

МИР физики и техники

С.Б. Одинок

Методы и оптико-
электронные приборы
для автоматического
контроля подлинности
защитных голограмм

ТЕХНОСФЕРА

Москва

2013

УДК 681.7.06
ББК 22.343.4
О42

О42 Одинокое С.Б.

Методы и оптико-электронные приборы для автоматического контроля подлинности защитных голограмм.

Москва: Техносфера, 2013. – 176 с. + 2 с. цв. вклейки
ISBN 978-5-94836-348-6

Данная книга обобщила оригинальные научно-технические результаты в области разработки и создания оптико-электронных средств идентификации и контроля подлинности защитных голограмм, полученные автором в рамках выполнения прикладных исследований, проводимых в рамках целевых программ Министерства образования и науки РФ, по заданиям государственных и коммерческих организаций.

Книга открывает перспективы для дальнейших исследований в области применения, проектирования и исследования оптико-электронных и лазерных систем автоматического контроля подлинности документов с нанесенными на них защитными голограммами.

Издание будет полезно как для ученых и специалистов, работающих в сфере голографических технологий, защиты от подделки и контроля подлинности документов, ценных бумаг, денежных знаков и другой продукции, так и для студентов и молодых специалистов, обучающихся и желающих работать в данной области науки и техники.

УДК 681.7.06
ББК 22.343.4

© 2013, С.Б. Одинокое
2013, ЗАО «РИЦ «Техносфера», оригинал-макет, оформление

ISBN 978-5-94836-348-6

Содержание

Введение	10
Глава 1. Классификация видимых и скрытых оптических элементов и изображений защитных голограмм	22
1.1. Общие сведения о методах получения защитных голограмм	22
1.1.1. Аналоговый метод получения защитных голограмм на основе радужных голограмм Бентона	22
1.1.2. Цифровой метод получения защитных голограмм по технологии дот-матрикс	23
1.1.3. Цифровой метод получения защитных голограмм по технологии электронно-лучевой литографии	25
1.1.4. Основные этапы серийной технологии изготовления защитных голограмм	26
1.2. Основные типы элементарных дифракционных и голограммных оптических элементов, используемых при получении защитных голограмм	28
1.3. Основные типы видимых изображений, восстанавливаемых с защитных голограмм при визуальном наблюдении	31
1.3.1. Двумерные (плоские) изображения типа 2D	31
1.3.2. Двухплановые стереоизображения типа 2D/3D	31
1.3.3. Трехмерные изображения типа 3D	32
1.3.4. Двухракурсные изображения типа 2D/3D с эффектом переключения	32
1.3.5. Изображения в псевдонатуральных цветах	32
1.3.6. Изображения, воспроизводящие динамические эффекты псевдодвижения отдельных элементов и деталей (кинеграммы)	32
1.4. Основные типы скрытых изображений, восстанавливаемых с защитных голограмм с помощью оптических приборов для визуального наблюдения	33
1.4.1. Скрытые изображения в виде микротекстов и нанотекстов	34
1.4.2. Скрытое изображение в виде линзы Френеля	34
1.4.3. Скрытые изображения, воспроизводимые лазерными оптическими приборами для визуального наблюдения	36
Глава 2. Методы кодирования–декодирования скрытых изображений, получаемых в виде дополнительных субголограмм на защитных голограммах	40
2.1. Оптический аналоговый метод кодирования–декодирования скрытых изображений с помощью амплитудно-фазовых масок при получении субголограмм	40

2.1.1. Оптическая схема получения субголограмм амплитудно-фазовой кодирующей маской в предметной ветви	44
2.1.2. Оптическая схема получения субголограмм с амплитудно-фазовой кодирующей маской в опорной ветви	48
2.1.3. Анализ влияния погрешности позиционирования амплитудно-фазовой кодирующей маски при восстановлении с субголограмм скрытых кодированных изображений	50
2.2. Оптико-цифровой метод кодирования—декодирования скрытых изображений с помощью амплитудного транспаранта при получении субголограмм	56
2.2.1. Классификация скрытых кодированных бинарных изображений, получаемых в виде дополнительных субголограмм на защитных голограммах	59
2.2.2. Цифровой метод формирования и обработки входного и эталонного скрытых кодированных бинарных изображений, восстановленных с субголограмм	60
Глава 3. Оптические и оптико-электронные приборы для визуального контроля подлинности защитных голограмм со скрытыми изображениями	63
3.1. Оптические и оптико-электронные приборы российских производителей	63
3.2. Оптические и оптико-электронные приборы зарубежных производителей	70
Глава 4. Обобщенная структурная схема оптико-электронного прибора для автоматического контроля подлинности защитных голограмм со скрытыми кодированными изображениями	77
4.1. Идентификация и контроль подлинности защитных голограмм методом сравнения входного и эталонного скрытых кодированных изображений	79
4.2. Структурная схема оптико-электронного прибора для автоматического контроля подлинности защитных голограмм с внутренним эталонным скрытым изображением	81
4.2.1. Структурно-функциональная схема оптико-электронного прибора контроля подлинности защитных голограмм с внутренними входным и эталонным скрытыми кодированными бинарными изображениями	82

