

определенного типа документов, например, товарно-транспортных накладных.

Вопросы организационно-технического обеспечения криптографической защиты информации, в том числе поставка сертифицированных средств криптографической защиты и обеспечение безопасности их использования в системах защиты товаров, документов и продукции, решаются через организации, имеющие соответствующие лицензии.

Техническое решение «Система маркирования и верификации документов» защищено свидетельством на полезную модель № 19944. На ее основе разработана автоматизированная система «Атлас-Баркод» [3] для ввода бумажных платежных поручений в автоматизированную систему банка, которая внедрена и успешно функционирует в банках Санкт-Петербурга. Аналогичная система для обработки товарно-транспортных накладных проходит апробацию в системе магазинов «Пятерочка» Санкт-Петербурга.

Литература: 1. Богданов В. Н. и др. Способ подтверждения подлинности информации. Патент РФ № 2165643 от 19. 04. 2001. Приоритет от 19. 04. 2000. Оpubл. 20. 04. 2001, БИ № 11. 2. Богданов В. Н. и др. Система защитной маркировки и верификации документов. Свидетельство на полезную модель № 19944 от 10. 10. 2001. Приоритет от 28. 05. 2001. Оpubл. 10. 10. 2001, БИ № 28. 3. Костюк К. В. и др. Автоматизированная система ввода платежных поручений «Атлас-Баркод». Программа для ЭВМ. Свидетельство об официальной регистрации № 2001610818 от 02. 07. 2001. Правообладатель ГУП НТЦ «Атлас».

УДК 621.396.6

ЗАЩИТНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМАХ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ПОДАКЦИЗНЫХ ТОВАРОВ

Владимир Богданов, Петр Вихлянецв, Михаил Симонов

ДГУП НТЦ «Атлас-Северо-Запад», Россия, Санкт-Петербург

Аннотация: Рассмотрены способ и система маркирования алкогольной продукции. Проанализированы опыт внедрения и результаты эксплуатации системы в Российской Федерации.

Summary: Considered way and method of labeling of alcohol products. Analyzed experience of implantation and exploitation results of the system in Russia.

Ключевые слова: Защита товаров, голографическая защита информационных носителей.

I Введение

Вопрос защиты (продукции) от фальсификации актуален во многих странах мира. Явление фальсификации товарной продукции приобрело в последние десятилетия особо крупные масштабы. К середине 90-х годов поток фальсифицированных товаров оценивался в 200 млрд. долларов. При этом особенно быстро он распространяется на отрасли массового производства товаров широкого потребления, продовольственное и фармацевтическое производство. Одним из самых печальных последствий массовой фальсификации продукции являются, увеличившиеся в несколько раз, случаи алкогольного отравления. Мошенники используют современную копирующую технику и другие новейшие технические средства. Высокоприбыльная реализация «левой» продукции, в том числе алкогольной, обогащение путем фальсификации товаров питают теневой бизнес и криминальные структуры. Государство теряет колоссальные средства от недополучения налогов. Это невыплаченная пенсия пенсионерам, зарплата врачам и военным. Проблема массового потребления фальсифицированных товаров приобрела черты национального бедствия и становится существенной угрозой для национальной безопасности страны. Создание и внедрение систем защиты товаров, документов и продукции от фальсификации, ставящих заслон на пути мошенников, является задачей государственного масштаба, на решение которой направлены целый ряд федеральных законов и постановлений правительства.

Основным средством защиты товарной продукции являются системы маркирования. Маркирование – способ нанесения защитных знаков на товары, документы, продукцию с внесением сведений о защитных знаках и объектах маркирования в информационную систему. Материальной основой маркирования является автоматизированная система контроля и учета товаров, документов и продукции. Центральным элементом системы маркирования товаров, документов и продукции является защитный знак маркировки.

II Защитные знаки маркировки

Защитный знак – это распознаваемый визуально физический объект (знак, маркировка), характеризующейся некоторыми признаками. На защитный знак возлагаются три основные функции: прямо или косвенно защищать объект маркировки, выявлять несанкционированный доступ к объекту и информировать о происхождении и движении объекта маркировки.

Кроме этого защитный знак должен свидетельствовать о наличии имущественных или иных прав на объект маркирования, выявлять нарушение этих прав третьими лицами, содержать информацию производителя и информацию, позволяющую вести независимый контроль состояния, происхождения и движения объекта, а также иметь достаточную стойкость от подделки и фальсификации.

Для защиты знаков маркировки используется различная защита: полиграфическая (типографская), голографическая (нанесение голографического защитного элемента), химическая защита красок, штриховое кодирование, криптографическая защита информации. Исторически полиграфические защитные технологии развивались в двух направлениях: изготовление специальной бумаги, являющейся основой для защитных знаков, и применение специальных знаков защиты, включаемых в эту бумагу или добавляемых в процессе подготовки документов. Бумага с цветными знаками защиты отличается равномерной толщиной и имеет многослойную (ламинированную) структуру. Основой ее является двухсторонняя прозрачная смолянистая подложка из пластика типа полиэфира с полипропиленом или целлофана. Могут также применяться композитные материалы с различными флуоресцентными свойствами. Достаточно дорогая и сложная технология изготовления такой бумаги и специальных технических устройств контроля ограничивает сферу ее применения и не гарантирует от подделок.

