



Пузанков Д.В. (председатель)

Кутузов В.М. (заместитель
председателя)

Мейев В.А. (ответственный
секретарь)

СОДЕРЖАНИЕ

Радиоэлектроника и телекоммуникации

А. В. Кириллов, В. А. Смирнов, А. А. Усов. Полупроводниковый малощумящий приемно-усилительный модуль 8-мм диапазона длин волн с защитой по входу от синхронных и несинхронных сигналов 3

Физика твердого тела и электроника

Н.О. Перес Васкес. Цифровой микроамперметр для производственного контроля токов утечки и количества пробоев в рентгеновских трубках 7

Ю.В. Богачев, В.З. Драпкин, М.Н. Князев, Ю.С. Черненко. Проблемно-ориентированная малогабаритная аппаратура ЭПР 12

Информатика, управление и компьютерные технологии

Р. И. Сольнищев. Вопросы построения замкнутой системы управления “природа-техногеника” (ЗСУПТ) 23

Ву Зуи Линь. Алгоритм компенсации теней на цифровых изображениях лиц. 32

Г. А. Кухарев, Е. И. Каменская, Ву Зуи Линь. Метод определения линии симметрии лица в приложении к задачам биометрии 39

Электротехника

М.П. Белов. Подход к моделированию процесса холодной прокатки металла на мелкосортном стане: часть 2 45

Приборостроение и информационные технологии

Д.П. Лукьянов, А.С. Кукаев, Д.В. Сафронов. Анализ возможностей повышения температурной стабильности дифференциальных частотных преобразователей 51

Е.М. Антонюк, Ю.С. Ломоносова. Системы автоматического контроля со сжатием данных 62

Малышев В.Н.
(«Радиоэлектроника
и телекоммуникации»)

Соломонов А.В.
(«Физика твердого тела
и электроника»)

Герасимов И.В.
(«Информатика, управление и
компьютерные технологии»)

Путов В.В.
(«Автоматизация
и управление»)

Прокофьев Г.И.
(«Электротехника»)

Филатов Ю.В.
(«Приборостроение и инфор-
мационно-измерительные
технологии»)

Попечителей Е.П.
(«Биотехнические системы в
медицине и экологии»)

Степанов С.А.
(«Управление качеством,
инновационный и
антикризисный менеджмент»)

Маркова О.Ю.
(«Гуманитарные науки»)

Вендик О.Г.
(«История науки, образования
и техники»)

Лысенко Н.В.
(«Современные технологии
в образовании»)

197376, Санкт-Петербург,
ул. Проф. Попова, 5
СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
тел.: 234-02-23

Учредитель:

Государственное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Санкт-Петербургский
государственный
электротехнический
университет "ЛЭТИ"
им. В. И. Ульянова (Ленина)»
197376, Санкт-Петербург,
ул. Проф. Попова, 5
Тел.: (812) 346-44-87
Факс: (812) 346-27-58

Свидетельство о регистрации

ПИ № ФС2 – 8390 от 04 декабря 2006 г.
выдано Управлением Федеральной
службы по надзору за соблюдением
законодательства в сфере массовых
коммуникаций и охране культурного
наследия по Северо-Западному
федеральному округу

Редакторы

*Э. К. Долгатов, Н. В. Лукина,
И. Г. Скачек*
Комп. верстка:
*Е. Н. Паздниковой,
М. В. Егоровой, А. А. Веселова*

Подписано в печать 05.10.09 г.

Формат 6084 1/8.

умага офсетная. Печать офсетная.

Гарнитура "Times New Roman".

Печ. л. 11,75.

трав 300 экз. (1-й завод 1–150 экз.)

Заказ 74.

Издательство СПбГЭТУ "ЛЭТИ"

197376, Санкт-Петербург,
ул. Проф. Попова, 5
Тел.: (812) 346-45-23
Факс: (812) 346-28-56

Гуманитарные науки

С.В. Картошкина. Особенности имиджмейкинга в современной России	69
М. П. Замотин. Становление технического образования в России (XIX – нач. XX вв.)	80

**ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС ПО ОБЪЕДИНЕННОМУ
КАТАЛОГУ "ПРЕССА РОССИИ", ТОМ 1
"ГАЗЕТЫ И ЖУРНАЛЫ" 45821**

Подписка производится в любом почтовом отделении России



УДК 621.372.8

А. В. Кириллов, В. А. Смирнов, А. А. Усов

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ МАЛОШУМЯЩИЙ ПРИЕМНО-УСИЛИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ 8-ММ ДИАПАЗОНА ДЛИН ВОЛН С ЗАЩИТОЙ ПО ВХОДУ ОТ СИНХРОННЫХ И НЕСИНХРОННЫХ СИГНАЛОВ

Приведены результаты разработки малошумящего приемно-усилительного модуля 8-мм диапазона длин волн с защитой по входу от синхронных и несинхронных сигналов с импульсной мощностью до 30 Вт. Коэффициент усиления модуля 18...20 дБ при коэффициенте шума не более 4 дБ, быстродействие – 0,1 мкс.

Защитные устройства, малошумящие усилители, *p-i-n*-диоды

Разработка полупроводниковых малошумящих приемно-усилительных модулей 8-мм диапазона с защитой по входу весьма актуальна, так как при традиционной компоновке приемника из отдельных приборов не удается получить приемлемые значения коэффициента шума приемника в целом, что очень важно для современной высокочувствительной аппаратуры [1].

В настоящее время разработаны и выпускаются приемно-усилительные модули с защитой по входу от синхронных и несинхронных сигналов в 10-см и 3-см диапазонах.

Цель дальнейших исследований – продвижение этого класса приборов в 8-мм диапазон, в котором остро ощущается их отсутствие.

Публикации по малошумящим приемно-усилительным модулям 8-мм диапазона с защитой по входу от синхронных и несинхронных сигналов повышенного уровня мощности неизвестны.

Модуль выполнен на стандартном сечении волновода 7.2×3.4 мм. В состав модуля входит защитное устройство (ЗУ), состоящее из полупроводникового ограничителя ПО и полупроводникового аттенюатора ПА, и малошумящий усилитель МШУ (рис. 1).

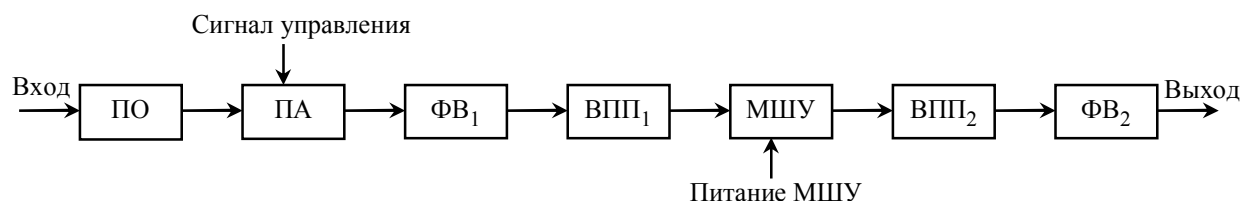


Рис. 1

Малошумящий усилитель разработан в копланарном исполнении и имеет волноводный вход и выход, переход на которые осуществлен с помощью волноводно-полосковых переходов ВПП₁ и ВПП₂, подключенных к входу и выходу МШУ. Для повышения стабильности работы МШУ последний «развязан» от ЗУ и выхода модуля с помощью ферритовых вентиляей ФВ₁ и ФВ₂.

Полупроводниковый ограничитель выполнен на серийных балочных *p-i-n*-диодах типа 2A553A-3 и детекторных диодах типа 2A143AC-3.

Полупроводниковый аттенюатор позволяет расширить динамический диапазон принимаемых сигналов на 20 дБ и выполнен на серийных диодах 2A553A-3.

МШУ разработан на базе микросхем типа L1000 фирмы Mimix Broadband. Inc. (США), предназначенных для работы в 8-мм диапазоне длин волн. Габаритные размеры модуля 93 × 56 × 42 мм, масса – 0.3 кг.

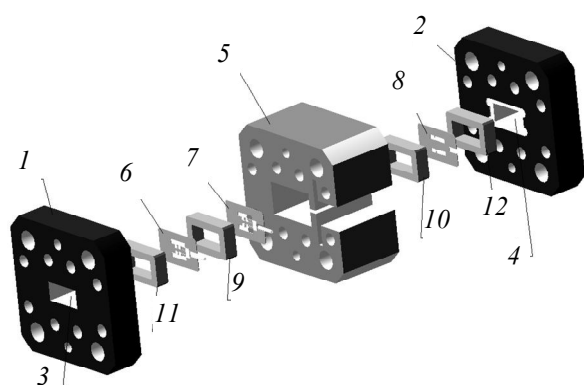


Рис. 2

Рассмотрим конструкцию защитного устройства модуля, состоящую из ограничителя и аттенюатора (рис. 2):

Конструктивно прибор состоит из двух фланцев 1 и 2 с герметизирующими окнами 3, 4. Между ними размещен корпус 5, в котором собрано собственно защитное устройство. Фланцы сочленены с корпусом с помощью винтов.

Собранные диафрагмы входного, промежуточного и выходного каскадов 6, 7, 8 размещены внутри корпуса и отделены друг

от друга четвертьволновыми вкладышами 9, 10. Для улучшения согласования с трактом аналогичные вкладыши 11 и 12 включены между герметизирующими окнами и входной диафрагмой.

Полупроводниковый ограничитель состоит из трех каскадов. Аттенюатор выполнен в виде отдельного (четвертого) каскада.

Во всех каскадах ЗУ применены двухщелевые резонансные диафрагмы, на которых смонтированы бескорпусные диоды и другие элементы схемы каскадов (рис. 3). В качестве материала для диафрагмы использована медная лента толщиной 100 мкм. После изготовления на диафрагму наносится гальваническое золото толщиной 3 мкм.

Входной каскад выполнен на восьми балочных диодах типа 2A553A-3 (рис. 3, а), которые подпитываются током от детекторных диодов 3A138A-3, входящих во второй (промежуточный) каскад ЗУ [2].

Второй (промежуточный) каскад ЗУ (рис. 3, б) выполнен на четырех балочных *p-i-n*-диодах типа 2A553B-3 и четырех детекторных диодах 3A138A-3, при этом детекторные диоды подпитывают балочные *p-i-n*-диоды второго каскада и одновременно *p-i-n*-диоды первого (входного) каскада ЗУ.

Третий (выходной) каскад ЗУ (рис. 3, в) выполнен на четырех балочных детекторных диодах типа 3A138A-3, обеспечивая уменьшение просачивающейся мощности до значения, необходимого для защиты транзисторного усилителя (менее 10 мВт в импульсе).

Аттенюатор выполнен на бескорпусных *p-i-n*-диодах типа 2A553A-3 и конструктивно аналогичен входному каскаду ограничителя.

Экспериментальное обследование электрических характеристик отдельных каскадов на низком уровне мощности (режим приема) показало следующее. В рабочей полосе частот $f_0 \pm 2$ ГГц потери пропускания входного и промежуточного каскадов составляют 0.4...0.5 дБ при значении КСВН не более 1.4...1.5. Выходной каскад в этой же рабочей полосе характеризуется потерями пропускания 0.2...0.3 дБ при значении КСВН не более 1.2...1.3.

Вносимое затухание в режиме запитки диодов постоянным током в рабочей полосе $f_0 \pm 0.5$ ГГц составляет 16...17 дБ для вариантов входного и промежуточного каскадов без оптимизации по вносимому затуханию и 20...25 дБ для вариантов с оптимизацией.

Затухание, вносимое третьим каскадом, невелико и составляет 5...7 дБ в той же рабочей полосе.

Рассмотрим конструкцию малошумящего усилителя мощности: микросхема, на базе которой изготовлен МШУ, представляет собой трехкаскадный усилитель мощности монолитного исполнения, выполненный по традиционной классической схеме.

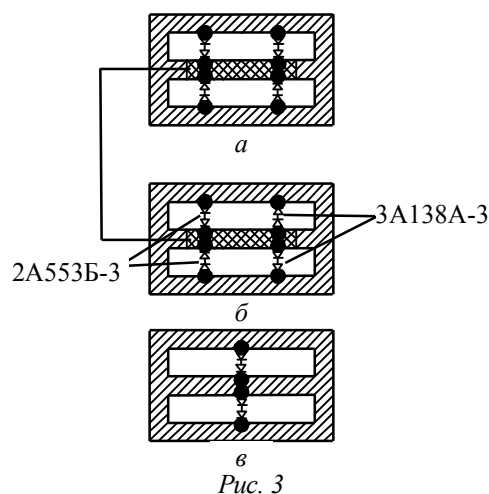


Рис. 3

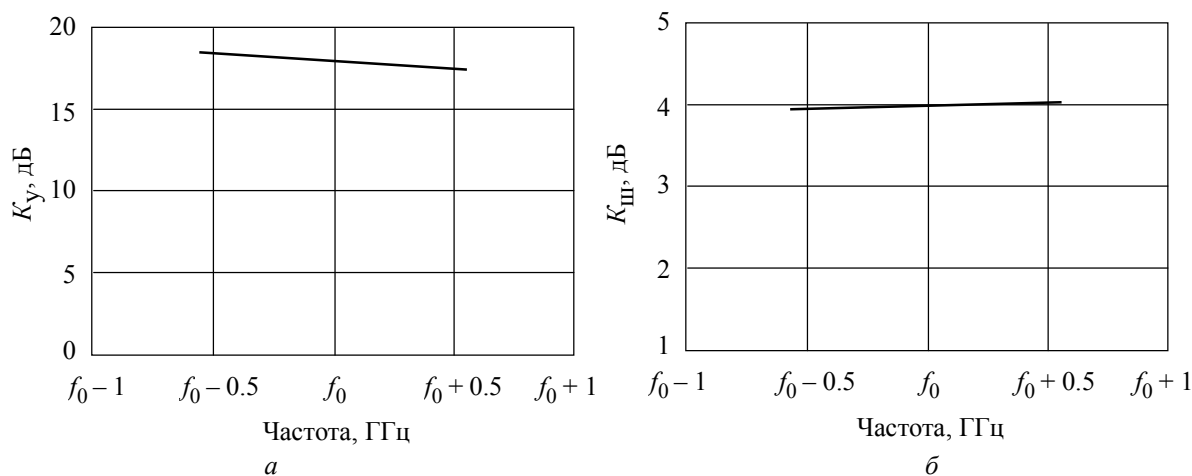


Рис. 4

Микросхема предназначена для работы в диапазоне длин волн 20...40 ГГц и обеспечивает при этом усиление полезного сигнала на 18...20 дБ при коэффициенте шума не более 2.2 дБ.

МШУ питается от источника постоянного напряжения +12 В, для защиты от подачи напряжения питания неправильной полярности в нем установлен диод. Также в состав МШУ входят стабилизатор напряжения питания, выполненный на микросхеме Б142ЕН5В-4, фильтры питания, постоянное напряжение с которых поступает на микросхему. Входное напряжение питания микросхемы составляет 3 В, ток питания – 35...50 мА.

На рис. 4 приведены типовые частотные зависимости коэффициента усиления по мощности K_y (рис. 4, а) и коэффициента шума $K_{ш}$ (рис. 4, б) малошумящего усилителя.

Из рисунка видно что коэффициент усиления МШУ составляет 20 дБ в диапазоне частот $f_0 \pm 0.5$ ГГц, а коэффициент шума в этом же диапазоне равен 2 дБ.

Ограничительная характеристика модуля в диапазоне изменения импульсной мощности от 0 до 30 Вт представлена на рис. 5.

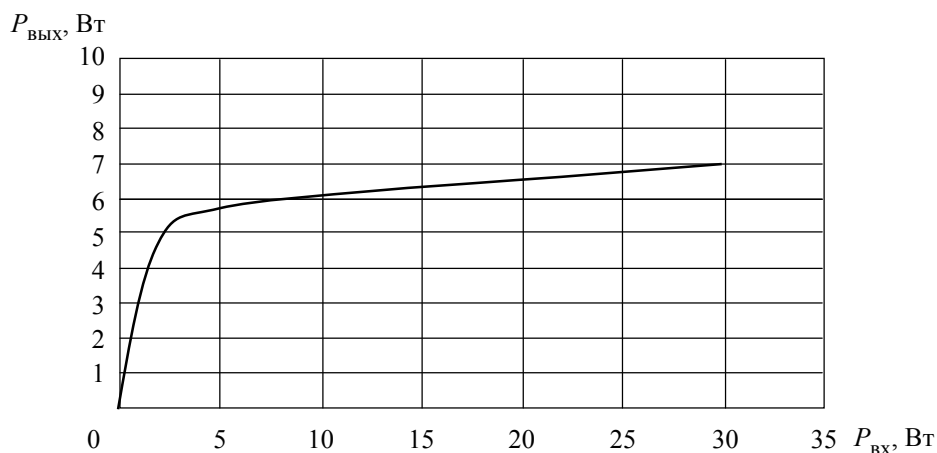


Рис. 5

Из представленных данных следует, что в режиме защиты максимальная импульсная просачиваемая мощность не превышает 10 мВт. При этом коэффициенты усиления и шума в диапазоне $f_0 \pm 0.5$ ГГц практически не зависят от частоты и составляют 18 и 4 дБ соответственно.

Приведенные результаты разработки полупроводникового малошумящего приемно-усилительного модуля 8-мм диапазона показывают, что при комплексном подходе к разработке приемно-усилительного модуля в 8-мм диапазоне могут быть реализованы значения коэффициента шума, практически совпадающие со значением коэффициента шума в сантиметровом диапазоне, что доказывает перспективность этого подхода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

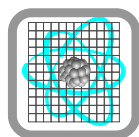
1. Ропий А. И., Старик А. М., Шутов К. К. Сверхвысокочастотные защитные устройства. М.: Радио и связь, 1993.
2. Наливайко Б. А. Полупроводниковые приборы. Сверхвысокочастотные диоды. Томск.: МГП «Раско», 1992.

A. V. Kirillov, V. A. Smirnov, A. A. Usov

A 8-mm waveband low noise semiconductor receiver-amplifier module with input protection from synchronous and non-synchronous signals

Results of development of a 8-mm waveband low noise semiconductor receiver-amplifier module with input protection from synchronous and non-synchronous signals are presented. The module has pulse capacity 30 W, power amplification factor 18...20 dB, noise factor no more than 4 dB and response time less than 0.1 us.

Protection devices, low noise amplifiers, p-i-n-diodes



УДК 621.383.8

Н. О. Перес Васкес

ЦИФРОВОЙ МИКРОАМПЕРМЕТР ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ ТОКОВ УТЕЧКИ И КОЛИЧЕСТВА ПРОБОЕВ В РЕНТГЕНОВСКИХ ТРУБКАХ

Обоснована необходимость создания, приведены результаты расчётов и исследований цифрового микроамперметра, предназначенного для работы в испытательных установках при производстве рентгеновских трубок. Разработанный прибор позволяет измерять ток от 1 мкА до 50 мА с погрешностью не менее $\pm 1\%$ в цепях высокого напряжения до 200 кВ.

Ток утечки, разряды, рентгеновские трубки, высоковольтные измерения, тренировка рентгеновских трубок

Важнейшим фактором, влияющим на электрическую прочность рентгеновских трубок (РТ), является технология их изготовления. Поверхности, определяющие электрическую прочность, должны иметь существенно более высокую чистоту. Это достигается электрополированием соответствующих поверхностей, которое, кроме того, вызывает их пассивирование. Перед сборкой прибора все внутренние детали тщательно обезжириваются и подвергаются предварительному отжигу в вакууме или в водороде с целью обезгаживания [1]. Эта процедура является важным фактором обеспечения устойчивого вакуума в РТ.

При недостаточно чистых электродах РТ возникают частые пробои, в результате на баллон попадают вторичные и рассеянные электроны, вызывающие скопление зарядов на определенных участках его поверхности. Установлено [2], [3], что заряды на баллоне РТ в локальных точках (особенно в области высокой напряженности поля) могут быть значительными (до 10^{-6} Кл/см²) и приводить к сквозному пробоем стенки баллона. Появление зарядов на оболочке, особенно в области пролетного пространства, может ухудшать токораспределение в приборе. Поскольку стеклянный баллон трубки может иметь достаточно высокую температуру (150...200 °С), то под воздействием вторично-эмиссионной бомбардировки возможен электролиз находящегося в электрическом поле нагретого стекла. Он сопровождается выделением газа в объем РТ, что увеличивает вероятность пробоев между её электродами.

С целью повышения электрической прочности откачанного и отпаянного (т. е. практически готового к использованию) прибора производится его тренировка. Она состоит в том, что высокое напряжение на рентгеновской трубке постепенно повышается до появления в ней разрядов. После этого РТ выдерживают при таком напряжении до момента исчезновения разрядов. Затем напряжение вновь поднимают и при появлении разрядов

трубку вновь выдерживают на этом напряжении, и т. д. Процесс повторяется до тех пор, пока прибор не будет выдерживать напряжение на 10–20 % больше номинального значения. При тренировке разрядами может быть использовано постоянное или импульсное напряжение с ограничением энергии. Эффективность тренировки РТ может контролироваться по амплитуде и длительности микрозарядов, токам утечек или фоновому рентгеновскому излучению [1].

В испытательных установках при производстве РТ для неразрушающего контроля материалов серии БПМ и БПК используются схемы удвоения без заземления. Надо отметить, что при тренировке в РТ возникают разряды амплитудой до нескольких ампер и длительностью в несколько микросекунд. Главными факторами определения годности РТ являются значение тока утечки и количество возникающих разрядов при тренировке. В зависимости от этих факторов можно сделать предварительный вывод о качестве вакуумного прибора.

Из соображений электрической безопасности соединение анодного узла с заземлением выполняется так, что невозможно организовать разрыв анодной цепи для подключения измерительного прибора. В результате приборы для измерений тока устанавливаются в цепь высокого напряжения со стороны катода. При этом измерительный прибор вынужден находиться внутри испытательной камеры, где он подвергается воздействию сильного электромагнитного поля, а также мощного рентгеновского излучения. Многие годы токи измерялись с помощью стрелочных приборов. Установка необходимого значения тока и его измерение были сопряжены для оператора с определенными трудностями, так как приходилось наблюдать показания приборов через защитное окно из свинцового стекла на значительном удалении от них. Поскольку контролироваться должны токи, значения которых изменяются в широком диапазоне – от токов утечки рентгеновских трубок (порядка микроампера) до рабочих значений (до нескольких десятков миллиампер), приходилось устанавливать в цепи высокого напряжения несколько измерительных приборов с разными диапазонами измерений.

Данные проблемы удалось решить в значительной мере с помощью цифрового измерителя тока, использующего принцип изолирующего усилителя [4]. Данный прибор имел простую схему преобразователя тока, без микроконтроллера, и позволял измерять постоянный и импульсный токи РТ, производить осциллографический контроль формы тока. Прибор обладал высокой долговечностью и был прост в обслуживании. К сожалению, из-за небольшого динамического диапазона измерений этот прибор не позволял контролировать токи во всем требуемом диапазоне от токов утечки до рабочих значений.

В связи с этим был разработан высоковольтный микроамперметр, в котором под высоким напряжением (до 200 кВ) находятся 24-разрядный АЦП и микроконтроллер. Его функциональная схема представлена на рис. 1.

Известно [5], что электронные компоненты подвержены воздействию ионизирующих излучений, при этом в интегральных схемах, основанных на КМОП-транзисторах, могут возникать дополнительные проблемы, такие как «эффект защелкивания» и паразитные тиристорные структуры, по этим причинам необходимо защитить их от рентгеновских излучений.

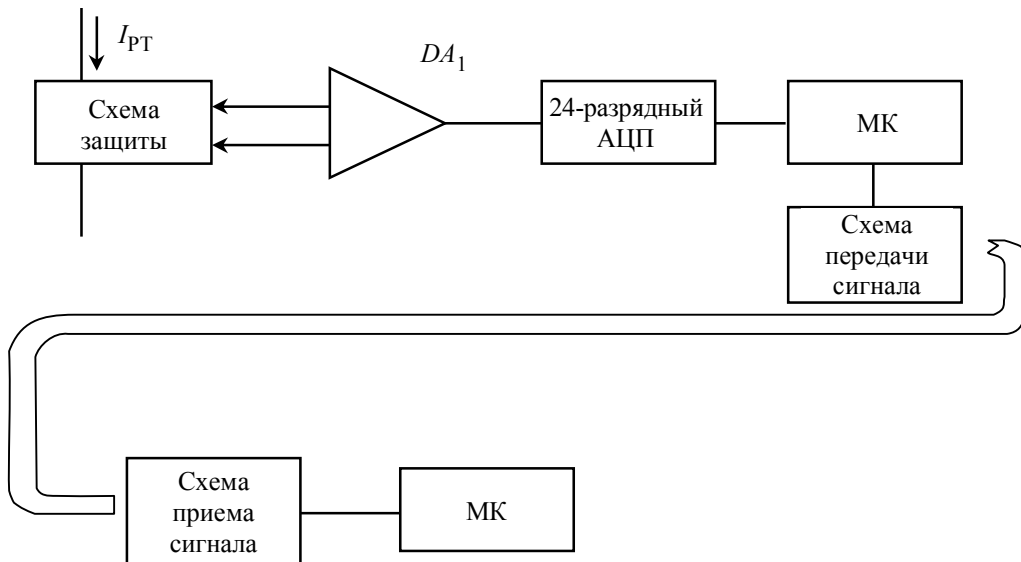


Рис. 1

Поскольку контролируемые приборы работают в условиях, где максимальная энергия квантов не превышает 200 кэВ, защита от ионизирующего излучения может представлять собой экран из железа и (или) свинца. Для расчета защитного корпуса использовалась формула Крамерса [6] с учетом ослабления в прострельной мишени рентгеновской трубки, в выпускном (бериллиевом) окне, в корпусах свинца и железа, установленных на пути пучка, в воздушном промежутке между носиком трубки и приемником излучения. На рис. 2 показан энергетический спектр тормозного рентгеновского излучения до стального фильтра (сплошная линия) и после фильтра (штриховая линия). На рис. 3 изображен спектр тормозного рентгеновского излучения после свинцового фильтра толщиной 5 мм.

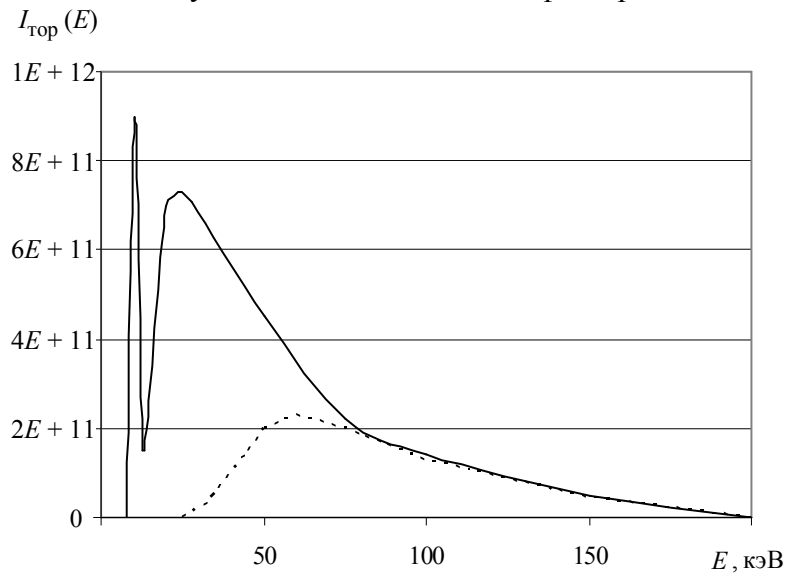


Рис. 2

Расчет показал, что, пройдя через свинцовый фильтр, излучение должно ослабиться в $1.636 \cdot 10^5$ раз, а общий коэффициент поглощения двух фильтров составит $4.107 \cdot 10^5$ раз. На самом деле измерительный преобразователь не находится под прямым воздействием направленного рентгеновского излучения, поэтому при выбранной толщине 0.5 мм оболочки из нержавеющей стали и свинцового бокса толщиной порядка 5...6 мм следует ожидать надежной защиты электронных компонентов измерительного преобразователя.

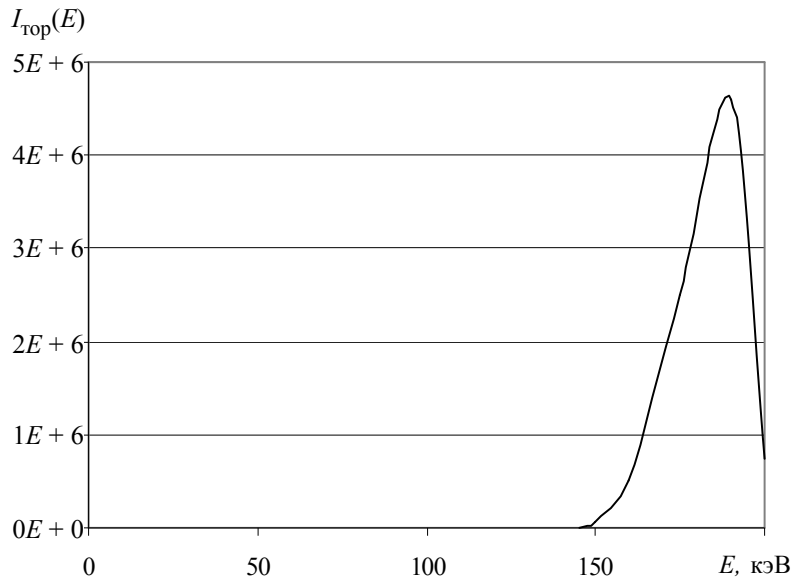


Рис. 3

Разработанный микроамперметр позволил измерять постоянный ток РТ в интервале от 1.0 мкА до 50 мА с погрешностью менее $\pm 1\%$ и подсчитывать количество разрядов, происходящих в РТ (рис. 4), на каждом этапе тренировки.



Рис. 4

На рис. 5 показаны метрологическая характеристика прибора в интервале от 0 до 50 мА (сплошная линия) и относительная погрешность измерений (штриховая линия). Характеристика микроамперметра во всем диапазоне имеет высокую линейность, а погрешность измерений не превышает $\pm 1\%$. На рис. 6 показана характеристика прибора в начале шкалы (интервал от 0 до 1 мА).

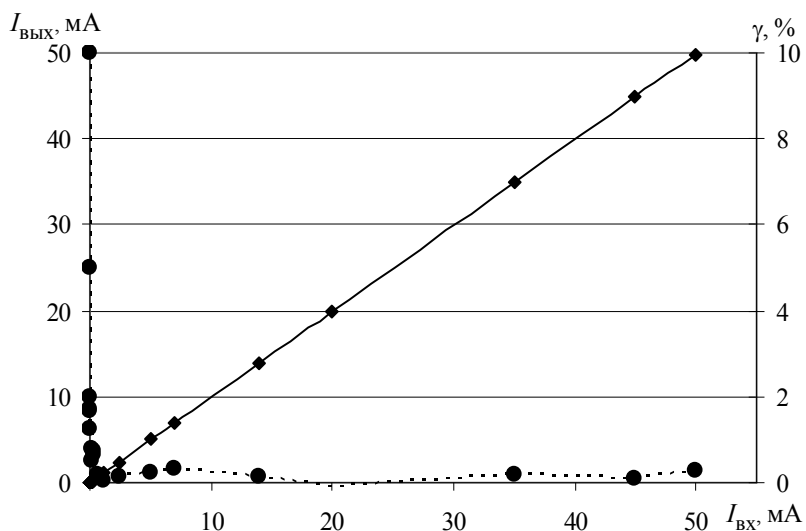


Рис. 5

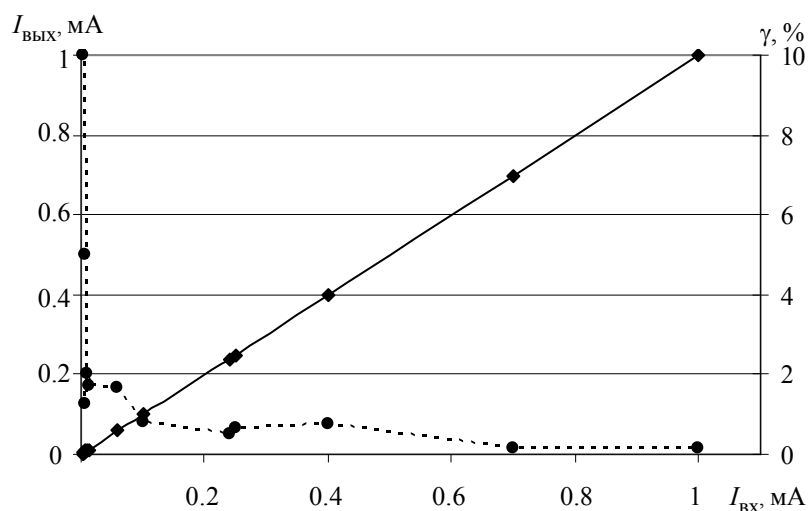


Рис. 6

Разработанный микроамперметр более 2 лет успешно эксплуатируется в ЗАО «Светлана–Рентген» на участке испытаний и тренировки РТ. Благодаря автоматическому подсчету числа пробоев удалось оценивать качество обработки деталей РТ и прогнозировать долговечность рентгеновских приборов. Благодаря принятым мерам по защите микропроцессорного измерительного преобразователя от воздействия рентгеновского излучения, разработанный прибор сохраняет начальный нижний уровень погрешности измерений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов С. А., Шукин Г. А. Рентгеновские трубки технического назначения. Л.: Энергоатомиздат, 1989.
2. Бочков В. Д. Электропрочность вакуумного высоковольтного промежутка с диэлектриком // Электронная техника. Сер. 4. 1981. Вып. 2. С. 11–13.
3. Исследование влияния диэлектрических покрытий оболочки на электропрочность рентгеновских трубок / В. Д. Бочков, Г. Н. Петров, М. М. Погорельский, П. В. Пошехонов // Электронная техника. Сер. 4. 1981. Вып. 2. С. 26–28.
4. Куликов Н. А., Перес Н. Импульсный амперметр с изоляцией на 100 кВ // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. ФТТиЭ. 2003. № 2. С. 46–49.
5. Вавилов В. С., Ухин Н. А. Радиационные эффекты в полупроводниках и полупроводниковых приборах. М.: Атомиздат, 1969.
6. Рентгенотехника: Справочник: В 2 кн. / Под ред. В. В. Ключева. М.: Наука, 1993. Кн. 1.

N. O. Peres Vasques

DIGITAL MICROAMPERMETER FOR INDUSTRIAL CONTROL OF THE DRAIN CURRENT AND ACCOUNT BREAKDOWNS IN X-RAYS TUBES

The necessity of digital microammeter for X-ray tubes testing unit creation was substantiated; the results of calculations and researches were given. The developed instrument makes it possible to measure the current from 1 μA to 50 mA with the error less than 1% in the high voltage circuits up to 200 kV.

Drain current, discharges, x-rays tubes, high voltage measures, training of x-rays tubes

ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ МАЛОГАБАРИТНАЯ АППАРАТУРА ЭПР

Рассмотрены функциональные схемы малогабаритных спектрометров электронного парамагнитного резонанса двух типов: гомодинного и автодинного, приведен сравнительный анализ разработанного автоматизированного малогабаритного спектрометра ЭПР и аналогов, выпускаемых другими фирмами.