4.3. Структурно-функциональная схема опико-электронного прибора для автоматического контроля подлинности защитных голограмм с вводом эталонного скрытого кодированного бинарного изображения из внешней памяти и базы данных	84
Глава 5. Теория модифицированного когерентно-оптического коррелятора с совместным преобразованием Фурье для автоматического контроля подлинности защитных голограмм со скрытыми кодированными изображениями	87
5.1. Математическая модель и анализ преобразования сигналов в оптической схеме получения матрицы нескольких субголограмм со скрытыми кодированными изображениями	89
5.1.1. Математическая модель оптического тракта получения матрицы нескольких субголограмм Фурье со скрытыми кодированными изображениями	89
5.1.2. Математическая модель оптического тракта получения матрицы нескольких субголограмм Фраунгофера со скрытыми кодированными изображениями	97
5.2. Математическая модель и анализ преобразования сигналов в оптическом тракте при восстановлении скрытых кодированных изображений	103
5.2.1. Анализ преобразования сигналов в оптическом тракте МКОК СПФ в плоскости восстановления входного и эталонного СКБИ	104
5.3. Отношение сигнал–шум и вероятность идентификации в модифицированном когерентно-оптическом корреляторе контроля подлинности защитных голограмм со скрытыми кодированными изображениями	109
5.3.1. Анализ влияния нелинейности экспозиционной характеристики рельефно-фазовой регистрирующей среды на коэффициент пропускания субголограммы	110
5.3.2. Анализ влияния нелинейности субголограммы на параметры корреляционных пиков в выходной плоскости МКОК СПФ	113
Глава 6. Когерентно-оптические корреляторы для контроля подлинности защитных голограмм со скрытыми кодированными изображениями	116
6.1. Когерентно-оптический коррелятор «Голокор-2» со скрытыми кодированными изображениями, восстановленными с субголограмм Фурье	116

6.2. Когерентно-оптический коррелятор «Голокор-3» с цифровой обработкой скрытых кодированных изображений, восстановленных с субголограмм Френеля	120
Глава 7. Теория когерентно-оптического спектроанализатора для автоматического контроля подлинности защитных голограмм со скрытыми изображениями	123
7.1. Математическая модель и анализ преобразования сигналов в оптической схеме когерентно-оптического спектроанализатора для обработки скрытых изображений	124
7.1.1. Математическая модель пространственно-частотного спектра СБИ, восстановленного с субголограммы	125
7.1.2. Компьютерное моделирование пространственно- частотного спектра скрытого изображения, восстановленного с субголограммы	130
7.2. Анализ параметров и характеристик пространственно- частотного спектра скрытого изображения, восстановленного с субголограммы	132
7.2.1. Интегральные параметры пространственно-частотного спектра скрытого изображения, восстановленного с субголограммы	133
7.2.2. Точечные параметры пространственно-частотного спектра скрытого изображения, восстановленного с субголограммы	135
7.2.3. Комбинированные интегрально-точечные характеристики пространственно-частотного спектра скрытого изображения, восстановленного с субголограммы	136
7.3. Математическое описание процесса контроля подлинности защитных голограмм методом сравнения параметров пространственно-частотных спектров входного и эталонного скрытых изображений, восстановленных с субголограмм	137
7.3.1. Корреляционный алгоритм контроля подлинности защитных голограмм по массивам интегральных параметров пространственно-частотных спектров входного и эталонного скрытых изображений	138
7.3.2. Корреляционный алгоритм контроля подлинности защитных голограмм по массивам КИТ-параметров входного и эталонного скрытых изображений	139
Глава 8. Оптические спектроанализаторы для контроля подлинности защитных голограмм	145
8.1. Когерентно-оптический спектроанализатор «Голоспектр-1»	146