Применение идентифицирующих голограмм до недавнего времени считалось гарантированным средством защиты, но оказывается, что определенная техника может быть использована для подделки (копирования) голограмм.

Штриховое кодирование уже давно стало нормой в международной торговле. Первое упоминание о штриховом кодировании относится к 30-м годам. Наибольшее распространение во всем мире получил 13-разрядный или 8-разрядный штриховой код (ШК) EAN (European Article Numbering). В одномерном (линейном) ШК можно разместить информацию в 20–30 цифробуквенных символов. Для применений, требующих большего объема информации до 1,5...2 тыс. знаков, используются двухмерные штриховые коды. Сегодня разработано более 20 различных символов двухмерных штриховых кодов. Наиболее популярны коды PDF417, Datamatrix, Aztec.

Штриховое кодирование в сочетании с криптографической защитой информации были использованы НТЦ «Атлас» для подтверждения легальности происхождения алкогольной продукции и ее соответствия требованиям к качеству [1].

Каждый из рассмотренных способов позволяет лишь частично обеспечить выполнение требований к защитным знакам и только комплексное их применение позволяет выполнить требования к защитным знакам.

На рис. 1 в качестве примера защитного знака товара приведена региональная специальная марка (РСМ) разработки НТЦ «Атлас», используемая для маркировки алкогольной продукции. Марка имеет специальную форму и выполнена типографским способом. Уникальный голографический защитный элемент, наличие микронадписей и скрытого изображения в совокупности с отечественной НОУ-ХАУ технологией защищают марку от подделки и позволяют при проверке убедиться в ее подлинности. Специальные просечки защищают марку от переклеивания. Кроме голографического защитного элемента на марку бесцветной краской наносится специальная метка. В состав краски входит антистоксовое соединение высокой разрешающей способности (АСВР), полученное на основе редкоземельных элементов и легко обнаруживаемое за счет свечения в видимом диапазоне при ИК – облучении. Марка также имеет поле для записи контрольно-учетной информации в виде двухмерного ШК о производителе, маркировщике, наименовании алкогольной продукции, дате разлива, сертификате качества и т. п., которая достаточно полно характеризует продукцию и ее путь к потребителю. Контрольно-учетная информация может подписываться электронной цифровой подписью (ЭЦП), которая также включается в состав ШК. Электронная цифровая подпись формируется по стандартному алгоритму с использованием секретного ключа маркировщика, является уникальной и гарантирует целостность контрольно-учетной информации от подделки. Попытки изменить хотя бы один бит в контрольно-учетной информации или в ЭЦП будут выявлены при проверке. Кроме того, в буквенно-цифровой форме на марку сверху и снизу поля со ШК наносится номер партии продукции по базе данных и номер бутылки в данной партии, а также информация для потребителя: наименование производителя, наименование продукции и емкость бутылки.