Малогабаритный автоматизированный спектрометр электронного парамагнитного резонанса, гомодинный спектрометр ЭПР, автодинный анализатор ЭПР

Метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) нашел широкое применение в физике, химии, биологии. С его появлением в арсенале аналитических методов исследователей стало возможным непосредственное изучение процессов, сопровождающихся образованием атомов или молекул, обладающих неспаренным электроном, – это и процессы фотосинтеза в биологии, и каталитические реакции в нефтехимии, и радиационные процессы при облучении различных материалов.

Современные спектрометры ЭПР позволяют изучать парамагнитные молекулы непосредственно в процессе функционирования биологических систем различного уровня организации, будь то молекулы биополимеров, макромолекулярные комплексы и субклеточные структуры, клетки, отдельные органы животных и растений или даже целые организмы. Методом ЭПР можно изучать небольших животных (например, подопытных мышей), помещаемых в специально сконструированный резонатор спектрометра. В современных биофизических, биохимических и медико-биологических лабораториях высокочувствительные спектрометры ЭПР стали привычными инструментами научных исследований [1].

Авторами настоящей статьи была разработана новая малогабаритная проблемно-ориентированная аппаратура ЭПР, реализованная в двух модификациях: гомодинный спектрометр ЭПР, предназначенный для проведения научных исследований, и автодинный анализатор ЭПР – для технологических применений [2].

При разработке были сформулированы следующие требования к малогабаритному спектрометру ЭПР, предназначенному для научных исследований: по основным техническим характеристикам он не должен уступать лучшим зарубежным стационарным спектрометрам ЭПР и при этом, в отличие от них, не должен требовать специальных условий эксплуатации (наличия фундамента, принудительного охлаждения и т. п.). Также необходимо обеспечить мобильность, простоту обслуживания и эксплуатации малогабаритного спектрометра ЭПР.

Анализаторы ЭПР, предназначенные для контроля технологических процессов, должны быть максимально адаптированы как по отношению к объекту измерения, так и к условиям эксплуатации, т. е. приборы могут быть использованы как в заводских условиях (непрерывный контроль), так и в полевых, передвижных лабораториях.

В результате проведения теоретических и экспериментальных исследований по реализации данной концепции была создана проблемно-ориентированная малогабаритная аппаратура ЭПР, отвечающая указанным требованиям.

Малогобаритный спектрометр ЭПР, предназначенный для научных исследований. Функциональная схема разработанного малогабаритного спектрометра ЭПР представлена на рис. 1.

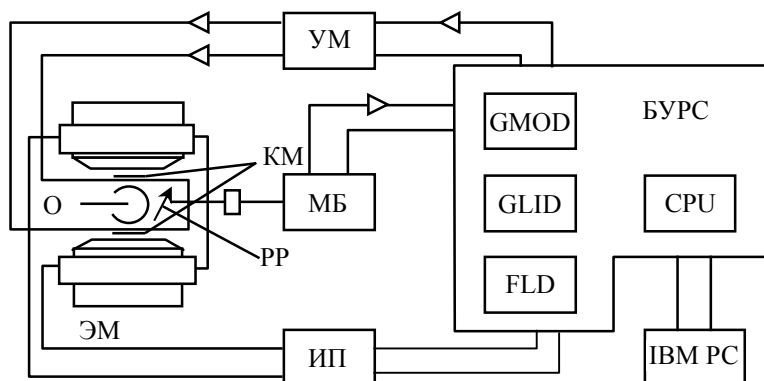


Рис. 1

Рабочий резонатор (PP) с образцом (O) помещен в зазор электромагнита (ЭМ) и соединен волноводом с микроволновым блоком (МБ). Выход МБ подключается к контроллеру прибора ЭПР (БУРС). К выходам БУРС присоединены система стабилизации магнитного поля, основанная на эффекте Холла и расположенная в блоке питания (ИП), усилитель мощности высокочастотной модуляции (ВЧ-модуляции), компьютер IBM PC.

К выходу усилителя мощности (УМ) ВЧ-модуляции подключены катушки модуляции (КМ), расположенные в зазоре электромагнита параллельно полюсным наконечникам.

Источник питания (ИП) обеспечивает стабилизированные напряжения питания МБ, УМ, БУРС и ЭМ и осуществляет стабилизацию тока ЭМ. Информация в процессе настройки и измерения отображается на экране дисплея IBM PC.

При разработке основных узлов спектрометра ЭПР была проведена не только их схемотехническая и конструкторская разработка, но и решался ряд проблем принципиального свойства.

Важной характеристикой спектрометра ЭПР для научных исследований является пороговая чувствительность – минимальное число парамагнитных частиц (спинов) с единичной шириной линии (в СИ – 1 Тл), которые обуславливают на выходе спектрометра с заданной полосой пропускания (обычно 1 Гц) сигнал, равный эффективному значению шума.

Из всего многообразия схем детектирования сигнала ЭПР (прямое детектирование с рабочим резонатором отражательного или проходного типа, модифицированные схемы Паунда, супергетеродинная схема, индукционная схема с бимодальным резонатором, гомодинная схема с рабочим резонатором отражательного или проходного типа) [3], [4] наибольшую чувствительность в современных приборах ЭПР обеспечивают гомодинные схемы детектирования.

Проведенный теоретический и экспериментальный анализ чувствительности спектрометра ЭПР, построенного по гомодинной схеме с использованием твердотельного генератора СВЧ на диоде Ганна, позволил сделать вывод о том, что для малогабаритного спектрометра ЭПР оптимальным техническим решением является гомодинная схема детектирования с балансным СВЧ-детектором (БД), Y-циркулятором и рабочим резонатором, работающим на отражение. Для такого типа схемы пороговая

чувствительность достигается только при определённых шумовых характеристиках микроволнового генератора в сочетании с балансной схемой детектора СВЧ и использованием рабочего резонатора с оптимальными для решаемой задачи характеристиками.

Микроволновый блок (рис. 2) разработанного малогабаритного спектрометра ЭПР включает в себя гомодинную схему детектирования сигнала ЭПР, систему автоматической подстройки частоты (АПЧ) микроволнового генератора (МГ) по рабочему резонатору (РР) и предварительный усилитель (ПУ) резонансного типа, настроенный на частоту ВЧ-модуляции (100 кГц).

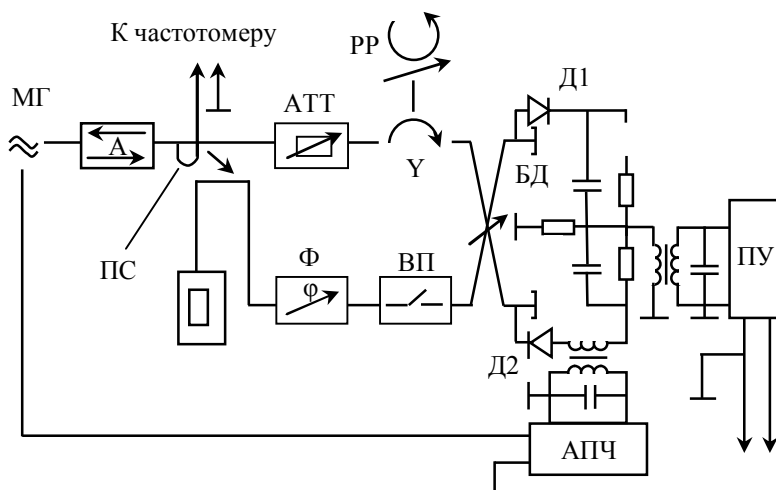


Рис. 2

Микроволновый генератор выполнен на диоде Ганна и предназначен для создания микроволнового излучения в диапазоне частот 9.0...9.6 ГГц. Его схемотехническое решение и конструкция [5] обеспечивают, наряду с малыми габаритами и простотой монтажа в волноводный тракт, необходимые для достижения пороговой чувствительности шумовые параметры. Перестройка частоты МГ осуществляется с помощью специального электромеханического привода, управляемого специализированным контроллером. При этом МГ обеспечивает диапазон перестройки рабочей частоты (650 МГц), требуемый для работы с широким классом исследуемых образцов и использования аксессуаров различного назначения для проведения кинетических измерений при различных воздействиях на образец. МГ снабжен также системой электрического управления частотой в диапазоне 0...30 МГц, которая обеспечивает эффективную работу системы АПЧ, предназначенной для поддержания частоты МГ равной частоте РР. При этом относительная нестабильность рабочей частоты не хуже 10⁻⁶.

Частота МГ стабилизируется по рабочему резонатору системой автоматической подстройки частоты. Так как от разрабатываемого прибора требовалась возможность работы при мощности порядка единиц микроватт, поступающей в резонатор, традиционные схемы реализации систем автоподстройки частоты оказались неработоспособны. Это связано с тем, что распространенная схема АПЧ с фазовым дискриминатором требует для своей работы определенного тока детектирующих СВЧ-диодов, который не может быть обеспечен столь малой мощностью, поступающей в резонатор. Поэтому была специально разработана схема СВЧ-тракта, обеспечивающего

подпитку СВЧ-диодов из дополнительного канала независимо от мощности, поступающей непосредственно в рабочий резонатор.

Ферритовый вентиль (ФВ) применяется для стабилизации режима работы МГ. Направленный ответвитель (НО) отводит часть микроволновой мощности (ММ) из основного канала в волноводный шунт. Атенюатор (АТТ) служит для регулирования мощности микроволнового поля, поступающей в РР. АТТ может быть снабжен двухшкальным механизмом регулирования мощности, обеспечивающим уровень минимальной микроволновой мощности 2 мкВт. Y-циркулятор (Y) обеспечивает подключение РР по отражательной схеме таким образом, чтобы мощность из плеча 1 поступала только в плечо 2, а из плеча 2 в плечо 3 поступала бы только мощность, отраженная от РР.

Балансный детектор (БД) выполнен на щелевом мосте и детекторах Д1 и Д2. БД имеет два выхода: сигнальный (С) и опорный (О). Волноводный шунт служит для передачи и формирования опорного сигнала, поступающего на БД, и включает в себя фазовращатель (Ф) и волноводный переключатель (ВП). Фазовращатель применяется для настройки БД на минимум шумов на выходе системы, что соответствует настройке прибора на максимальное отношение сигнал/шум. При включении ВП опорный сигнал подается на БД.

Применение балансной схемы детектирования обеспечивает уменьшение амплитудных шумов МГ на 10 дБ, а наличие опорного сигнала обеспечивает независимость режима работы диодов БД от уровня мощности, поступающей в РР. Тем самым достигается высокий уровень метрологических характеристик прибора, что особенно важно при исследовании насыщающихся образцов.

Петля связи (ПС) служит для отвода мощности (около 1 мВт) на внешний измеритель частоты.

В МБ также расположен предварительный усилитель, выполненный на низкошумящем операционном усилителе с резонансным контуром в цепи обратной связи, настроенном на частоту ВЧ-модуляции (100 кГц). На плате ПУ расположен буферный усилитель контроля рабочего тока детекторов СВЧ.

Для достижения пороговой чувствительности выбран тип рабочего резонатора и рассчитаны его характеристики. Разработанный РР цилиндрической формы (тип колебаний TE 110) имеет ненагруженную добротность 8000. Его геометрические размеры и конструкция позволяют работать с цилиндрическими и плоскими кюветами для достижения оптимального коэффициента заполнения для образцов с широким диапазоном диэлектрических характеристик. Резонатор снабжен диэлектрическим винтом регулировки связи резонатора с волноводом. Диаметр отверстия для образца – 11 мм.

На стенках резонатора, параллельных полюсным наконечникам, расположены катушки модуляции. КМ применяются для создания на частоте 100 кГц высокочастотной модуляции магнитного поля. Для достижения наилучшей однородности поля высокочастотной модуляции был произведен расчет параметров КМ, который показал целесообразность применения провода большого сечения, а также намотку катушки в форме кольца, а не диска, как это делается в большинстве моделей ЭПР-спектрометров.

Для создания поляризуемого магнитного поля служит электромагнит. При разработке ЭМ был выполнен расчет теплового режима его работы. По результатам

расчетов была разработана оптимальная конструкция ЭМ, реализующая при заданных параметрах питания магнитной системы требуемую магнитную индукцию, высокие однородность и стабильность магнитного поля без применения принудительной системы охлаждения как самого ЭМ, так и системы его питания. Особенностью конструкции ЭМ является наличие неподвижного и подвижного полюсных наконечников. Подвижный полюсной наконечник имеет коническую форму со стороны, обращенной к ядру, и прижимается к последнему специальной гайкой, имеющей подпружиненные юстировочные пазы с регулировочными винтами, вращение которых приводит к изменению взаимного расположения подвижного и неподвижного полюсных наконечников, тем самым обеспечивается эффективная юстировка однородности магнитного поля [6].

Разработанная методика юстировки однородности магнитного поля по спектру ядерного магнитного резонанса ядер водорода в совокупности с оригинальной конструкцией устройства юстировки магнита позволяют добиться однородности магнитного поля не хуже 0.1 Гс в объеме 1 см³. Такая однородность необходима для регистрации узких линий суперсверхтонкой структуры, характерных для кристаллических структур.

Управление всеми исполнительными и сервисными устройствами спектрометра ЭПР осуществляется программируемым контроллером (ПК), состоящим из ряда функциональных модулей.

Модуль центрального процессора выполнен на микроконтроллере семейства HC908 Motorola, на который кроме функции управления возложена и функция коммуникаций с персональным компьютером.

Отдельным модулем выполнен синтезатор сигнала высокочастотной модуляции магнитного поля. Этот модуль обеспечивает цифровой синтез синусоидальных колебаний с программируемой амплитудой и меандра той же частоты и фиксированной амплитуды, но с программируемым сдвигом фазы в пределах 360° относительно синусоидального сигнала. Меандр используется в качестве опорного сигнала для синхронного детектирования сигнала ЭПР. Управление синтезатором осуществляется командами, вырабатываемыми микроконтроллером.

Помимо функции коммуникации, микроконтроллер управляет:

– усилителем сигнала ЭПР, коэффициент усиления которого может изменяться в пределах 1...16 384;

– источником напряжения аппаратной коррекции базовой линии, напряжение коррекции изменяется в пределах –5...+5 В с шагом 10 мВ;

– формирователем аппаратной постоянной времени системы регистрации, обеспечивая включение одного из восьми запрограммированных значений;

– формирователем напряжения управления магнитным полем, вырабатывающим напряжение в интервале 0...10 В с шагом 10 мкВ, что позволяет устанавливать магнитное поле с точностью до 5 мкТл.

Кроме того, микроконтроллер основного модуля осуществляет аналого-цифровое преобразование сигналов ЭПР.

Конструктивно контроллер прибора ЭПР выполнен по технологии Printed Circuit Board (PCB) на многослойной плате с металлизацией отверстий. Использование такой технологии, а также широкое применение современной технологии монтажа Surface Mounted Device (SMD) делает контроллер ремонтпригодным и удобным в настройке.

Усилитель мощности создает ток высокочастотной модуляции магнитного поля в катушках модуляции. Для достижения необходимого уровня нелинейных искажений тока модуляционных катушек в реализации УМ впервые была применена мостовая схема включения усилительных интегральных схем. Кроме того, были применены новейшие разработки фирмы «SGS Thomson» – признанного лидера в области производства усилительных интегральных схем высокой мощности.

Блок питания спектрометра ЭПР (ИП) предназначен для питания блоков: МБ, ПК, УМ, ЭМ и системы стабилизации магнитного поля на эффекте Холла.

Все источники питания выполнены по схеме с двойной стабилизацией и цепями защиты от перегрузки. В схемах источников питания применены современные интегральные стабилизаторы.

Отдельного рассмотрения заслуживает система стабилизации магнитного поля (МП). Проведенные расчёт и анализ факторов, вызывающих нестабильность МП, позволили сформулировать требования к системе стабилизации МП. С одной стороны, система должна обеспечивать высокую стабильность во времени тока, протекающего через магнит. С этой задачей справляется схема стабилизации тока магнитной системы. С другой стороны, необходимо обеспечить стабильность значения магнитной индукции в зазоре магнитной системы независимо от внешних возмущений, а также скомпенсировать явление гистерезиса. Для решения этой задачи в магнитный зазор введен магниточувствительный элемент Холла. Датчик Холла, включен в схему токовой стабилизации таким образом, что вырабатывает сигнал, компенсирующий ошибку величины МП, связанную с изменением температуры МП и явлением гистерезиса МС. Таким образом, спроектированная система стабилизации МП обеспечивает требуемую кратковременную и долговременную стабильность МП простыми схемотехническими решениями без применения принудительного охлаждения МС и термостатирования узлов системы стабилизации.

Спектрометр ЭПР работает под управлением разработанной специализированной программы. Программа ориентирована на работу в операционной среде MS Windows и позволяет осуществлять регистрацию спектров ЭПР, печать, сохранение и просмотр ранее сохраненных спектров. Программа также позволяет выполнять основные операции по преобразованию и обработке спектров. Предусмотрена возможность обмена данными с наиболее распространенными пакетами обработки спектров (SpectraCalc, WinEPR, Origin) и использования оригинальных прикладных программ, что позволяет осуществлять моделирование электронной структуры парамагнитных комплексов, различных физико-химических процессов, создавать обучающие компьютерные программы для ознакомления студентов с современными концепциями метода ЭПР.

По своим техническим характеристикам (см. таблицу) разработанный авторами настоящей статьи малогабаритный спектрометр ЭПР (модель ЭПР-10 МИНИ) не уступает лучшим приборам зарубежных компаний, а в ряде случаев и превосходит их.

Параметр	Тип спектрометра			
	ЭПР-10 МИНИ, СПБГЭТУ «ЛЭТИ» совместно с ЗАО «СПИН» (Россия)	ESR 70-03 XD/2 (УП СЭНС, Беларусь)	EMS-104, Bruker (Германия)	Model-8100, Micro-Now Instruments, Inc. (США)
Чувствительность, спин/Гц	$2 \cdot 10^{10}$	$5 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^{10}$	$5 \cdot 10^{10}$
Рабочая частота, ГГц	9.0...9.6	9.1...9.6	9.7...9.9	9.1...9.8
Максимальная мощность СВЧ, мВт	100	200	50	50
Диапазон изменения мощности СВЧ, дБ	32	40	30	32
Нестабильность резонансных условий, ч^{-1}	10^{-5}	10^{-5}	10^{-4}	$2 \cdot 10^{-5}$
Тип резонатора	H110	H102	H102	H102
Добротность резонатора (ненагруженная)	8000	5000	5000	5000
Диапазон изменения индукции магнитного поля, Гс	200...5000	100...7000	3380...3580	250...6000
Диапазон сканирования магнитного поля, Гс	Макс. – 4800; мин. – 1	Макс. – 6900; мин. – неизвестен	Макс. – 200; мин. – 1	Макс. – 2000; мин. – неизвестен
Частота ВЧ-моду- ляции, кГц	100	100 кГц	50 кГц	27 кГц
Диапазон значения ВЧ-модуляции	Макс. – 10 Гс; мин. – 10 мГс	Макс. – 10 Гс; мин. – 40 мГс	Макс. – 16 Гс; мин. – 16 мГс	Макс. – 3 Гс; мин. – неизвестен
Расстояние между полосными наконечниками, мм	24	13	15	25
Максимальный диаметр ампул, мм	11	5	6	11
Диапазон усиления	$1 \cdot 10^4$	$1.6 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$
Интерфейс	RS-232	RS-232	Специализи- рованный	Неизвестен
Программное обеспечение	Специализиро- ванное, файлы в формате ASCII	Неизвестно	Специализирован ное	Неизвестно
Размеры, мм	500×500×400	480×200×475	Неизвестно	210
Масса, кг	95	60		
Потребляемая мощность, В · А	400	400	450	750
Водяное охлаждение	Нет	Расход – 0.25 л/мин	Нет	Расход – 2.0 л/мин

В отличие от аналогов спектрометр ЭПР-10 МИНИ имеет более широкие функциональные возможности, в частности:

– спектрометр EMS-104 является узкоспециализированным прибором – только для дозиметрии ионизирующего излучения по жестко фиксированной программе;

– возможности спектрометра ESR 70-03 XD/2 ограничены малым диаметром ампул для образца, в связи с чем затруднены измерения при различных температурах и

использование стандартных аксессуаров для низкотемпературных измерений. Кроме того, для работы спектрометра необходимо водяное охлаждение;

– возможности спектрометра Model-8100 ограничены низкой частотой ВЧ-модуляции (подвержен акустическим помехам), узким диапазоном изменения ВЧ-модуляции, неудобством сканирования магнитного поля, относительно низкой чувствительностью, большой потребляемой мощностью. Помимо этого для работы спектрометра также необходимо водяное охлаждение.

Автодинный анализатор ЭПР. При разработке анализатора ЭПР учитывались специфические требования к приборам этого класса, а именно регистрация и обработка спектров ЭПР в узком заданном диапазоне развертки МП в непрерывном автоматическом режиме по заданной проблемно-ориентированной программе с оптимизированной под условия эксплуатации чувствительностью прибора.

В результате выполненного комплекса теоретических и экспериментальных работ авторами статьи разработан анализатор ЭПР, удовлетворяющий перечисленным требованиям и предназначенный для регистрации спектров ЭПР образцов, имеющих g -фактор близкий к 2.0 и ширину спектра от единиц до десятков гауссов, в диапазоне развертки МП, не превышающем 300 Гс.

Функциональная схема анализатора ЭПР (модель ЕА-10 МИНИ) приведена на рис. 3.

Конструктивно анализатор состоит из следующих блоков: постоянный магнит (М), микроволновый генератор (МГ), усилитель мощности (УМ), предварительный усилитель с источником питания МГ (ПУ), контроллер (К), блок питания (БП), токовый интерфейс (Т), ЭВМ.

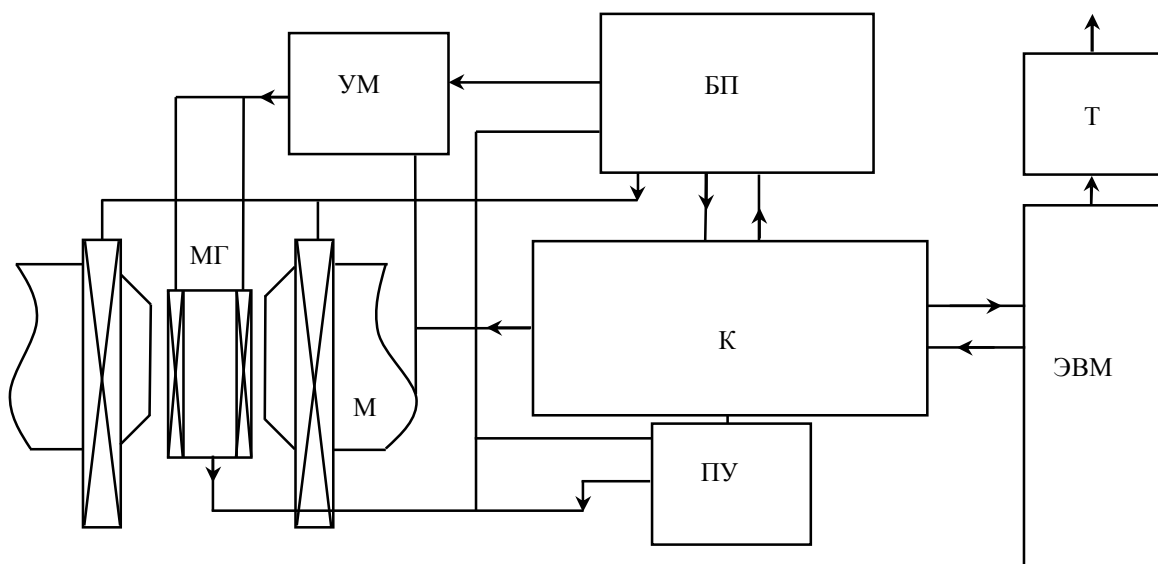


Рис. 3

Для микроволнового генератора анализатора ЭПР авторами статьи разработана автодинная двухрезонаторная система детектирования сигнала ЭПР на диоде Ганна (ДГ) [5], в которой рабочий резонатор связан с резонатором генераторной секции с ДГ. Связь устанавливается таким образом, что рабочая частота определяется высокодобротным РР и при этом ток ДГ зависит от изменения добротности РР, которая, в свою очередь, зависит

от величины резонансного парамагнитного поглощения измеряемого образца. Таким образом, сигнал ЭПР измеряется путём измерения изменения тока ДГ. Такая схема микроволнового блока отличается простотой конструкции, малыми габаритами, высокой эксплуатационной надёжностью и стабильностью, что принципиально важно для анализаторов ЭПР, работающих при непрерывном контроле технологических процессов на производстве. К недостаткам автодинной схемы детектирования следует отнести то, что её чувствительность ограничена шумами генераторного диода и нет принципиальной возможности регулирования уровня микроволновой мощности, поступающей в РР для снятия эффектов насыщения. Однако эти недостатки не накладывают ограничений на эксплуатационные характеристики анализаторов ЭПР.

МГ автодинного типа на диоде Ганна с катушками ВЧ-модуляции размещается в зазоре магнита. Катушки модуляции подсоединены к выходу УМ. На вход усилителя мощности от контроллера подается напряжение ВЧ-модуляции 100 кГц.

Проведенный расчёт и компьютерное моделирование магнитной системы (МС) позволили сделать вывод о целесообразности построения МС на основе магнито жестких материалов с ярмом броневое типа и использования для развёртки МП дополнительных катушек, питаемых от стабилизатора тока, расположенного в блоке питания (БП). Такая МС в полной мере удовлетворяет требованиям стабильности, надёжности и экономичности работы анализатора ЭПР.

Программируемый контроллер анализатора ЭПР аналогичен ПК спектрометра ЭПР для научных исследований, но обеспечивает следующие функции: формирование напряжения для управления магнитным полем, формирование сигнала ВЧ-модуляции, управление усилением сигнала ЭПР с динамическим диапазоном $K_y = 1 \dots 255$, синхронное детектирование сигнала ЭПР и подключение по интерфейсу RS-232 к ЭВМ или персональному компьютеру, осуществляющему управление контроллером, а также обработку сигнала ЭПР, полученного от контроллера.

Разработанное программное обеспечение анализатора ЭПР представляет собой исполняемый код, размещенный в памяти микроконтроллера и обеспечивающий управление всеми узлами прибора, первичную или финальную обработку спектра ЭПР и формирование команд и сигналов управления в зависимости от настроек, запрограммированных изготовителем или пользователем.

После запуска прибора анализатор переходит в режим автоматической настройки и измерения параметров информативного сигнала. При этом на дисплее отображается текущий режим функционирования прибора и параметры регистрации: коэффициент усиления, постоянная времени и число накоплений спектра ЭПР. Программа подбирает оптимальный коэффициент усиления измерительного тракта и осуществляет запись сигнала ЭПР во всем диапазоне развертки магнитного поля. После окончания настроечного режима выводится величина реперного сигнала (например,ДФПГ или Mn^{+2}). В режиме измерения запись спектра осуществляется в диапазоне развертки магнитного поля, содержащем только линии ЭПР измеряемого образца. Результатом

измерения является вычисление информативных параметров спектра по заданному алгоритму.

Кроме автоматического режима возможно функционирование анализатора в режиме настройки. Этот режим позволяет осуществлять быструю развертку магнитного поля в узком диапазоне с одновременным отображением сигнала ЭПР, устанавливать диапазоны развертки магнитного поля, коэффициент усиления тракта регистрации, постоянную времени синхронного детектора и количество накоплений спектра ЭПР, запись спектра ЭПР в соответствии с установленными параметрами. Также этот режим позволяет выбрать и отобразить на экране интересующий участок спектра ЭПР. При перемещении маркера по экрану дисплея отображается интенсивность сигнала ЭПР (в относительных единицах) и текущее значение индукции магнитного поля.

Таким образом, при разработке новой малогабаритной проблемно-ориентированной аппаратуры ЭПР были реализованы оригинальные конструкторские и схемотехнические решения узлов и блоков. Применение современных технологий, радиокомпонентов и материалов позволило создать мобильный, экономичный автоматизированный спектрометр ЭПР, имеющий малые габариты и массу, по своим техническим характеристикам не уступающий лучшим зарубежным аналогам. Простота эксплуатации и обслуживания аппаратуры ЭПР в сочетании с широкими функциональными возможностями позволяет проводить как научные исследования, так и решать практические прикладные задачи в промышленности, медицине, охране окружающей среды.

Анализаторы ЭПР ЕА-10 МИНИ успешно внедрены на заводах синтетического каучука в России для контроля приготовления катализаторов полимеризации изопрена [7].

Совместно с учеными из различных научных центров России и зарубежных стран разработанный малогабаритный спектрометр ЭПР был успешно использован, в частности, при решении задач, возникающих в медико-биологической практике, а именно:

- детектирование нитроксильных радикалов (NO), образуемых *in vivo* в клетках и тканях животных [8];
- оценка ретроспективных доз облучения по сигналу ЭПР зубной эмали и костной ткани в методе ЭПР-биодозиметрии [9];
- контроль методов квантовой гемотерапии (ультрафиолетовое и лазерное облучение крови, миллиметровое облучение нетеплового воздействия);
- определение состояния клеточных мембран и особенностей перекисного окисления липидов тромбоцитов при инфекциях различной этиологии;
- изучение механизмов развития токсичной формы экспериментальной гриппозной инфекции;
- изучение антиоксидантной системы защиты крови при различных формах стресса (иммобилизованного, инфекционного, операционного);
- изучение новых спиновых меток, зондов и ловушек (нитроксидов имидазолина и имидазолидина) применительно к молекулярной биологии и медицине (например,

использование рН-чувствительных спиновых зондов для измерения значений рН внутри различных клеток тканей).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тихонов А. Н. Электронный парамагнитный резонанс в биологии // Соросовский образовательный журнал. 1997. № 11. С. 8–15.
2. Compact automated EPR spectrometer / A. M. Altmark, Yu. V. Bogachev, V. Z. Drapkin et al. // EUROMAR Magnetic Resonance Conference Abstract Book. SPb., 2008. P. 227.
3. Пул Ч. Техника ЭПР-спектроскопии. М.: МИР, 1970.
4. Марон Р. С., Позняк А. Л., Шушкевич С. С. Аппаратура для исследования электронного парамагнитного резонанса. Л.: Энергия, 1968.
5. Расширение функциональных возможностей спектрометров ЭПР с сверхвысокочастотными генераторами на диодах Ганна / В. А. Добров, В. З. Драпкин, К. В. Зайцев и др. // Приборы и техника эксперимента. 1986. № 5. С. 133–135.
6. А. с. № 1038848 от 30.08.83. Магнитная система радиоспектрометра / Д. П. Волнягин, В. З. Драпкин, В. В. Заяц, Ю. А. Макаров. Оpubл. 1983. Бюл. № 32.
7. Методика контроля активности катализатора Циглера–Натта для полимеризации изопрена в производственных условиях на базе компьютеризированного прибора ЭПР / Ю. В. Богачев, С. А. Будар, М. Н. Князев и др. // Тез. докл. Первой всерос. конф. по каучуку и резине. М., 2002. С. 3134.
8. Specialized NO Detection EPR Spectrometer / Yu. V. Bogachev, V. Z. Drapkin, K. V. German et al. // Abstracts of 4th International Conference on Nitroxide Radicals: Synthesis, Properties and Implications of Nitroxides. Novosibirsk, 2005. P. 60–61.
9. Применение метода ЭПР для ретроспективной дозиметрии населения по эмали зубов / М. Н. Князев, А. С. Сердюк., Н. Н. Кузьмина и др. // Сахаровские чтения 2002 года: экологические проблемы XXI века Минск – Беларусь, 2002. С. 105–106.

Yu. V. Bogachev, V. Z. Drapkin, M. N. Knyazev, Yu. S. Chernenco

COMPACT PROBLEM-ORIENTED EPR EQUIPMENT

This article reviews new homodyne EPR spectrometer functional scheme and new autodyne EPR analyzer functional scheme. Comparative analysis of developed automated EPR spectrometer and foreign analogs is adduced too.

Compact automated EPR spectrometer, homodyne EPR spectrometer and autodyne EPR analyzer



УДК 658.512.22

Р. И. Сольнищев

ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ «ПРИРОДА – ТЕХНОГЕНИКА»

Излагается дальнейшее развитие теории и практики создания замкнутой системы управления «природа – техногеника» (ЗСУ ПТ). Приводятся концепция и основные подходы к построению ЗСУ ПТ. Подробно рассматривается построение математической модели объекта управления.

Экология, загрязняющие вещества, система управления, передаточная функция, уравнение турбулентной диффузии и конвекции

Проблемы загрязнения окружающей среды и его влияние на экологию и безопасность жизнеобеспечения сформулированы в [1]. Достаточно отметить, что в докладах руководителей Главного управления природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России, руководителей центра независимой экспертизы В. В. Худолея и Г. А. Ливанова приводятся конкретные данные, указывающие на угрожающие масштабы загрязнения окружающей среды отходами производства, бытовыми и другими составляющими загрязняющих веществ (ЗВ).

На рис. 1 показана существующая разомкнутая система «природа – техногеника», которая включает в себя «человеческий фактор» как обязательное, решающее звено системы управления.

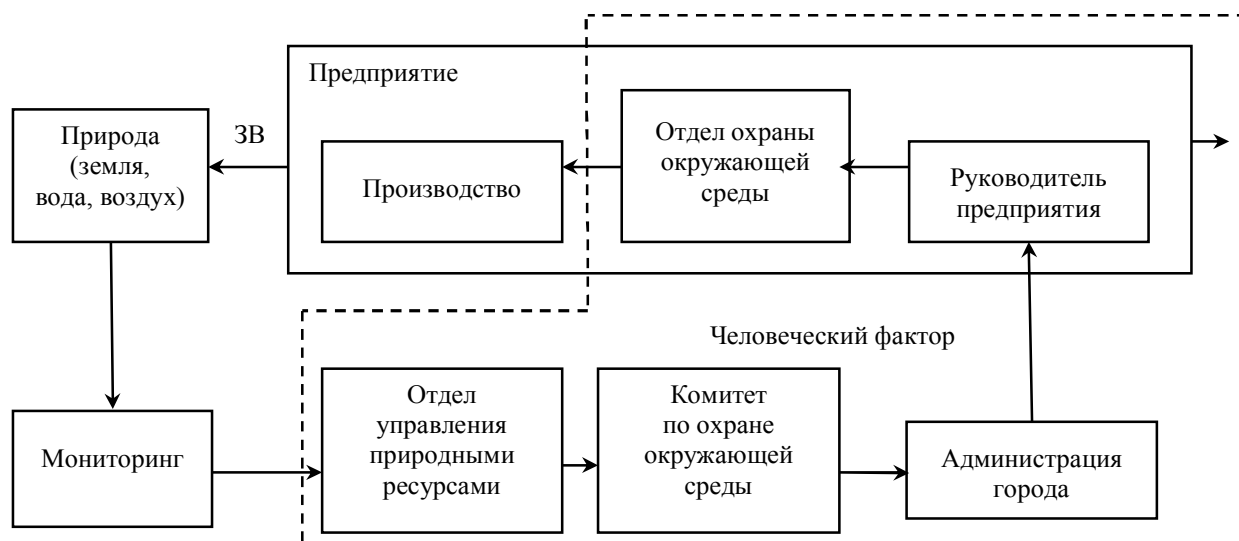


Рис. 1

В [2]–[7] предложена и развита до конкретных инженерно-технических решений ЗСУ ПТ (рис. 2). Концепция создания ЗСУ ПТ направлена на минимизацию человеческого фактора, исключение «разрыва» между результатами мониторинга и соответствующими очистными агрегатами, исключение потерь информации и, как следствие, – экономических издержек, связанных с компенсациями по авариям, штрафам, с упущенной выгодой.

