеру с автомасштабированием // Материалы международной научной конференции «Инновация 2006». – Ташкент, 2006. – С. 267-268.
7. Аминова Г.Ш., к.т.н. Рассказова Р.Б. Разработка устройства сопряжения хроматографа с персональным компьютером // Сборник научных докладов «Молодое поколение в развитии науки и техники». – Ташкент, 2003. – №2. – С. 7-8.

Соискатель



Техника фанлари номзоди илмий даражасига талабгор  
Абидова Гулмира Шухратовнанинг 05.13.05 – «Ҳисоблаш техникаси ва  
бошқарув тизимларининг элементлари ва қурилмалари» ихтисослиги бўйича  
«Хроматографни шахсий компьютерга автомасштабли улаш қурилмаси»  
мавзусидаги диссертациясининг

## РЕЗЮМЕСИ

**Таянч (энг муҳим) сўзлар:** чўккининг боши (охири), чўккининг дисперсияси, чўккининг экстремуми, автомасштаблаш, чўкқиларнинг рақамли селекцияси, аналог-рақамли ўзгартиргич, рақамли компаратор, чўккининг ассиметрияси, комплексли алгоритм, база чизигининг коррекцияси.

**Тадқиқот объектлари:** шахсий компьютерга физик-кимёвий қурилмалардан маълумотларни киритиш, хроматограмманинг информатив параметрларини дастлабки ҳисоби.

**Ишнинг мақсади:** шахсий компьютерга аналитик маълумотларни киритиш қурилмасини ишлаб чиқиш ва тадқиқот этиш. Автомасштабли ўлчагич кучайтиргичнинг ҳисоблаш услубиятини ишлаб чиқиш.

**Тадқиқот методлари:** кузативнинг дастурий, математик услублари қўлланилди, шунингдек, дастлабки ишлов бериш ва олинган натижаларни анализи учун махсус ишлаб чиқилган услублар.

**Олинган натижалар ва уларнинг янгилиги:** аналог-рақамли ўзгартиргичнинг услубий ҳисоботи ишлаб чиқилган ва келтирилган. Автомасштабли ўзгартиргич кучайтиргичнинг ҳисоботи келтирилган ва ишлаб чиқилган.

**Амалий аҳамияти:** ўтказилган тадқиқотлар асосида қўйилган масалаларга мувофиқ равишда, жиҳоз ва дастурий усқуналар борасида хроматографик маълумотларга дастлабки ишлов бериш алгоритмлари ишлаб чиқилган ва келтирилган. Автомасштабли ўлчагич кучайтиргич ва унга бириктирилган рақамли компаратор ҳисобот методикаси келтирилган, ва улар, ҳисоботларда, режалаштиришда ва маълумотларга дастлабки ишлов бериш системаларининг анализида, критик қўлланилиши учун тавсия этилган. Ишлаб чиқилган хроматографни шахсий компьютерга автомасштабли улаш қурилмаси амалий қўлланиш учун тавсия этилган.

**Татбиқ этиш даражаси ва иқтисодий самарадорлиги:** тўпланган материаллар ҳамда тадқиқот натижалари Ўзбекистон Республикаси Соғлиқни Сақлаш Вазирлигининг суд-тиббийёт экспертиза Бош бюросига технологик жараёнда қўллаш учун тақдим этилган. Яратилган қурилма технологик жараёнга жорий этилгани ҳақида маълумотнома мавжуд.

**Қўлланиш (фойдаланиш) соҳаси:** кимё саноатида, озик-овқат саноатида, ядро таҳлил саноатида, медицина ва турли илмий тадқиқотларда қўлланилиши мумкин.

## РЕЗЮМЕ

диссертации Абидовой Гулмиры Шухратовны на тему: «Устройство сопряжения хроматографа с персональным компьютером с автомасштабированием» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления»

**Ключевые слова:** начало (конец) пика, дисперсия пика, экстремум пика, автомасштабирование, цифровая селекция пика, аналого-цифровой преобразователь, цифровой компаратор, асимметрия пика, комплексный алгоритм, коррекция базовой линии.

**Объекты исследования:** ввод данных физико-химических установок в персональный компьютер, предварительная обработка информативных параметров хроматограмм.

**Цель работы:** исследование и разработка устройства ввода аналитических информации в персональный компьютер. Разработка методики расчета измерительного усилителя с автомасштабированием.

**Методы исследования:** использовались математические, программные методы исследования, а также специально разработанные методы для предварительной обработки и анализа полученных результатов.

**Полученные результаты и их новизна:** разработана и приведена методика расчета аналого-цифрового преобразователя. Произведен расчет и разработка измерительного усилителя с автомасштабированием.

**Практическая значимость:** На основе проведенных исследований в соответствии с поставленными задачами, разработаны и приведены алгоритмы предварительной обработки хроматографической информации, между аппаратными и программными средствами. Приведена методика расчета измерительного усилителя с автомасштабированием и цифрового компаратора к нему, который рекомендован для критического использования при расчетах, планирования и анализа систем предварительной обработки данных. Разработанное устройство сопряжения хроматографа с персональным компьютером с автомасштабированием, рекомендовано для практического применения.

**Степень внедрения и экономическая эффективность:** Результаты исследований были представлены в Главное бюро судебно-медицинской экспертизы Министерства Здравоохранения Республики Узбекистан. Получен акт о внедрении разработанного устройства в технологический процесс.

**Область применения:** разработанное устройство сопряжения хроматографа с персональным компьютером, может быть с успехом применено в химической промышленности, пищевой, ядерной индустрии, а также в медицине и в различных научных исследованиях.

## RESUME

Thesis of Gulmira Abidova Shuhratovna on the scientific degree competition of the doctor of philosophy in technical sciences on specialty 05.13.05 – «Elements both devices of computer facilities and control systems», subject: «Interface chromatography with the personal computer with auto scaling»

**Key words:** a beginning (end) of peak, of peak, dispersion of peak, auto scaling, digital selection of peak, analog-digital converter, digital comparator, asymmetry of peak, complex algorithm, correction of a base line.

**Subjects of research:** data input of physics-chemical installations in the personal computer, preliminary processing informative of parameters of chromatogram's.

**Purpose of work:** research and development of the device of input of the analytical information in personal computer. Development of a technique of account, of the measuring amplifier with auto scaling.

**Methods of research:** the mathematical, program methods of research, and also specially developed methods for preliminary processing and analysis of the received results were used.

**The results obtained and their novelty:** is developed and the technique of account of the analog-digital converter is given. The account and development of the measuring amplifier with auto scaling is made.

**Practical value:** On the basis of the carried out researches according to the put tasks, are developed and the algorithms of preliminary processing chromatographs of the information, between hardware and software are given. The technique of account of the measuring amplifier with auto scaling and digital comparator in it is given which is recommended for critical use at accounts, planning and analysis of systems of preliminary data processing. The developed device of interface chromatography with the personal computer with auto scaling, is recommended for practical application.

**Degree of embed and economic effectivity:** the results of researches were submitted in the Main bureau of court -medical examination of the Ministry of public health Services Republic of Uzbekistan. The information on introduction of the developed device in technological process is received.

**Field of application:** the developed device of interface chromatographs with the personal computer can with success be applied in a chemical industry, food, nuclear industry, and also in medicine and in various scientific researches.

Подписано в печать 8.04.2010 г.  
Формат бумаги 60x84 1/16. Заказ №4  
Тираж 100 экз. Объем 1,3 п.л.

---

Типография ТаШИИТ. Ташкент, ул.Адылходжаева, 1