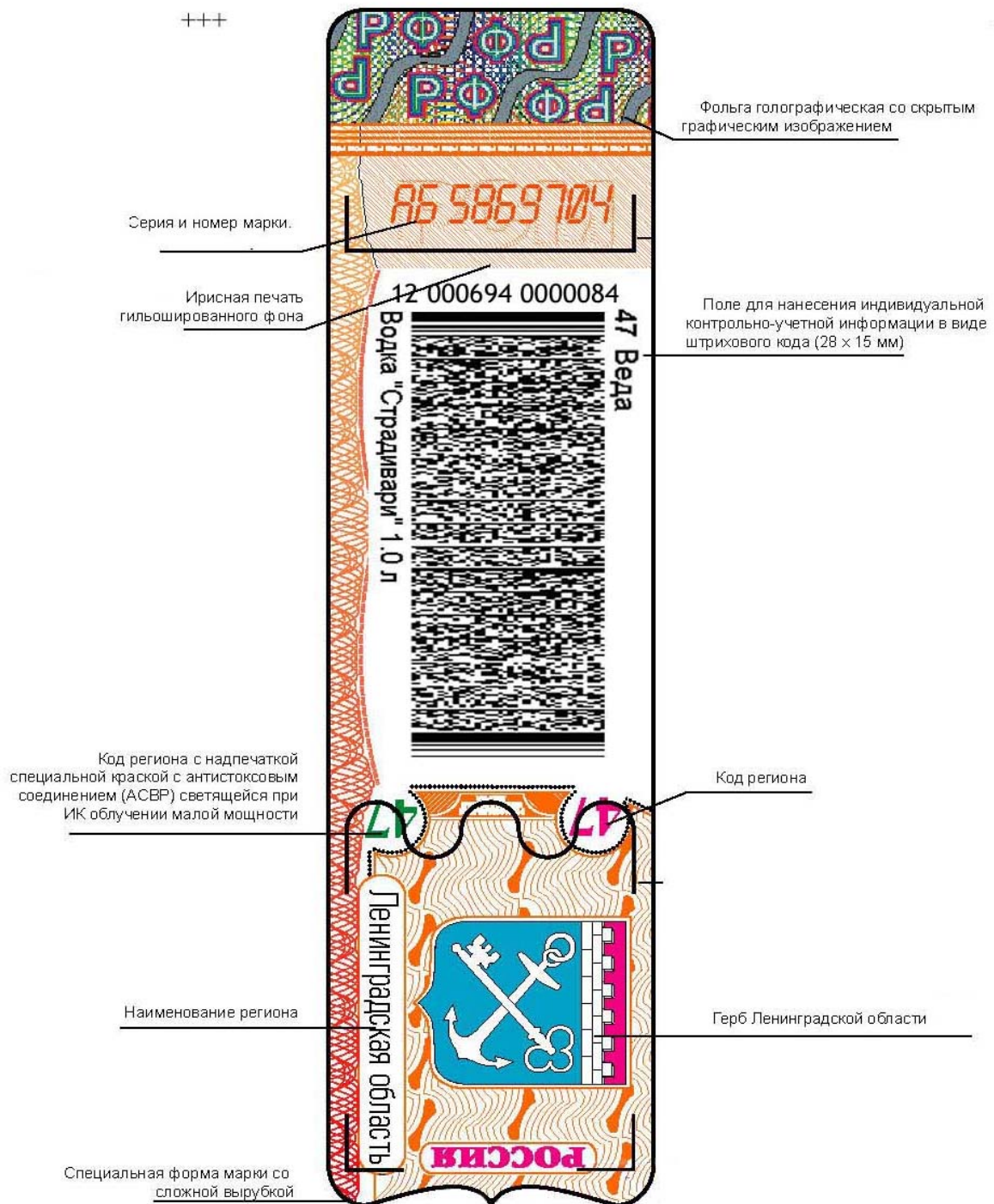


Рисунок 1 - Региональная специальная марка

Защитный знак является необходимым, но недостаточным условием защиты товаров, документов и продукции. Он является только элементом автоматизированной системы учета и контроля товаров (продукции).

III Автоматизированная система учета и контроля товаров (продукции)

На рис. 2 представлена структурная схема автоматизированной системы учета и контроля. Автоматизированная система учета и контроля товаров (продукции) состоит из подсистемы маркирования товаров защитными знаками и подсистемы верификации защитных знаков [2].

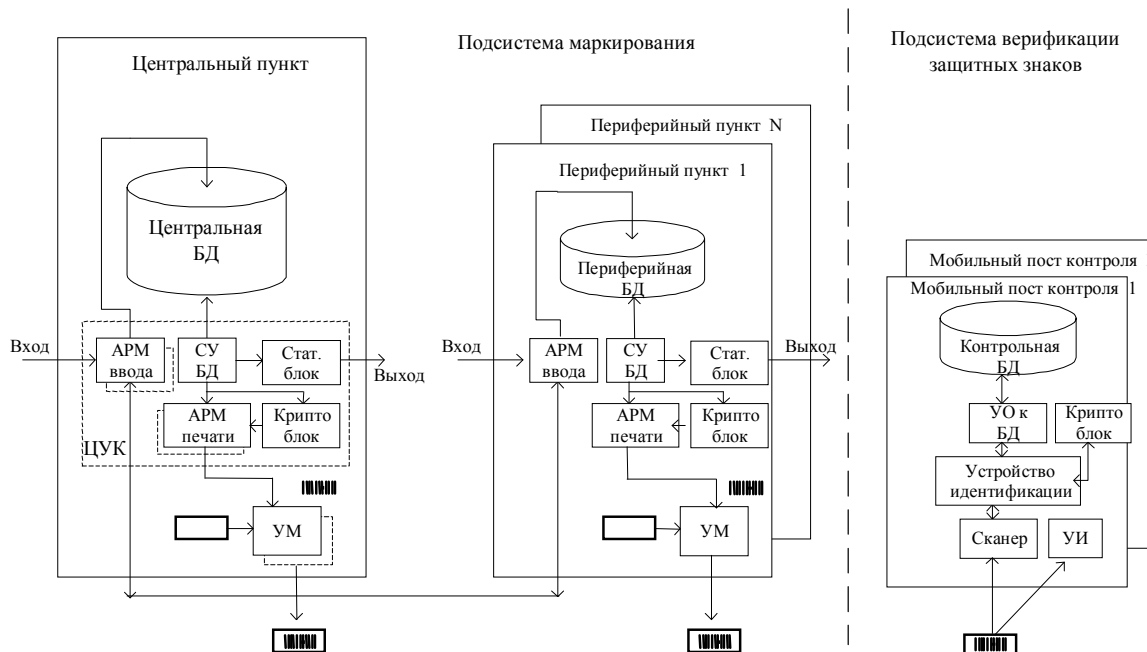


Рисунок 2 – Структурная схема автоматизированной системы учета и контроля товаров