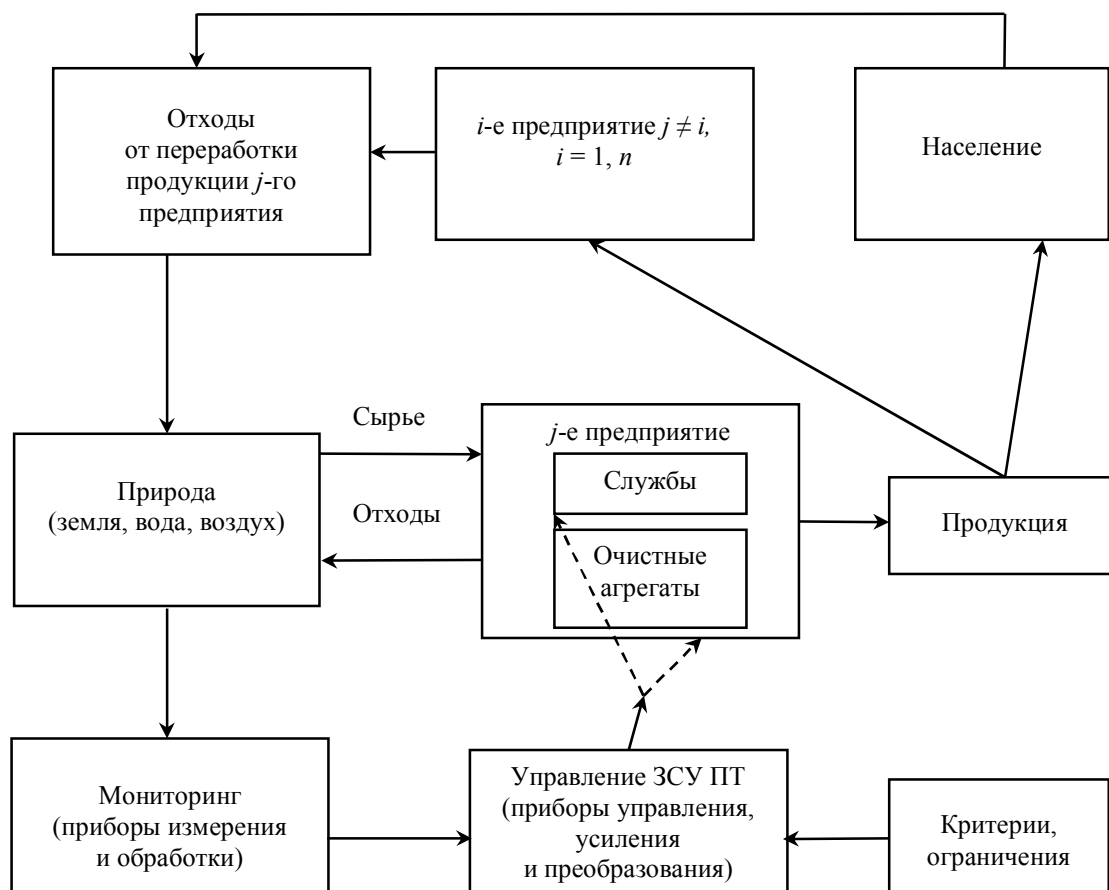


Рис. 2

Объектом управления в ЗСУ ПТ могут являться источники ЗВ – выбросов в атмосферу, сбросов в воду, твердых отходов, энергетических выбросов. В данной статье рассматриваются источники ЗВ – выбросов в атмосферу.

Контур управления содержит (рис. 3) измерительные, усилительно-преобразующие, вычислительные, регистрирующие и исполнительные устройства.

Измерительные устройства включают в себя широкий спектр датчиков-газоанализаторов, анализаторов физико-химических параметров, измеряющих и передающих информацию о концентрации ЗВ. Измерительные устройства размещаются в точках с наибольшей концентрацией ЗВ с помощью подвижных носителей.

Усилительно-преобразующие, вычислительные устройства обеспечивают обработку, сжатие, формирование информации и передачу ее в управляющее и регулирующее устройство, а также в устройства визуализации и регистрации.

Исполнительные устройства изменяют параметры очистных агрегатов в соответствии с управлением, минимизирующим концентрацию ЗВ.

Система автоматического управления «природа – техногеника» работает в реальном режиме времени, передавая информацию на устройства визуализации всех уровней от руководства «источника ЗВ» до лиц, принимающих решения (ЛПР) на федеральном уровне.

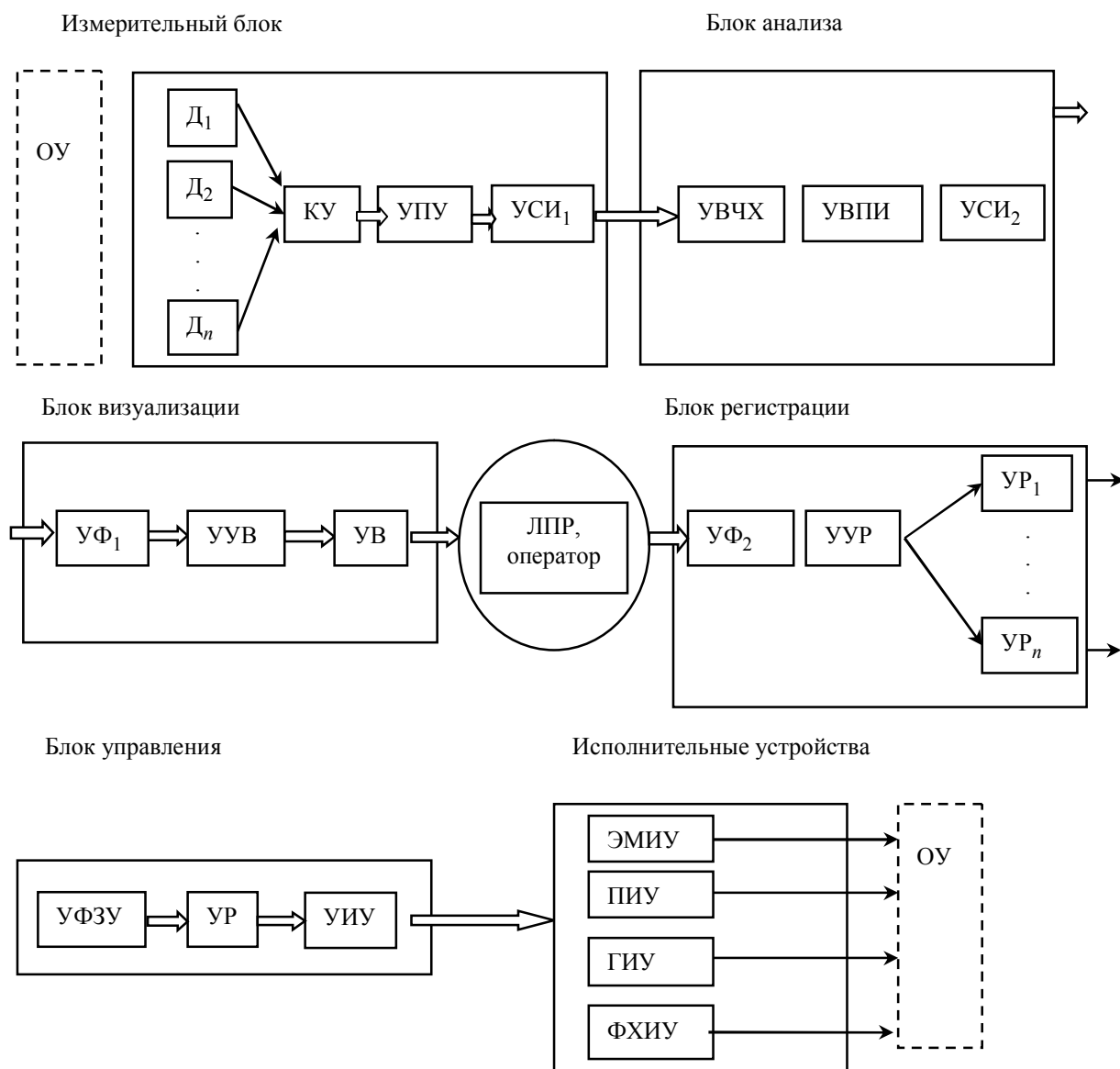


Рис. 3

На рис. 3 введены следующие обозначения:

- ОУ – объект управления,
- D_1, \dots, D_n – датчики информации по ЗВ,
- КУ – коммутирующие устройства,
- УПУ – усилительно-преобразующие устройства,
- УСИ₁ – устройства сжатия информации 1,
- УВЧХ – устройства вычисления частотных характеристик,

- УВПИ – устройства выбора предпочтительной информации,
- УСИ₂ – устройства сжатия информации 2,
- УФ₁ – устройство формирования 1,
- УУВ – устройство управления визуализацией,
- УВ – устройство визуализации,
- ЛПР – лицо, принимающее решения,
- УФ₂ – устройство формирования 2,
- УУР – устройства управления регистраторами,
- УР₁, ..., УР_n – устройства регистрации,
- УФЗУ – устройства формирования закона управления,
- УР – устройство регулирования,
- УИУ – управление исполнительными устройствами,
- ЭМИУ – электромеханические исполнительные устройства,
- ПИУ – пневматические исполнительные устройства,
- ГИУ – гидравлические исполнительные устройства,
- ФХИУ – физико-химические исполнительные устройства.

ЗСУ ПТ переводит решение проблемы загрязнения окружающей среды из пространства с прямым включением «Человеческого фактора» в виде последовательности актов, подписей и согласований в пространство аппаратно-программных комплексов (АПК), где роль человека-оператора сводится к контролю за работой АПК и отдельных их элементов (датчиков, преобразователей, контроллеров, исполнительных устройств и т. д.). Такой переход принципиально снижает риски угрожающего загрязнения окружающей среды и убирает «человеческий фактор» из прямого включения в систему.

Построение ЗСУ ПТ в линейной постановке задачи рассмотрено в [5], [6] и сводится к системе управления, представленной на рис. 4.

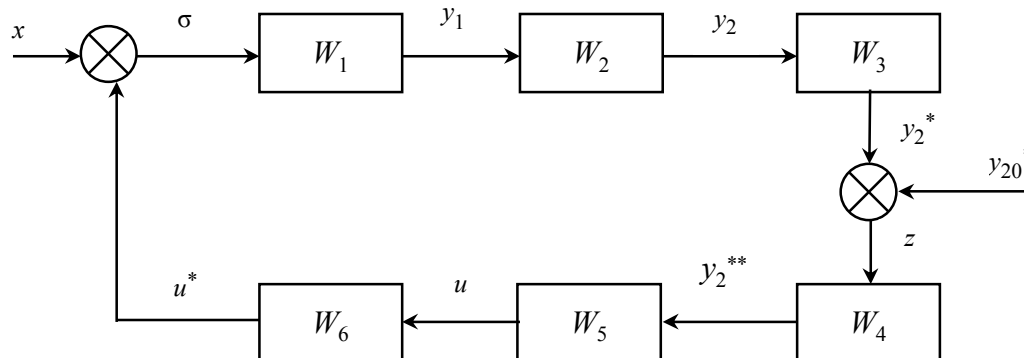


Рис. 4

На рис. 4 введены следующие обозначения:

$W_1(p)$ – передаточная функция переноса ЗВ с выхода топливных газов до устья трубы, $p \equiv \frac{d}{dt}$, $y_1(t) = W_1(p)\sigma(t)$, $\sigma(t) = x(t) - u^*(t)$, где $x(t)$ – компенсируемая составляющая топливных газов, $u^*(t)$ – управляющее воздействие от исполнительного устройства;

$W_2(p)$ – передаточная функция преобразования массы ЗВ в составе факела при переносе от устья трубы до точки измерения;

$W_3(p)$ – передаточная функция измерительного устройства;

$W_4(p)$ – передаточная функция устройств преобразования данных измерения;

$W_5(p)$ – передаточная функция устройства управления;

$W_6(p)$ – передаточная функция очистного агрегата совместно с исполнительным устройством.

Передаточные функции $W_1(p)$, $W_3(p)$, $W_4(p)$, $W_5(p)$, $W_6(p)$ определяются после идентификации известных устройств и приведены в [5], [6]. Передаточная функция $W_2(p)$ также приведена в [5], [6], однако в этих работах не показано каким образом она получена.

В данной статье рассмотрен один из основных моментов в решении этой задачи как задачи перехода от обобщенного уравнения переноса загрязняющего вещества как математической модели объекта управления к передаточной функции «вход-выход», где «входом» являются источники выброса ЗВ, а «выходом» – датчик измерений концентрации этого ЗВ ($W_2(p)$ на рис. 4). В дальнейшем $W_2(p)$ выводится из общего уравнения диффузии и конвекции.

Будем считать, что в системе координат $O\xi\eta\zeta$, связанной с землей, расположены N источников ЗВ (город, промышленная зона, поселок).

На рис. 5 системы координат $\xi_1\eta_1\zeta_1 \dots \xi_i\eta_i\zeta_i \dots \xi_j\eta_j\zeta_j \dots \xi_N\eta_N\zeta_N$ связаны с устьями «труб» точечных источников ЗВ; \bar{L}_{ij} – прямая, соединяющая датчики Δ_i и Δ_j ; $\Delta_1, \dots, \Delta_i, \dots, \Delta_j, \dots, \Delta_N$ – датчики концентрации ЗВ, расположенные в точках максимума этой концентрации по оси факела.

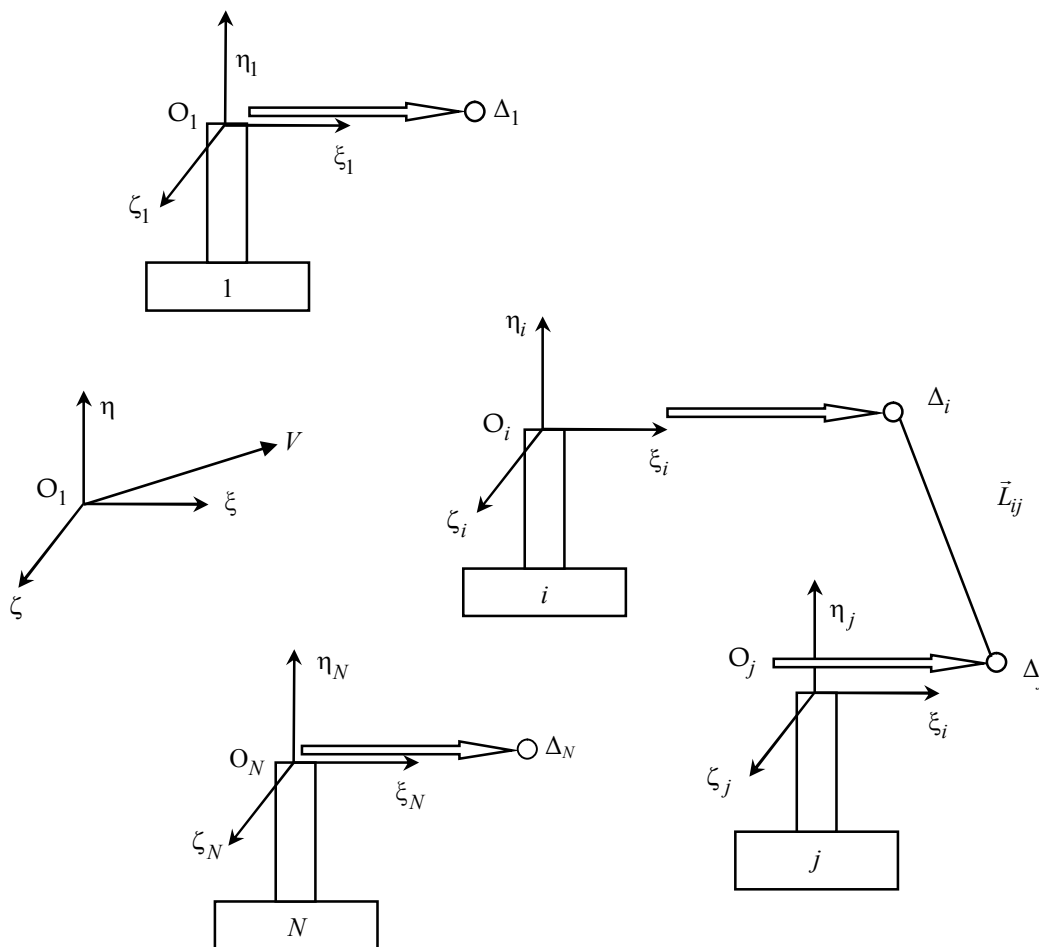


Рис. 5

В дальнейшем рассматривается, в основном, зона задымления как наиболее опасная для населения при воздействии ветра на горизонтальные перемещения ЗВ.

Выделив i -й источник ЗВ, запишем для него известное уравнение турбулентной диффузии и конвекции:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + v_{\xi} \frac{\partial c}{\partial \xi} + v_{\eta} \frac{\partial c}{\partial \eta} + v_{\zeta} \frac{\partial c}{\partial \zeta} = \frac{\partial}{\partial \xi} K_{\xi} \frac{\partial c}{\partial \xi} + \frac{\partial}{\partial \eta} K_{\eta} \frac{\partial c}{\partial \eta} + \frac{\partial}{\partial \zeta} K_{\zeta} \frac{\partial c}{\partial \zeta} + K_1 Q - K_2 C, \quad (1)$$

где $c(\xi, \eta, \zeta, t)$ – концентрация ЗВ; $v_{\xi}, v_{\eta}, v_{\zeta}$ – проекции вектора скорости переноса ЗВ на оси $\xi\eta\zeta$; K_1 – коэффициент «преобразования» топлива $[Q(t)]$ источника в ЗВ; K_2 – коэффициент компенсации ЗВ за счет работы пылегазоуловителей (ПГУ) – K_2 ПГУ, сухого и мокрого осадков и химических преобразований – $K_2\Sigma$ ($K_2 = K_2$ ПГУ + $K_2\Sigma$); $K_{\xi}, K_{\eta}, K_{\zeta}$ – составляющие коэффициента турбулентной диффузии K . Коэффициент диффузии вычисляется по формуле А. Фика:

$$J = -K \frac{\partial C}{\partial N_S},$$

где J – плотность потока массы, проходящего через участок поверхности S ; N_S – нормаль к S .

Для анализа дальних переносов ЗВ, в том числе трансграничных, уравнение (1) дополняют уравнением тепловых полей, динамики атмосферы. Уравнение (1) становится определенным только после задания начальных и граничных условий. При создании ЗСУ ПТ для микрорайона можно воспользоваться уравнением (1) при известных метеорологических и других характеристиках атмосферы.

Рассмотрим одномерный процесс распространения ЗВ в пределах микрорайона:

– конвективный поток направлен только по оси ξ , что позволяет сделать приближенные оценки:

$$\left| \frac{\partial}{\partial \xi} K_{\xi} \frac{\partial c}{\partial \xi} \right| \ll \left| v_{\xi} \frac{\partial c}{\partial \xi} \right|, \quad (2)$$

$$v_{\eta} \frac{\partial c}{\partial \eta} \sim 0, \quad v_{\zeta} \frac{\partial c}{\partial \zeta} \sim 0, \quad \frac{\partial}{\partial \eta} K_{\eta} \frac{\partial c}{\partial \eta} \sim 0, \quad \frac{\partial}{\partial \zeta} K_{\zeta} \frac{\partial c}{\partial \zeta} \sim 0;$$

– граничные условия:

$$C(t, \xi, \eta, \zeta)|_{\xi=L} = C(t, L),$$

соответственно $C(t, \xi, \eta, \zeta)|_{\xi=\xi_0} = C(t, \xi_0)$; $t_0 \leq t \leq T$;

$$\xi_0 \leq \xi \leq \xi_{\max} = L, \quad v_{\xi \min} < |v_{\xi}(t)| < v_{\xi \max}; \quad (3)$$

– начальные условия:

$$t = t_0, \quad C(t, \xi, \eta, \zeta)|_{t=t_0, \xi=\xi_0} = C(t_0, 0), \quad Q(\xi_0, t_0) = Q_0, \quad C(\xi, 0) = 0.$$

Положим также $v_{\xi}(t)\Big|_{t_0, T} = v_{\xi} - \text{const.}$

В соответствии с условиями (2), (3) из (1) получим

$$\frac{\partial C(\xi, t)}{\partial t} + v_{\xi} \frac{\partial C(\xi, t)}{\partial \xi} = K_1 Q(\xi, t) - K_2 C(\xi, t). \quad (4)$$

Преобразуя по Лапласу уравнение (4), имеем

$$v_{\xi} \frac{\partial C(\xi, p)}{\partial \xi} + pC(\xi, p) = K_1 Q(\xi, p) - CK_2(\xi, p) + C(\xi, 0), \quad (5)$$

где p – оператор Лапласа.

Решение однородного уравнения, соответствующего уравнению (5) при $K_2 = 0$, имеет вид

$$C(\xi, p) = Ae^{-\frac{p\xi}{v_{\xi}}}.$$

Согласно условиям (2), (3) найдем $A = C(\xi_0, p)e^{\frac{p\xi_0}{v_{\xi}}}$, а

$$C(L, p) = C(\xi_0, p)e^{-\frac{p(L-\xi_0)}{v_{\xi}}},$$

и передаточная функция «вход-выход» будет

$$\frac{C(L, p)}{C(\xi_0, p)} = e^{-\frac{p(L-\xi_0)}{v_{\xi}}}.$$

Обозначив $\frac{L-\xi_0}{v_{\xi}} = \tau$, получим

$$\frac{C(L, p)}{C(\xi_0, p)} = e^{-\tau p}, \quad (6)$$

что подтверждает введение запаздывающего звена в передаточную функцию $W_2(p)$ в [5], [6]. Если считать $K_2 \neq 0$, то вместо уравнения (5) будет уравнение

$$v_{\xi} \frac{\partial C(\xi, p)}{\partial \xi} + pC(\xi, p) + K_2 C(\xi, p) = 0,$$

а вместо (6) получим

$$\frac{C(L, p)}{C(\xi_0, p)} = e^{-\frac{(p+K_2)(L-\xi_0)}{v_{\xi}}} = e^{-\tau p} e^{-\frac{K_2(L-\xi_0)}{v_{\xi}}},$$

что также соответствует $W_2(p)$, но с постоянным множителем. Полагая теперь $K_1 Q(\xi, p)|_{\xi=\xi_0} = K_1 Q(\xi_0, p)$, $C(\xi_0, p) = 0$ можем записать:

$$C(\xi, p) = B e^{-\frac{(p+K_2)\xi}{v_\xi}} + \frac{K_1}{v_\xi} Q(\xi_0, p).$$

Тогда при $\xi = \xi_0$ постоянная интегрирования B имеет вид

$$B = \left(C(\xi_0, p) - \frac{K_1}{v_\xi} Q(\xi_0, p) \right) e^{-\frac{(p+K_2)\xi_0}{v_\xi}}$$

и

$$C(\xi, p) = \left(C(\xi_0, p) - \frac{K_1}{v_\xi} Q(\xi_0, p) \right) e^{-\frac{(p+K_2)(\xi-\xi_0)}{v_\xi}} + \frac{K_1}{v_\xi} Q(\xi_0, p).$$

Соответственно для $\xi = L$ найдем

$$C(L, p) = \left(C(\xi_0, p) - \frac{K_1}{v_\xi} Q(\xi_0, p) \right) e^{-\frac{(p+K_2)(L-\xi_0)}{v_\xi}} + \frac{K_1}{v_\xi} Q(\xi_0, p).$$

Поскольку $C(\xi_0, p) = 0$, то

$$C(L, p) = \frac{K_1}{v_\xi} Q(\xi_0, p) \left(1 - e^{-\frac{(p+K_2)(L-\xi_0)}{v_\xi}} \right)$$

и соответствующая передаточная функция будет иметь вид:

$$\frac{C(L, p)}{Q(\xi_0, p)} = \frac{K_1}{v_\xi} \left(1 - e^{-\frac{(p+K_2)(L-\xi_0)}{v_\xi}} \right). \quad (7)$$

Передаточная функция (7) позволяет находить «выходные примеры» $C(L, p)$ при различных возмущениях $Q(t)$, определяемых, в частности, подачей топлива в источниках ЗВ, например ТЭЦ.

Так, в случае $Q(t)$ -ступенчатой функции при единичных «ступеньках» и одинаковой их ширине, равной τ_0 , как известно,

$$Q(\xi_0, p) = \frac{1}{2} (1 + \coth \frac{pT_0}{2}) = \frac{1}{1 - e^{p\tau_0}}.$$

Аналогично задаются другие кусочно-непрерывные функции $Q(t)$.

Рассмотрим случай N источников, взаимное их влияние. В соответствии с рис. 5 имеем N датчиков, размещенных в точках максимума концентрации ЗВ:

$$\Delta l(\xi_1, \eta_1, \zeta_1),$$

$$\begin{aligned} & \Delta_i(\xi_i, \eta_i, \zeta_i), \\ & \Delta_{N-1}(\xi_{N-1}, \eta_{N-1}, \zeta_{N-1}), \\ & \Delta_N(\xi_N, \eta_N, \zeta_N). \end{aligned}$$

Составим уравнение диффузии и конвекции между i -м датчиком и $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_{i-1}, \Delta_{i+1}, \dots, \Delta_N$ как источниками ЗВ, получим $N - 1$ уравнений (5), где вместо $Q(\xi, p)$ $Q_1^*, Q_2^*, \dots, Q_{i-1}^*, Q_{i+1}^*, \dots, Q_N^*$ будут возмущениями, вызывающими фоновую составляющую $C_{i\phi}$ в точке Δ_i .

Естественно, при этом необходимо знать точки $\max C(t, \xi, \eta, \zeta)$ и значения Q_i^* во всей «географии» микрорайона. Уравнение (5) в этом случае примет вид

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} + v_\xi \frac{\partial C_i}{\partial \xi} = K_1 Q_i(\xi, t) - K_2 C_i(\xi, t) + \sum_{j=1, j \neq i}^N Q_j^*(t).$$

Возмущения $Q_j^*(t)$ рассчитываются через уравнение связи (7), но при параметрах, соответствующих j -м «источникам»:

$$\frac{Q_j^*(L_{ij}, p)}{C_j(\xi_j, \eta_j, \zeta_j, p)} = \frac{K_1}{v_{ij}} \left(1 - e^{-\frac{(p + K_2)}{v_{ij}}} \right),$$

где v_{ij} – составляющие вектора скорости ветра v в проекции на ось L_{ij} (рис. 5); $C_j(\xi_j, \eta_j, \zeta_j, p)$ – концентрация в точке расположения j -го датчика,

$$v_{ij} = v \cos(\vec{v}, \vec{L}_{ij}) = v(m_1 m_2 + l_1 l_2 + n_1 n_2).$$

Здесь m_1, l_1, n_1 – направляющие косинусы по отношению к системе координат $\xi\eta\zeta$ вектора v ; m_2, l_2, n_2 – направляющие косинусы по отношению к системе координат $\xi\eta\zeta$ вектора L_{ij} .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Худoley В. В., Ливанов Г. А. Проблемы загрязнения окружающей среды стойкими органическими соединениями, в частности диоксинами // Тр. Междунар. конф. IEHS'04 / Под ред. проф. Р. И. Сольничева, ISA, СПб., 2004. С. 39–43.
2. Solnitsev R. The instrumentation in human safety // Conf. Intern. Exposicao e Programma de Tre i namento, San-Paolo, Brasil, 5–8 Desembo 1995. P. 707–713.
3. Solnitsev R. Creation of «Nature-Technogenic» control system of the basis of information technologies // Proc. Intern. Conf. IEHS'02, St. Ptb., 2002. P. 12–17.
4. Сольничев Р. И. Минимизация человеческого фактора в системе «Природа-Техногеника» // Тр. Междунар. конф. IEHS'04 / Под ред. проф. Р. И. Сольничева, ISA, СПб., 2004. С. 15–18.
5. Сольничев Р. И. Построение замкнутых систем «Природа-Техногеника» // Открытое образование: Тез. докл. XXXIII Междунар. конф. «Информационные технологии в науке, образовании», IT+S&E'06, Украина, Ялта-Гурзуф, 2006. С. 404–408.
6. Сольничев Р. И., Коршунов Г. И., Шабалов А. А. Моделирование замкнутой системы управления «Природа-Техногеника» // Информационно-управляющие системы». 2008. № 2(33). С. 36–42.

7. ПАТ. РФ № 2351975 / Р. И. Сольников, Г. И. Коршунов, В. А. Грудинин. Способ снижения загрязняющих атмосферу вредных веществ посредством замкнутой системы управления; Опубл. 10.04.09. Бюл. № 10.

R. I. Solnitsev

GENERATING A «NATURE-TECHNOGENIC» CLOSED CONTROL SYSTEM

Further development of theoretical and practical aspects of a “nature-technogenic” closed control system is considered. The concept and methods for solving this problem are proposed basing on preliminary results. The construction of mathematical model is performed for a certain control object.

Ecology, contaminant, control system, transfer function, convection-diffusion equation

УДК 004.932.4

Бу Зуи Линь

АЛГОРИТМ КОМПЕНСАЦИИ ТЕНЕЙ НА ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ ЛИЦ

Качество освещения лица (направление, стабильность, равномерность, достаточность...) в момент получения исходного изображения определяет результативность работы систем распознавания лиц. Тени на цифровых изображениях лиц скрывают границы («лоб/волосы», овал...) и элементы лиц (брови, глаза, нос...) и являются одним из препятствий правильного распознавания лиц. Для решения этой проблемы предлагается алгоритм, основанный на определении области с тенью и «компенсации тени» с использованием комбинации нескольких подходов.

Изменение освещения, компенсация тени, распознавание лиц, зеркальная реконструкция

В настоящее время в компьютерной биометрии существует много методов распознавания людей. Одними из самых известных и широко применяемых являются методы PCA (метод главных компонент) и LDA (линейный дискриминантный анализ). Однако результаты работы таких методов могут ухудшаться, а системы распознавания людей по лицам могут работать некорректно, если изображения лиц получены в нестабильных или неконтролируемых условиях освещения. В этом случае на различных областях лиц появляются тени, скрывающие детали лиц, что и ухудшает их распознавание.

Решение проблемы компенсации боковой тени известно из ряда публикаций [1]–[7], в которых представлены несколько алгоритмов.

Так в [1] представлен метод, основанный на подпространствах, представляющих информацию об областях с тенями и областях без теней на лицах. В [2] предложен метод с некоторой модификацией алгоритма [1]. В [3] описан метод, базирующийся на модели освещения лиц (конуса освещения), а в [4] – метод, основанный на использовании девяти областей изображений, «описанных» этими девятью моделями освещения. В работе [5] представлена модель освещения, использующая сферические гармоники, и описаны эффекты коэффициента отражения Lambertiana по аналогии со сверткой (скручиванием). В работе [6] изменение освещения базируется на 2-м изображении, полученном как зеркальное отображение исходного изображения. Авторы исходят из предположения о лицевой симметрии и таким образом используют только «чистую» половину – бестеневую информацию исходного изображения лица. В [7] представлен метод компенсации тени на изображениях, использующий средние значения интенсивности освещения.

В результате анализа перечисленных методов можно сделать следующие выводы:

- известные методы решения проблемы удаления теней требуют больших вычислительных ресурсов и не ориентированы на работу с системами реального времени, поскольку не адаптируются к быстро изменяющимся условиям освещения лиц;
- недостаточно точно показаны детали алгоритмов, описанных в публикациях, посвященных проблеме удаления теней;
- решение проблемы удаления теней показано для отдельных вариантов теней и отдельных примеров и не представлено для обобщенного случая;
- чрезмерно усложнена форма представления предложенных решений в технической литературе;
- методы работают только при боковых освещениях.

Для устранения перечисленных недостатков необходимо решить следующие задачи:

- систематизация характера теней на изображениях с лицами и разработка метода автоматического выбора способов их устранения;
- выбор и обоснование методов реализации задач удаления теней;
- представление моделей решаемых задач и деталей соответствующих алгоритмов;
- программная реализация этих алгоритмов;
- реализация соответствующих программных модулей в системе распознавания лиц на примере тестовых баз изображений лиц и оценка эффективности предложенных методов.

Описание алгоритма. Для решения поставленных задач предлагается алгоритм, блок-схема которого представлена на рис. 1.

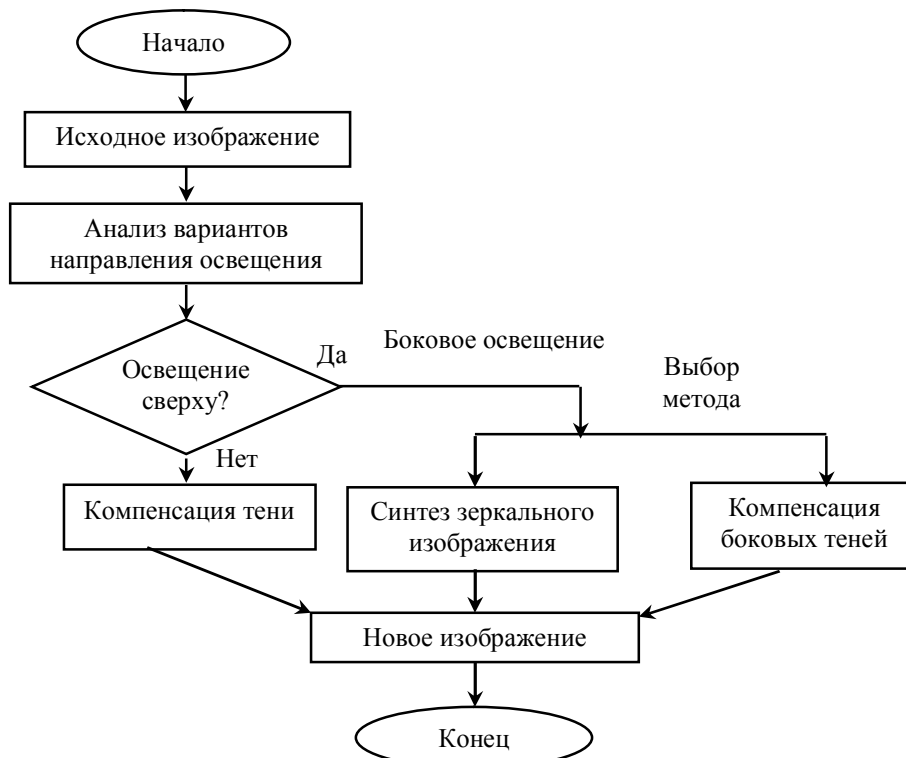


Рис. 1

Рассмотрим основные части алгоритма.