8.2. Экспериментальные исследования макета некогерентно-оптического спектроанализатора «Голоспектр-2»	151
8.2.1. Оценка размытия ПЧС входного изображения при некогерентном освещении	152
8.3. Экспериментальные исследования макета некогерентно-оптического спектроанализатора «Голоспектр-2»	158
8.4. Компьютерное моделирование процесса идентификации ЗГ по массиву КИТ-параметров ПЧС входного и эталонного СБИ	162
8.4.1. Компьютерное моделирование процесса идентификации ЗГ на основе алгоритма прямого сравнения массивов ИС-параметров ПЧС входного и эталонного СБИ	164
8.4.2. Компьютерное моделирование процесса идентификации ЗГ корреляционным алгоритмом по массиву КИТ-параметров ПЧС входного и эталонного СБИ	165
Заключение	168
Литература	171



ООО «Микро- и наноголографические системы»

«Micro and nanoholographic systems» Company, Ltd.

Малое инновационное предприятие «Общество с ограниченной ответственностью «Микро- и наноголографические системы»» (ООО «МНГС») занимается разработкой и производством лазерных и оптико-электронных приборов и устройств на основе новейших научных достижений в области голографических технологий, включая создание дифракционных и голограммных оптических элементов (ДОЭ-ГОЭ) с микро/наноструктурированной поверхностью.

Для получения ДОЭ-ГОЭ используются:

- 1) лазерные и электронно-лучевые технологии их синтеза цифровыми методами с помощью установки Dot-Matrix-Kinematix, лазерного blue-ray-литографа (разрешающая способность до 0,4 мкм) и e-beam литографической приставки Raith (разрешающая способность до 0,01 мкм);
- 2) технология ионно-плазменного химического травления стеклянных подложек с помощью суперсовременной установки Caroline-R15;
- 3) технологии контроля их геометрических и энергетических параметров с помощью современных методов оптической, электронной и зондовой микроскопии.



Разрабатываются и создаются:

- 1) оптико-электронные приборы типа «Голоспектр-1,2» для оперативного контроля подлинности защитных голограмм на паспортах, пластиковых карточках и других документах в реальном времени;
- 2) миниатюрные голографические индикаторы для отображения знако-символьной информации и изображений типа «Голоинди-1,2» с размерами экрана до 150 x 150 мм.



Юридический и почтовый адрес: 105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5, стр. 1.

Генеральный директор: Ковалев Михаил Сергеевич.

E-mail: M.S.Kovalev@gmail.com

Технический директор: Одинокоев Сергей Борисович. E-mail: odinokov@bmstu.ru

Телефон: +7 (499) 263-63-44, +7 (926) 553-41-56

Интернет-сайт: www.mnhs.ru



ВИЗУАЛИЗАТОРЫ ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Дают возможность:

- получать высококачественные изображения голограмм
- исследовать голограммы при различных положениях осветителя
- получать совмещенные изображения голограмм наложением изображений
- создать видеоряд изображений, визуализирующий изменение голограмм при изменении положений осветителя

Прибор компактный
«Регула» 1025



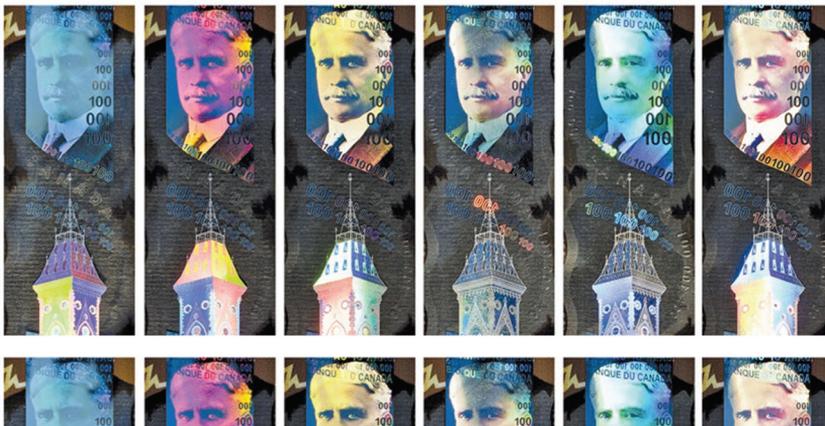
Лупа видеоспектральная
люминесцентная
«Регула» 4177
с оптическим
модулем
«Регула» 4178



Визуализатор
голографических
изображений
«Регула» 2301



Видеоспектральный
компаратор
«Регула» 4305 МН



Введение

Защита полиграфической продукции и документов от фальсификации и подделки является одной из серьезных проблем, стоящих перед мировой экономикой и государственными организациями разных стран [1–10]. По данным Международной ассоциации производителей защитных голограмм (The International Holography of manufacturers association – IHMA), сумма потерь от подделок документов и фальсификации товаров наиболее известных торговых марок – брендов только в 2009 г. составила более 100 миллиардов долларов США [5, 24].