Подсистема маркирования содержит центральный и периферийные пункты изготовления защитных знаков и маркировки. В состав каждого пункта входит: устройство маркирования (УМ), центральная (периферийная) база данных (БД), автоматизированное рабочее место ввода данных заявки в базу, система управления базой данных, автоматизированное рабочее место печати (нанесения контрольно-учетной информации), криптографический блок. Подсистема маркирования может строиться по централизованной и по распределенной схеме. При централизованной схеме нанесение контрольно-учетной информации на защитные знаки и маркировка товаров (продукции) осуществляется в центральном пункте. В распределенной системе эти функции выполняются как в центральном пункте, так и на периферийных пунктах, которых, в общем случае, может быть несколько. Центральный пункт связан с периферийными линиями связи. Управление подсистемой маркирования осуществляется с центра управления и контроля. Центральная БД содержит информацию о всех защитных знаках в подсистеме маркировки в отличие от периферийной, в которой хранится только локальная (периферийная) информация. В централизованной системе имеется только один вход – центральный, а в распределенной – еще и N периферийных входов.

Подсистема верификации состоит из мобильных постов контроля, каждый из которых содержит: устройство считывания маркировки (сканер), контрольную базу данных, устройство управления базой данных, устройство идентификации, криптографический блок.

Функционально работу распределенной системы можно разделить на следующие этапы: поступление и учет заявки на нанесение контрольно-учетной информации; нанесение (печать) контрольно-учетной информации; маркировка изделий; идентификация подлинности промаркированных изделий; статистическая обработка данных.

Заявка от изготовителей (поставщиков) товаров на нанесение контрольно-учетной информации может поступить как на центральный вход системы (через ЦУК), так и на любой из периферийных входов при распределенной системе.

Рассмотрим работу системы на примере поступления заявки на центральный вход системы. Заявка в виде

формализованного перечня данных* поступает на вход ЦУК, в котором принимается административное решение по нанесению контрольно-учетной информации на партию защитных знаков. При положительном решении поступившей заявке присваивают текущий номер (номер партии защитных знаков) и определяют уникальные (индивидуальные) номера защитных знаков. Затем данные по заявке вводят в центральную БД через автоматизированное рабочее место ввода данных. Доступ к центральной БД разрешен по паролю строго ограниченному кругу лиц и обеспечивается двуровневой системой разграничения доступа как к компьютеру, так и к центральной БД.

Особенности прохождения и учета заявки, поступившей по одному из периферийных входов системы, состоят в том, что заявка после ввода передается по линии связи на вход ЦУК, где рассматривается и после утверждения записывается в центральную БД. На периферийный пункт поступает ответ–разрешение на нанесение контрольно-учетной информации по утвержденной заявке с указанием номера партии защитных знаков и выделенного диапазона уникальных (индивидуальных) номеров защитных знаков. Принятые данные через автоматизированное рабочее место ввода данных поступают в соответствующую периферийную БД.

На автоматизированном рабочем месте печати (нанесения контрольно-учетной информации) в ЦУК и в каждом из периферийных пунктов контрольно-учетная информация может подписываться ЭЦП и наноситься (печататься) на защитный знак в виде ШК. Формирование ЭЦП осуществляется в криптографическом блоке по собственному, уникальному секретному ключу. Это позволяет при идентификации подлинности промаркированного изделия однозначно определить место (пункт) печати защитных знаков и производителя (поставщика) товара (продукции).

Защитные знаки от ЦУК и/или от соответствующего периферийного поста печати защитных знаков передают (доставляют, подвозят) на маркировочные устройства, которые размещают на заводах-изготовителях или на уполномоченных базах поставщиков. Количество маркировочных устройств, исходя из потребностей производства (поставки), может быть любым.

В маркировочном устройстве защитные знаки наносят (закрепляют) на изделия, при этом, основными требованиями являются надежность нанесения (закрепления) защитных знаков и возможность инструментального считывания штрихового кода. Надежность нанесения (закрепления) защитного знака на изделии должна исключить его снятие без повреждения. Количество и тип промаркированных изделий (объем выпускаемой партии) соответствует количеству защитных знаков, поступивших на маркировочное устройство. Промаркированные изделия поступают в оптовую (розничную) торговую сеть и реализуются потребителям.