Исходное изображение. Пусть интенсивность исходного изображения лица I представлена как $I_c \in R^{M \times N}$ ($M = 120$ и $N = 100$), где M – количество строк, N – количество столбцов, c – категории направления освещения. На рис. 2 показаны примеры нескольких исходных изображений в базе «Yale-B».*



Рис. 2

Определение направления освещения (света). Пусть a_c – среднее значение интенсивности уровня яркости всех пикселей в изображении лица I_c , т. е.

$$a_c = \frac{1}{MN} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N I_c(x, y).$$

Изменяем ценности $I_c(x, y)$ в шкале яркости $[0, 255]$ следующим образом:

$$I'_c(x, y) = \begin{cases} 0, & I_c(x, y) < a_c; \\ 255, & I_c(x, y) > a_c. \end{cases}$$

На рис. 3 показаны примеры результатов преобразования изображения $I'_c(x, y)$ в шкале $[0, 255]$. Значение a_c изменяется в зависимости от изображения лица, потому что цвет кожи и теневой уровень в каждом изображении различны.



Рис. 3

Пусть g_R (g_L) – средняя интенсивность уровня яркости из правой (L) (оставленной половины (L)) изображения соответственно, т. е.:

* <http://cvc.yale.edu/projects/yalefacesB/yalefacesB.html>.

$$g_R = \frac{2}{MN} \sum_{x=1}^M \sum_{y=(N/2)+1}^N I'_c(x, y), \quad (1)$$

$$g_L = \frac{2}{MN} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^{N/2} I'_c(x, y). \quad (2)$$

Определим категорию c с некоторыми постоянными t_k как показано ниже:

$$\begin{cases} R_k & \text{if } t_k \leq g_R - g_L < t_{k+1}, & k = 1, \dots, 5, \\ F & \text{if } |g_R - g_L| < t_1, & F - \text{фронтальное направление,} \\ L_k & \text{if } -t_{k+1} \leq g_R - g_L < -t_k, & k = 1, \dots, 5, \end{cases} \quad (3)$$

где $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6$ равны соответственно 25, 50, 75, 125, 175, 255.

По формуле (3) определяется направление освещения, соответствующее категории k .

В базе есть изображение без тени, а также боковые тени. Выделим освещение по категории, сверху, левым (L) и правым (R) и в каждом боковом освещении выделим 5 подкатегорий, которые отличаются по интенсивности области тени. На рис. 4 показаны разные категории освещения, которые существуют в базе изображений.

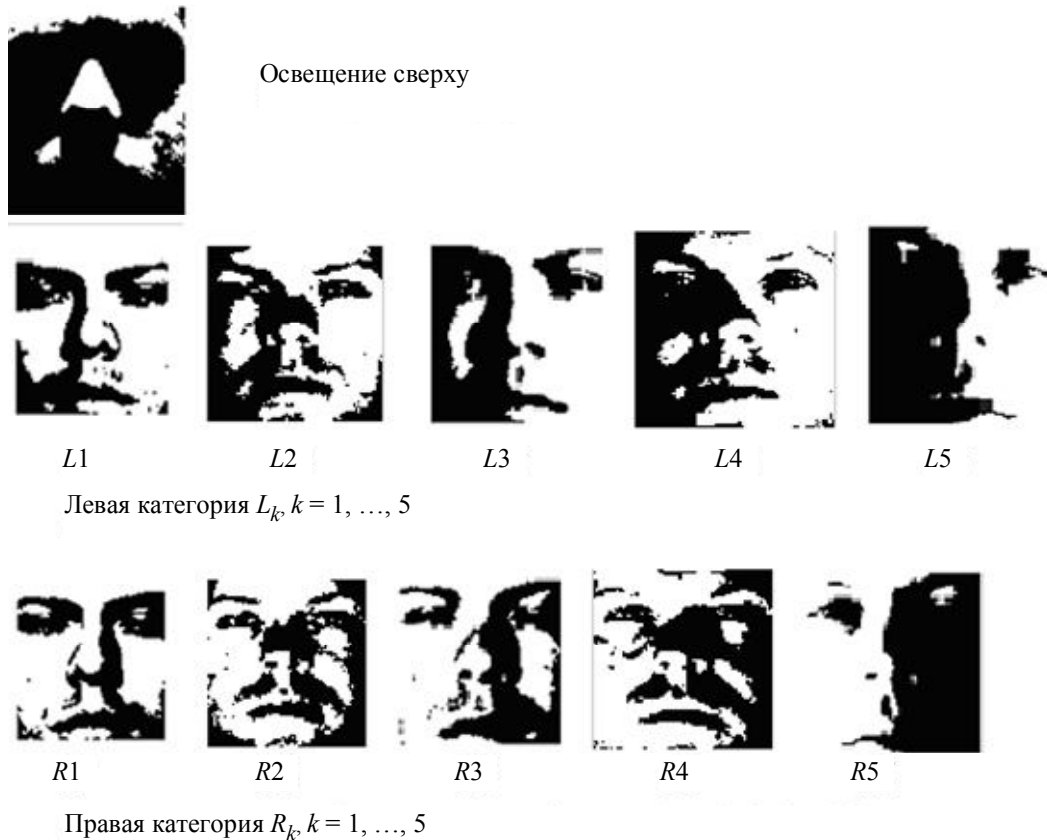


Рис. 4

Метод компенсации теней по категориям. Пусть в базе имеется K классов с L изображениями в каждом классе, а также 10 категорий тени. Обозначим изображение лица под фронтальным освещением (F) как $I_{m,F}$, под освещением с правой стороны (R) как $I_{m,R_k,n}$ и изображение лица под освещением с левой стороны (L) $I_{m,L_k,n}$, где $m = 1, 2, \dots, K$ и $n = 1, 2, \dots, L_c, k = 1, \dots, 5$.

$I_{m,R_k,n}$ и $I_{m,L_k,n}$ обозначают n -е изображение m -го человека в базе данных.

Определим среднее различие интенсивности постоянным значением:

$$D_{A,c}(x,y) = \frac{1}{KL_C} \sum_{m=1}^K \sum_{n=1}^{L_C} (I_{m,F}(x,y) - I_{m,c,n}(x,y)). \quad (4)$$

По формуле (4) вычислим средние интенсивности для разных категорий. На рис. 5 показаны средние интенсивности категорий, используемые далее в процессе компенсации теней.

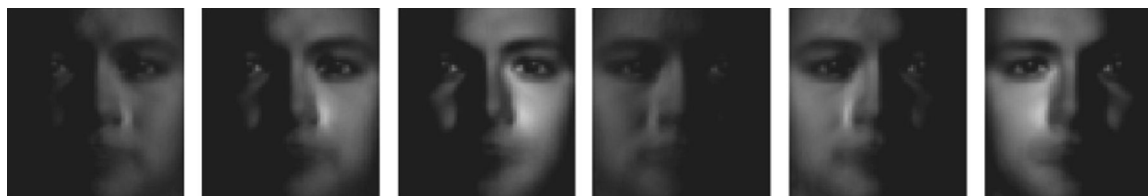


Рис. 5

Можно компенсировать тени лица только с одним средним различием интенсивности по формуле

$$I_{m,c,n}^C = I_{m,c,n} + D_{A,c}.$$

На рис. 6 показан пример процесса компенсации теней, т. е. процесс компенсации исходного изображения со средней интенсивностью, соответствующей его категории.

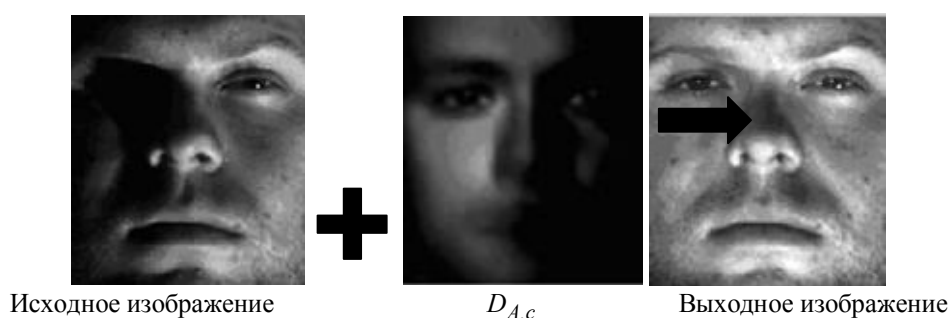


Рис. 6

Видно, что на выходном изображении тени исходного изображения отсутствуют.

Метод зеркальной реконструкции. Пусть D является разницей пикселей между правой и левой половиной лица: $D = g_R - g_L$, где g_R и g_L определены в (1) и (2). Если $D > 0$, то направление освещения правое, т. е. чистой половиной является левая. В противном случае правая половина является чистой. Обозначим чистую половину $I_{\text{чист}}$, а ее зеркальное отображение – $I_{\text{зерк}}$. Соединив «чистую» половину и ее зеркальное отображение получим новое изображение $I = I_{\text{чист}} + I_{\text{зерк}}$. Рис. 7 иллюстрирует описанную процедуру.

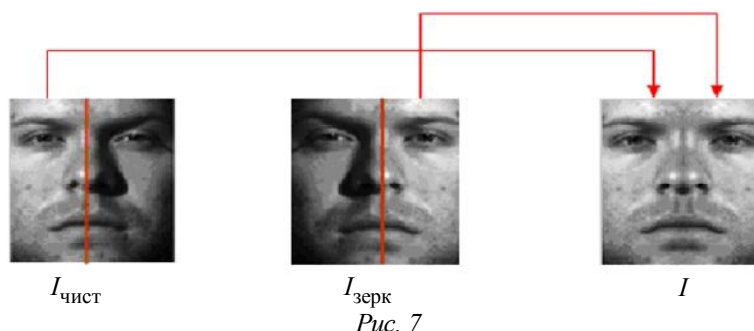


Рис. 7

Экспериментальная оценка предложенного алгоритма производилась на базе изображений «Yale B», содержащей 40 классов. В каждом классе 65 изображений размером 120×100 пикселей. В базе есть изображение без тени, правая и левая тень и сверху. Алгоритм реализован в среде MATLAB 7.0. На рис. 8 представлены результаты нескольких примеров работы метода компенсации тени, где А – входное изображение и В – выходное.

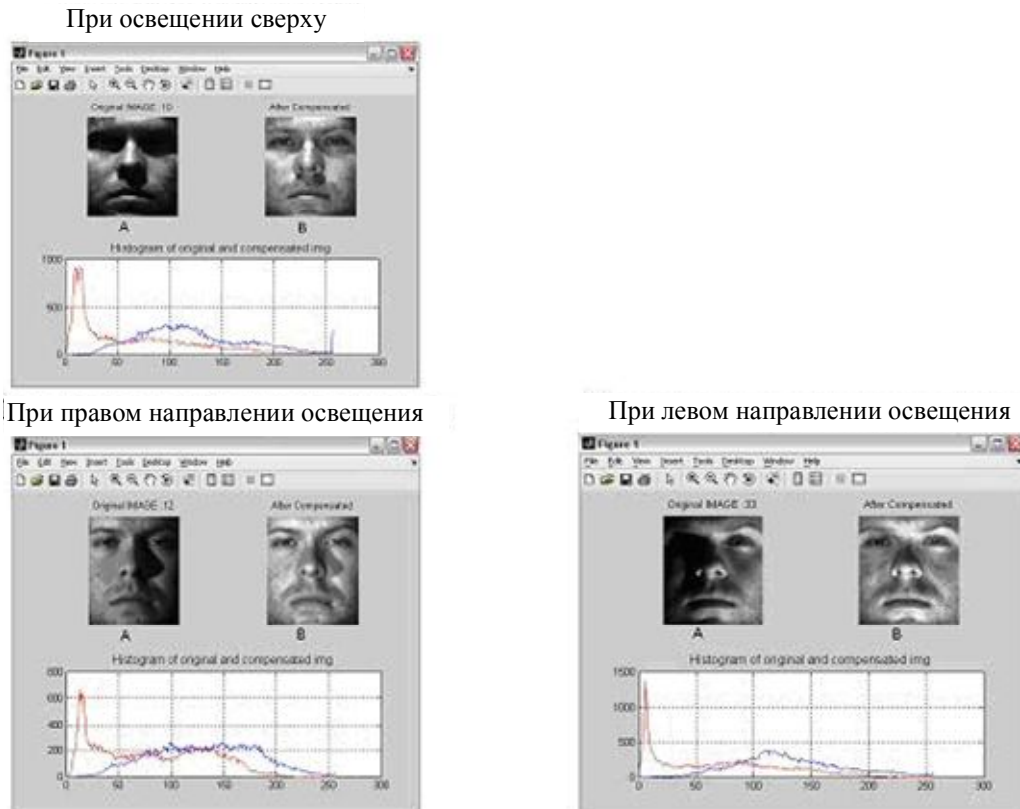


Рис. 8

На рис. 8 показаны процессы компенсации теней для разных случаев. При освещении сверху видно, что тени на исходном изображении были у глаз и под носом, а на выходном изображении тени вообще отсутствуют. Соответственно при боковом освещении тени с исходных изображений тоже удалены.

Для проверки эффективности работы метода компенсации теней были созданы две модели, представленные ниже. На рис. 9 показана базовая модель систем распознавания [8], где ЭП – экстракторы признаков изображения.

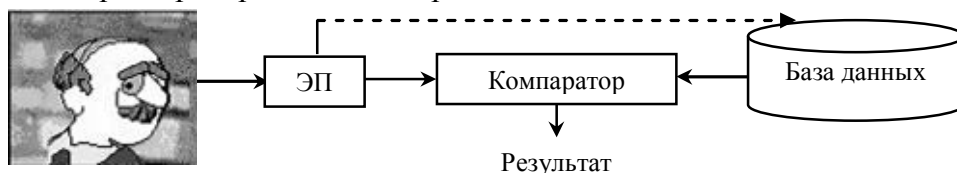


Рис. 9

На рис. 10 показана модель систем распознавания, в которой дополнительно используется модуль компенсации тени изображения КТ до применения в процессе распознавания.

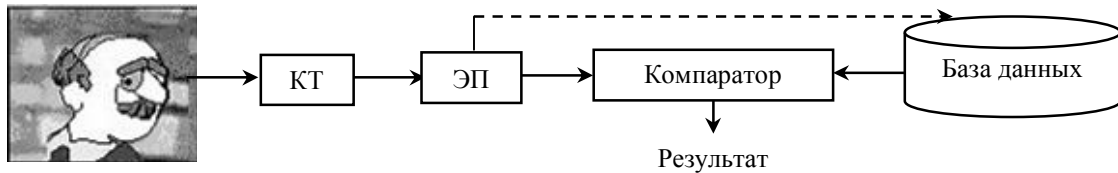


Рис. 10

В экспериментах применены следующие типы экстракторов признаков из изображения с лицами: Histogram, Random, Scale, FFT. Эксперименты выполнены на базе изображений лиц YALE B.

Результаты тестирования системы распознавания до удаления теней приведены в табл. 1.

Таблица 1

Номера изображения БД		Способы экстракции признаков			
Для эталонов	Для тестовых изображений	Histogram	Random	Scale	FFT
Результаты распознавания %					
1, 4	2, 3, 5, 6	55	67,5	70	67,5
1, 4	2, 3, 7, 8	57,5	62,5	70	67,5
1, 4, 5	2, 3, 6, 7, 8	66	72	78	78
1, 4, 5	2, 3, 9, 10, 11	66	70	74	76

Из таблицы видно, что проценты распознавания невысоки ввиду наличия теней на исходных изображениях.

Результаты тестирования системы распознавания после удаления теней приведены в табл. 2.

Таблица 2

Номера изображения БД		Способы экстракции признаков			
Для эталонов	Для тестовых изображений	Histogram	Random	Scale	FFT
Результаты распознавания %					
1, 4	2, 3, 5, 6	87,5	98,9	98	90
1, 4	2, 3, 7, 8	87,5	95	98,5	90
1, 4, 5	2, 3, 6, 7, 8	86,27	92,16	99	88,24
1, 4, 5	2, 3, 9, 10, 11	92	96	96	94

Видно, что результаты распознавания улучшились более чем на 20 %.

Таким образом, предложенный алгоритм построен на объединении нескольких базовых методов удаления теней, вобрав в себя основные достоинства проанализированных методов. Предложенный алгоритм:

- обеспечивает адаптацию под варианты категорий теней на этапе анализа исходных данных;
- расширяет возможности удаления теней для более широкого класса изображений с тенями;
- пригоден для большинства случаев освещения;
- требует меньших вычислительных затрат, чем метод, основанный на трехмерных моделях лиц;
- может решать проблему удаления теней на изображении, не используя методы, основанные на трехмерных моделях лиц;
- улучшает корректность системы распознавания лица более чем на 20 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shashua A. On photometric issue in 3D visual recognition from a single 2D image // Int. J. Comput. Vision 21. P 99–122.
2. Batur A. U., Hayes M. H. III Linear subspaces for illumination robust face recognition // Proc. of the IEEE Computer Society Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, Kanai Marriott, Hawaii, 2001. Vol. 2. P. 296–301.

3. Georghiades A. S., Belhumeur P. N. From few to many: illumination cone models for face recognition under variable lighting and pose // IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 2001. № 23(2) P. 643-660.
4. Lee J. C., Ho J., Kriegman D. Nine points of light: acquiring subspaces for face recognition under variable lighting // Proc. of the IEEE Computer Society Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, Kanai Marriott, Hawaii, 2001. Vol. 1. P. 519-526.
5. Basri R., Jacobs D. W. Lambertian reflectance and linear subspaces // IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 2003. № 25 (2). P. 218-233.
6. Face recognition robust to left/right shadows; facial symmetry / Y.-J. Song, Y.-G. Kim, U.-D. Chang, H. B. Kwon // Pattern Recognition. 2006. № 39. P. 1542-1545.
7. Sang-Il Choi, Chunghoon Kim, Chong-Ho Choi Shadow compensation in 2D images for face recognition // Pattern Recognition. 2007. № 40. P. 2118 – 2125.
8. Кухарев Г. А., Щеголева Н. Л. Системы распознавания человека по изображению лица. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2006.

Vu Duy Linh

ALGORITHM OF SHADOW COMPENSATION IN DIGITAL FACIAL IMAGES

Quality of illumination on facial images defines productivity of work of systems facial recognition. Shades on digital facial images hide borders elements of faces (Eyebrows, eyes, a nose, ...) and are one of obstacles of correct facial recognition. To fix this problem in this article we offer the algorithm based on definition of area of shadows and «shadows compensation» with use a several method.

Illumination change, Shadow compensation, facial recognition, mirror reconstruction

УДК 004.932.2

Г. А. Кухарев, Е. И. Каменская, Ву Зуи Линь

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИНИИ СИММЕТРИИ ЛИЦА В ПРИЛОЖЕНИИ К ЗАДАЧАМ БИОМЕТРИИ

Рассмотрен метод поиска линии симметрии на изображение лица. Метод основан на процедуре сравнения с текущим эталоном, формируемым в процессе поиска.

Линия симметрии лица, локальные оси симметрии

Во многих приложениях практической биометрии, основанной на геометрии лица, отправным объектом анализа области лица является его линия симметрии [1]–[4].

Линия симметрии как «линия раздела» левой и правой половин лица используется, например, в процедурах компенсации тени на изображениях лиц [1].

Другим примером могут послужить задачи антропометрии лица. Если, например, известно положение линии симметрии, то упрощается определение положения правого и левого глаза на лице, определение положения внешних и внутренних уголков глаз и очертаний бровей, а также других симметричных областей лица [2]. Эти области используются при построении эластичных моделей лиц, и адекватность таких моделей зависит от точности определения положения линии симметрии.

При оценке психофизического состояния человека по лицу также сравниваются левая и правая половины лица между собой. Зеркальным поворотом каждой из этих половин относительно линии симметрии строятся 2 новых изображения лица, поэтому точная оценка ее положения очень важна. В идеальном фронтальном лице линия симметрии должна проходить через середину лба, в центре – между внутренними кончиками глаз, через линию носа, середину губ и середину подбородка. Учитывая требование высокой точности,

обычно в таких задачах используются интерактивные методы определения положения линии симметрии, и/или ее уточнение производится в процессе человеко-машинного диалога [3].

Наконец, линия симметрии является «точкой отсчета» в задаче определения ориентации головы [4].

При этом в практической компьютерной биометрии в основном используется приближенный метод оценки положения линии симметрии. Он состоит в определении двух базовых точек – середины расстояния между зрачками (центрами глаз) и кончиком носа. В этом случае линия симметрии проводится через эти две точки. Однако зрачки могут быть направлены в какую-то одну сторону, и кончик носа может быть в тени. В таком случае линия симметрии не будет определена корректно, что приведет к неточности определения правой и левой половин лица, а также к неточности последующего анализа. А более точные методы либо основаны на интерактивных подходах с участием оператора, либо подробно не представлены в технической литературе.

В связи с изложенным весьма *актуальным* является *разработка надежных (точных и быстродействующих) компьютерных методов определения линии симметрии для изображения лица*.

Описание метода. Пусть задано изображение размером $M \times N$ пикселей. Рассмотрим случай, когда лицо на изображении ориентировано строго в фас и размещено в центральной области изображения.

Представим исходное изображение в левосторонней декартовой системе координат и рассмотрим центральную часть лица, определенную четырьмя границами: верхней (Y_1) и нижней (Y_2) по оси Y , левой (X_1) и правой (X_2) по оси X . Исходное изображение лица и центральная его часть, определенная этими границами, показаны на рис. 1, *а* и *б*.

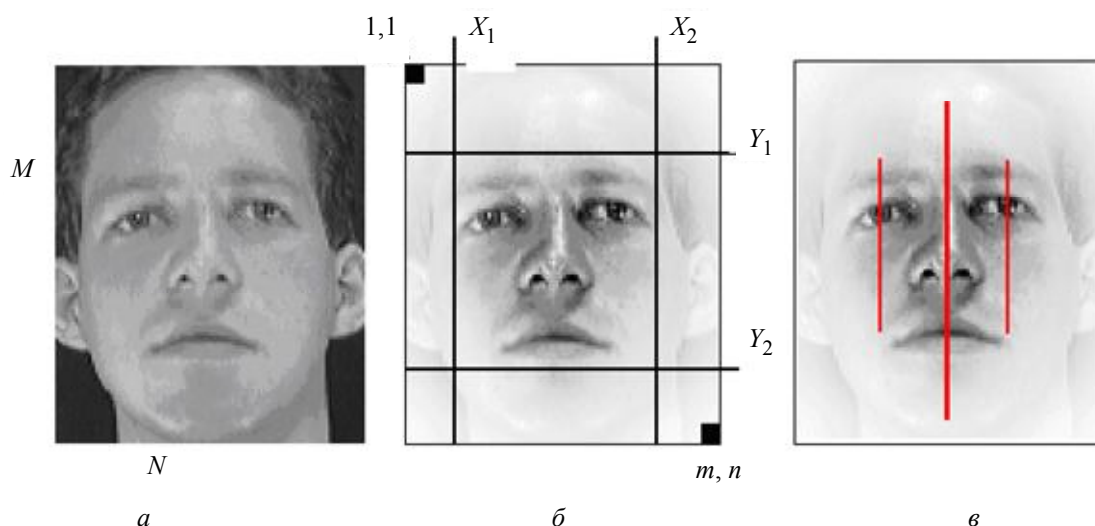


Рис. 1

В выделенной части лица можно определить 3 линии симметрии: одну глобальную и две локальные. Первая из них определяет центральную ось симметрии лица, а две другие определяют оси симметрии в областях глаз – левого и правого. Положение трех линий симметрии показано на рис. 1, *в*.

Задача заключается в нахождении положения этих линий – их координат по оси X .

Центральная линия симметрии лица (ЦЛСЛ). Процесс нахождения ЦЛСЛ реализуется итерационно для $t = 1, 2, 3, \dots$, а соответствующий алгоритм можно представить следующим образом.

В выделенной части лица выберем две вертикальные полосы – левую и правую – «L» и «R», состоящие из $w \gg 1$ столбцов каждая и расположенные зеркально относительно текущего их положения « x_t » по оси X .

Для $t = 1$ ось симметрии « x_t » этих полос определяется как $x_1 = X_1 + w$, где X_1 – левая граница по оси X . Каждое последующее (текущее для $t = 2, 3, \dots$) положение этой оси выбирается из условия $x_1 + w < x_t < x_2 - w$, где w – ширина полос.

При этом в левую и правую полосы войдут столбцы исходного изображения соответственно с номерами:

$$\begin{aligned} &x_t - 1, x_t - 2, \dots, x_t - w \text{ для полосы } L(x_t); \\ &x_t + 1, x_t + 2, \dots, x_t + w \text{ для полосы } R(x_t). \end{aligned} \quad (1)$$

Будем последовательно записывать столбцы в полосу «R» зеркально относительно их записи в (1), т. е.

$$x_t + w, \dots, x_t + 2, x_t + 1.$$

Теперь определим расстояние $d(x_t)$ между этими полосами:

$$d(x_t) = \| L(x_t) - R(x_t) \| \quad \forall x_t. \quad (2)$$

Расстояние может быть определено также следующим образом:

$$d(x_t) = \sum_{i=1}^w \sum_{j=Y_1}^{Y_2} \text{abs}(L(i, j) - R(i, j)), \quad (3)$$

где $L(i, j)$ и $R(i, j)$ – пиксели полос «L» и «R».

Положение X_c центральной оси симметрии лица будет соответствовать значению x_t , при котором $d(x_t)$ равно минимуму значений, определенных по (2) или (3):

$$X_c \equiv \arg \min d(x_t). \quad (4)$$

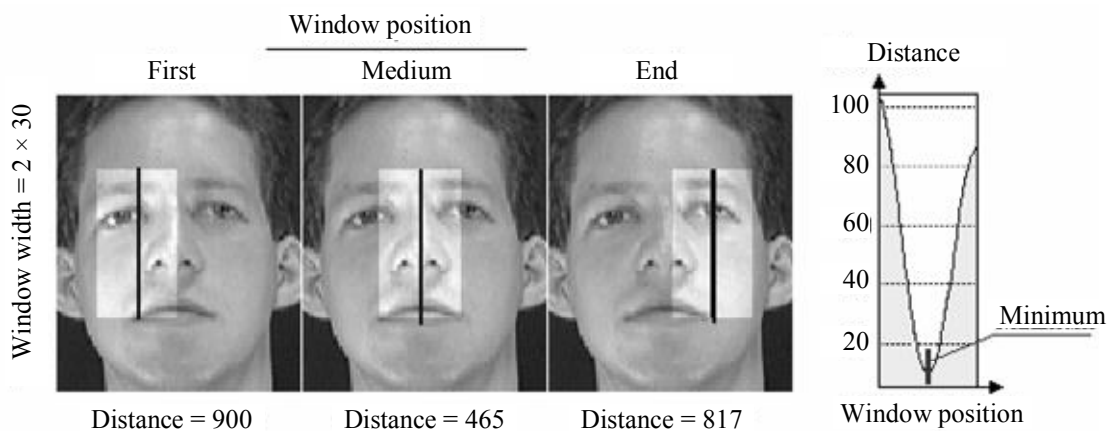


Рис. 2

На рис. 2 показаны 3 положения линии x_t , возникающие в процессе нахождения центральной линии симметрии:

- начальное (First) для $t = 1$;
- положение (Medium), для которого выполнено условие (4);
- конечное положение (End), соответствующее последней итерации поиска.

В правой части рисунка показана функция расстояния (3), на которой отмечена позиция x_t , отвечающая условию (4).

Заметим, что в (2) расстояние вычисляется непосредственно по исходным данным, что делает оценку расстояния очень чувствительной к локальным изменениям яркости и текстуры сравниваемых областей лиц и небольшим изменениям их геометрии. Изменения яркости и текстуры могут быть вызваны, например, локальными тенями на лицах. Небольшие изменения геометрии лиц могут быть связаны с асимметричностью соответствующих областей лиц либо с нарушением требований расположения лиц «строго в фас».

Вычислим гистограммы яркости $H(L, \text{BIN})$ и $H(R, \text{BIN})$ для полос «L» и «R», а параметр BIN выберем из условия $\text{BIN} \geq 16$. Такие гистограммы менее чувствительны к локальным изменениям текстуры и геометрии сравниваемых областей лиц, а выбором параметра BIN эту чувствительность можно целенаправленно изменять [5], [6].

Поскольку гистограммы яркости инвариантны к порядку расположения пикселей исходного изображения, то этап 2 (зеркальная перестановка) представленного ранее алгоритма можно исключить, а расстояние между гистограммами определить следующим образом:

$$d(x_t) = \| H^{(L, \text{BIN})}(x_t) - H^{(R, \text{BIN})}(x_t) \| \quad \forall x_t. \quad (5)$$

Локальные линии симметрии. Нахождение локальных линий симметрии (на областях глаз) реализуется этим же алгоритмом после нахождения линии симметрии лица. При этом области поиска можно задать следующими границами: $[X_1; X_c]$ и $[X_c; X_2]$ по оси X и, возможно, уменьшением области поиска в вертикальном направлении. Параметр w также должен быть уменьшен.

На рис. 3 показаны результаты поиска центральной оси симметрии на изображении лица, а также локальных осей симметрии на этих лицах, полученные описанным ранее алгоритмом.

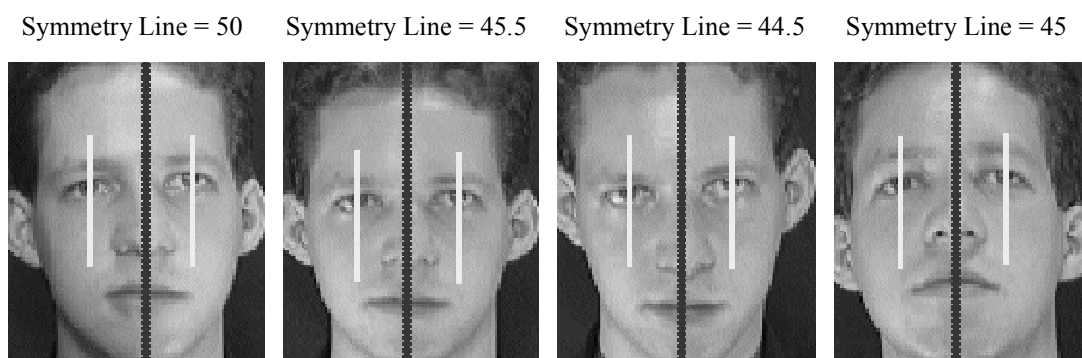


Рис. 3

Представленные результаты получены в среде пакета MATLAB на изображениях лиц базы ORL*. При этом $M = 112$, $N = 92$, а границы выделенной части лица имеют следующие значения:

$$Y_1 = \lfloor M/4 \rfloor; Y_2 = M - Y_1;$$

$$X_1 = \lfloor N/4 \rfloor; X_2 = N - X_1,$$

где $\lfloor * \rfloor$ – вычисление целой части.

Для центральной оси симметрии выбрано значение $w = 30$. Для локальных осей симметрии $w = 10$. Кривые (3) и (5) расстояния $d(x_i)$ при поиске центральной линии симметрии имеют ярко выраженный (и относительно острый) минимум, что можно увидеть на рис. 2 с правой стороны. Такой минимум, соответствующий положению ЦЛСЛ, достаточно легко найти в последовательности расстояний $d(x_i)$.

Однако при поиске локальных линий симметрии (центры глаз) кривые (3) и (5) не имеют таких ярко выраженных минимумов. Это можно увидеть, например, на рис. 4. Здесь в центре второго ряда приведена кривая расстояния $d(x_i)$, содержащая один «глобальный» минимум (ЦЛСЛ) и 2 не особенно ярко выраженных локальных минимума, соответствующие областям глаз.

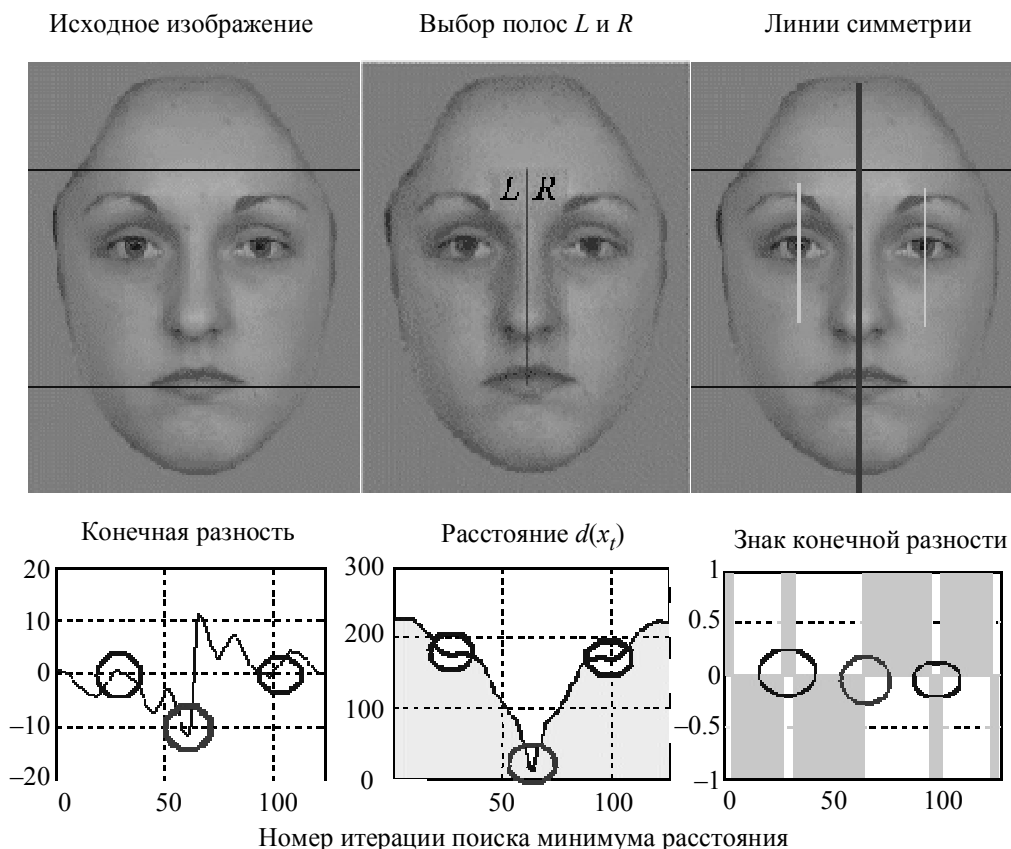


Рис. 4

* www.uk.research.att.com/pub/data/att_faces.zip.

По таким минимумам достаточно трудно определить истинное положение локальных линий симметрии, поскольку они содержат информацию не только о центрах глаз, но и, например, информацию об уголках глаз.

Для более точного определения положения локальных линий симметрии необходимо от последовательности расстояний $d(x_i)$ перейти к их конечным разностям, а от них к знаковой функции этих разностей. Соответствующие им кривые показаны на рис. 4 в нижнем ряду. Кружками выделены моменты смены знака, соответствующие положению трех линий симметрии.

Таким образом, описанный подход позволяет достаточно точно определить положение локальных линий симметрии.

Подведем итоги. Описанный метод определения линии симметрии лица в приложении к задачам биометрии основан на процедуре сравнения с эталоном: в процессе поиска линии симметрии сравниваются между собой две вертикальные полосы на изображении лица, зеркально расположенные относительно некоторой средней линии. При этом одна из полос является текущим эталоном, а вторая – объектом сравнения. Полосы синхронно перемещаются в горизонтальном направлении в выделенной области лица.