В наибольшей степени от подделки страдают бумажные и пластиковые документы, к которым в первую очередь относятся [1–9, 12–20]:

- паспорта и удостоверения личности [4, 14, 15];
- пластиковые банковские карты, векселя, налоговые акцизные марки [1–4];
- таможенные документы и бланки, нотариальные документы – договора купли-продажи, свидетельства о регистрации прав собственности и др. [19–20];
- документы об образовании и квалификации, особенно в медицинской области [25–27].

В настоящее время для защиты документов от подделки во всем мире успешно используются защитные голограммы [4–11, 14, 24, 25].

Под **защитной голограммой (ЗГ)** [6–11, 14, 21, 24, 25] понимается выполненная на тонкопленочном полимерном носителе специализированная голограмма, восстанавливающая в белом свете видимые изображения (с многочисленными особыми эффектами объемности, движения, изменения цвета и др.) и содержащая скрытые изображения (микротексты, микролинзы и др.), позволяющие значительно повысить степень защищенности как хранящейся в ней информации, так и самой голограммы.

ЗГ обеспечивают следующие основные защитные свойства:

- невозможность прямого копирования ЗГ современными сканерами и копирами в силу сверхвысокой разрешающей способности дифракционно-голографической структуры (с периодом менее 1 мкм);
- невозможность повторения (подделки) мастер-оригиналов ЗГ на обычном лазерно-оптическом оборудовании из-за сложнейшей технологии их получения на очень дорогостоящем оборудовании;
- полная (или частичная) разрушаемость ЗГ при попытке их отделения от документов.

На рис. В.1 [5, 24] приведены основные данные по количеству ЗГ для документов и товаров, выпускаемых в различных странах, а на рис. В.2 – данные по их применению, которые показывают, что:

- в 2009 г. в мире было произведено ЗГ на общую сумму более 1,1 миллиардов долларов США, причем наибольшее количество голограмм было произведено в Северной Америке (США, Канада) – 36%, в Западной Европе – 31% и Китае – 18%;

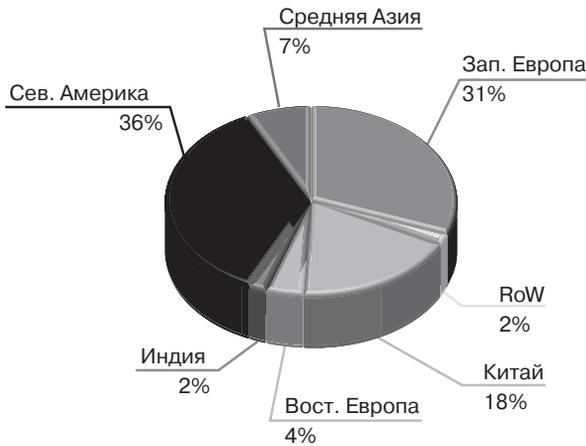


Рис. В.1. География и объемы продаж 3Г по состоянию на 2009 г.

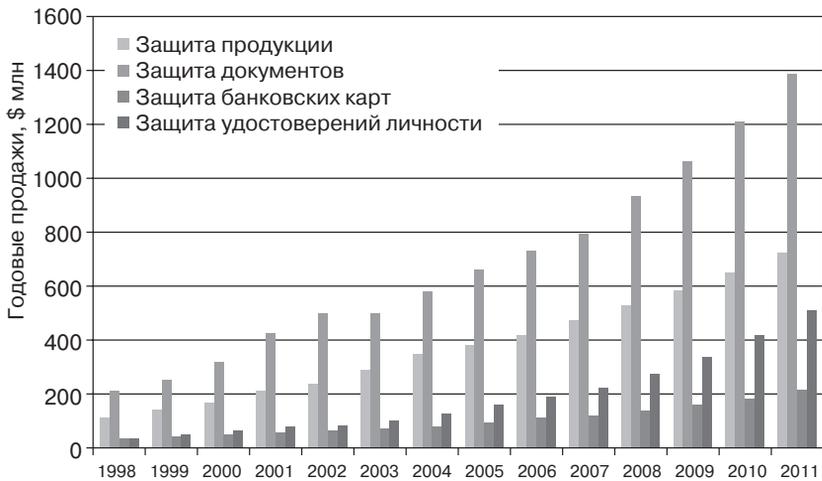


Рис. В.2. Диаграмма объемов годовых продаж 3Г

- около 60% всех голографических компаний расположено в Азии, причем основная масса производств находится в Китае и Индии;
- количество производственных голографических компаний в мире распределяется следующим образом: в Северной Америке – 8 компаний, в Западной Европе – 15 компаний, в Азии – 80 компаний, причем из них около 70 компаний – в Китае, в Восточной Европе – 12 компаний, в России – 8 компаний (обладающих соответствующим производством).