В подсистеме верификации осуществляется идентификация их подлинности и законности появления на рынке. При подготовке к проверочным мероприятиям информация о промаркированных изделиях из центральной БД переписывается в контрольные. Идентификация может осуществляться на всем пути продвижения промаркированных изделий вплоть до торговых точек и проводится уполномоченным специалистом (инспектором). В ходе проверки ШК с контрольно-учетной информацией считывается сканером с защитного знака промаркированного изделия и поступает в устройство идентификации. Здесь выделяется ЭЦП и в криптографическом блоке проверяется ее подлинность. Результаты идентификации фиксируются в контрольной БД, отражаются на дисплее инспектора и после окончания проверок и возвращения инспектора в ЦУК, записываются в центральную БД. Процесс идентификации защитного знака автоматизирован, что исключает субъективный фактор при проверке и возможность подделки результатов. Считанная с защитного знака информация об изделии и о производителе (поставщике) может использоваться инспектором для сравнения с информацией, имеющейся в сопроводительных документах. Инспектор также имеет возможность визуально считать буквенно-цифровой текст с защитного знака и сравнить его с информацией, содержащейся в штриховом коде и поступающей из контрольной БД. Кроме этого, инспектор с помощью соответствующих оптических средств контроля может проконтролировать наличие на марке защитных меток (голографического защитного элемента, скрытых изображений, микротекстов и т. п.).

Потребительская информация, нанесенная на защитном знаке в буквенно-цифровом виде, дает возможность потребителям сравнить информацию с промаркированным изделием (товаром). Номер заявки и номер защитного знака позволяют представителю торговой организации получить полную информацию об изделии (товаре), обратившись к базе данных центра управления и контроля.

Система позволяет осуществлять статистическую обработку и обобщение данных, которые могут

* Под заявкой понимаются данные, содержащие информацию о маркировщике (маркирующей организации), производителе, поставщике (названия, коды, юридические и фактические адреса, ИНН, и т. п.), типе изделия, сертификате соответствия, дате изготовления, емкости упаковки, потребительских свойствах, запрашиваемом количестве защитных знаков.

представляться в форме отчетных документов, справочных таблиц и т. п. Состав отчетных документов и справок может быть различным и определяется оператором управления исходя из административных требований.

IV Аппаратно-программная реализация системы

На рис. 3 в качестве примера представлена структурная схема распределенной системы учета и контроля алкогольной продукции «Атлас-СКАТ» в составе центра управления и контроля (ЦУК), постов акцизных складов и подсистемы мобильного контроля.

Центр управления и контроля в данном примере содержит автоматизированное рабочее место ввода данных, автоматизированное рабочее место нанесения контрольно-учетной информации на региональные специальные марки, сервер управления БД, сервер приложений, автоматизированное рабочее место администратора и автоматизированное рабочее место администратора безопасности. Количество автоматизированных рабочих мест нанесения контрольно-учетной информации на марки и автоматизированных рабочих мест ввода данных зависит от интенсивности потока заявок и, при необходимости, может быть увеличено.

База данных реализована на жестком диске сервера RAMAX PIII-1000 с использованием программного обеспечения SQL-Server-2000. Данное программное обеспечение позволяет реализовать встроенную двухуровневую систему разграничения доступа к базе данных по имени пользователя и по паролю [3]. Аппаратная часть компьютера представляет из себя двух- и более процессорную платформу с оперативной памятью 256 Мбайт и более, с набором жестких дисков и специальными контроллерами типа RAID.

Автоматизированное рабочее место нанесения контрольно-учетной информации на региональные специальные марки обеспечивает формирование ШК с контрольно-учетной информацией, подписанной ЭЦП, и нанесение (печать) штрихового кода в отведенном поле на бланке марки. Формирование ЭЦП осуществляется по стандартному криптографическому алгоритму (ГОСТ Р 34.10-94), с использованием сертифицированного программного средства криптографической защиты информации CryptonArcMail фирмы АНКАД. Формирование штрихового кода реализуется с помощью программного модуля Apex Tools for PDF417 (“Anx 417”) версии 1.61 фирмы Apex Technologies. В качестве принтера используется специальный принтер штриховых кодов типа Data Max “Titan 6200” производства фирмы DataMax, позволяющий печатать штриховой код и буквенно-цифровой текст на специальные бланки региональных специальных марок, комплектованные в ленточные рулоны. Данный принтер имеет высокую производительность и обеспечивает практически круглосуточную печать. Сервер приложений обеспечивает обмен данными в телекоммуникационной компоненте.

На каждом из акцизных складов, выполняющих функции периферийных пунктов, оборудованы налоговые посты и автоматизированные рабочие места нанесения контрольно-учетной информации на региональные специальные марки. Налоговый пост представляет собой совмещенное автоматизированное рабочее место ввода данных, сервер управления БД и сервер приложений. Аппаратно-программная реализация автоматизированных рабочих мест на акцизных складах аналогична автоматизированным рабочим местам ЦУК.

Подсистема мобильного контроля состоит из мобильных автоматизированных рабочих мест (постов) инспекторов, оборудованных портативными компьютерами (ноутбуками) типа Fujitsu Live Book Cel-500/12T/Me/64/6G/CD или DVM Rover Book Voyager. В качестве устройства считывания используется сканер типа Welch Allyn 3800 PDF/HD-13, или Image Reader производства фирмы WelchAllyn, соединенные с ноутбуком по стыку RS-232 и обеспечивающие считывание двумерного штрихового кода PDF417 и преобразование его в цифровую форму. На экране дисплея инспектора отображается служебная информация, показанная на рис. 4. Кроме этого, для проверки скрытых изображений и специальных меток инспектор использует лазерно-инфракрасный визуализатор скрытых изображений «АТЛАС 3/1». Состав рабочего места инспектора позволяет обеспечить объективный автоматизированный контроль промаркированных товаров (изделий). Система «Атлас-СКАТ» сертифицирована по 4 уровню контроля.