Расстояние между полосами оценивается двумя методами: непосредственным сравнением полос между собой в метрике L_2 или с помощью гистограммного подхода, где также используется метрика L_2 . Отмечается, что второй подход менее чувствителен к локальным изменениям текстуры и геометрии сравниваемых областей лиц.

В представленном методе анализируются не только последовательности расстояний, но и конечные разности функции расстояний, что позволяет, в конечном счете, более точно определить положение линии симметрии.

Совокупность перечисленных характеристик описанного метода отличает его от известных подходов, представленных в технической литературе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Face recognition robust to left/right shadows; facial symmetry / Young-Jun Song, Young-Gil Kim., Un-Dong Chang, Heak Bong Kwon // Pattern Recognition. 2006. № 39. P. 1542–1545.
2. Liu Y., S. Mitra. Facial Asymmetry Quantification for Expression Invariant Human Identification» // Computer Vision and Image Understanding. 2003. Vol. 91, № 1/2, July. P. 138–159.
3. Kamenskaya E., Kukharev G. Recognition of psychological characteristics from face // Metody Informatyki Stosowanej. 2008. № 2. P. 59–73.
4. Senaratne R. Halgamuge. S. Driver Fatigue Detection by Fusing Multiple Cues // Lecture Notes in Computer Science. 2007. Vol. 4492. P. 801–809.
5. Кухарев Г. А., Щеголева Н. Л. Системы распознавания человека по изображению лица. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2006.
6. Кухарев Г. А. Поиск изображений лиц в больших базах данных // Мир Измерений. 2009. № 4 (98). С. 22–30.

G. A. Kukharev, E. I. Kamenskaya, Vu Duy Linh

METHOD OF FACIAL SYMMETRY LINE DETECTION IN BIOMETRIC APPLICATIONS

The method of symmetry line detection on facial images is proposed. The method is based on comparison with current template selected while detection process.

Symmetry line, local axes of symmetry



УДК 621-075.8

М. П. Белов

ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОЦЕССА ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ МЕТАЛЛА НА МЕЛКОСОРТНОМ СТАНЕ*

Рассматривается концепция моделирования процессов холодной прокатки металла, а также математическое описание системы управления.

Прокатный стан, клетки, автоматизированный электропривод, система управления

Математическое описание процесса прокатки с петлеобразованием. В случае прокатки с петлерегулированием математическое описание очага деформации не учитывает влияние натяжения на усилие прокатки, т. е. формула примет вид

$$p = \gamma n_b n'_\sigma n''_\sigma \sigma.$$

Остальные уравнения, описывающие зависимость усилия прокатки от технологических параметров, аналогичны режиму прокатки с натяжением.

При прокатке со свободной петлей, когда петля образуется на поверхности гладкого петлевого стола, поведение полосы в межклетевом промежутке описывается уравнением [1]:

$$\Delta l_i = \frac{\pi}{60} \int_0^t \left[\frac{D_{ki-1}}{i_{p(i-1)}} (1 + s_{оп(i-1)}) n_{дв(i-1)} - \frac{D_{ki}}{i_{pi} \lambda_i} (1 + s_{опi}) n_{двi} \right] dt,$$

где $D_{k(i-1)}$ и D_{ki} – катающие диаметры валков соседних клеток; $i_{p(i-1)}$ и i_{pi} – передаточные отношения редукторов соседних клеток; λ_i – коэффициент вытяжки в последней клетке; $n_{дв(i-1)}$ и $n_{двi}$ – число оборотов в минуту приводных двигателей соседних клеток; $s_{оп(i-1)}$ и $s_{опi}$ – опережения при прокатке в смежных клетях.

Однако режим прокатки со свободной петлей является неустойчивым вследствие наличия сил трения полосы о входную и выходную проводковую арматуру и о поверхность стола на участке петлеобразования. Этому недостатка лишены системы управления режимом прокатки с петлей, использующие петлеобразователи двух типов: создающие петлю, в кото-

* Окончание, начало в № 5.

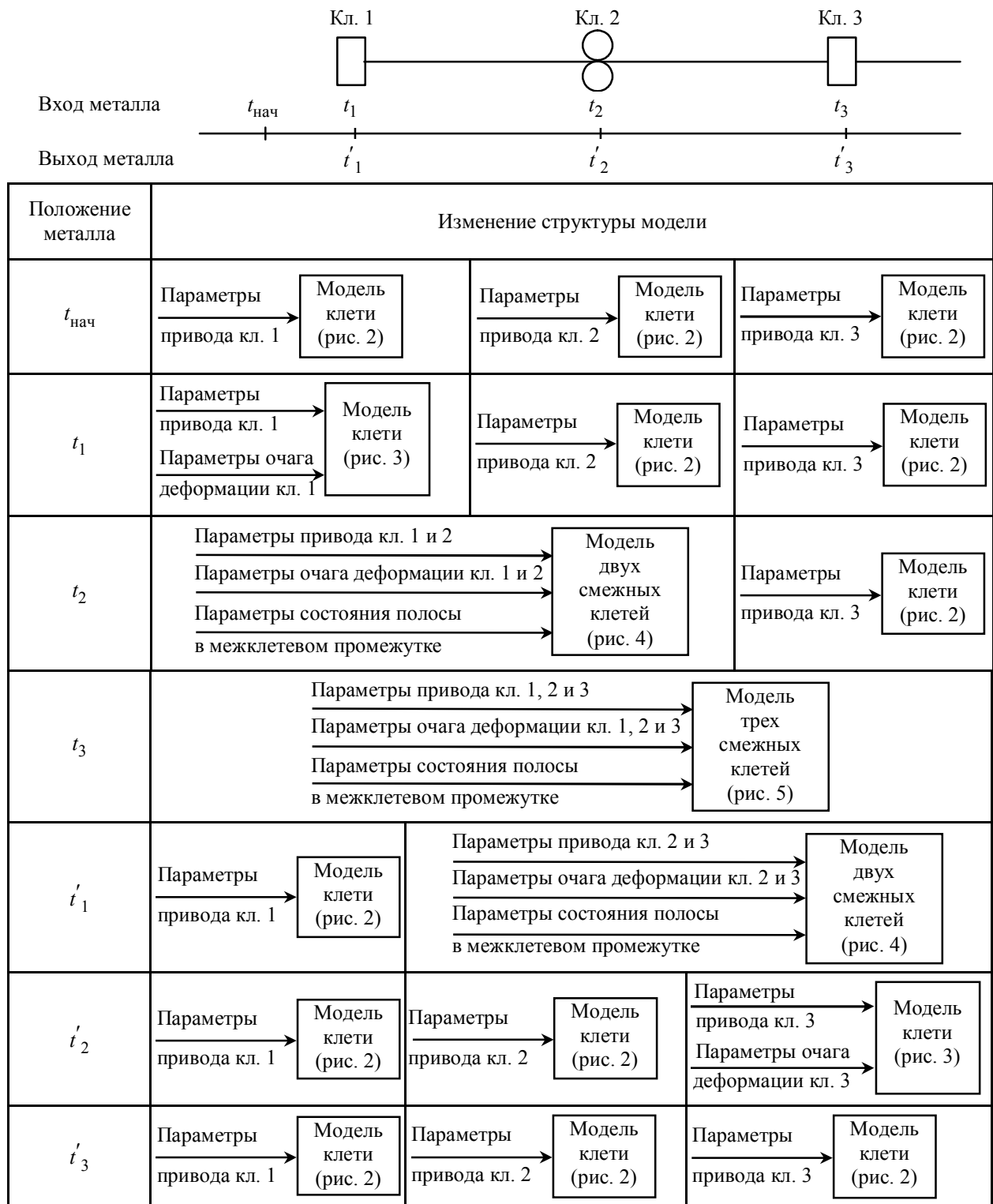


Рис. 1

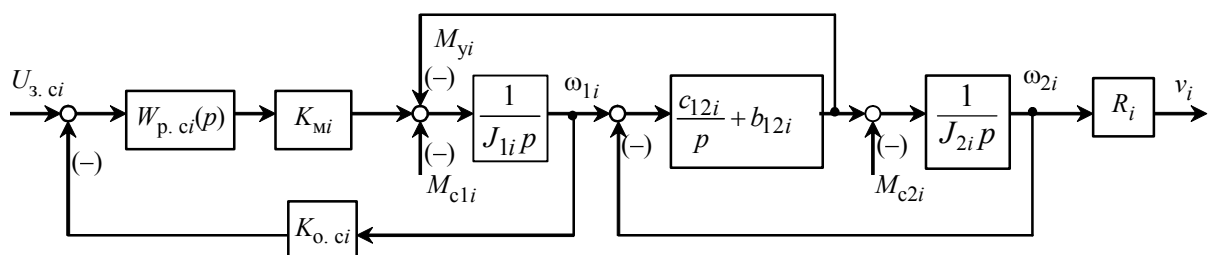


Рис. 2

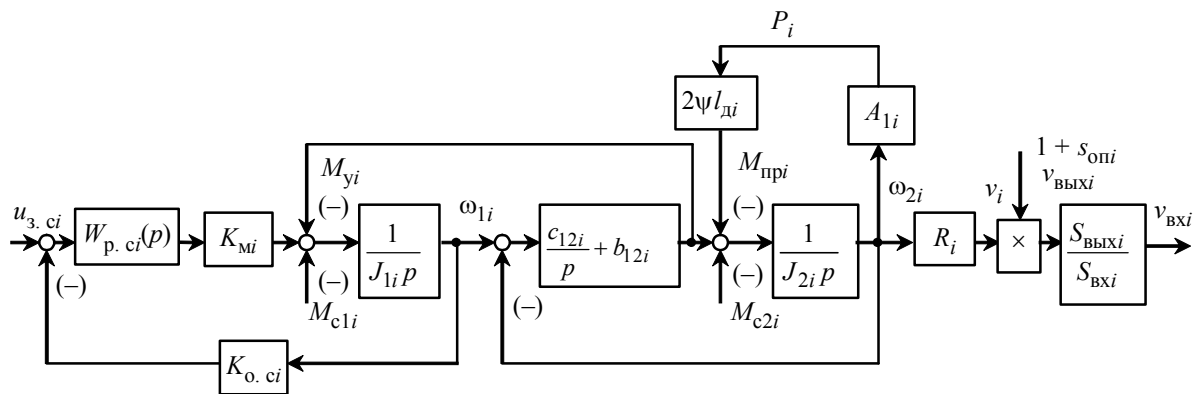


Рис. 3

рой отсутствуют усилия натяжения, и создающие натяжение в полосе, движущейся по изогнутой траектории. Петлеобразователи первого типа отклоняют полосу от оси прокатки после входа ее переднего конца в последующую клетку, посредством гибочного ролика, устанавливаемого вблизи проводковой арматуры предыдущей клетки. В этом случае поведение полосы в межклетевом промежутке будет с достаточной точностью описываться уравнением [2, уравнение (14)].

Петлеобразователи второго типа создают силовую петлю, что усложняет математическое описание процесса прокатки. Усилие $P_{по}$, развиваемое петлеобразователем при симметричной петле, связано с натяжением F_H зависимостью $P_{по} = 2F_H \sin \alpha_{по}$, где $\alpha_{по}$ – угол отклонения петлеобразователем полосы от оси прокатки.

Наибольшее распространение для расчета опережения при прокатке со свободной петлей или прогибом получила формула Дрездена:

$$s_{оп} = \frac{R}{h_1} \gamma^2,$$

где γ – нейтральный угол, который можно определить, воспользовавшись уравнением Эжелунда

$$\sin \gamma = \frac{\sin \alpha}{2} - \frac{1 - \cos \alpha}{2\mu}.$$

Угол захвата α определяется из выражения $\cos \alpha = 1 - \left(\frac{\Delta h}{D_k} \right)$.

При появлении натяжения в полосе усилия опережения на выходе полосы из очага деформации предыдущей клетки и отставание на входе в калибр последующей клетки возрастают, и их расчет аналогичен режиму прокатки с натяжением, рассмотренным ранее.

Моделирование систем управления процессом прокатки с натяжением. Модели систем управления процессом прокатки непрерывных сортовых прокатных станов строятся с целью объяснения и прогнозирования их поведения (изменений во времени наблюдаемых технологических переменных, вызванных внутренними процессами и воздействиями окружающей среды).

Математическая модель процесса прокатки на непрерывных сортовых прокатных станах представляет собой совокупность подмоделей отдельных клеток и участков полос металла в межклетевых промежутках. При этом по мере прохождения проката по линии стана происходит изменение ее структуры, учитывающей взаимосвязи прокатного оборудования (клетей стана, прокатных валков отдельных клеток) в конкретные промежутки времени.

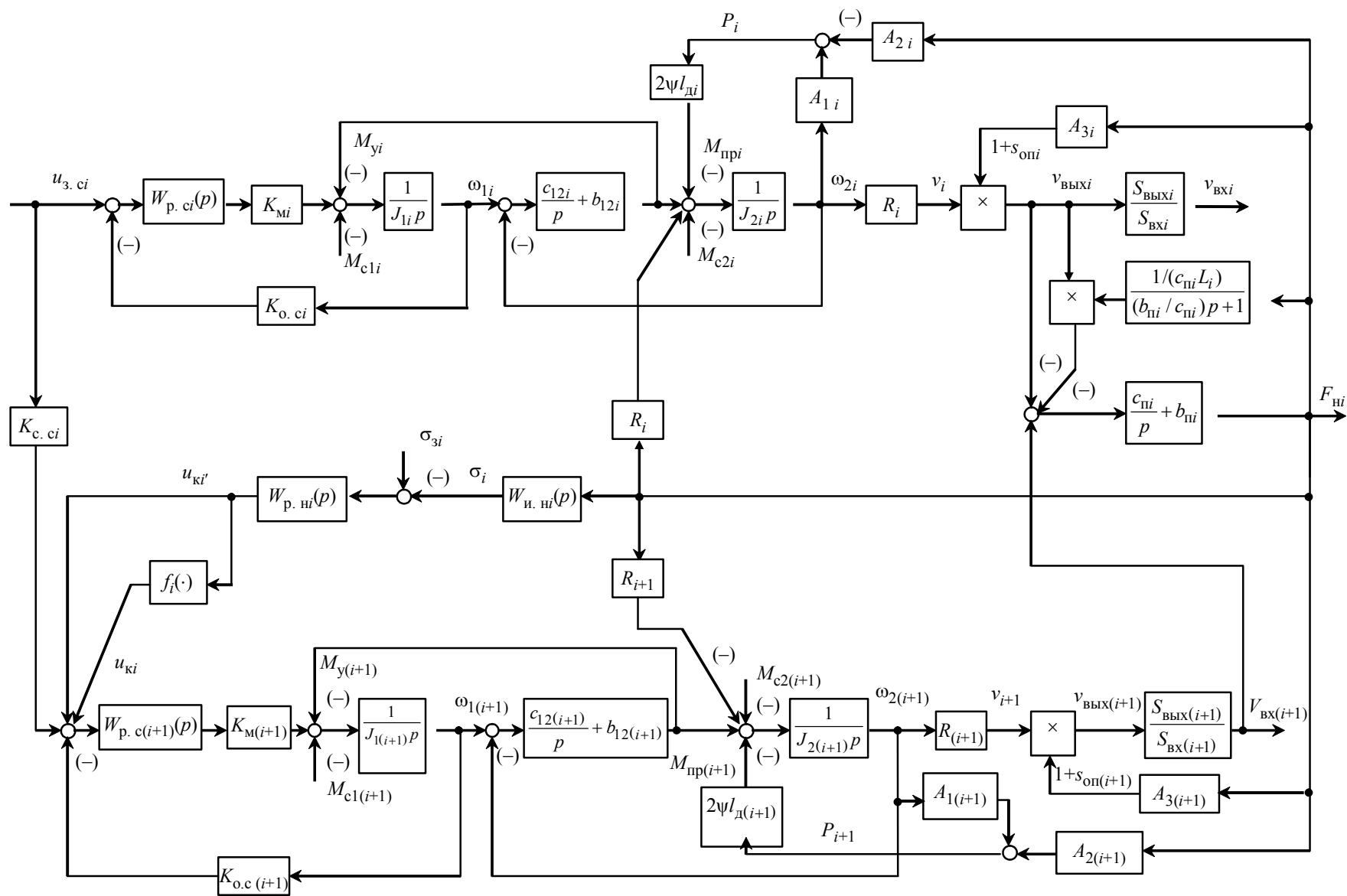


Рис. 4

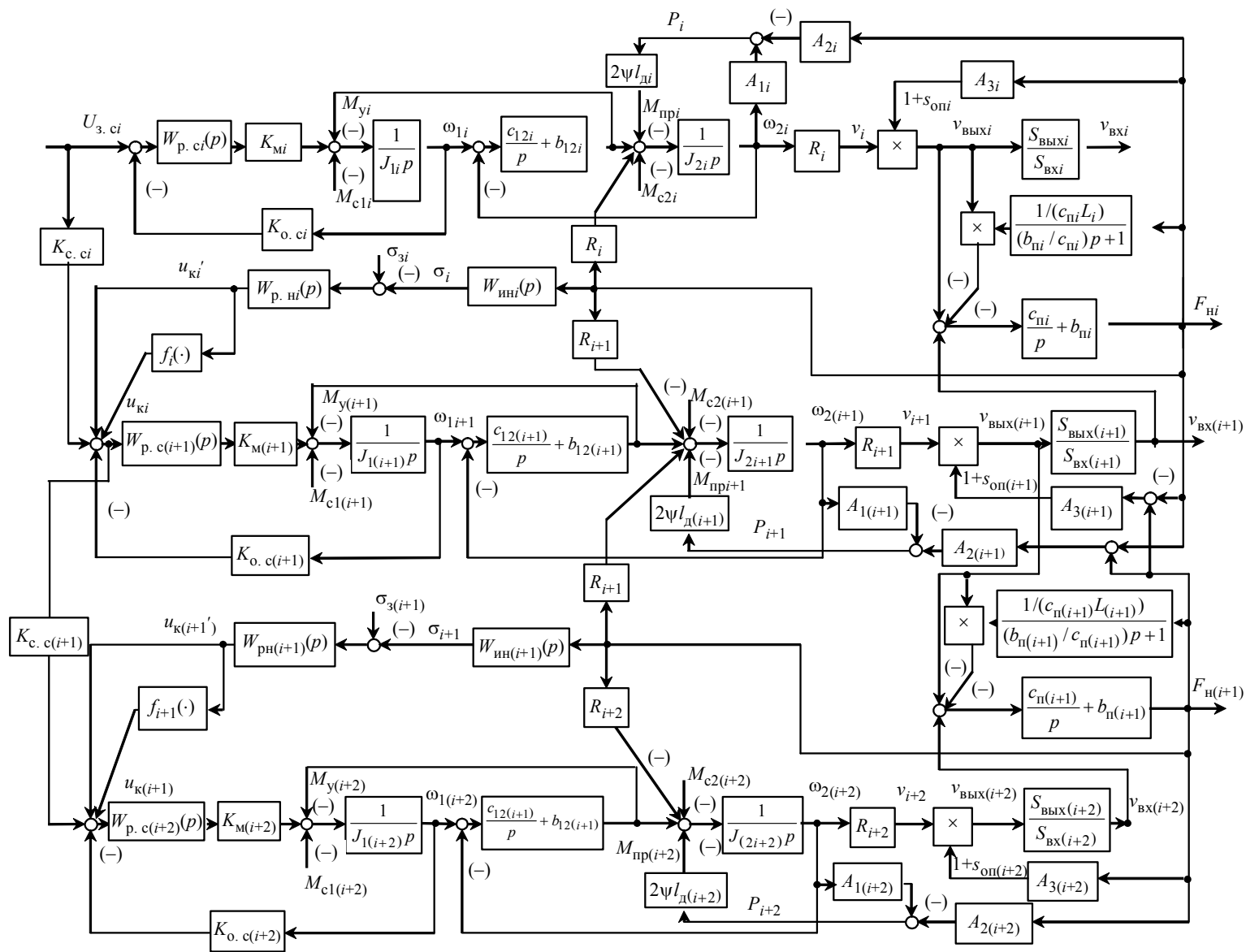


Рис. 5

Рассмотрим изменение структуры модели процесса прокатки с натяжением на примере трех клетей (рис. 1). Моменты времени t_1, t_2, t_3 определяют положение металла при входе переднего конца заготовки в клетки 1, 2, 3 соответственно, а t'_1, t'_2, t'_3 – положение металла при выходе заднего конца заготовки из клеток. Математическая модель процесса прокатки с представленной структурой не ограничивается изучением отдельных режимов прокатки, но и позволяет отслеживать ход технологического процесса в отдельной группе клеток или во всем стане в целом.

Математические модели отдельных клеток и клеток, связанных между собой металлом (рис. 2–5), составлены на основании математического описания, изложенного ранее. Данные модели, записанные в полных величинах, учитывают влияние упругих колебаний элементов электромеханической системы непрерывного сортового прокатного стана.

На рис. 2 показана математическая модель клетки, валки которой не осуществляют обжатие металла (холостой ход). Для проведения компьютерных исследований в эту модель закладываются параметры электропривода клетки. Модель прокатной клетки (рис. 3), осуществляющей деформацию металла, дополняется параметрами калибровки валков и технологическими параметрами заготовки (размеры, температура, физико-механические свойства металла). Математическая модель двух смежных клеток (рис. 4), связанных между собой металлом, включает в себя модели электропривода валков, очага деформации и участка полосы, находящегося между клетями. Для трех (рис. 5) и более прокатных клеток принципы построения математических моделей аналогичны. На рисунках функционалы A_1, A_2 учитывают влияние скорости прокатки, переднего и заднего натяжений на усилие прокатки; A_3 – влияние переднего и заднего натяжений на опережение. С помощью операторов $f_i(\cdot)$ и $f_{i+1}(\cdot)$ оценивается оптимальность настройки скоростного режима и на основании этой оценки формируются управляющие сигналы, корректирующие скорости последующих клеток в режиме холостого хода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

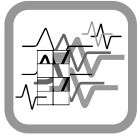
1. Праздников А. В. Автоматизация непрерывных мелкосортных станов. Металлургия, 1975.
2. Белов М. П. Подход к моделированию процесса холодной прокатки металла на мелкосортном стане // СПбГЭТУ «ЛЭТИ» 2009. № 5. Изв. С. 53–62.

M. P. Belov

THE APPROACH TO MODELLING PROCESS COLD PROSKATING RINKS

The concept of modelling of processes cold proskating rinks of metal is considered. The mathematical description of a control system is considered.

The rolling mill, the automated electric drive, control system



УДК 531.383-11:531.714.7

*Д. П. Лукьянов, С. Ю. Шевченко,
А. С. Кукаев, Д. В. Сафронов*

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ЧАСТОТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Рассматриваются методы улучшения температурной стабильности преобразователей на поверхностных акустических волнах. Предлагается новый метод, для физического моделирования которого выбрана структурная схема на двух кварцевых осцилляторах, управляемых напряжением. Получены зависимости их собственных частот от управляющего напряжения, характер выхода на рабочий режим отдельных генераторов и разностной частоты.

Поверхностные акустические волны (ПАВ), дифференциальный преобразователь, микромеханический акселерометр, кварцевый управляемый генератор

Устройства, преобразующие изменение измеряемых механических величин в изменение параметров их чувствительных элементов, можно назвать преобразователями. Наиболее простыми являются одноканальные преобразователи, однако получаемый на их выходе сигнал содержит как информационную составляющую, так и помехи, обусловленные внешними факторами. Уменьшить влияние помех в ряде случаев возможно за счет использования дифференциальных (двухканальных) преобразователей (ДП). Их отличие от одноканальных заключается в том, что одно и то же измеряемое воздействие позволяет получить на выходе двух чувствительных элементов противоположные по знаку приращения выходных сигналов. Это обстоятельство позволяет формировать сумму и разность приращений выходного сигнала, что может быть использовано при дальнейшей обработке. ДП получили широкое применение в микромеханике, став неотъемлемой частью микроакселерометров, микрогироскопов и других датчиков. Наиболее распространенными типами ДП на сегодняшний день являются тензорезистивные, емкостные, на кварцевых резонаторах и на поверхностных акустических волнах (ПАВ). Рассмотрим подробнее каждый из них.

Основные типы преобразователей. Тензорезистивные преобразователи. Такие преобразователи используют зависимость сопротивления пленочных резисторов от приложенных механических напряжений. Принцип их работы показан на рис. 1, где в качестве примера рассматривается консоль, испытывающая деформации изгиба.

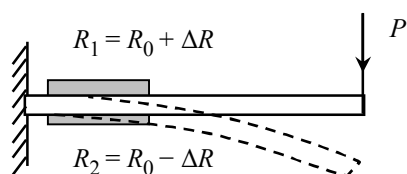


Рис. 1

На ее противоположные стороны нанесены тензорезисторы R_1 и R_2 , которые в недеформированном состоянии ($P = 0$) имеют одинаковые сопротивления $R_1 = R_2 = R_0$. При нагружении балки силой P происходит ее изгиб, в результате которого на оппозитных сторонах появляются упругие деформации растяжения и сжатия. Это, в свою очередь, приводит к изменению сопротивлений тензорезисторов согласно выражению

$$R_{1,2} = (R_0 \pm \Delta R),$$

где ΔR – дифференциальное приращение сопротивления, обусловленное деформациями консоли.

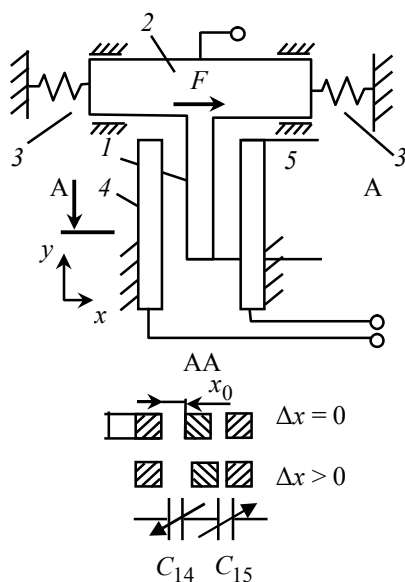


Рис. 2

Для преобразования возникших механических деформаций в выходное напряжение резисторы $R_{1,2}$ включаются в плечи моста Уинстона, где наилучшим образом реализуются преимущества дифференциальной схемы [1].

Достоинством тензорезистивных преобразователей является простота их изготовления, соответствующая широко используемым планарным технологиям. Однако достаточно высокий уровень собственных шумов, низкий уровень выходного сигнала и нелинейность выходной характеристики ограничивают их широкое применение [2].

Емкостные преобразователи. Работа преобразователей этого типа основана на изменении емкостей между подвижным электродом, располагаемым обычно на чувствительном элементе (ЧЭ) прибора, и неподвижными электродами на его основании [2]. На рис. 2 приведена обобщенная схема емкостного преобразователя. Здесь подвижный электрод 1 связан с инерционной массой 2 , удерживаемой упругими подвесами 3 . Совместно с неподвижными электродами 4 и 5 он образует конденсаторы C_{14} и C_{15} . В невозмущенном состоянии, когда сила $F = 0$, выполняется условие

$$C_{14} = C_{15} = C_0 = \frac{\epsilon S}{x_0}, \quad (1)$$

где ϵ – диэлектрическая проницаемость среды; S , x_0 – площадь обкладок и расстояние между ними соответственно. При наличии силы F (рис. 2) инерционная масса 2 с подвижным электродом 1 смещается в сторону электрода 5 , в результате чего расстояние между обкладками 1 и 5 уменьшается, а между обкладками 1 и 4 увеличивается. При этом выполняется неравенство $C_{14} < C_{15}$.

Как видно из выражения (1), зависимость емкости от расстояния между обкладками нелинейна. Ее линеаризация может быть достигнута, если дифференциальное приращение Δx удовлетворяет условию $x_0 \gg \Delta x$. В этом случае можно записать [2]:

$$C = \frac{\epsilon S}{x_0 + \Delta x} = C_0 \left(1 + \frac{\Delta x}{x_0} \right)^{-1} \cong C_0 \left(1 - \frac{\Delta x}{x_0} \right).$$

К достоинствам этого типа преобразователей можно отнести низкий уровень собственных шумов и возможность оценки величины дифференциального смещения Δx на уровне 10^{-14} м.

К недостаткам емкостных преобразователей следует отнести наличие электростатических сил и относительно невысокий уровень выходного сигнала. Последний недостаток легко устраняется использованием гребенчатой структуры, состоящей из множества отдельных ячеек.

Следующую группу преобразователей образуют автоколебательные системы, обеспечивающие частотную форму выходного сигнала.

Преобразователи на кварцевых резонаторах. Кварцевый резонатор представляет собой пьезоэлектрическую пластину, которая обладает собственной частотой колебаний, определяемой ее размерами и механическими напряжениями. Под действием последних собственная частота изменяется, что позволяет оценить воздействие внешних усилий, приложенных к пластине.

Рассмотрим пример реализации дифференциальной схемы акселерометра на кварцевых резонаторах (рис. 3).

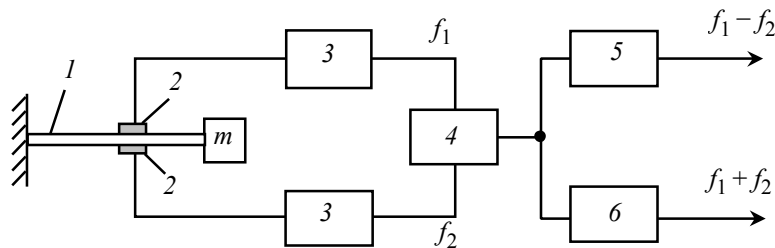


Рис. 3

На оппозитных сторонах консоли 1 закреплены кварцевые резонаторы 2. Под действием ускорения она изгибается, что приводит к появлению поверхностных деформаций сжатия-растяжения как консоли, так и резонаторов, закрепленных на ней. Последние, как видно из рис. 3, включены в цепь автогенераторов 3, где выполняют функции частото задающих элементов. При действии механических напряжений собственные частоты резонаторов изменяются и на выходе генераторов формируются два гармонических колебания с частотами f_1 и f_2 , которые затем поступают на смеситель 4. Под действием ускорения начальные значения частот двух генераторов получают различные по знаку приращения. Таким образом, имеем двухканальный частотный преобразователь механических напряжений дифференциального типа. На выходе смесителя фильтрами 5 и 6 выделяются комбинационные частоты $f_1 \pm f_2$, где разностная частота $f_1 - f_2$ оказывается пропорциональной действующему ускорению, а суммарная $f_1 + f_2$ может быть использована для уменьшения влияния дестабилизирующих факторов.

Среди достоинств данного типа преобразователей можно выделить высокую температурную стабильность и перегрузочную способность. Однако частоты кварцевых генераторов, как правило, не превышают сотен мегагерц, что не позволяет добиться высокой чувствительности. С этой точки зрения более привлекательными представляются преобразователи на ПАВ.

Преобразователи на ПАВ-резонаторах. Наиболее простым преобразователем на поверхностных акустических волнах является одноходовый ПАВ-резонатор (рис. 4).

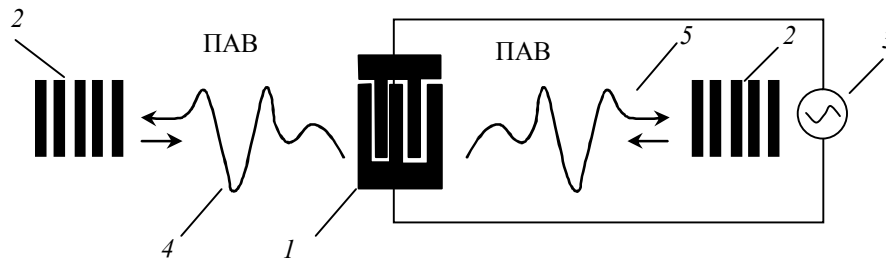


Рис. 4

Он состоит из встречно-штыревого преобразователя (ВШП) 1 и двух отражателей 2, нанесенных на поверхность пьезоэлектрической структуры. Гармоническое напряжение от генератора 3, подводимое к ВШП 1, возбуждает две поверхностные акустические волны 4 и 5, бегущие к отражателям 2. Отражаясь от последних, они формируют в пространстве между ними стоячую волну [3].

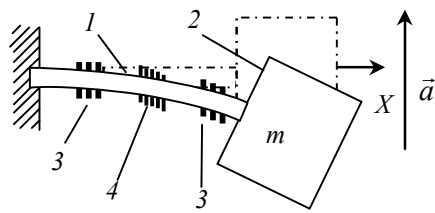


Рис. 5

Рассмотрим пример реализации дифференциальной схемы акселерометра на ПАВ-резонаторах. Схема ЧЭ, применяемого в таких акселерометрах, представлена на рис. 5. При воздействии ускорения \bar{a} консоль 1, нагруженная массой 2, испытывает деформации изгиба и, как следствие, растяжение и сжатие оппозитных поверхностей пластины. Возникающие поверхностные напряжения изменяют упругие модули и плотность материала в поверхностном слое, а также его геометрические размеры. Как показано в работе [3], при деформациях растяжения время распространения ПАВ по поверхности пластины увеличивается как за счет ее геометрического удлинения, так и за счет уменьшения фазовой скорости, вариации которой определяются изменением модулей упругости (их уменьшением). На оппозитной стороне возникают деформации сжатия, которые приводят к противоположному по знаку приращению времени распространения ПАВ.

Собственные частоты резонаторов определяются расстоянием между отражателями, их дисперсионными свойствами и скоростью распространения ПАВ. Резонансную частоту невозмущенного резонатора f_0 можно найти из соотношения

$$f_0 = u_0 q / (2l_0),$$

где u_0 – невозмущенное значение фазовой скорости ПАВ; $q \gg 1$ – целое число; l_0 – длина невозмущенного резонатора (расстояние между эффективными центрами отражения рефлекторов), или

$$f_0 = \frac{q}{2\tau_0},$$

где τ_0 – время распространения ПАВ на длине l_0 .

Тогда выражение для собственных частот резонаторов (f_1, f_2) и их разности при действии ускорений на ЧЭ микроакселерометра может быть записано в виде

$$f_{1,2} = \frac{q}{2\tau_0(1 \pm \mu)} = f_0(1 \mp \mu),$$

$$f_2 - f_1 = 2f_0\mu,$$

где μ – среднее значение относительного изменения времени распространения ПАВ в зоне размещения элементов резонатора под действием механических напряжений. Знак «-» соответствует деформации растяжения, а «+» – сжатия.

Таким образом, получаем двухканальную схему, которая соответствует дифференциальному преобразователю частотного типа, аналогичного приведенному на рис. 3. Отличие состоит в том, что в качестве частото задающих элементов используются не кварцевые резонаторы, а одноходовые ПАВ-резонаторы, верхний диапазон частот которых достигает значений 9 ГГц.

Необходимо отметить, что при современном уровне технологий массового производства изготовление однотипных ПАВ-резонаторов возможно с точностью не более ± 50 кГц [4], а при их напылении на оппозитные стороны консоли эта погрешность может значительно увеличиться, что иллюстрирует гистограмма на рис. 6. Она представляет собой выборку из 11 образцов ПАВ-резонаторов, изготовленных по одинаковому шаблону. Видно, что разница их собственных частот находится в диапазоне от 150 до 600 кГц [4]. Это является существенным недостатком преобразователей данного типа.