Следует отметить, что, по последним данным ИНМА [5], количество производимых в мире защитных голограмм в 2008–2010 г. резко увеличилось и к 2011 г. объем продаж ЗГ только для защиты документов достигнет уровня в 1,5 миллиардов долларов США в год. Причем объем продаж производственного оборудования для всей инфраструктуры, обеспечивающей серийный выпуск ЗГ (оборудование для выпуска голографической фольги, оборудование для тиражирования и многое др.), достигнет суммы около 20 миллиардов долларов США в год, что связано со значительным ростом голографической продукции для упаковки и полиграфии [28–34].

В России также для защиты от подделки документов активно используются защитные голограммы [1, 4, 6–9, 11, 14, 21]. На государственном уровне признается проблема подделки документов и принимаются соответствующие меры для решения этой проблемы [25–29]. Так, проблема защиты от подделок пластиковых карт и ценных бумаг возложена на Министерство финансов Российской Федерации, которым приняты соответствующие инструкции [4, 25–29] по использованию в обязательном порядке ЗГ на банковских пластиковых карточках, векселях и акциях. Приказом ГТК России № 883 от 22.08.2002 г. было введено обязательное маркирование с помощью ЗГ наиболее важных таможенных документов [26]; Постановлением Правительства РФ № 817 от 11.11.2002 г. определены технические параметры ЗГ для обязательной маркировки ими акцизных и федеральных налоговых марок на алкогольную продукцию, причем объем выпуска в России только акцизных марок с ЗГ для алкогольной продукции составляет несколько миллиардов штук ежегодно [26].

Важнейшим этапом явилось введение в действие 25.07.1997 г. Гостехкомиссией России (с 2007 года – Федеральная служба по экспортному и техническому контролю России) руководящего документа (РД) «Защита информации. Специальные защитные знаки. Классификация и общие требования» [11, 25]. В этом РД были определены требования к специальным защитным знакам (СЗЗ), обязательным для заказчиков СЗЗ и испытательных лабораторий, и дана классификация СЗЗ по степени их защищенности в системе сертификации средств защиты информации по требованиям безопасности информации (РООС RU 0001.01БИ00). Из РД следует, что частным случаем СЗЗ являются защитные голограммы.

В соответствии с указанными государственными актами **защитные голограммы**, используемые для маркировки государственных документов и подакцизных товаров, подлежат обязательной сертификации, **идентификации и контролю подлинности**. Предварительный анализ возможных сфер применения сертифицированных и зарегистрированных в установленном порядке ЗГ, предназначенных для защиты от подделки и контроля несанкционированного доступа, показывает, что в России объектами защиты в первую очередь являются [1–14, 25–29]:

- 1) зарубежные и общегражданские паспорта граждан, удостоверения личности и пластиковые пропуска нового поколения с электронными чипами, пропуска сотрудников специальных государственных организаций;
- 2) банковские пластиковые карточки и ценные бумаги [6, 7];
- 3) акцизные и федеральные марки на алкогольную продукцию [27];
- 4) таможенные и нотариальные документы, свидетельства о правах собственности, свидетельства о постановке на налоговый учет, лицензии, патенты и др. [26];
- 5) упаковки фармацевтических и лекарственных препаратов [9, 11];
- 6) специальные изделия, технические средства и приборы, контейнеры, вагоны, емкости, подлежащие обязательному опечатыванию и контролю [11, 25].

Помимо указанных объектов существуют объекты, которые должны быть защищены от несанкционированного доступа путем опечатывания [11, 25], например компьютеры, помещения, сейфы, запасные выходы, аварийные устройства, контейнеры и др.

Помимо государственных документов страдают от подделки и другие коммерческие товары и продукция [7–13], которые также требуют маркировки с помощью ЗГ:

- 1) аудио-, видеопродукция и программное обеспечение;
- 2) дорогостоящие эксклюзивные товары известных марок – брендов (например парфюмерия, одежда и др.);
- 3) произведения искусства.