V Заключение

Единство защитных знаков маркировки и централизованной информационной системы учета и контроля подакцизной продукции позволяет решить задачи сбора акцизов, увеличения поступления налогов за счет вытеснения с рынка «левой» продукции, получения полной и достоверной информации о состоянии рынка подакцизной продукции. Автоматизированный контроль в розничной сети обеспечивает независимость результатов проверок от субъективного фактора проверяющих. Опыт защиты алкогольной продукции в РФ показал, что при правильно организованном контроле система «Атлас-СКАТ» позволяет успешно бороться с

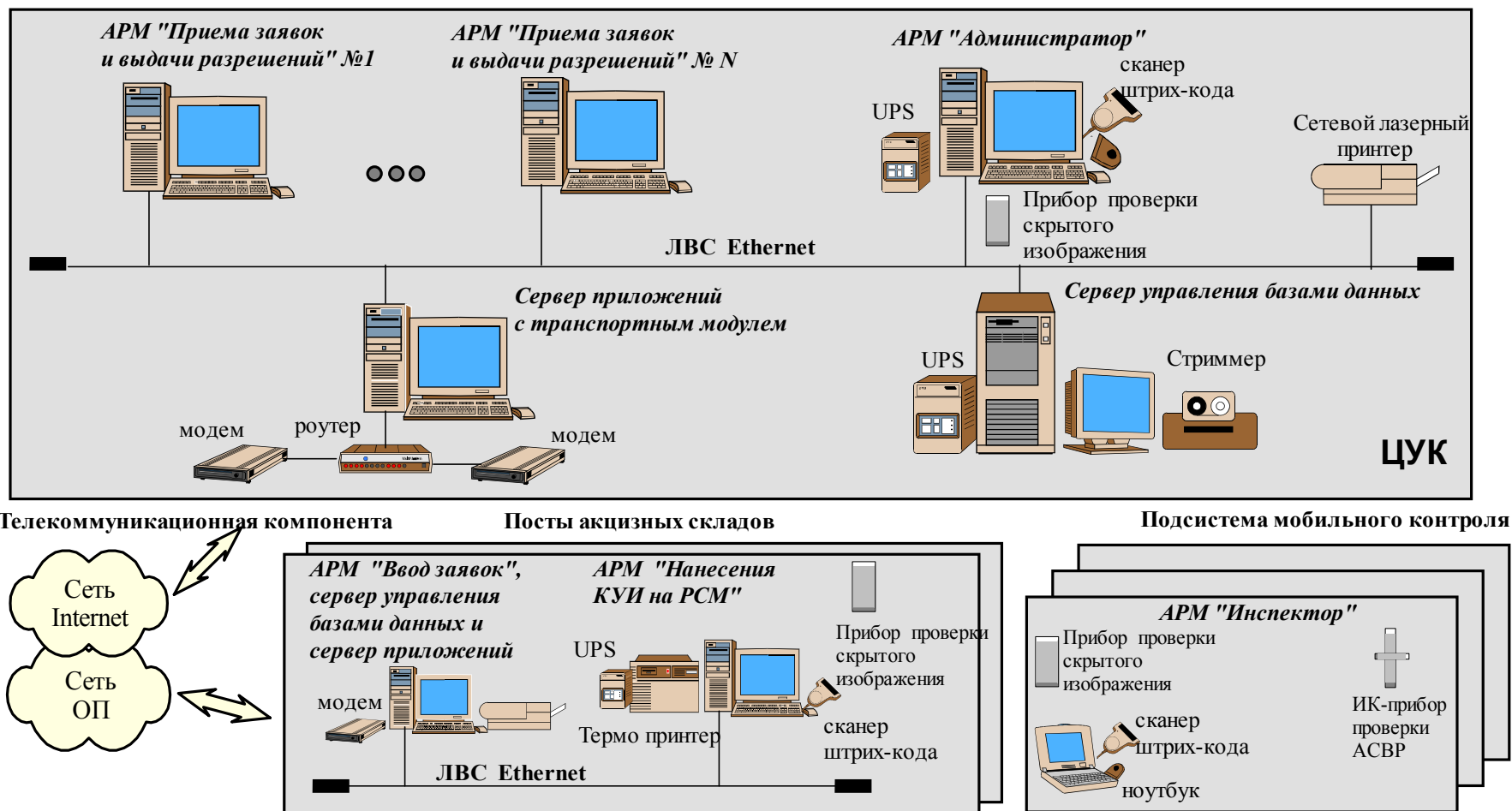


Рисунок 3 - Структурная схема распределенной системы учета и контроля алкогольной продукции «Атлас-СКАТ»