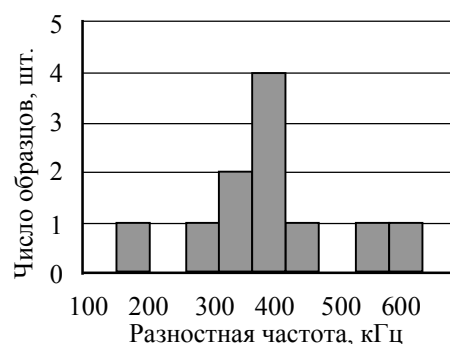


Рис. 6

Заканчивая краткий обзор дифференциальных преобразователей, целесообразно привести их сравнительную характеристику (табл. 1).

Таблица 1

Тип преобразователя	Характер выходного сигнала	Уровень шумов	Стабильность	Воспроизводимость параметров при массовом производстве
Тензорезистивные	Аналоговый	Высокий	Низкая	Средняя
Емкостные	Аналоговый	Малый	Высокая	Высокая
На ПАВ-резонаторах	Частотный (до 9 ГГц)	Средний	Средняя	Низкая
На кварцевых резонаторах	Частотный (~100 МГц)	Малый	Высокая	Высокая

В современных микромеханических приборах наиболее часто используются емкостные преобразователи. Однако аналоговая форма выходных сигналов не всегда удобна.

С этой точки зрения представляют интерес ДП частотного типа. При их разработке возникает целый ряд вопросов, требующих дополнительного изучения. К ним можно отнести: повышение температурной стабильности, выбор первоначального разноса частот используемых резонаторов, исключение зоны захвата и др. Как показали исследования [5], температурная стабильность частотных ДП напрямую зависит от метода выделения вы-

ходного сигнала, поэтому представляет интерес анализ возможных методов съема полезного сигнала с таких преобразователей.

Методы съема полезного сигнала с частотных преобразователей. Метод разностной частоты. Рассмотренные ранее методы выделения полезного сигнала с использованием кварцевых и ПАВ-резонаторов позволяют получить выходной сигнал в форме разностной частоты двух автогенераторов. Однако непосредственное выделение этого сигнала сопровождается погрешностями, вызванными различными факторами, указанными ранее. Рассмотрим их влияние более подробно.

В общем случае температурную зависимость частоты ПАВ-генератора можно представить в виде [5]

$$f_j = f_{0j} \left(1 + \chi_\varepsilon \varepsilon_j + \chi_{T_1} \Delta T + \chi_{T_2} \Delta T^2 + \chi_{T_3} \Delta T^3 \right), \quad (2)$$

где $\chi_\varepsilon, \chi_{T_1}, \chi_{T_2}, \chi_{T_3}$ – деформационные и температурные коэффициенты чувствительности, численные значения которых не одинаковы для различных срезов кварца (табл. 2); f_{0j} – начальная частота j -го генератора; ε – относительная деформация; ΔT – изменение температуры.

Таблица 2

Срез кварца	χ_ε	$\chi_{T_1} \times 10^{-5}, \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$	$\chi_{T_2} \times 10^{-8}, \text{ }^\circ\text{C}^{-2}$	$\chi_{T_3} \times 10^{-10}, \text{ }^\circ\text{C}^{-3}$
Y (Q)	-0,90	2,80	0	0
ST (Q)	-1,44	0	-1,25	0
AT (Q)	-1,10	0	0	0,40
(FQ)	1,85	5	0	0

Как видно из табл. 2, температурный коэффициент чувствительности для кварца ST-среза равен нулю. Однако это условие выполняется только в узком диапазоне температур – около 20 °C [5].

В выражении (2) присутствуют величины второго и выше порядков малости, которые существенно не влияют на изменение частоты, поэтому ими можно пренебречь. Рассмотрим работу дифференциального преобразователя на ПАВ на примере микромеханического акселерометра. Запишем выражения для собственных частот резонаторов в виде:

$$\begin{aligned} f_1 &= f_{01} (1 + k_a a + k_T \Delta T + k_t t), \\ f_2 &= f_{02} (1 - k_a a + k_T \Delta T + k_t t), \end{aligned} \quad (3)$$

тогда для разностной частоты f_Δ получим:

$$f_\Delta \approx f_{0\Delta} (1 + k_T \Delta T + k_t t) + k_\Delta a, \quad (4)$$

где $k_a \approx \frac{3ml}{bh^2 E} \chi_\varepsilon$ – коэффициент, учитывающий физические и геометрические характеристики ЧЭ; t – время работы генератора; k_Δ – разность коэффициентов, учитывающих физические и геометрические характеристики; k_T – коэффициент температурной чувствительности, $k_T = \chi_T$; $k_t \approx (0,1 \dots 2) 10^{-4} \text{ год}^{-1}$ – коэффициент, учитывающий эффект старения кварца; $f_{0\Delta} = f_{01} - f_{02}$ – начальный разнос частот генераторов. Из выражения (4) видно, что зависимость частоты от температуры тем слабее,

чем меньше начальный разнос собственных частот резонаторов. Отсюда следует, что наилучший результат может быть получен при $f_{0\Delta} = 0$, что, в свою очередь, неизбежно приводит к взаимной синхронизации частот f_1 и f_2 . Поиск возможных решений, позволяющих устранить отмеченные проблемы, привел авторов работы [6] к предложению использовать в качестве полезного сигнала не разностную частоту, а ее отношение к частоте одного из генераторов. Рассмотрим этот метод более подробно.

Метод отношения частот. Примем в качестве выходного сигнала отношение частот $\frac{f_{\Delta}}{f_2}$. Тогда, используя соотношения (2), (3), получим

$$\begin{aligned} \frac{f_{\Delta}}{f_2} = & \frac{f_{0\Delta}}{f_{02}} \left(1 - k_T^2 \Delta T^2\right) + \frac{f_{0\Delta}}{f_{02}} k_a a + \frac{f_{0\Delta}}{f_{02}} k_T \Delta T k_a a + \\ & + 2k_a a + 2k_a^2 a^2 - 2k_a a k_T \Delta T. \end{aligned} \quad (5)$$

Сопоставительная оценка слагаемых выражения (5) приведена в табл. 3.

Таблица 3

$2k_a a$	$\frac{f_{0\Delta}}{f_{02}} k_a a$	$\frac{f_{0\Delta}}{f_{02}} k_T \Delta T k_a a$	$2k_a^2 a^2$	$2k_a a k_T \Delta T$
$5,8 \cdot 10^{-5}$	$3,3 \cdot 10^{-8}$	0	$1,7 \cdot 10^{-9}$	0

Из таблицы видно, что существенный вклад вносит только составляющая $2k_a a$, содержащая ускорение в первой степени. Незначительность остальных слагаемых позволяет пренебречь ими. Тогда выражение (5) примет вид

$$\frac{f_{\Delta}}{f_2} = \frac{f_{0\Delta}}{f_{02}} + 2k_a a.$$

Структурная схема, реализующая метод отношения частот, представлена на рис. 7.

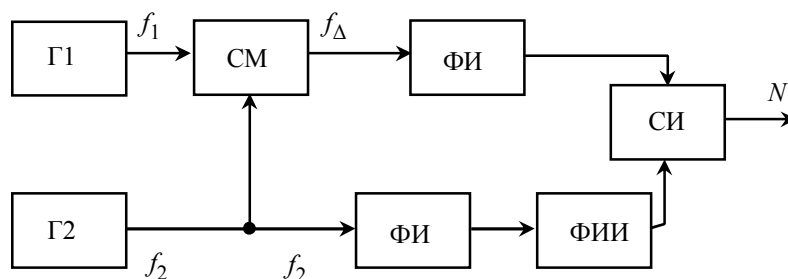


Рис. 7

Сигналы с частотами двух генераторов f_1 и f_2 поступают на смеситель СМ, на выходе которого выделяется разностная частота f_{Δ} . На выходах смесителя и одного из ПАВ-генераторов (на рис. 7 – второго) формируются импульсные последовательности, подаваемые на счетчик импульсов СИ. На основе высокочастотного сигнала формируется интервал измерений, который с помощью СИ заполняется импульсами разностной частоты. На выходе счетчика получается число импульсов N , пропорциональное действующему ускорению:

$$N = n \frac{f_{\Delta}}{f_2} = n \left(\frac{f_0 \Delta}{f_0} + 2k_a a \right) \pm 1, n \in Z. \quad (6)$$

Таким образом, можно сделать вывод, что в рамках первого приближения температурная зависимость исключается. Однако наличие в выражении (6) отношения $\frac{f_0 \Delta}{f_0}$ неизбежно приведет к разбросу сдвига нуля выходных характеристик приборов при их массовом производстве. Следовательно, наиболее эффективным решением проблемы остается путь использования равных по значению частот f_{01} и f_{02} . В то же время при их сведении к одному значению возникает эффект взаимной синхронизации. Для его исключения в работе [7] была предложена схема временного разделения работы генераторов.

Метод временного разделения ПАВ-генераторов. Структурная схема, реализующая предлагаемую концепцию построения микроакселерометра на ПАВ, представлена на рис. 8.

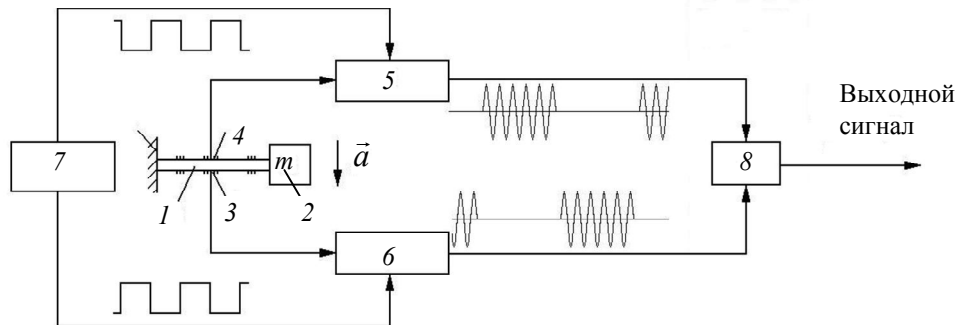


Рис. 8

Здесь плоскопараллельная консоль 1 из пьезоэлектрического материала нагружается инерционной массой 2, расположенной на конце консоли. На ее противоположные стороны нанесены два одноходовых ПАВ-резонатора 3 и 4, являющихся частотоподающими элементами автогенераторов 5 и 6. Эти автогенераторы предварительно настраиваются на одинаковую частоту $f_5 = f_6 = f_0$ и с помощью модулятора 7 переводятся в импульсный режим работы с периодом повторения T . При этом они работают последовательно: генератор 5 – первую половину периода, генератор 6 – вторую, как показано на рис. 9.

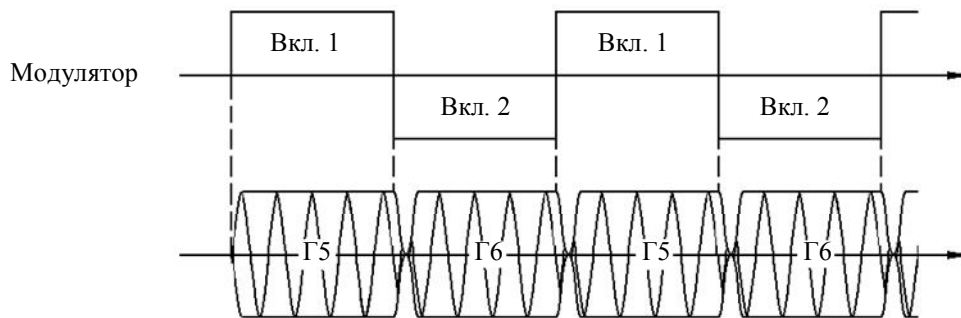


Рис. 9

Частотные сигналы с выходов автогенераторов 5 и 6 поступают на входы реверсивного счетчика 8, на выходе которого формируется импульсная последовательность, характеризующая разностную частоту $f_5 - f_6$ и пропорциональная действующему ускорению.

В отсутствие ускорения $f_5 = f_6$, выходной сигнал микроакселерометра равен нулю. При ненулевом входном воздействии частоты автогенераторов 5 и 6 приобретают дифференциальные сдвиги f_d , равные по значению и противоположные по знаку:

$$f_5 = f_0 + f_d, f_6 = f_0 - f_d.$$

В результате этого на выходе реверсивного счетчика 8 формируется сигнал разностной частоты $f_5 - f_6 = 2f_d$, пропорциональный измеряемому ускорению. Отсутствие начального разноса частот исключает температурную зависимость микроакселерометра, а последовательное считывание импульсов решает проблему взаимной синхронизации частот двух генераторов. Это позволит в полной мере использовать потенциальные возможности как ПАВ-микроакселерометров, так и других устройств на поверхностных акустических волнах. Однако существуют технологические ограничения для массового производства идентичных образцов ПАВ-преобразователей. Поэтому для апробации полученных теоретических результатов были проведены экспериментальные исследования возможности сведения частот двух генераторов ДП на ПАВ к одному значению, а их начального разноса – к нулю.

Результаты экспериментальных исследований. Целью исследований была разработка двухканальной схемы с независимым управлением частотами двух генераторов. В этом случае возможно свести частоты генераторов к одному значению или, наоборот, существенно разнести их. С помощью такой схемы могут быть исследованы эффекты их взаимной синхронизации, нелинейности выходной характеристики вблизи зоны захвата и др. Особые возможности при этом открываются для анализа температурной чувствительности и времени выхода на рабочий режим. В качестве объектов исследования были выбраны кварцевые генераторы, управляемые напряжением (ГУН). Этот выбор обусловлен тем, что их свойства схожи со свойствами осцилляторов на ПАВ, но при этом кварцевые аналоги лучше изучены и более доступны. Исследовались ГУН двух фирм – российской компании «Морион» (ГК77-УНМ) и немецкой компании «Jauch» (JCO926), работающие на частоте ≈ 40 МГц. Для моделирования ДП использовалась схема, основанная на двух автономных генераторах, каждый из которых включался по схеме, приведенной на рис. 10.

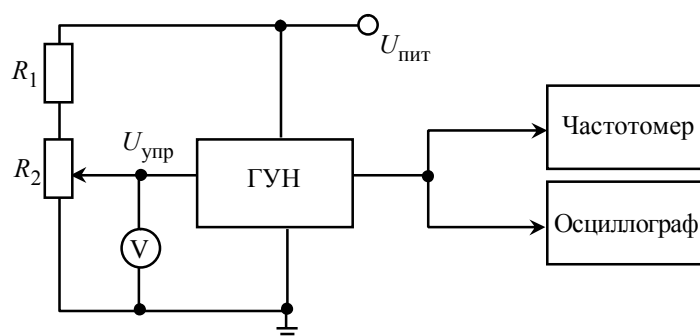


Рис. 10

Потенциометром R_2 задавалось управляющее напряжение $U_{упр}$, подаваемое на входящий в состав каждого ГУН варикап. Это приводило к изменению его емкости и, как следствие, к сдвигу собственной частоты колебаний. Каждый из генераторов моделировал

один из каналов дифференциальной частотной схемы выделения полезного сигнала. Таким образом, создавалась возможность сведения частот двух ГУН к одному значению или разносу их до 50 ppm (относительное значение).

Для подробного изучения этой возможности были сняты зависимости частоты генерации от управляющего напряжения. Полученные результаты представлены на рис. 11.

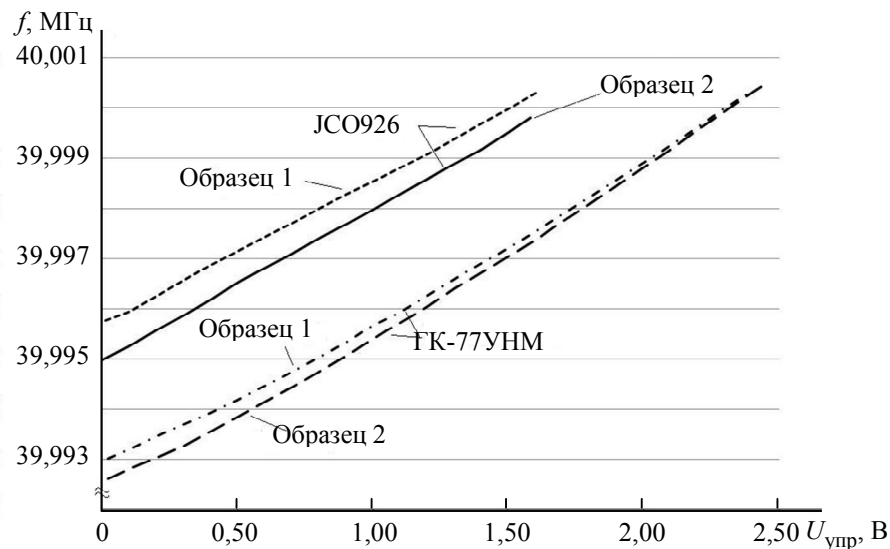
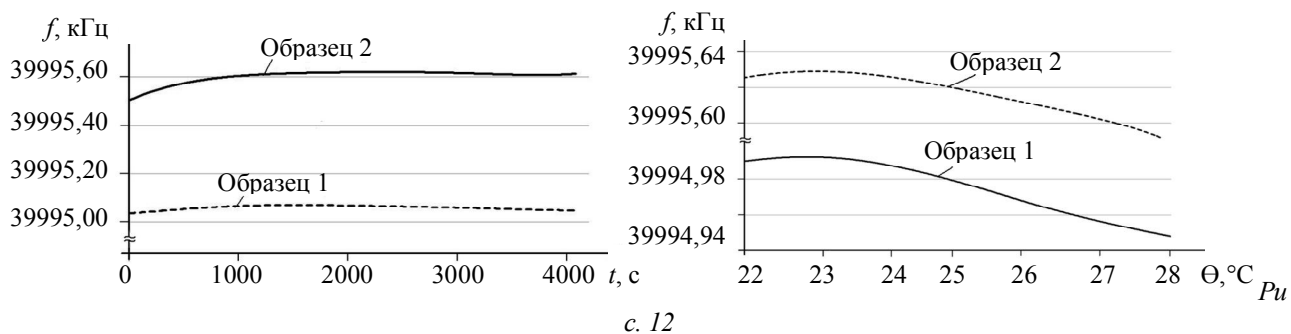


Рис. 11

Как видно из рис. 11, зависимость выходной частоты генераторов модели ГК-77УНМ от управляющего напряжения является нелинейной с коэффициентом нелинейных искажений ($K_{н.и}$) около 7 % и 5 % для образцов 1 и 2 соответственно. Причиной этих искажений является сложная зависимость частоты от емкости варикапа. Характер изменения последней также вносит свой вклад в нелинейность рассматриваемой кривой. Однако необходимо отметить совпадение частот генерации рассмотренных ГУН при $U_{упр}$ от 2,4 до 2,5 В и начальном разноре 730 Гц.

Аналогичные графики были получены для генераторов JCO926 (рис. 11) с $K_{н.и} \leq 1\%$. Сравнительная оценка полученных зависимостей показывает возможность улучшения характеристик ГУН (например, линейности) при подборе элементной базы и использовании новейших технологий.

Вторым этапом работы было исследование кривых выхода генераторов на рабочий режим (рис. 12, а), а также зависимости частоты генерации от температуры (рис. 12, б).



с. 12

Как видно из приведенных графиков (рис. 12, а), характер выхода образцов на рабочий режим несколько различается. В дальнейшем при вычислении разностной частоты это может отразиться на ее зависимости от времени.

Следующим этапом исследований было предварительное изучение температурной чувствительности генераторов. Для этого при проведении эксперимента температура плавно менялась от 22 до 28 °С и наблюдалось изменение частоты каждого генератора. Полученные результаты представлены на рис. 12, б. Сопоставление приведенных кривых свидетельствует об аналогичном характере температурной чувствительности. Это, в свою очередь, позволяет ожидать существенно меньшей температурной зависимости разностной частоты. Данная гипотеза получила экспериментальное подтверждение. На рис. 13 представлен характер изменения разностной частоты от времени.

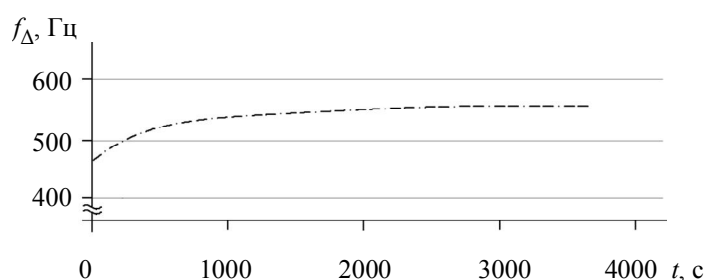


Рис. 13

Здесь можно выделить 2 участка: на первом от 0 до 1000 с наблюдается экспоненциальный характер зависимости разностной частоты от времени, а на втором — от 1000 до 4000 с и далее отмечаются незначительные вариации. Обратим внимание, что приведенные результаты были получены при значительном начальном разное частот (порядка 500 Гц). Ранее проведенное математическое моделирование показало, что вариации разностной частоты зависят от начального разноса частот генераторов. Действительно, результаты дополнительно проведенных исследований показали, что при переходе от начального разноса частот генераторов в 500 Гц к значениям, близким к нулю, вариации разностной частоты не превышают 40 Гц (рис. 14).

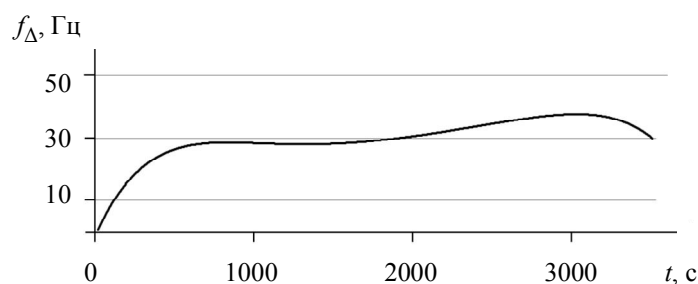


Рис. 14

Стоит отметить, что характер изменения разностной частоты определяется поведением каждого из генераторов, поэтому подбирать их следует очень тщательно.

Рассмотренные в данной статье вопросы представляют собой основу метода временного разделения работы генераторов. Однако они не являются исчерпывающими и потребуют исследований эффектов взаимной синхронизации автогенераторов, что является необходимым при разработке твердотельных микромеханических акселерометров и гироскопов на ПАВ.

Таким образом, проведенные исследования подтверждают предположение о том, что при сведении собственных частот двух генераторов к одному значению вариации их разностной

частоты уменьшаются. Следовательно, при точной настройке частот резонаторов и временном разделении их работы потенциально можно будет добиться пренебрежимо малых изменений разностной частоты. Это позволит повысить температурную стабильность, улучшить точностные характеристики и достигнуть близкого к нулевому времени выхода на рабочий режим не только датчиков на ПАВ, но и частотных ДП в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукьянов Д. П., Скворцов В. Ю. Микроэлектронные акселерометры инерциальных систем навигации: Учеб. пособие / СПбГЭТУ «ЛЭТИ». СПб, 1999.
2. Распопов В.Я. Микромеханические приборы: Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Тула: Гриф и К, 2004.
3. Разработка и оптимизация схемы построения микроакселерометра на поверхностных акустических волнах (Часть 1) / Д. П. Лукьянов, М. М. Шевелько, С. Ю. Шевченко и др. // Гироскопия и навигация. 2005. № 2(49). С. 79–95.
4. Разработка и оптимизация схемы построения микроакселерометра на поверхностных акустических волнах (Часть 2) / Д. П. Лукьянов, А. А. Тихонов, Ю. В. Филатов и др. // Гироскопия и навигация. 2007. № 3 (58). С. 62–76.
5. Шевченко С. Ю. Анализ возможностей снижения термочувствительности микроакселерометра на поверхностных акустических волнах. // Мат-лы VIII конф. молодых ученых «Навигация и управление движением», СПб, 14–16.03.06. С. 90–97.
6. Zbrutsky. A. V., Creation of Low Cost Linear Accelerometers for Navigation and Control Systems // Chernjak N. G., Skrepkovsky G. A. – Proc. of Symposium Gyro Technology, Stuttgart, Germany., 20–21.09.2005.
7. Пат. РФ на полезную модель № 68134 / Д. П. Лукьянов, Ю. В. Филатов, С. Ю. Шевченко, Е. Д. Бохман. Микромеханический акселерометр; Опубл. 10.11.07. Бюл. № 31.

D. P. Loukianov, S.Yu. Shevchenko, A. S. Kukaev, D. V. Safronov

ANALYSIS OF DIFFERENTIAL CONVERTERS TEMPERATURE STABILITY RAISE CAPABILITIES

Methods of thermal stability improvement of surface acoustic wave converters are reviewed, with a new one proposed. A circuit based on two voltage-controlled quartz oscillators is used for its physical simulation. Simulation resulted in their frequency-voltage dependences, character of achievement operating regimen by single oscillators and difference frequency.

Surface acoustic waves (SAW), differential converter, micromechanical accelerometer, quartz voltage-controlled oscillator

УДК 681.325.688

Е. М. Антонюк, Ю. С. Ломоносова

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СО СЖАТИЕМ ДАННЫХ

Рассматриваются многоканальные системы автоматического контроля со сжатием данных, повышающим достоверность контроля. Анализируются 3 возможные структурные схемы систем автоматического контроля.

Автоматический контроль, дискретный контроль, непрерывный контроль, приоритетный канал

Современный уровень экспериментальных исследований, технологических процессов и производства требует контроля большого числа параметров, позволяющих судить о состоянии того или иного объекта. Для контроля параметров сложных объектов широко применяются системы автоматического контроля (САК), которые делятся на системы с непрерывным и с дискретным последовательным контролем.

Для достижения заданной достоверности частоту проведения операций контроля приходится выбирать с учетом экстремальных динамических свойств контролируемых

параметров. В связи с этим многие операции оказываются избыточными. В то же время может возникнуть ситуация, когда один или несколько параметров выйдут за пределы допустимых значений вследствие ожидания своей очереди обслуживания и может быть пропущен предаварийный (или даже аварийный) режим работы объекта из-за недостаточности априорных сведений о динамических свойствах объекта контроля или невозможности построения САК в соответствии с экстремальными динамическими свойствами объекта.

Для исключения (или значительного сокращения) избыточных операций используется адаптивный опрос контролируемых параметров, позволяющий выводить на контроль в первую очередь параметры, наиболее отклонившиеся от номинальных или допустимых значений. В большинстве САК одновременно с контролем осуществляется регулирование этих параметров, поэтому значение адаптивного контроля очень велико.

Структурная схема САК с адаптивной коммутацией каналов представлена на рис. 1.

Схема работает следующим образом. На датчики Д поступают сигналы от объекта контроля. Напряжение с выхода датчика подается на вход вычитающего блока ВБ, который предназначен для получения отклонения текущего значения параметра от номинального. Номинальное значение параметра задается в блоке номинальных значений БНЗ в виде напряжения. В вычитающем блоке ВБ вычисляется разность напряжений, поступающих от датчика Д и БНЗ.

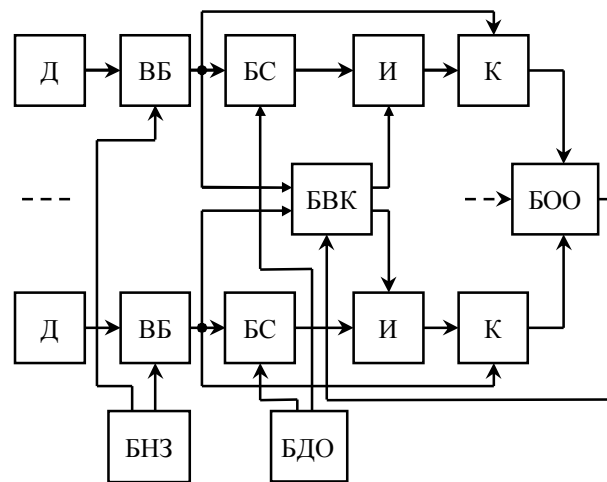


Рис. 1

Разностный сигнал с выхода ВБ подается на вход блока сравнения БС, который предназначен для сравнения отклонения текущего значения параметров от номинального со значением допустимого отклонения. Допустимое отклонение задается в блоке допустимых отклонений БДО в виде напряжения.

При различных допустимых отклонениях у отдельных каналов могут устанавливаться разные коэффициенты передачи вычитающих блоков, причем при малом допустимом отклонении коэффициент передачи ВБ должен быть большим и наоборот.

В БС сигналы от ВБ и БДО сопоставляются друг с другом. Если напряжение на выходе ВБ превышает допустимое значение, то на выходе БС появляется сигнал «1», который поступает на первый вход логического элемента совпадения «И».

Разностный сигнал с выхода ВБ поступает также на вход блока выбора канала БВК и на вход ключа К. БВК предназначен для нахождения канала с наибольшей по абсолютной величине разностью сигнала датчика и номинального значения параметра. На выходе БВК, соответствующем номеру канала с наибольшей разностью сигнала датчика и номинального значения, появляется логический сигнал «1», поступающий на второй вход соответствующего элемента «И».

При одновременном появлении сигналов на входах элемента «И» на его выходе тоже появляется сигнал «1», который открывает ключ К, и разностный сигнал с вычитающего

блока поступает на блок обнаружения отклонений БОО. При необходимости на ключи могут подаваться и сигналы датчиков.

Таким образом, САК с адаптивной коммутацией в первую очередь будет обслуживать канал с максимальным отклонением от номинального значения, если контролируемый параметр вышел из зоны допустимых значений. Это достоинство делает САК с адаптивной коммутацией более интересными для использования и развития, чем адаптивные САК, построенные по принципу асинхронно-циклической системы. Это связано с тем, что САК, построенные по принципу асинхронно-циклической системы, при наличии нескольких каналов, требующих обслуживания, не могут обслуживать канал с максимальным отклонением в первую очередь [1].

Основным блоком САК с адаптивной коммутацией является блок выбора канала, функция которого заключается в поиске канала с максимальным отклонением и подключении его к блоку обнаружения отклонений. Существует несколько вариантов построения БВК. В зависимости от используемого блока выбора канала САК с адаптивной коммутацией разделяются на 3 предельные структуры [2]:

- САК с параллельным анализом разностей;
- САК с последовательным анализом разностей;
- САК с последовательно-параллельным анализом разностей.

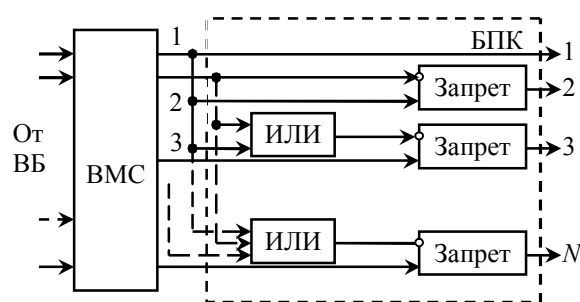


Рис. 2

Схема блока выбора канала САК с параллельным анализом разностей представлена на рис. 2.

Выявитель максимального сигнала ВМС представляет собой схему сравнения на N входов, где N – число датчиков САК. Входными сигналами ВМС являются напряжения с выходов вычитающих блоков (рис. 1). Выявитель

максимального сигнала сравнивает сигналы, и на его выходе, соответствующем наибольшему входному сигналу из всех N входных напряжений, т. е. максимальному отклонению от номинального значения, появляется сигнал «1».

Если же наибольшее значение входного напряжения одновременно появляется на нескольких входах ВМС, то выходные сигналы появятся сразу же на нескольких выходах выявителя. В этом случае блок подключения канала БПК выбирает канал в соответствии с заранее установленным приоритетом.

На рис. 2 рассматривается блок подключения канала, состоящий из N шин (по числу каналов контроля). В каждую шину, кроме первой, включен логический элемент «Запрет». На запрещающие входы этих элементов поданы сигналы с предыдущих шин через сборительные схемы «ИЛИ». Логический элемент «Запрет» состоит из инвертора и схемы совпадения «И».

Если с выхода ВМС поступил только один сигнал, блок подключения канала пропускает его на выход, не оказывая на него никакого воздействия. Если же сигналы появились сразу на нескольких выходах ВМС, то на выходе БПК появится сигнал с того входа, который

соответствует наименьшему номеру канала. Таким образом, блок выбора канала подключит к логическому элементу «И» (рис. 1) канал с наименьшим порядковым номером.

Достоинством адаптивной САК с параллельным анализом разностей является высокое быстродействие операций по выявлению канала с максимальным отклонением сигнала от номинального значения. Недостаток данной структуры – ее значительная сложность.

Схема блока выбора канала (БВК) САК с последовательным анализом разностей представлена на рис. 3.

Схема работает следующим образом. В исходном состоянии коммутатор К1 находится в конечном положении (т. е. он подключен к каналу с номером N), а коммутатор К2 – в положении, соответствующем адресу предыдущего отсчета (т. е. он подключен к каналу с максимальным отклонением от номинала в предыдущий цикл опросов); выходной сигнал блока выделения максимума равен нулю.

К входам коммутаторов К1 и К2 подключены разностные сигналы от вычитающих блоков ВБ (см. рис. 1). После окончания предыдущего цикла опросов БОО (см. рис. 1) выдает сигнал «Пуск» на вход генератора тактовых импульсов ГТИ, который подает тактовые импульсы на коммутаторы одновременно.

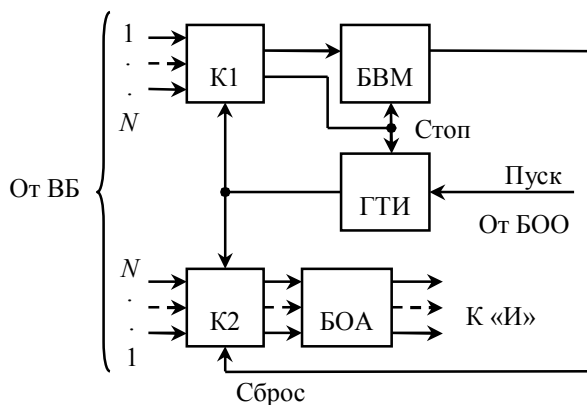


Рис. 3

После прихода первого импульса коммутатор К1 устанавливается в первое положение и на блок выделения максимума БВМ поступает напряжение от первого вычитающего блока, отличное от нуля. Блок выделения максимума срабатывает и выдает импульс на коммутатор К2, который от этого импульса всегда устанавливается в первое положение.

При дальнейшем поступлении импульсов с генератора тактовых импульсов коммутатор К1 последовательно опрашивает подряд все каналы с разностными сигналами от вычитающих блоков и напряжения с выходов ВБ поступают по очереди на блок выделения максимума. Если напряжение с очередного вычитающего блока превышает напряжение от любого из предыдущих ВБ, то БВМ выдает импульс сброса на коммутатор К2 и он опять устанавливается в первое положение.

По окончании опроса всех вычитающих блоков коммутатор К1 устанавливается в последнее положение и посылает сигнал «Стоп», свидетельствующий об окончании цикла опроса, генератору тактовых импульсов. ГТИ перестает посылать импульсы на коммутаторы К1 и К2 до того момента, пока БОО (см. рис. 1) снова не отправит ему сигнал «Пуск». Коммутатор К2 устанавливается в положение $N - K$, где N – число каналов системы; K – номер вычитающего блока с наибольшим напряжением на выходе.