ЗГ содержат внутри следующие изображения [11, 14, 21, 23–25]:

- 1) видимые изображения, т.е. визуально наблюдаемые глазами изображения в виде плоских, многоплановых по глубине, трехмерных изображений, имеющих плавно изменяемую цветовую гамму, цветные элементы, эффекты динамики отдельных частей изображений (кинеграммы), эффекты раздельного наблюдения при различных углах наблюдения (свитч-эффект) и многое др.;
- 2) скрытые изображения, т.е. невидимые глазами изображения в виде микро- и нанотекстов, микрооптических деталей, микролинз Френеля, плоских и трехмерных скрытых изображений, восстанавливаемых в лазерном свете вне плоскости ЗГ, скрытых кодированных изображений, воспроизводимых как в плоскости, так и вне плоскости ЗГ.

Такая совокупность видимых и скрытых изображений позволяет значительно увеличить защитные свойства и усложнить технологию изготовления ЗГ, а также повысить степень защищенности самих ЗГ.

В книге рассматриваются защитные голограммы, используемые для маркировки только **бумажных и пластиковых документов**. При этом предполагается далее, что защитная голограмма наносится на документ таким

образом, что ее последующее отделение от документа невозможно без ее разрушения. В настоящее время разработаны соответствующие технологии изготовления защитных голограмм в виде двух основных продуктов [1–5, 7, 14, 21, 19, 24]:

- 1) в виде самоклеящейся этикетки;
- 2) в виде фольги горячего тиснения.

Защитная голограмма в виде самоклеящейся этикетки имеет клеящий слой с такими адгезивными свойствами, которые обеспечивают невозможность отделения (отклеивания) защитной голограммы от документа. Защитная голограмма в виде фольги горячего тиснения наносится на документ методом горячего прессования, при котором клеящий слой разогревается до температуры 100–140 °С и под давлением пуансона пресса вдавливаются в структуру и поры бумаги (или пластиковой карточки), обеспечивая соединение в единую целостную структуру сэндвича типа «бумага – защитная голограмма». При попытке отделения ЗГ от бумаги (пластиковой карточки) происходит полное или частичное разрушение защитной голограммы.

Таким образом, с одной стороны, подтверждение подлинности документа может быть обеспечено путем идентификации и контроля подлинности самой защитной голограммы.

Массовый выпуск ЗГ и их особое значение для защиты от подделки документов приводят к тому, что среди ЗГ также появляются подделки и фальсификации. Таким образом, с другой стороны, встает вопрос о подтверждении подлинности самой защитной голограммы.

В этих условиях проблема оперативной (в реальном времени) и автоматической (без участия человека-оператора) идентификации и контроля подлинности ЗГ с помощью оптико-электронных приборов (ОЭП) и устройств является актуальной.

На практике в автоматическом режиме при контроле подлинности ЗГ требуется решение следующих задач (приводятся по мере их усложнения):

1-я задача – массовый потоковый контроль подлинности входных ЗГ (например ЗГ на акцизных марках) на соответствие только одной эталонной ЗГ; в этом случае в ОЭП заранее вводятся характерные признаки эталонной ЗГ, а система идентификации функционирует по принципу «ДА» (есть идентификация) или «НЕТ» (нет идентификации), т.е. ОЭП «настроен» только на контроль подлинности ЗГ одного типа, его переналадки не требуется и идентификация выполняется в реальном времени (менее 0,1 с/на ЗГ без учета времени позиционирования);

2-я задача – контроль подлинности входных ЗГ путем их сравнения с разными эталонными ЗГ (например ЗГ на пластиковых картах, банковских бланках строгой отчетности), восстанавливающих с субголограмм эталонные СКБИ, заранее внесенные в базу данных; ОЭП «настроен» на поиск и идентификацию различных типов эталонных ЗГ, работает в автоматическом режиме, его переналадки не требуется и идентификация типа

«ДА–НЕТ» выполняется за время, близкое к реальному масштабу времени (в пределах от 1 до 10 с/на ЗГ);

3-я задача – выборочный по мере предъявления контроль подлинности входных ЗГ (например ЗГ на паспортах, удостоверениях, бланках), при котором необходимо выполнять внесение характерных признаков новой ЗГ в базу данных эталонных ЗГ, изменение алгоритма идентификации и саму идентификацию входных ЗГ; при этом ОЭП выполняет следующие функции:

а) внесение новых эталонных ЗГ в базу данных с присвоением им соответствующих номеров; б) изменение алгоритма идентификации (функция обучения); в) поиск эталонной ЗГ по базе данных по соответствующим характерным признакам; г) идентификация входной ЗГ относительно выбранной из базы данных эталонной ЗГ по принципу «ДА» – есть идентификация или «НЕТ» – нет идентификации; д) формирование выходной информации о ЗГ (например на какой документ была нанесена ЗГ и др.); ОЭП работает в автоматизированном режиме, может перенастраиваться, и идентификация типа «ДА–НЕТ» выполняется оперативно за время в пределах от 1 до 30 с/на ЗГ.