Оперативная проверка РСМ

Drag a column header here to group by that column

| № разрешения | № марки | Дата проверки РСМ | Результат проверки РСМ |
|--------------|---------|---------------------|--|
| 1000563 | 55245 | 20.11.2001 12:44:30 | Хорошая марка (№ разреш.: 1-563; № УКЗ : 55245 |
| 1000563 | 55246 | 20.11.2001 12:45:56 | Хорошая марка (№ разреш.: 1-563; № УКЗ : 55246 |
| 1009602 | 116 | 20.11.2001 12:47:45 | Хорошая марка (№ разреш.: 1-9602; № УКЗ : 116; |
| 11000251 | 28308 | 23.11.2001 14:28:26 | Указанный № РСМ выходит за разрешенный диапа |
| 43000009 | 5446 | 26.11.2001 17:06:44 | Указанный № РСМ выходит за разрешенный диапа |
| 11000398 | 172040 | 26.11.2001 17:06:52 | Хорошая марка (№ разреш.: 11-398; № УКЗ : 1720 |
| 11000251 | 184247 | 26.11.2001 17:07:17 | Указанный № РСМ выходит за разрешенный диапа |
| 11000251 | 113521 | 26.11.2001 17:07:53 | Указанный № РСМ выходит за разрешенный диапа |
| 11000251 | 84704 | 26.11.2001 17:08:00 | Указанный № РСМ выходит за разрешенный диапа |
| 4000185 | 38904 | 30.11.2001 10:28:44 | Хорошая марка (№ разреш.: 4-185; № УКЗ : 38904 |
| 43000009 | 5446 | 30.11.2001 10:29:35 | Указанный РСМ уже проверялся // (№ разреш.: 4 |
| 43000018 | 1875 | 03.12.2001 13:09:13 | Хорошая марка (№ разреш.: 43-18; № УКЗ : 1875; |
| 43000034 | 4978 | 03.12.2001 13:09:20 | Хорошая марка (№ разреш.: 43-34; № УКЗ : 4978; |
| 43000034 | 4989 | 03.12.2001 13:09:26 | Хорошая марка (№ разреш.: 43-34; № УКЗ : 4989; |
| 43000034 | 4947 | 03.12.2001 13:09:46 | Хорошая марка (№ разреш.: 43-34; № УКЗ : 4947; |
| 43000034 | 4953 | 03.12.2001 13:10:00 | Хорошая марка (№ разреш.: 43-34; № УКЗ : 4953; |
| 43000034 | 20 | 03.12.2001 13:10:08 | Хорошая марка (№ разреш.: 43-34; № УКЗ : 20; ме |
| 43000018 | 2131 | 03.12.2001 13:11:11 | Хорошая марка (№ разреш.: 43-18; № УКЗ : 2131; |
| 43000018 | 2119 | 03.12.2001 13:11:20 | Хорошая марка (№ разреш.: 43-18; № УКЗ : 2119; |
| 43000018 | 2120 | 03.12.2001 13:11:30 | Хорошая марка (№ разреш.: 43-18; № УКЗ : 2120; |
| 43000018 | 2122 | 03.12.2001 13:11:41 | Хорошая марка (№ разреш.: 43-18; № УКЗ : 2122; |
| 43000034 | 4960 | 03.12.2001 13:12:52 | Хорошая марка (№ разреш.: 43-34; № УКЗ : 4960; |
| 43000034 | 9 | 03.12.2001 13:13:14 | Хорошая марка (№ разреш.: 43-34; № УКЗ : 9; мес |
| 43000034 | 4966 | 03.12.2001 13:13:24 | Хорошая марка (№ разреш.: 43-34; № УКЗ : 4966; |
| 43000034 | 4964 | 03.12.2001 13:15:37 | Хорошая марка (№ разреш.: 43-34; № УКЗ : 4964; |
| 43000034 | 4979 | 03.12.2001 13:25:51 | Хорошая марка (№ разреш.: 43-34; № УКЗ : 4979; |
| 43000036 | 5973 | 03.12.2001 13:26:18 | В локальной БД нет данного разрешения (№ разр |
| 43000018 | 2989 | 03.12.2001 14:28:29 | Хорошая марка (№ разреш.: 43-18; № УКЗ : 2989; |
| 43000018 | 2256 | 03.12.2001 14:29:01 | Хорошая марка (№ разреш.: 43-18; № УКЗ : 2256; |
| 43000018 | 2084 | 03.12.2001 14:30:07 | Хорошая марка (№ разреш.: 43-18; № УКЗ : 2084; |

| | |
|--------------------|----------------------------------|
| Регион | Московская область |
| Печат.орг-ция | ЛВЗ "ТОПАЗ" |
| ИНН | 5038002790 |
| Р/С | |
| адрес | ул. Октябрьская 46 |
| Производитель | ЛВЗ "ТОПАЗ" |
| ИНН | 5038002790 |
| Р/С | |
| адрес | ул. Октябрьская 46 |
| Заявитель | ЛВЗ "ТОПАЗ" |
| ИНН | 5038002790 |
| Р/С | |
| адрес | ул. Октябрьская 46 |
| Название продукции | Водка "Гербовая" |
| емкость, л | 0.25 |
| крепость, % | 40.0 |
| Дата розлива | 18.09.2001 |
| № разрешения | 4.9.181.01-- (4 - 185) <обычная> |
| № марки | 38904 (разрешено: 50000) |