Для правильной работы данной схемы необходимо, чтобы канал контроля с K -м номером был подключен к ключу коммутатора К1 с номером K и к ключу коммутатора К2 с номером $(N - K)$, т. е. первый канал контроля (первый вычитающий блок) подключается к первому ключу коммутатора К1 и к последнему ключу (с номером N) коммутатора К2,

второй – ко второму ключу коммутатора К1 и предпоследнему ключу коммутатора К2 с номером $(N-1)$ и т. д. Последний канал контроля подключается к первому ключу коммутатора К2 и к первому ключу коммутатора К1.

Таким образом, при остановке генератора тактовых импульсов к коммутатору К2 будет подключен вычитающий блок с максимальным отклонением контролируемого параметра от номинального значения. Единичный код с выхода коммутатора К2 поступает на вход блока определения адреса БОА, который преобразует его в адрес выбранного канала. Сигнал с выхода блока определения адреса подается на вход схемы совпадения «И» (см. рис. 1) по адресу канала с максимальным отклонением. В случае выхода этого параметра из зоны допустимых значений на втором входе логической схемы «И» тоже будет сигнал, соответствующий логической единице, т. е. сигнал поступит на обработку в БОО.

Недостатком метода «перебора», используемого в адаптивных САК с последовательным анализом разностей, является ограниченное быстродействие системы, определяемое временем «перебора» всех разностных сигналов, поступающих от вычитающих блоков, которое, в свою очередь, зависит от погрешности запоминания и хранения информации.

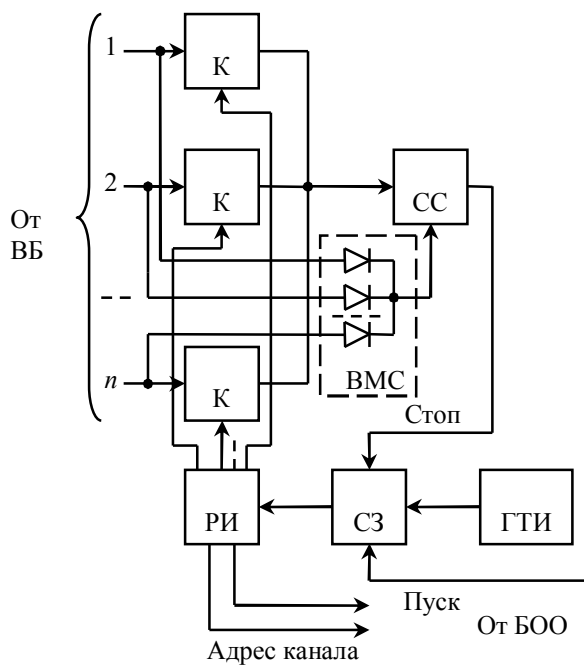


Рис. 4

Достоинство данной структуры – меньшее количество оборудования, чем у адаптивных САК с параллельным анализом разностей.

Возможно построение САК с адаптивной коммутацией на основе последовательно-параллельного метода нахождения максимального отклонения от номинального значения параметра (рис. 4). В этом случае максимальное напряжение, соответствующее максимальному отклонению, определяется параллельным методом, т. е. находится одновременно для всех сигналов от вычитающих блоков (ВБ), а место максимального напряжения (адрес датчика с сигналом, максимально отклонившимся от номинального значения) определяется последовательным опросом каналов.

Схема работает следующим образом. По окончании считывания предыдущего отсчета БОО сигналом «Пуск» открывает схему запуска СЗ, состоящую из триггера и логического элемента «И», и импульсы с ГТИ поступают на распределитель импульсов РИ.

Выходы всех вычитающих блоков подключены к диодной сборке, являющейся в этом случае выявителем максимального сигнала ВМС, и к ключам К, выходы которых, в свою очередь, соединены между собой и подключены к входу схемы сравнения СС. Второй вход схемы сравнения подключен к выходу диодной сборки.

Распределитель импульсов поочередно открывает ключи К. При этом на вход СС поступают поочередно напряжения с выходов вычитающих блоков. При появлении на этом входе СС напряжения, равного напряжению на выходе выявителя максимального сигнала, т.

е. при нахождении канала с максимальным отклонением контролируемого параметра от номинального значения, на выходе СС появляется сигнал «Стоп» и РИ останавливается на выбранном канале. Адрес канала с выхода распределителя импульсов передается дальше в схему, и по окончании обработки блок обнаружения отклонений посылает сигнал «Пуск» на схему запуска, начиная новый цикл опросов.

Если несколько каналов имеют одинаковое максимальное отклонение от номинального значения контролируемого параметра, они будут обслуживаться по очереди, в соответствии с их номерами.

Достоинством структурной схемы адаптивной САК с последовательно-параллельным анализом разностей является относительная простота (по сравнению со структурной схемой адаптивной САК с параллельным анализом разностей) и отсутствие памяти в выявителе максимального сигнала (по сравнению со структурной схемой адаптивной САК с последовательным анализом разностей). Отсутствие памяти в ВМС позволяет значительно увеличить быстродействие схемы, которое в этом случае будет определяться быстродействием СС.

Адаптивные САК с последовательно-параллельным анализом разностей сочетают в себе достоинства структур с параллельным и последовательным анализом, обладая достаточно высоким быстродействием и в то же время – обладая достаточно простой структурой благодаря последовательному методу нахождения адреса канала с максимальным отклонением.

На данном этапе развития элементной базы электронных устройств адаптивные САК с параллельным анализом разностей, возможно, являются оптимальным вариантом построения адаптивных САК. Это связано с постоянным удешевлением и миниатюризацией электронных элементов, входящих в их состав.

В рассматриваемых адаптивных САК при общей высокой активности входных сигналов возможно увеличение отклонения сигнала от заданной границы из-за ожидания обслуживания. При этом система может перейти на режим, при котором будет опрашиваться канал с меньшим отклонением входного сигнала от номинального значения, в то время как канал с наибольшим отклонением опрашиваться не будет. Такая ситуация возможна, например, при работе вычитающих блоков в режиме насыщения, когда выходные напряжения ВБ становятся одинаковыми [3]. Для исключения этого явления может использоваться способ введения обратной связи по уровню отклонения входного сигнала от номинального значения [4]. При этом сигнал обратной связи должен изменять коэффициент передачи вычитающих блоков так, чтобы передаточная характеристика ВБ выводилась на линейный участок. При этом обслуживаться будет канал с наибольшим отклонением.

Во многих случаях не все контролируемые параметры одинаково важны для потребителя, и поэтому не для всех параметров необходимо поддерживать допустимое отклонение входного сигнала от номинального значения. Одним из способов повышения эффективности систем автоматического контроля со сжатием данных является выделение приоритетных каналов, для которых необходимо поддерживать допустимое отклонение на заданном уровне [5].

Общий принцип работы адаптивной САК с приоритетным обслуживанием ряда каналов состоит в том, что каналы с высшим приоритетом обслуживаются в первую очередь, а каналы с низшим приоритетом – только при отсутствии необходимости в обслуживании каналов с высшим приоритетом.

Число классов приоритетов может меняться от 1 до N , где N – число каналов системы. В последнем случае в каждом классе приоритетов находится только один канал. Если же число классов приоритетов равно единице, то обслуживание ведется по принципу «первый пришел – первый обслужен».

Анализ, проведенный в [3], показал преимущества приоритетного обслуживания для каналов с высшим приоритетом по сравнению с обслуживанием «первый пришел – первый обслужен». Однако необходимо иметь в виду, что в неприоритетных каналах отклонение входного сигнала от номинального значения может оказаться практически неконтролируемым, если приоритетные каналы проявляют большую активность.

Рассмотренные принципы построения систем автоматического контроля со сжатием данных являются основой для создания нового класса САК с дискретным контролем, по своим характеристикам приближающихся к системам с непрерывным контролем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонюк Е. М. Система автоматического контроля с асинхронно-циклическим обслуживанием // Проектирование измерительных систем. СПб., 1994. С. 3–5. (Изв. ГЭТУ, вып. 469.)
2. Адаптивные телеизмерительные системы / Б. Я. Авдеев, Е. М. Антонюк, С. М. Долинов и др. Л.: Энергоатомиздат, 1981.
3. Антонюк Е. М. Адаптивные измерительные системы и системы автоматического контроля со сжатием данных: Дис. ... д-ра техн. наук / СПбГЭТУ «ЛЭТИ». СПб., 2003.
4. Некоторые вопросы повышения эффективности адаптивных измерительных систем и систем автоматического контроля / Е. М. Антонюк, П. Е. Антонюк, Е. П. Гусева, Ю. С. Ломоносова // Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. по мягким вычислениям и измерениям SCM–2008, СПб., 23–25 июня 2008 г. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2008. Т. 2. С. 31–34.
5. Адаптивные системы контроля и диагностирования с приоритетными каналами / Е. М. Антонюк, П. Е. Антонюк, М. В. Васильев, Ю. С. Ломоносова // Вестник Метрологической академии. 2007. Вып. 20. С. 43–49.

E. M. Antoniuk, Yu. S. Lomonosova

AUTOMATIC CONTROL SYSTEM WITH DATA COMPRESSION

Multi-channel automatic control systems with data compression raising reliability of the control are considered. 3 possible block diagrams of automatic control systems are analyzed.

Automatic control, discrete control, continuous control, priority channel



УДК 159.9

С. В. Картошкина

ОСОБЕННОСТИ ИМИДЖМЕЙКИНГА В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

Специфика российского имиджмейкинга раскрывается в экономических, политических, национальных особенностях общества: развиваются современные информационные технологии; усложняется психологическое воздействие на потребителей посредством маркетинговых технологий. Рассматриваются характерные особенности корпоративного имиджмейкинга в информационном обществе современной России.

Имидж, общество, целевая аудитория, менталитет, субъект, лидеры мнений

Опыт современной России, как и мировая практика, подтверждает значение имиджа для организаций. Недаром сейчас, рассматривая корпоративный имидж, исследователи указывают в первую очередь на необходимость его целенаправленного формирования. То есть успешный имидж является следствием эффективного управления. Так, компания АвтоВАЗ зарегистрировала отдельную организацию «Лада-Имидж», перед которой была поставлена задача повысить стоимость брендов АвтоВАЗа и капитализацию компании. Результатом стало создание единых требований к фирменному стилю у официальных дилеров завода по всей России. В том же направлении ведут работу и другие отечественные автомобильные гиганты, например УАЗ, который не только обновил свой сайт в Интернете, но также изменил корпоративный дизайн и форму подачи информации. Вместо номерных обозначений модели автомобилей стали получать запоминающиеся звучные имена, направленные на то, чтобы вызывать у аудитории определенные эмоции: UAZ Hunter, UAZ Simbir или наиболее звучное UAZ Patriot. Данные шаги безусловно способствуют изменению восприятия отечественной автомобильной промышленности в глазах потребителей.

Цели, которые ставятся перед каждым конкретным корпоративным имиджем, отличаются в зависимости от страны и особенностей рынка, на котором работают компании. К примеру, многие зарубежные предприятия в фундамент имиджа закладывают цель представить себя ответственным членом общества, так называемым «корпоративным гражданином», направляющим свою активность на благо страны или региона, в котором работает. Для российских компаний более привычным будет имидж, построенный в коммерческих целях и направленный не столько на эффективное взаимодействие с социальной средой, сколько на увеличение продаж.

Первый этап обращения к имиджу отмечен в начале XX в. До этого времени не существовало такого широкого ассортимента товаров, как в современном мире, производители не стремились придать своим компаниям, продукции и услугам уникальные черты, так как конкуренция не была столь жесткой, как сегодня. Ключевое условие развития корпоративного имиджмейкинга – превышение предложения товаров и услуг на рынке над спросом, что соответствует также условиям развития маркетинговых технологий. С нарастанием темпов экономического развития многих стран происходило насыщение рынка, и именно на данном этапе начали развиваться маркетинговые службы, которые стали уделять внимание потребностям клиентов, в результате чего понадобились новые подходы к аудитории, чтобы привлечь ее внимание к конкретной фирме. Эмоциональные мотивы покупок стали преобладать над рациональными, и как следствие, продукты стали наделяться эмоциональными, социально-этическими характеристиками, т. е. товары, услуги и их производители постепенно приобретали имиджи, удовлетворявшие широкий спектр потребностей целевой аудитории; возрастали нематериальные активы компаний.

Глобализационные процессы, происходящие в современном мире, повлияли и на российское общество, включая сферу культуры, политики, экономики, производства. Потеря собственных ориентиров развития привела к заимствованию ценностей и норм из других культур. Особенность данного процесса состоит в том, что поток информации, поступающей от другой культуры, воспринимается неравномерно: так, в первую очередь, перенимаются социокультурные факторы – мода, стандарты потребления, представления о стиле жизни [1]. В свою очередь, традиции, глубинные духовные смыслы иного общества воспринимаются и приживаются на чужой почве гораздо тяжелее. Тем не менее, в российском сознании до сих пор присутствуют стереотипы советской культуры. Наряду с углублением дифференциации и расслоения общества сознание людей живет идеалами справедливости и равенства. Кризис культуры, настигший Россию в переходном периоде, до сих пор присутствует в современном обществе, охватывая ключевые сферы бытия. А. С. Кармин отмечает, что «культура стала одной из самых больных точек в обществе» [2]. Разрушены традиционные ценностные ориентации и нормы жизни. Огромное число людей ощутили бесперспективность своей деятельности, нарушились эмоциональные связи в социальных группах. Западная цивилизация сегодня считается образцом современного общества, но значительная его часть не готова жертвовать всем ради коммерческого успеха, таким образом, отвергая западные идеалы. Еще одна проблема кроется в технологическом разрыве – если общество может легко принять навязанные Западом цели и идеалы, то их достижение и реализация осложняется технологическим отставанием. Глобализация сделала потребительскую ориентацию важной чертой общественной жизни россиян.

Профессиональный имиджмейкинг начал зарождаться в России намного позднее, чем в США и европейских странах, и сейчас находится на более раннем этапе развития, чем во всем мире. Отчасти данный факт подтверждается нехваткой теоретической базы и избытком практикоориентированных работ, в первую очередь основанных на иностранных примерах, так как многие российские компании пока не располагают достаточным опытом в данном направлении.

Субъекты корпоративного имиджа в российской практике аналогичны зарубежным (если рассматривать их по видам и отраслям деятельности), но их количество на данном этапе гораздо меньше. Не все компании на сегодняшний день осознают значимость

целенаправленной работы с имиджем. Сложно описать образ типичного российского бизнесмена или типичного офиса российской компании, так как все существующие тенденции основаны на иностранном опыте. То же можно сказать и о российском сервисе в сфере услуг, который зачастую не соответствует должному уровню. Довольно часто в рекламе встречаются ссылки на соответствие компании, ее продукции или услуг «мировым стандартам». Подобные ссылки также выступают элементом корпоративного имиджа. В то же время практически не встречается термин «российские стандарты», из чего можно сделать вывод, что они так и не сформировались или не до конца отвечают потребностям общества. Несмотря на все чаще звучащие призывы: «покупайте российское», большинство национальных товаров и услуг до сих пор не снискали доверия среди потребителей. Российские компании стараются следовать мировому опыту, в то же время забывая о главном – о необходимости учитывать особенности значимой социальной среды, т. е. отвечать потребностям жителей России, несмотря на то, что различие российского и западного менталитетов является общеизвестным фактом. Таким образом, многие организации учитывают характеристики целевой аудитории только на поверхностном уровне, не исследуя глубинные особенности значимой социальной среды.

Особенности корпоративного имиджа в России не сводятся только к различиям субъектов, так как восприятие социальной средой субъектов имиджа также не совпадает с западным менталитетом. В отношении аудитории к имиджу проявляется степень потребительской зрелости. Так же и содержание информации, транслируемой субъектами имиджа, отражает состояние общества. До сих пор не все российские потребители (и частные, и корпоративные) уделяют должное внимание имиджу компаний, с которыми работают. Отчасти такой подход потребителей и провоцирует компании не вкладывать средства в построение собственного имиджа.

Особенности российского имиджмейкинга, безусловно, связаны и со спецификой всей сферы маркетинга и связей с общественностью в стране. Не оформленные до конца демократические институты не обеспечивают полную самостоятельность общественного мнения и, как следствие, осложняют работу с социальной средой. Авторитарное прошлое России вызывает у некоторых руководителей предприятий нежелание учитывать мнение своих целевых аудиторий. Сами аудитории также не всегда готовы воспринимать поток информации, которую им адресуют компании, так как на протяжении нескольких десятилетий политическая система внушала массовому сознанию неприемлемость предпринимательства и конкуренции, «коммерческую» инертность. В начале 90-х гг. после возникновения огромного потока рекламы россияне начали с излишним доверием относиться ко всему услышанному и увиденному. Постепенно горький опыт взаимодействия с недобросовестными предпринимателями привел к формированию недоверия к отечественному бизнесу в самых разнообразных вопросах. Вследствие этого процесса сегодня предприятиям достаточно сложно завоевать доверие потребителей, особенно потребителей старшей возрастной категории. Маркетинговые приемы эффективно работают в молодежной среде, так как ее потребности наиболее очевидны. Кроме того, иностранные компании, которые вышли на российский рынок сразу после перехода страны к рыночной экономике, получили преимущество перед отечественными компаниями, поскольку первыми взяли на себя инициативу рекламного воздействия на потребителей. Тем не менее постепенно ситуация меняется, и в наши дни уже можно говорить о возвращении доверия к отечественной продукции, в частности к продуктам питания [3].

Еще одна причина отставания российского имиджмейкинга от мировой практики – низкий уровень жизни большого количества населения, в результате которого многие потребители не имеют возможности выбирать продукцию, ориентируясь на имидж и проверенное качество, а довольствуются только доступными им товарами и услугами. В связи с этим многие производители вкладывают в свой образ идею самой низкой цены. Безусловно, за рубежом также существуют магазины и товары эконом-класса, но в отличие от России они больше внимания уделяют своему визуальному, внешнему имиджу – опрятные торговые точки, вежливый персонал, качественный послепродажный сервис («услуги, оказываемые покупателю организацией, продавшей товар, в виде доставки, установки, наладки, ремонта товара») [4].

Если в США область исследований, которая занималась изучением потребительского поведения, зародилась в 60–70-е гг. XX в., то в отечественной научной литературе сегодня практически отсутствуют работы по изучению характеристик российских потребителей, равно как и факторов, определяющих потребительское поведение, что является следствием недостаточного накопления опыта в сфере маркетинга в России. Практически не проводится комплексный мониторинг потребителей, и многие компании выстраивают работу с аудиторией в первую очередь на основании социально-демографических характеристик, связывая с ними поведение и стиль жизни потребителя. В то же время, не уделяется должное внимание социально-психологическим особенностям среды. Построение эффективного имиджа невозможно представить без знания своей целевой аудитории, ее ценностей, стереотипов. Известно, что многие россияне доверяют так называемым «лидерам мнений», и при построении имиджа многие компании используют данную характеристику, когда «лидер мнений» положительно высказывается о деятельности того или иного предприятия. Не менее важная черта российского общества – доверие слухам, и в этих условиях эффективно срабатывает технология «случайной» утечки информации, позволяющей достигать желаемого эффекта. Сюда также относится технология так называемого «сарафанного радио», основанного на межличностной коммуникации, когда информация передается посредством сплетен, общения друзей, родственников и т. д. В России «сарафанное радио» как маркетинговый инструмент применяется относительно недавно, в связи с чем компании сталкиваются с трудностями в управлении слухами. В то время как многие исследования подтверждают скептическое отношение россиян к прямой рекламе, технологии, основанные на использовании слухов, имеют хорошие перспективы для развития. Ментальность российских потребителей проявляется в доверии мнению окружающих, особенно близких людей. Запуск слуха требует тщательного планирования и трезвой оценки ситуации; необходимо просчитывать варианты трансформации информации на несколько шагов вперед.

Наиболее недооцениваемой частью корпоративного имиджа в России сегодня называют внутренний имидж организации, что подтверждается на практике. Редко можно услышать о четко сформированной корпоративной культуре компании, об использовании технологий взаимодействия с внутренней общественностью с целью поддержания приверженности компании. Существует мнение, что формирование успешного имиджа компании в значимой социальной среде должно начинаться именно внутри самой организации, т. е. с построения внутрикорпоративного имиджа на основе философии, культуры ценностей организации. Кор-

поративная культура определяется как уникальная совокупность норм, ценностей, убеждений, образцов поведения, которые определяют способ объединения групп и отдельных личностей в организацию для достижения поставленных перед ней целей [5].

В зависимости от сферы деятельности ключевые ценности, передаваемые посредством корпоративной культуры, могут различаться, но ее цель остается неизменной – донести до каждого сотрудника идеологию компании и способствовать тому, чтобы ей следовали. Наличие корпоративной культуры – важное условие формирования успешного имиджа компании, который демонстрирует систему работы с персоналом, становится элементом престижа. Когда компания разрастается и руководство не имеет возможности лично общаться с каждым сотрудником, корпоративная культура становится своеобразным фильтром, посредством которого можно набирать новый персонал и контролировать эффективность давно работающих сотрудников.

Зачастую проблема корпоративного имиджа начинается с неумения или нежелания руководства донести до сотрудников важную информацию, в том числе миссию, цели, философию бизнеса. Так, если компания не может сформулировать сотрудникам ключевое сообщение для целевой аудитории, это может повредить репутации. В большинстве российских предприятий данный процесс еще не налажен, поэтому имиджевая работа, которая ведется снаружи посредством рекламы и связей с общественностью, может быть дискредитирована самими сотрудниками компании, к примеру неопрятно одетыми или невежливо беседующими с клиентами. Построение корпоративной культуры на отечественных предприятиях безусловно должно учитывать особенности менталитета русских, в том числе особое значение следует придавать нематериальным мотивам поведения, которые влияют не только на хозяйственное, но и на трудовое поведение. Основа успешного внутрикорпоративного имиджа заложена в эффективных коммуникациях со средой, которые, по теории Д. Грюнига, должны быть симметричными [6]. Д. Грюниг рассматривает четыре классические модели коммуникации: манипулирование, информирование, асимметричную и симметричную модели. Первые две модели представляют собой монолог, так как служат только для распространения информации. Использование этих моделей предполагает изменение поведения групп общественности, но не организации. Асимметричная модель делает общественность активным участником коммуникационного процесса, но организация занимает в этом процессе доминирующую роль [7]. Наибольшее значение придается симметричной модели. Эффективное управление невозможно без взаимопонимания с группами общественности, симметричная модель позволяет соблюдать этику и социальную ответственность. На сегодняшний день в России практикуется в первую очередь использование односторонних каналов коммуникации, манипулирования и информирования, когда компании не стараются наладить эффективную обратную связь с целевой аудиторией и использовать ее для оптимизации своей работы и в частности корпоративного имиджа.

Ответственность организации перед социальной средой начинается именно с выполнения обязательств перед своими сотрудниками. Не все компании придерживаются данной стратегии, хотя построенный на таком фундаменте имидж с большой долей вероятности может перерасти в успешную репутацию в деловых кругах. Согласно теории Фридмана, ответственность бизнеса

состоит только в увеличении прибыли для акционеров. Но существует и прямо противоположная точка зрения, также появившаяся в США, своеобразный корпоративный альтруизм – компании должны вносить вклад в улучшение качества жизни населения. В качестве золотой середины присутствует и теория «разумного эгоизма», согласно которой участие компании в социальных программах сокращает сиюминутные прибыли, но в перспективе укрепляет эффективное взаимодействие со значимой социальной средой и таким образом дает компании устойчивые прибыли. В условиях глобализации корпоративная социальная политика постепенно унифицируется, но, безусловно, особенности социальной культурной среды оказывают свое влияние на данный процесс. Упоминания о корпоративной социальной ответственности все чаще встречаются в российской прессе, особенно в контексте укрепления имиджа крупных отечественных корпораций, выходящих на международный рынок. Исследования показывают, что, к примеру, двое из трех американцев сегодня готовы отдать предпочтение компании – «корпоративному гражданину» [8]. В этих условиях ведение социально-ответственной политики обеспечивает компаниям не только положительный имидж, но и высокие экономические показатели деятельности. В России компании предпочитают решению острых социальных проблем участие в спонсорских программах или оказание благотворительной помощи в менее «напряженных» сферах: культура, спорт, поддержка малого бизнеса. Безусловно, такие программы значимы для государства, но менее убедительны для населения. Отечественный бизнес сегодня не воспринимает термин «корпоративная социальная ответственность» в его исходном значении – как решение социальных проблем, частично или полностью вызванных деятельностью конкретной компании. Можно предположить, что российский бизнес боится участвовать в решении «скользких» вопросов и выглядеть некорректно перед какими-либо представителями социальной среды. Тем не менее, построение социально ответственного бизнеса имеет исключительное значение для корпоративного имиджа. Так, готовясь к выходу на российский рынок, английская нефтяная компания BP (British Petroleum) с самого начала представила себя как «корпоративного гражданина Российской Федерации», который вкладывает средства в социальное и экономическое развитие регионов. Но данная сфера не находит широкого применения в современной России. С одной стороны, это объясняется тем, что в период перехода к рынку социальные программы отошли на второй план, и их возрождение требует значительных материальных ресурсов и времени. С другой стороны, руководство компаний недооценивает значимость ведения социально ответственного бизнеса как фактора, улучшающего возможности позиционирования на рынке. Сами потребители сегодня также не всегда готовы оценить действия компаний с позиции этики. Государство со своей стороны пока не выработало методы поддержки компаний, вкладывающих средства в благотворительность, спонсорство. Совокупность указанных факторов тормозит развитие социальной ответственности в бизнес-среде, несмотря на то, что такие формы ее проявления, как благотворительность и спонсорство, открывают широкие возможности для создания позитивного корпоративного имиджа, демонстрируя аудитории причастность и интерес компании к процессам, происходящим в обществе.

В России наибольшее значение продвижению своей продукции и укреплению имиджа уделяют компании, работающие на столичных рынках. Регионы по объему рекламы значительно уступают мегаполисам, а значение корпоративному имиджу практически не

придается. В этом проявляется еще одно отличие России от США, лидера маркетинговых технологий. Отчасти такая особенность связана со спецификой регионов России: ограниченные бюджеты, малые объемы потребления, связанные с низким уровнем жизни, особенности менталитета. Ключевыми факторами, влияющими на решение о покупке, здесь по-прежнему являются приближенность к потребителю, ценообразование и верования. В столице с указанными факторами позволяет справиться грамотно выстроенный имидж, подкрепленный рекламой. В то же время, в развитых странах региональные рынки привлекают особое внимание предпринимателей в связи с тем, что именно в регионах сосредоточена основная масса средних потребителей, на которых направлена большая часть товаров и услуг. В центральных городах рынки уже поделены между крупными корпорациями, и наибольший коммерческий эффект получают именно от внедрения товаров в регионах. Постепенно российские предприятия начинают учитывать данную специфику, но пока не в полной мере. Выход на региональные рынки требует от компаний еще более пристального внимания к вопросам взаимодействия имиджа и социальной среды. Для компаний каждый регион представляет собой уникальное сосредоточение целевых аудиторий с их характерными чертами, в связи с тем что Россия – многонациональное государство. Различия между регионами могут быть критичными для реализации маркетинговых программ. Даже в рамках одного региона может потребоваться индивидуальный подход к каждой области, городу. Практический опыт автора по взаимодействию с общественностью в регионах подтверждает данный факт. К примеру, расположенные недалеко друг от друга Псков, Великий Новгород, Тверь требуют индивидуального подхода при разработке маркетинговых программ, и в частности, при формировании корпоративного имиджа. Так, жители Великого Новгорода всегда охотно принимают участие в рекламных акциях, информация о проходящих мероприятиях распространяется очень быстро и привлекает большое количество зрителей и участников; новгородцы готовы не только участвовать самостоятельно, но также помогать своим знакомым. В то же время, в Пскове подобные акции проходят менее эффективно, меньшим спросом пользуется пресса как источник информации, жители города менее активны в вопросах маркетинга. Для новгородцев имидж компании более значим; многие жители города готовы пользоваться услугами более дорогими, но и более качественными, особенно если производитель дополнительно применяет технологии стимулирования сбыта (подарки, дополнительные услуги) – подобные предложения могут не приносить ощутимой коммерческой выгоды клиенту, но будут повышать его лояльность к компании и способствовать привлечению новых клиентов. Псковичи, которые отличаются менее высоким уровнем доходов, в первую очередь ориентируются на цены, и для них большую роль играют скидки, предоставляемые компанией, нежели ее репутация. Для построения имиджа в таких условиях необходимо предварительно изучить социально-психологические особенности населения и только после анализа полученных данных приступать к формированию имиджевой стратегии. Таким образом, компании с централизованной системой управления должны либо создавать в филиалах собственные отделы маркетинга и PR-службы, либо нанимать местные рекламные агентства для организации мероприятий, так как технологии, эффективно работающие в столице, могут не подойти для конкретного региона.

Еще один значимый элемент имиджевой стратегии, в котором проявляется отставание российских PR-технологий от западных, – это информационная политика компаний. Сложно выделить конкретный показатель влияния такой политики на экономические результаты

деятельности предприятия, но тем не менее на практике данная зависимость оказывается очевидной: управление информационными потоками – ключевой фактор успешного становления бизнеса в любой среде, конкурентной борьбы и перераспределения сфер влияния на рынке, удержания потребителей. Российские компании уступают иностранным в открытости информации, доступности для СМИ, прозрачности бизнеса. Так, сложно представить ситуацию, при которой миноритарные (рядовые) акционеры какой-либо отечественной компании могли получить доступ к информации о заработной плате топ-менеджмента предприятия и тем более повлиять на ее размер. В то же время, в западной практике такая ситуация допустима. Наиболее эффективным процесс управления корпоративным имиджем становится при использовании технологии интегрированных маркетинговых коммуникаций, которая выводит на новый уровень все виды взаимодействия с социальной средой. Как следует из названия данной технологии, она предполагает для достижения поставленных целей интеграцию всего комплекса мероприятий по продвижению компании и ее продукции, рекламе, PR с привлечением социологических исследований. Интегрирование всех средств организации обеспечивает более эффективное их использование. Формируя и поддерживая желательные отношения с обществом, сотрудниками, заказчиками, поставщиками, источниками финансирования, потребителями и политиками, а также со СМИ, бизнес может создать положительный имидж. Общественное доверие формирует благоприятную среду для деятельности компании. Интегрированные маркетинговые коммуникации (ИМК) подразумевают объединение рекламы, прямого маркетинга, стимулирования продаж и связей с общественностью с целью обеспечения согласованности сообщений. Основы ИМК – взаимодействие, мотивация, вовлеченность. Согласно определению Американской ассоциации рекламных агентств, это концепция «планирования маркетинговых коммуникаций, в которой оцениваются стратегические роли различных коммуникационных дисциплин... и комбинации этих дисциплин, чтобы обеспечить ясность, последовательность и максимальное коммуникационное воздействие на потребителя» [9]. Интегрирование маркетинговых коммуникаций обеспечивает межфункциональную координацию всех подразделений компании. Это условие особенно важно, когда организация имеет несколько целевых аудиторий, для которых нужны разные, но не противоречащие друг другу послания. Философия ИМК требует построения всех элементов коммуникации с единых позиций, когда они взаимно усиливают друг друга. ИМК учитывают все каналы коммуникации, создавая эффект синергии при реализации мероприятий по управлению корпоративным имиджем. При этом происходит постепенная интеграция всех сфер бизнес-коммуникаций. Этот принцип позволяет выстраивать эффективное управление корпоративным имиджем. Интегрированные маркетинговые коммуникации наиболее эффективно реализуются в условиях информационной открытости компании, которая проявляется в своевременном регулярном предоставлении достоверной информации о деятельности всем заинтересованным лицам, за исключением коммерческой тайны, т. е. в эффективном управлении информационными потоками. Многие компании уже осознали значение информационной прозрачности, но существуют и такие, для которых она остается только громким заявлением, а не реально используемой технологией укрепления имиджа. В большинстве организаций штатное расписание содержит должность специалиста по связям с общественностью, целых отделов, отвечающих за коммуникации с внешней

средой, но на практике в ряде случаев должностные обязанности таких сотрудников перераспределяются в сторону рекламы, стимулирования сбыта. То есть процесс коммуникации с общественностью не получает грамотного целенаправленного управления. Следуя зарубежному опыту, российский рынок все чаще предъявляет к компаниям требование информационной открытости в соответствии с общепринятыми стандартами. Прозрачность бизнеса – неотъемлемый элемент корпоративного имиджа, особенно для крупных структур, а перед самой информационной политикой ставится первостепенная цель укрепления имиджа и перед клиентами, перед инвесторами госструктурами, СМИ. Ряд крупных компаний из ранее закрытых сфер бизнеса начали реализацию программ информационной прозрачности – Газпром, Сибнефть, некоторые компании лесной, металлургической промышленности. Можно сказать, что в крупном российском бизнесе в области маркетинга происходят процессы, аналогичные мировым. Российские корпорации укрепляют свой имидж посредством повышения прозрачности своей деятельности. На встречах с журналистами руководители компаний рассказывают о достижениях и неудачах, об открытости бизнеса. На многих российских предприятиях отсутствует документ, фиксирующий информационную политику в отношении внешней среды. В отличие от западной практики, далеко не все российские компании готовы представлять вниманию общественности результаты финансовой деятельности. В европейских странах и США данный показатель приближается к 100%. Очевидно, не все российские компании получают весомую выгоду от раскрытия информации о своей деятельности и продолжают поиск иных эффективных методов реализации информационной политики в социальном пространстве. Информационный вакуум вокруг компании уже доказал свою неадекватность в России, но важно учитывать тот факт, что эффективная информационная политика может быть реализована только при условии налаженных коммуникаций внутри самой компании, когда все сотрудники осведомлены о правилах информационного обмена с внешней средой и основами корпоративной культуры в целом.

Данные процессы активно проявляются при условии наличия рынков с развитой конкурентной средой, когда все внешние ресурсы продвижения бизнеса уже не приносят должного результата; в такой ситуации необходимо задействовать внутренние ресурсы компании, в том числе персонал, – на этом этапе поднимается вопрос о развитии корпоративной культуры.

На сегодняшний день в России можно выделить три варианта подхода к работе с корпоративным имиджем и реализации маркетинговых программ в целом. До сих пор существует компании, которые не имеют в штате отдела маркетинга или специалистов в данной области и ограничиваются периодической реализацией отдельных элементов маркетинга (стимулирование сбыта, имиджевая реклама, прямой маркетинг и так далее). Второй вариант предполагает использование отдельных комплексов маркетинговой деятельности, сопровождающих жизненный цикл компании, когда ведется постоянная работа в области исследования потребителей, связей с общественностью или рекламы (т. е. маркетинг компании подстраивается под производство). Наиболее редко сегодня встречается третий вариант – переориентация всей деятельности компании в соответствии с маркетинговой стратегией управления предприятием, когда каждое действие планируется исходя из рыночной ситуации. Данный подход в нашем государстве можно отнести к разряду исключений, но именно постоянный учет требований рынка, в том числе и при формировании

имиджа, обеспечивает успешную конкурентную борьбу, что особенно актуально для предприятий, работающих на рынке массовых товаров и услуг. В то время как ряд компаний ориентируются на западный опыт и постепенно переходят к ведению социально-ответственного бизнеса, другие – напротив, придерживаются старых принципов. Тем не менее, изобилие рекламы, переизбыток товаров на рынке оставляют надежду, что в скором времени маркетинговая политика российских фирм изменится в лучшую сторону, руководствуясь интересами потребителей. В этом случае можно будет наблюдать также оптимизацию имиджевых стратегий.