Данные задачи требуют разработки новых методов контроля подлинности ЗГ и создания для них специализированных ОЭП различных типов.

Идентификация и контроль подлинности защитных голограмм

Процесс идентификации защитной голограммы тесно связан с теорией и процессом распознавания сигналов, образов и изображений [14, 30–32]. Как известно, в общем случае распознавание образов (изображений) включает в себя следующие основные процедуры:

- формирование совокупности классов образов (изображений);
- составление и описание характерных признаков распознаваемых образов (изображений);
- выбор и построение решающего правила (алгоритма распознавания), по которому данный образ (изображение) относится к соответствующему классу.

Достаточно часто встречается задача распознавания, когда требуется **идентифицировать** принадлежность объекта к **двум классам**, например, данный автомобиль относится к классу легковых автомобилей или к классу грузовых автомобилей.

При решении задачи **идентификации защитных голограмм**, о которой речь идет в данной книге, возникает задача отнесения защитных голограмм только к двум классам – к классу подлинных голограмм или к классу неподлинных голограмм [11, 14, 21, 24–27].

Исторически [1–11, 14, 19, 21] сложилось так, что в технологиях защиты документов от подделки (денежные знаки, банковские векселя, карточки и многое другое) говорят об идентификации как о контроле подлинности, т.е. отнесении документов к классу подлинных или к классу неподлинных документов.

В теории идентификации и контроля подлинности документов [1–11, 14–18, 24–29] для упрощения всей процедуры, идентификация предполагает внесение в документ специальной информации, называемой идентификатором. Тогда процесс идентификации документов предполагает выполнение следующих шагов: 1) разработка системы идентификации документов; 2) присвоение каждому документу определенного идентификатора, содержащего требуемую информацию (например цифровой код); 3) нанесение на документ специализированной метки-идентификатора; 4) считывание информации (цифрового кода) с метки-идентификатора опτικο-электронным устройством и перевод информации в электронный цифровой вид; 5) сравнение идентификатора с перечнем идентификаторов, присвоенных документам в базе цифровых данных, и вынесение решения об идентификации.

В нашем случае таким идентификатором является **защитная голограмма**, наносимая на документ, в которой записываются ее характерные признаки и специальная кодовая информация.

Под **подлинностью** или **аутентичностью** (англ. «authenticity») понимается свойство, гарантирующее, что объект (в нашем случае – защитная голограмма) идентичен заявленному, а под процессом **контроля подлинности** или **аутентификации** (англ. «authentication») – проверка принадлежности предъявленного идентификатора объекта (защитной голограммы) к эталонному идентификатору (эталонной голограмме) [4, 11, 14, 31–33].

Таким образом, под **контролем подлинности защитных голограмм** понимается процесс **идентификации защитных голограмм** путем отнесения их к классу подлинных защитных голограмм по идентификатору, содержащему максимально возможные характерные признаки ЗГ.

Входная защитная голограмма признается идентичной эталонной защитной голограмме, если **в идентификаторе совпадает вся совокупность выбранных характерных признаков**, предусмотренных для данной голограммы [14, 42–46].

Под **характерными признаками защитной голограммы** [11, 14, 25] понимаются:

1-я группа признаков, определяемая опτικο-физическим методом (аналоговым или цифровым) получения мастер-голограммы ЗГ при записи интерференционной структуры на регистрирующую среду;

2-я группа признаков, характеризующая качество голографического изображения (элемент разрешения, объемность, динамика, цвет и др.);

3-я группа признаков, определяемая типом пленочного материала, используемого для тиражирования ЗГ;

4-я группа признаков, определяемая методом нанесения ЗГ на подложку-документ и степенью разрушаемости ЗГ.

На практике под контролем подлинности защитной голограммы понимается процесс определения ее соответствия эталонной защитной го-

лограмме по некоторой **ограниченной совокупности характерных признаков** или **по специальной кодовой информации** [11, 14, 25, 43–46].

Наиболее перспективным для автоматического контроля подлинности ЗГ является использование совокупности из **1-й и 2-й групп характерных признаков**, которые позволяют с помощью дистанционных и неразрушающих оптико-электронных приборов (ОЭП) наиболее полно проанализировать параметры и характеристики ЗГ без ее отделения от подложки документа и без использования сложного спектрального химического анализа состава пленочных материалов и слоев, входящих в состав носителя.