Результат проверки РСМ : Хорошая марка (№ разреш.: 4-185; № УКЗ : 38904; место :)

Рисунок 4 - Состав служебной информации на экране дисплея инспектора

обналичиванием «левой» продукции и защитить потребителей от фальсифицированных или недоброкачественных товаров.

Литература: 1. Богданов В. Н. и др. Способ идентификации подлинности контролируемого объекта. Патент РФ № 2172015 от 10. 08. 2001. Приоритет от 01. 03. 2000. Оpubл. 10. 08. 2001, БИ № 22. 2. Богданов В. Н. и др. Система маркировки и идентификации изделий. Патент РФ № 2183349. Приоритет от 16. 10. 2000. Оpubл. 10. 06. 2002, БИ № 16. 3. Калашиников А. С. и др. Региональная информационная система учета и контроля сертифицированной алкогольной продукции «Атлас-СКАТ». Программа для ЭВМ. Свидетельство об официальной регистрации № 2000610041 от 19. 01. 2000. Правообладатель ГУП НТЦ «Атлас».

УДК 535.317.1

ИТЕРАЦИОННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ФУРЬЕ – КИНОФОРМА

Александр Кузьменко, Павел Ежов

Международный центр “Институт прикладной оптики” НАН Украины

Аннотация: Предложено улучшение известного алгоритма Герчберга – Сакстона расчета Фурье - киноформа за счет дополнения его новой операцией. Операция выполняется в плоскости объекта и заключается в предсказании его в процессе итераций специальным образом. Приводятся результаты модельных экспериментов на ЭВМ по расчету киноформ и восстановлению изображений предложенным, а также известными методами. Дается простое теоретическое обоснование метода.

Summary: One of the possible the improvement for the Gerchberg-Saxton algorithm of synthesis Fourier - kinoform is proposed.

Ключевые слова: Оптическая голография, киноформ, оптическая обработка информации.

Киноформ есть чисто фазовый оптический элемент с дифракционной эффективностью, близкой к 100%, генерируемый компьютером. Со времени изобретения киноформа в 1969 г., постоянно совершенствуются методы его расчета, а также исследуются практические аспекты использования в системах пространственной фильтрации, оптической памяти, для лазерных технологий и т. д. Представляется перспективным использование киноформа также в оптических защитных технологиях.

При так называемом прямом методе расчета киноформ формируется простым образом. На функцию объекта $f(x,y)$ накладывается диффузный фазовый рассеиватель $\exp(i\varphi(x,y))$ (случайная фаза $\varphi(x,y)$ генерируется компьютером) и вычисляется Фурье – спектр

$$F(\omega_x, \omega_y) = \iint f(x,y) \exp(i\varphi(x,y)) \exp(-i(\omega_x x + \omega_y y)) dx dy = |F(\omega_x, \omega_y)| \exp(i\theta(\omega_x, \omega_y)) \quad (1)$$

В полученном спектре $|F(\omega_x, \omega_y)|$ в достаточно грубом приближении заменяется константой и на фазовой среде регистрируется лишь функция $\theta(\omega_x, \omega_y)$. Полученный таким образом фазовый элемент с пропусканьем $\exp(i\theta(\omega_x, \omega_y))$ и есть киноформ. Практическая ценность такого киноформа невысока, так как приближение $|F(\omega_x, \omega_y)| \approx \text{const}$ и замена непрерывного распределения фазы $\theta(\omega_x, \omega_y)$ ее квантованными значениями при компьютерном расчете и регистрации на физической среде приводят к значительным искажениям и шумности восстановленного изображения.

Для получения высококачественного изображения киноформ необходимо рассчитывать путем решения так называемой обратной задачи дифракции, рассматривая процесс восстановления изображения от киноформной структуры при заданных начальных условиях [1]. Такой подход позволяет существенно уменьшить влияние приближения $|F(\omega_x, \omega_y)| \approx \text{const}$ и эффекта квантования фазы $\theta(\omega_x, \omega_y)$ на изображение, однако существенно усложняется и сам процесс расчета киноформа, требующий использования градиентных методов решения с регуляризацией.

Наибольшую популярность приобрели отличные от градиентных, итерационные методы расчета киноформа, в которых обратная задача переформулирована и ставится как задача синтеза Фурье-пары (объект – спектр) комплекснозначных функций при заданных ограничениях на их модули [2]. Центральное место в этих методах занимает итерационный “error – reduction” алгоритм Герчберга-Сакстона [3],