Отставание России от Запада в маркетинговой отрасли и неприменимость многих иностранных технологий на отечественной почве обуславливает необходимость выработки собственных способов работы с целевыми аудиториями. На сегодняшний день эффективность собственных методик может быть проверена только на практике, которая не всегда оказывается успешной. Региональные, а иногда и столичные компании в России склонны преувеличивать свою значимость при построении имиджа, поэтому образ, не соответствующий действительности, негативно сказывается на дальнейшей деятельности. Неготовность серьезно прорабатывать имиджевую политику зачастую связана с преобладанием сиюминутных интересов над долгосрочными. В таких условиях, разумеется, более эффективными становятся методы прямого рекламного воздействия на потребителя, нежели длительное и скрупулезное выстраивание доверительных отношений с ним. Глубинное исследование социальной среды раскрывает ценности и стратегии людей, методы принятия решений, тактику поведения. Эффективная коммуникационная политика возможна только при понимании стремлений и интересов целевой аудитории. Установление доверительных отношений между компанией и значимыми социальными группами зависит от правильного выбора канала передачи информации.

Эффективному внедрению имиджевых технологий сегодня препятствует также несовершенство ряда отраслей на российском рынке. Так, до сих пор наряду с «белым» рынком (официально признанным), существует «черный», теневой рынок. Можно предположить, что на Западе также функционируют подпольные предприятия, реализующие нелегальные доходы, но их масштаб значительно меньше российского. В таких условиях маркетинг не имеет возможности объективно развиваться, так как при жестокой конкуренции недобросовестные компании получают преимущества в борьбе за потребителя, которые сложно побороть привычными имиджевыми или рекламными технологиями. Тем не менее, с развитием экономических и социальных институтов в России постепенно возрастает и интенсивность бизнес-коммуникаций, без которых сложно представить работу коммерческих предприятий. Бизнес-коммуникации включают в себя все многообразие форм делового общения и превращаются в новую технологию ведения бизнеса. Грамотно выстроенные коммуникации с внешней средой и в равной степени внутри компании дают определенные конкурентные преимущества за счет контроля информационных потоков вокруг нее. Бизнес-коммуникации становятся элементом имиджевой стратегии, соединяя в себе приемы рекламы, PR и других маркетинговых технологий. Одним из признаков расширения бизнес-коммуникаций в России является возрастающее число агентств и компаний, предоставляющих так называемые коммуникационные услуги; расширяют свою деятельность PR- и рекламные агентства, отражая новые потребности бизнес-сообщества. В России

взаимодействие корпоративного имиджа и социальной среды находится только на этапе становления, поскольку многие компании еще недооценивают важность работы со своими целевыми аудиториями, значимыми социальными группами. Данный факт также можно отнести к особенностям субъектов имиджа, которые не всегда соответствуют ожиданиям своей социальной среды, ориентируясь на зарубежные эталоны. И все же можно говорить о том, что сегодня российские компании все больше внимания уделяют собственному образу в глазах целевой аудитории. В первую очередь данный процесс затрагивает крупные предприятия, выходящие на мировой рынок наравне с транснациональными корпорациями. Управление корпоративным имиджем для таких компаний способствует улучшению инвестиционного климата, росту доверия к планируемым финансовым показателям.

Проведенный анализ позволил автору выделить следующие характерные особенности российского имиджмейкинга: специфика всей сферы маркетинга в России находит отражение и в вопросах работы с имиджем – позднее зарождение профессионального имиджмейкинга в России, и как следствие, недостаток теоретической базы; особенности российского менталитета проецируются на восприятие имиджа субъектов, в частности отмечен недостаток внимания к корпоративному имиджу со стороны потребителей; низкий уровень жизни большого количества населения приводит к тому, что ценовая доступность товаров и услуг нередко становится ключевым фактором, определяющим выбор потребителя, и в этой ситуации уже не приходится говорить об имидже. Важная черта российского общества, которую необходимо учитывать, – доверие слухам; в данной ситуации желаемого эффекта можно достичь, используя технологию «случайной» утечки информации. Следует отметить, что в условиях кризиса – не только финансового, но и кризиса доверия – многие россияне склонны доверять словам соседа или знакомого больше, чем информации, поступающей из официальных источников.

Первостепенное значение придается достижению коммерческих целей, которые ставятся перед имиджем; внутренний имидж организации продолжает оставаться наиболее недооцениваемой частью корпоративного имиджа, т. е. внутренняя общественность компании не является каналом передачи корпоративной информации во внешнюю среду, и не только не продвигает положительный имидж, но зачастую не одобряет и не разделяет его. Отставание российских PR-технологий от западных проявляется также в информационной политике – отечественные компании уступают иностранным в открытости информации, прозрачности бизнеса.

Еще одна особенность российского имиджмейкинга заложена в недооценке значимости социальной политики компании, что приводит к недоверию со стороны общественности, так как нежелание участвовать в социальной жизни города или региона создает у потребителей ощущение неоправданных ожиданий. Наибольшее значение продвижению своей продукции придают компании, работающие на столичных рынках. В то же время данная ситуация будет меняться по мере того, как крупные компании станут выходить на региональные рынки в поисках новых потребителей. Каждый российский регион представляет собой уникальное сосредоточение целевых аудиторий, которые требуют индивидуального подхода; этот факт должен учитываться при разработке маркетинговых программ, в том числе при построении имиджа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алейникова А. С. Влияние культурного кризиса на проявление социального одиночества в современной России. Человек постсоветского пространства: Сб. мат. конф. / Под ред. В. В. Парцвания. СПб.: Санкт-Петербургское философское общество, 2005. Вып. 3. С. 69–75.
2. Кармин А. С. Психология рекламы. СПб.: ДНК, 2004.
3. Чаган Н. Г. Корпоративный имидж как капитал современной организации // Российское предпринимательство. 2002. № 3. С. 28.
4. Кураков Л. П., Кураков В. Л., Кураков А. Л. Экономика и право: Словарь-справочник. М.: Вуз и школа, 2004.
5. Родин О. Концепция организационной культуры: происхождение и сущность // Менеджмент, 1998. № 7. С. 67–77.
6. Grunig J. E. Let's Put Meaning Into Public Relations Research // The Institute for Public Relations and Education, 2001. Gainesville, FL: University of Florida. P. 32.
7. Почепцов Г. Г. Паблик рилейшнз или как успешно управлять общественным мнением. М.: Центр, 2004. С. 336.
8. Туркин С. Д. Зачем бизнесу социальная ответственность // Управление компанией. 2004. № 7.
9. Бове К. Л., Аренс У. Ф. Современная реклама / Пер. с англ. Д. В. Вакин и др. Тольятти: Изд. дом «Довгань», 1995.

S. V. Kartoshkina

CHARACTERISTICS OF IMAGE-MAKING IN PRESENT-DAY RUSSIA

Peculiarities of Russian image-making can be found out in economical, political, and national characteristics of society: modern information technologies are developing; psychological consumer impact via marketing technologies becomes more complicated. Within the framework of the article characteristics of corporate image-making in the information society of present-day Russia are considered.

Image, society, target audience, mentality, subject, opinion leaders

УДК 378(09)

М. П. Замотин

СТАНОВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ (XIX – нач. XX вв.)

Освещаются предпосылки и структура развития и функционирования высшего технического образования в России XIX – нач. XX вв.

Технические науки, образование, инженер, ученые

Не представляет сомнения, что технические науки возникли на определенных этапах развития научно-технического, естественно-научного знания и технического прогресса и имеют как теоретические, так и практические предпосылки своего генезиса. Теоретическими предпосылками формирования технических наук являются развитие научно-технического знания и развитие естественных наук и математики в XIX в., в частности механики И. Ньютона.

Практической же предпосылкой формирования технических наук стало появление крупного машинного производства, которое требовало для своего развития и функционирования целенаправленного применения научных знаний. Технические науки формировались в связи с усложнением технических средств производства в период масштабного использования машин и явились своего рода инструментом, который существенным образом изменил способ конструирования разного рода механизмов.

Процесс формирования технических наук начался с появления на рубеже XVIII–XIX вв. технических наук механического цикла – теории машин и механизмов, деталей машин, баллистики, теплотехники и других. Машина стала пониматься как реализация естественного процесса, технические средства отныне могли быть использованы как особая форма овеществления явлений и процессов природы.

Конец XVIII – середина XIX в. являются, таким образом, периодом возникновения технических наук, установления эмпирических законов, ориентированных исключительно на решение практических конкретных задач.

Проследивая историю зарождения и становления российского технического образования, отметим, что начиная с эпохи Петра Великого (XVIII в.) оно характеризовалось профессионально-прикладной направленностью, было нацелено на приобретение необходимых специальных теоретических знаний и практических технических навыков для профессиональных целей.

В России специальные учебные заведения были созданы в самом начале XVIII в. В инженерной школе, основанной в 1700 г., и в школе «математических и навигацких наук», учрежденной в 1701 г., преподавались прикладные дисциплины. Специалистов по горнозаводскому делу подготавливали в специальных школах при заводах. Основанный в 1755 г. Московский университет выпускал специалистов, обладавших серьезными знаниями по теоретической и прикладной механике.

Уже после смерти Петра, в 1732 г., возникли гарнизонные школы, дававшие не только начальное военное, но и начальное математическое и инженерное образование. Часть духовных («архиерейских») школ расширили свой курс за счет «средних» и «высших» классов и стали именоваться «семинариями». В них, кроме грамоты, изучались грамматика, риторика, философия и богословие.

Переход от мануфактурной стадии капитализма к фабричной системе и последовавший за ним промышленный переворот (в результате изобретения и применения паровой машины) во 2-й половине XVIII в. в Англии, а затем и в ряде других стран обусловил развитие будущего высшего технического образования. В 1773 г. в Петербурге было основано Горное училище (ныне Санкт-Петербургский горный институт), положившее начало инженерному образованию в России. В училище изучались арифметика, алгебра, геометрия, маркшейдерское искусство, минералогия, металлургия, рисование, химия, механика, физика, французский, немецкий, латинский языки. Перечень дисциплин постепенно расширялся, и в начале XIX в. в него были включены: палеонтология, горное искусство, пробирное искусство, горная статистика, горное право, черчение с моделей, всеобщая и русская история, география, логика, зоология, ботаника, чистая математика, архитектура и др., что обеспечивало широту профиля специалистов, которых готовило училище.

С 1865 г. полный курс обучения составлял пять лет. Первые три года преподавались общие дисциплины. К таким дисциплинам относили аналитическую механику, строительное искусство, высшую математику, начертательную геометрию, черчение, ботанику, зоологию, физику, минералогию, кристаллографию, политическую экономию, законоведение, языки:

французский, немецкий, английский. Последние два курса разделялись на два направления: горное (маркшейдерское искусство, горное искусство, геология, палеонтология) и заводское (металлургия, пробирное искусство, неорганическая и аналитическая химия). Во время каникул учащиеся посещали горные заводы, рудники, производили минералогические, палеонтологические наблюдения и т. д. В институт принимались лица окончившие курс гимназии без древних языков.

Другим высшим техническим учебным заведением являлся Санкт-Петербургский практический технологический институт, который был учрежден в 1828 г. с целью подготовки людей, имеющих достаточные теоретические и практические познания для управления фабриками и заводами или отдельными отделами таковых. В институт принимались дети купцов, мещан, цеховых и разночинцев в возрасте от 13 до 15 лет, умеющие читать и писать по-русски. Среди изучаемых предметов можно выделить следующие: Закон Божий, русский язык, география, история, чистописание, рисование, арифметика, геометрия, прикладная механика, курс технологии (красильное дело, строительство различных машин).

В 1862 г. было утверждено новое положение об институте, которым определялось, что Санкт-Петербургский технологический институт является специальным высшим учебным заведением с четырехлетним курсом с разделением на два отделения – механическое и химическое. В институт допускались лица, выдержавшие экзамен по физике и математике и окончившие курс гимназии или реальных училищ с дополнительным классом.

В начале царствования Александра I была осуществлена реформа системы образования. Впервые была создана школьная система, распределенная по учебным округам и замкнутая на университетах. Эта система была подчинена Министерству народного просвещения. Вводились три типа школ: приходские училища, уездные училища и гимназии (губернские училища). Школы двух первых типов были бесплатными и бессловными. В отличие от екатерининской школьной системы, эти три типа школ соответствовали трем последовательным ступеням общего образования (учебный план каждого следующего типа школы не повторял, а продолжал учебный план предыдущего). Сельские приходские училища финансировались помещиками, уездные училища и гимназии – из государственного бюджета. Кроме того, были духовные училища и семинарии, подведомственные Священному Синоду, училища, подчиненные ведомству учреждений императрицы Марии (благотворительные) и военному министерству. Особую категорию составляли элитные учебные заведения – Царскосельский и другие лицеи и пансионы.

Техническое образование в России середины XIX – начала XX в. представлено тремя различными уровнями – высшим, средним, низшим, – которые в свою очередь образуют систему технического образования в России. Стоит отметить, что в 1864 г. было принято «Положение о начальных училищах», утвердившее общедоступность и внесловность начального образования. Наряду с государственными школами стало поощряться открытие земских и частных школ.

Термин «техническое образование» стал употребляться в России к середине XIX в., когда оно являлось составной частью специального образования. Поэтому следует определить смысл, который вкладывался в это понятие, для дальнейшей характеристики уровней технического образования.

А. Г. Неболсин, И. А. Анопов определяют техническое образование как образование, посвященное исключительно техническому обучению, или в котором последнее, хотя и связано с общим образованием, но составляет основную задачу. Из данного определения мы видим два направления образования: специально-техническое, которое связано с конкретной профессией, и общетехническое, связанное с преподаванием общетехнических дисциплин, напрямую не связанных с профессией.

Согласно «Общему плану технического и профессионального образования в Империи», опубликованному в 1884 г.:

«Инженер – человек стоящий вполне на уровне современного состояния специальности, в которой он действует. Это человек, вооруженный надлежащей практической опытностью и в месте с ней полным научным и техническим образованием к этой специальности, которая позволяла бы ему не только поддерживать производство, но и совершенствовать его посредством введения улучшений.

Техник – мастер, будучи ближайшим помощником инженера, владеющий всеми сведениями, которые необходимы для основательного и правильного производства подготовительных работ, а так же для надлежащего наблюдения за приведения сил последнего в исполнение.

Рабочие – люди, которые под руководством и под общими указаниями мастера могут непосредственно исполнять с надлежащей точностью и аккуратностью работы им поручаемые, ловкость и навык в употреблении приемов производства, умение надлежащим образом применить, быстро усваивать и безошибочно производить в исполнение указания мастера».

Таким образом, к середине XIX в. в России были определены различные уровни учебных заведений для реализации технического образования (высшие, средние, низшие), в рамках которого рассматривалась подготовка кадров к оптимальному функционированию в развивающейся промышленности, хотя на уровне подготовки рабочих не предусматривалось формирование активной позиции самого субъекта.

Поэтому, говоря о развитии технического образования в России середины XIX–XX вв., следует понимать под техническим образованием один из видов специального образования, направленный на освоение научно-теоретических и практических знаний и умений в различных отраслях промышленности для подготовки на уровне начальных и средних учебных заведений специалистов низшего и среднего звена, а на уровне высших учебных заведений – специалистов высших административных постов (руководителей технических работ).

Развитие промышленности, внедрение новых способов работы, производства, усовершенствование технических средств труда определяли создание различных уровней технического образования, которые выступали средством подготовки квалифицированных специалистов в контексте работы промышленных предприятий. Как отмечает Н. Н. Кузьмин, уже в первой половине XIX в. идет быстрый количественный рост как самих предприятий, так и рабочих, занятых в промышленности. Осуществляется переход от одной формы промышленности к другой (от мануфактуры к фабрике), а быстрое экономическое развитие страны ставит задачу подготовки специалистов для работы по различным отраслям хозяйства. Положение промышленности требовало специалистов, которые могли не только управлять

техникой, но и совершенствовать ее, управлять промышленными предприятиями. Все это актуализировало целенаправленную подготовку специалистов в области промышленности.

Вопросы развития высшего, среднего, низшего технического образования рассматривались в работах Е. Н. Андреева, А. Г. Неболсина, П. А. Мясоедова, И. А. Анопова и др.; кроме этого в работах Н. Н. Кузьмина, А. Н. Веселова, С. Я. Батышева и др. рассматривались вопросы низшего и среднего технического образования.

19 ноября 1864 г. был принят «Устав гимназий и прогимназий», по которому все гимназии были разделены на классические и реальные, а вместо уездных училищ создавались прогимназии.

«Устав...» 1871 г. установил только один тип среднего учебного заведения – классическая гимназия, где основное внимание уделялось изучению древних языков (42,2 % учебного времени) и математике. Гимназия предоставляла общее образование и готовила к поступлению в университет и другие высшие учебные заведения. Реальное училище предоставляло общее образование, направленное на приобретение технических познаний. После окончания реального училища нельзя было поступать в университет. Старшие классы (5 и 6) училища делились на основное и коммерческое отделения, а седьмой (дополнительный класс) – на отделения механико-техническое, химико-техническое и общеобразовательное. Реальные училища призваны были удовлетворять потребности промышленности в инженерно-технических кадрах.

Именно в XIX – начале XX вв. в Российской империи проходили качественные изменения в организации всей системы высшего технического образования. Этот процесс был обусловлен общественно-экономическими потребностями нашего государства, стремившегося в тот момент составить всестороннюю, в том числе и экономическую конкуренцию другим государствам Европы и мира в целом. Накопленный исторический опыт представляется очень полезным в современных условиях, когда деловое сотрудничество и одновременно конкуренция являются важными элементами развития всех сторон жизни общества, в том числе и в области развития вузовской технической мысли.

Деятельность ведущих петербургских научных школ (М. В. Остроградского, М. П. Костенко и др.) напрямую влияла на развитие технической мысли в столице, в России, а часто и в мире в целом. Можно сделать вывод о том, что петербургские математики, физики, химики, астрономы и другие ученые играли важную и, вероятно, ключевую роль в отечественной науке на рубеже двух столетий. Их влияние распространялось на все сферы экономики государства.

Говоря о развитии технического образования в России середины XIX–XX вв., под техническим образованием необходимо понимать один из видов специального образования, направленный на освоение научно-теоретических и практических знаний и умений в различных отраслях промышленности для подготовки на уровне начальных и средних учебных заведений – специалистов низшего и среднего звена, а на уровне высших учебных заведений – специалистов высших административных постов (руководителей технических работ и т. п.).

Одной из специфических особенностей всей системы российского образования и науки XIX в., а также в какой-то мере начала XX в. является то, что интеллектуальной элитой страны очень часто были военнотружущие.

Правительственная инициатива по обеспечению промышленности квалифицированными кадрами выразилась в создании реальных училищ, но в целом оно преследовало цели сословного принципа в образовании, пытаясь оградить рабочее население от среднего и высшего образования. Реальные училища не могли полностью обеспечить запросы промышленности, которая требовала решения не только технической стороны производства, но и качественной подготовки квалифицированных кадров и управляющего состава для технических предприятий страны.

Стимулом развития образования послужило разрешение открывать частные учебные заведения, не ограничивая их числа, что выразилось в активизации общественной инициативы в делах просвещения. Именно поэтому значительную роль в развитии технического образования в это время сыграли общественные организации и частные учебные заведения, которые в своей деятельности пытались сочетать требования местных и государственных условий промышленности.

Правительство выступило с широкой поддержкой частной инициативы в распространении специального (технического) образования! Особенно это касалось обществ, которые ставили перед собой цель способствовать распространению технических знаний, развитию коммерческого, сельскохозяйственного образования, повышению общей и профессиональной грамотности рабочих.

Основная цель технических обществ – содействовать развитию техники и фабрично-заводской промышленности. Деятельность этих обществ заключается в анализе предлагаемых проектов и изобретений, в сообщении правительству о желательных законодательных актах, в координации позиции ученых техников и промышленников, в обнаружении новых способов и приемов производства, в устройстве технических учебных заведений, выставок, съездов и т. д. Как отмечает В. А. Кричко, первым и наиболее крупным обществом, объединившим представителей техники, науки и промышленности, стало Русское техническое общество (РТО).

На развитие и совершенствование отечественного высшего образования в конце XIX – начале XX вв. большое влияние оказали ученые, создавшие свои научно-педагогические школы: В. В. Марковников, А. Г. Столетов, И. И. Мечников, Д. К. Чернов, Н. А. Умов, П. Н. Лебедев, К. А. Тимирязев, Д. И. Менделеев, А. С. Попов, Н. Е. Жуковский, И. П. Павлов и др. Ученые Московского высшего технического училища (А. В. Летников, Н. А. Шапошников, П. К. Худяков, А. П. Сидоров, А. П. Гавриленко, В. И. Гриневецкий и др.) создали русскую систему высшего технического образования, основанную на тесной связи глубокого теоретического обучения с практическими занятиями, проводимыми в производственных мастерских и лабораториях. Эта система получила широкое признание за рубежом как «русские методы обучения» и была отмечена высшими премиями и наградами на международных выставках (в Филадельфии – 1876 г. и в Париже – 1900 г.). Д. И. Менделеев придавал большое значение высшему педагогическому образованию, от состояния которого, как он утверждал, зависят все отрасли высшего образования. Н. Е. Жуковский считал необходимым в целях подготовки творческих специалистов привлекать студентов к научно-исследовательским и поисковым работам. В Московском высшем техническом училище им был организован студенческий научный кружок по исследованиям проблем воздухоплавания. Студенческие кружки подобного типа создавались крупнейшими учеными и в других вузах.

Говоря о динамике и основных тенденциях развития технической мысли в российской высшей школе, можно сделать вывод, что это позволит систематизировать и использовать в современной практике исторический опыт работы профессорско-преподавательского состава. Учитывая то обстоятельство, что в XIX – начале XX вв. в российской столице было сосредоточено большинство представителей вузовской интеллигенции, опыт ее деятельности, опыт развития вузовской технической мысли именно Петербурга может стать основанием для конструктивного использования практики прошлого в наши дни.

Подводя итоги, можно выделить три основные системообразующие составляющие, которые послужили стимулом для конструктивного взаимодействия сферы производства и технической школы в России:

1. Появление новых научных открытий, гипотез, идей в технической сфере. В основном это происходило в тех профессорско-преподавательских кругах, которые были заинтересованы в развитии технической мысли. Мотивация такой заинтересованности была довольно широкой: научные амбиции, стремление сделать вузовскую карьеру, любовь к избранной профессии, стремление к широкой известности среди современников и т.д. Эти мотивы порождали конкретные результаты развития технической мысли, совпадая по времени с введением в учебных заведениях Российской империи, и в первую очередь Петербурга, тех или иных юридических документов, которые способствовали развитию науки и производства.

2. Определяющую роль в развитии технической высшей школы России играли объективные потребности государства в создании и внедрении передовых технологий производства во всех сферах, особенно в тех, которые определяли основные показатели экономического и, как правило, политического превосходства России над другими странами.

3. В XIX – начале XX вв. в Российской империи начала складываться слаженная система развития технической мысли, что послужило не только стимулом для институционализации высшего технического образования, но так же способствовало качественным переменам в процессе взаимодействия сферы образования и промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кричко В. А. Продолжая традиции... (к 125-летию РТО). – М.: Знание, 1991.
2. Кузьмин Н. Н. Низшее и среднее специальное образование в дореволюционной России. – Челябинск: Южно-Уральское книжное отделение. – 1971.
3. Начальное и среднее образование в Санкт-Петербурге (XIX–XX вв.): Сб. док. – СПб.: Лики России, 2000.
4. Общий план технического и профессионального образования в Империи. – СПб., 1884.
5. Волобуев П. В. Наука и техника в дореволюционной России (конец XIX в. – 1917 год) // Академик П. В. Волобуев. Неопубликованные работы. Воспоминания. Статьи. – М.: Наука, 2000.
6. История образования и педагогической мысли за рубежом и в России: Учеб. пособие для студентов высш. пед. учеб. заведений / Под ред. З. И. Васильевой. – М.: Изд. центр «Академия», 2001.

M. P. Zamotin

THE FORMATION OF TECHNICAL EDUCATION IN RUSSIA (XIX – XX cent.)

Devoted to the resources and the structure of the development and functions of technical education in Russian universities in XIX and the beginning XX centuries.

Technical science, education, engineer, scientists

Сведения об авторах

Антонюк Евгений Михайлович

Профессор кафедры информационно-измерительных систем и технологий СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Тел.: (812)234-93-93. E-mail: iist1929@jmail.com.

Белов Михаил Петрович

Доцент кафедры робототехники и автоматизации производственных систем СПбГЭТУ «ЛЭТИ», канд. техн. наук.

Тел.: (812)346-12-48. E-mail: milesa58@mail.ru.

Богачев Юрий Викторович

Доцент кафедры физики СПбГЭТУ «ЛЭТИ», канд. физ.-мат. наук.

Тел.: (812)234-96-56. E-mail: spin_ltd@mail.ru.

Ву Зуи Линь

Аспирант кафедры математического обеспечения и применения ЭВМ СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Тел.: 8(906)247-74-39. E-mail: duylinh04@yahoo.com.

Драпкин Валерий Залманович

Старший научный сотрудник, руководитель лаборатории ЭПР кафедры физики СПбГЭТУ «ЛЭТИ», канд. техн. наук.

Тел.: (812)234-96-56. E-mail: spin_ltd@mail.ru.

Замотин Максим Павлович

Ассистент кафедры социологии и политологии СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Тел.: +7(909)592-16-18. E-mail: jethro79@mail.ru.

Каменская Екатерина Ивановна

Аспирант кафедры математического обеспечения и применения ЭВМ СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Тел.: +7(911)958-30-00. E-mail: kamenskaya_k@mail.ru.

Картошкина Светлана Викторовна

Начальник отдела рекламы «Петербургская топливная компания».

Тел.: (812)535-53-42. E-mail: kartoshkinas@yandex.ru.

Кириллов Алексей Васильевич

Начальник лаборатории ЗАО «Светлана-Электронприбор», канд. техн. наук.

Тел.: (812)554-93-27.

Князев Михаил Николаевич

Научный сотрудник кафедры физики СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Тел.: (812)234-96-56. E-mail: spin_ltd@mail.ru.

Кукаев Александр Сергеевич

Студент кафедры лазерных измерительных и навигационных систем СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Тел.: (812)346-44-86. E-mail: Alexander_1989@mail.ru.

Кухарев Георгий Александрович

Профессор кафедры математического обеспечения и применения ЭВМ СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Тел.: +7(911)118-24-44. E-mail: kuga41@mail.ru.

Ломоносова Юлия Сергеевна

Студентка кафедры информационно-измерительных систем и технологий СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Тел.: (812)234-93-93. E-mail: jul.lomonosova@mail.ru.

Лукьянов Дмитрий Павлович

Профессор кафедры лазерных измерительных и навигационных систем СПбГЭТУ «ЛЭТИ», д-р техн. наук.

Тел.: (812)346-44-86. E-mail: dplukyanov@mail.ru.

Перес Васкес Нельсон О.

Аспирант кафедры электронных приборов и устройств СПбГЭТУ «ЛЭТИ», магистр техники и технологии.

Тел. +7(921)426-68-92. E-mail: n.perez@octavianonline.com, othonelson@mail.ru.

Сафронов Даниил Валерьевич

Студент кафедры лазерных измерительных и навигационных систем СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Тел.: (812)346-44-86. E-mail: drakon89@list.ru.

Смирнов Владимир Александрович

Инженер-конструктор I категории ЗАО «Светлана-Электронприбор».

Тел.: (812)554-93-27.

Сольнищев Ремир Иосифович

Профессор каф. САПР СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Тел.: (812)234-36-75. E-mail: KSA84@yandex.ru.

Усов Андрей Аркадьевич

Инженер ЗАО «Светлана-Электронприбор».

Тел.: +7(921)655-8763.

Черненко Юлия Сергеевна

Аспирант кафедры физики СПбГЭТУ «ЛЭТИ», магистр техники и технологии.

Тел.: (812)234-96-56, E-mail: spin_ltd@mail.ru.

Правила представления рукописей авторами

В редакционный совет журнала «Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ» необходимо представить:

- файлы на дискете либо CD (в отдельных случаях по предварительному согласованию с редсоветом допустима передача материалов по электронной почте):
 - рукопись статьи;
 - сведения об авторе(ах);
- документы на листах формата А4 (1 экз.):
 - рукопись статьи;
 - сведения об авторе(ах);
 - рекомендация кафедры с указанием наименования тематического раздела, в котором предполагается опубликование материала;
 - экспертное заключение о возможности опубликования материала в открытой печати;
 - сопроводительное письмо (только для авторов, не работающих (не обучающихся) в СПбГЭТУ «ЛЭТИ»).

Сведения об авторах должны содержать:

1. Фамилию, имя, отчество (полностью) автора.
2. Основное место работы.
3. Должность.
4. Ученую степень, ученое звание.
5. Контактный телефон, адрес электронной почты.

Все сведения печатаются в строку (без пунктов) на русском и английском языках.

Правила оформления текста статьи

Статья должна быть тщательно отредактирована, содержать признаки научной публикации:

- текстовый редактор Microsoft Word версии не ниже 97;
- формат бумаги А4;
- параметры страницы: поля – верхнее 3 см, левое и нижнее 2.5 см, правое 2 см, верхний колонтитул 2 см, нижний колонтитул 2 см;
- основной текст статьи: шрифт «Times New Roman» 12 pt; выравнивание по ширине; первая строка с абзацным отступом 1 см; межстрочный интервал «Множитель 1.2».

На первой странице указывается индекс УДК (в левом верхнем углу; шрифт «Arial» 12 pt, интервалы: «перед» 18 pt, «после» 6 pt; межстрочный интервал «Множитель 1.2»); далее даются инициалы и фамилии авторов, затем название статьи, краткая аннотация статьи и ключевые слова на русском языке. Инициалы и фамилии авторов, название статьи, краткая аннотация статьи и ключевые слова на английском языке размещаются в конце публикации после библиографического списка.

Перечень авторов разделен запятыми, инициалы перед фамилиями, шрифт «Arial» 14 pt, жирный курсив; выравнивание по правому краю, абзацный отступ слева 1 см; автоматические переносы отключены; интервалы перед абзацем и после него 0 pt, межстрочный интервал «Множитель 1.2»).

Название статьи набирается прописными буквами (шрифт «Arial» 18 pt; выравнивание по левому краю; отступ слева 0.5 см, автоматические переносы отключены; интервалы перед абзацем и после него – 6 pt, межстрочный интервал «Множитель 1.2»).

Аннотация содержит 3–7 строк, характеризующих содержание статьи (шрифт «Times New Roman» 10 pt, курсив; выравнивание по ширине; отступы: слева и справа 1.5 см, первая строка 0.7 см; интервалы перед абзацем и после него 12 pt, межстрочный интервал одинарный).

Ключевые слова состоят из 3–10 слов и словосочетаний, отражающих содержание статьи, разделенных запятыми, в конце их перечисления точка не ставится; шрифт «Times New Roman» 10 pt, жирный; выравнивание по левому краю; автоматические переносы отключены; интервалы перед абзацем 0 pt, после него 6 pt, межстрочный интервал одинарный).

Далее следует текст статьи.

После основного текста следует библиографический список, который включает:

➤ *заголовок «Список литературы»* (шрифт «Times New Roman» 12 pt; выравнивание по центру; интервалы: перед абзацем 12 pt, после него 6 pt, межстрочный интервал «Множитель 1.2»);

➤ *библиографическое описание источника* с порядковым номером ссылки на него по тексту, начиная с первого, выполненное по ГОСТ 7.3–2003. Библиографическое описание документа. Введ. 01.07.2004 / Госкомстандарт. М., 2004 (отдельным абзацем; шрифт «Times New Roman» 10 pt; первая строка с абзацным отступом 0.7 см; выравнивание по ширине; межстрочный интервал одинарный).

Библиографический список не должен превышать 10 (для обзорных заказных статей – 20) наименований: приводятся только источники, на которые есть ссылки в тексте (ссылки на неопубликованные и нетиражированные работы не допускаются).

Для создания *формул* используются встроенные возможности Word и (или) редактора MathType. Необходимо использовать следующие установки редактора формул. Размеры: «полный» 12 pt, «подстрочный» 10 pt, «под-подстрочный» 9 pt, «символ» 18 pt, «подсимвол» 12 pt; стили: текст, функция, число – шрифт «Times New Roman», вектор-матрица – шрифт «Times New Roman», жирный; греческий малый, греческий большой, символ – шрифт «Symbol», прямой; переменная – шрифт «Times New Roman», курсив.

На каждый рисунок и таблицу в тексте статьи необходимо дать ссылку. Каждый рисунок и таблица должны быть пронумерованы (напр.: Рис. 1, Табл. 3).

Текст в *таблицах* печатается через 1 интервал, шрифт «Times New Roman»; основной текст 10 pt, индексы 8 pt. Нумерационный заголовок содержит слово «Таблица» и ее номер арабскими цифрами (без знака номера перед ними и без точки на конце); выравнивается по правому краю таблицы и выделяется светлым курсивом.

Рисунки цифрового формата (в электронном виде) создаются средствами Word или другими программами в черно-белом виде. Цветные рисунки не допускаются. Рисунки не редактируются. Основные линии на рисунках (границы блоков и соединительные линии на схемах, линии графиков) имеют толщину 1.25 pt, вспомогательные (линии-выноски, оси, размерные линии) – 0.75 pt.

Описание содержания рисунка, а также введенных на нем обозначений следует приводить в основном тексте статьи. Подпись под рисунком содержит только его номер (шрифт «Times New Roman», курсив, 11 pt) и располагается по центру рисунка. Все тексты и обозначения на

рисунке даются шрифтом размером 10 pt с единичным межстрочным интервалом; цифровые обозначения на линиях выносок, буквенные обозначения фрагментов и номер рисунка даются курсивом.

При невозможности представить электронные версии рисунков следует представить только твердые копии, обеспечивающие качественное воспроизведение рисунков после их сканирования (графики – черной тушью на белой бумаге, фотографии – на матовой бумаге размером не менее 9 × 12 см, не более 21 × 30 см).

Перечень основных тематических направлений журнала:

- Радиоэлектроника и телекоммуникации.
- Физика твердого тела и электроника.
- Информатика, управление и компьютерные технологии.
- Автоматизация и управление.
- Электротехника.
- Приборостроение и информационные технологии.
- Биотехнические системы в медицине и экологии.
- Управление качеством, инновационный и антикризисный менеджмент.
- Гуманитарные науки.
- История науки, образования и техники.
- Современные технологии в образовании.

Рукописи аспирантов печатаются бесплатно.

Технические вопросы можно выяснить по адресу: Izvestiya-leti@yandex.ru