Все характерные признаки могут идентифицироваться и контролироваться тремя способами:

- 1) с помощью визуальных наблюдений глазами человека-контролера;
- 2) с помощью автоматизированных оптико-электронных приборов и устройств, в которых решение о контроле подлинности ЗГ принимается с участием человека-контролера;
- 3) с помощью автоматических оптико-электронных приборов и устройств, в которых решение о контроле подлинности ЗГ принимается автоматически, без участия человека-контролера.

В зависимости от того, кто и какими оптико-электронными средствами осуществляет контроль подлинности ЗГ, выделяют три уровня идентификации [11, 14, 25, 46–50]:

- 1-й уровень** неквалифицированного пользователя;
- 2-й уровень** контрольного органа (контролера);
- 3-й уровень** экспертного анализа (эксперт).

На **1-м уровне** анализ характерных признаков ЗГ производится визуально, непосредственно в наблюдаемом изображении. Идентификация осуществляется человеком-оператором невооруженным глазом, без применения дополнительных технических средств. На принятие окончательного решения в этом случае сильно влияют условия наблюдения и субъективные способности наблюдателя к восприятию и интерпретации полученной информации.

На **2-м уровне контрольного органа** анализ характерных признаков ЗГ производится комбинированно — визуально глазами и с использованием простых оптических инструментальных средств, например лупы, источников света, визуального микроскопа, оптико-электронных приборов, управляемых человеком-контролером.

На **3-м экспертном уровне** анализируются все характерные признаки ЗГ, которые могут быть идентифицированы с помощью специализированных оптико-электронных приборов и стендов с участием человека-эксперта.

Очевидно, что процессы идентификации, относящиеся к 1-му уровню (неквалифицированного пользователя) и 3-му (экспертному) уровню, не могут и не должны быть автоматизированы. На 1-м уровне это определяется принципиальным отсутствием технических средств, а на 3-м уровне —

необходимостью досконального анализа всех характерных признаков и отсутствием жестких временных ограничений.

В то же время на 2-м уровне (контрольного органа) требуется, чтобы анализ характерных признаков был проведен оперативно в реальном времени и автоматически, т.е. с минимальным участием человека-оператора.

В соответствии с вышеуказанным можно выделить три метода контроля подлинности ЗГ, каждый из которых позволяет осуществлять идентификацию соответствующих характерных признаков:

- 1) **метод визуальной идентификации (ВИд)**, в котором основным характерным признаком является общий внешний вид голографического изображения и его отдельные элементы, наблюдаемые глазом человека-оператора при обычном освещении; очевидно, что контроль подлинности осуществляется по некоторым характерным признакам и вероятность правильной идентификации ЗГ снижается;
- 2) **метод инструментальной идентификации (ИИд)**, выполняемой с помощью простых оптических и автоматизированных оптико-электронных приборов с участием человека-оператора; в этом случае количество используемых характерных признаков увеличивается и вероятность правильной идентификации ЗГ повышается;
- 3) **метод специализированной инструментальной идентификации (СИИд)**, выполняемой с помощью автоматических специализированных оптико-электронных приборов без участия человека-оператора; в этом случае используются многие характерные признаки 1-й и 2-й групп, а вероятность правильной идентификации ЗГ становится максимально возможной.

Разрабатываемые и выпускаемые серийно защитные голограммы, как правило, имеют характерные признаки, идентифицируемые всеми тремя методами – ВИ, ИИ и СИИ. При визуальных наблюдениях глазами человека (контролера, эксперта) осуществляется контроль подлинности ЗГ по видимым голографическим изображениям. На принятие окончательного решения в этом случае сильно влияют условия наблюдения ЗГ и субъективные способности человека к восприятию и интерпретации полученной информации. При этом длительность идентификации может составлять от единиц до нескольких десятков минут, что не удовлетворяет практическим требованиям серийного контроля подлинности ЗГ в реальном времени.

В связи с этим наиболее перспективным для контроля подлинности ЗГ является использование автоматических оптико-электронных приборов (ОЭП), которые дают возможность наиболее полно проанализировать характерные признаки оптико-голографического изображения ЗГ. Автоматизация процесса контроля подлинности ЗГ позволяет не только избавиться от влияния указанных субъективных человеческих факторов, но и обеспечить контроль подлинности ЗГ в реальном масштабе времени и с высокой вероятностью принятия правильного решения.