

## ПРИБОРЫ



УДК 621.373.826

### АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УСТРОЙСТВО «МИГОЛ-1» ДЛЯ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ МИНИАТЮРИЗАЦИИ ДОКУМЕНТОВ

Л. Н. ВАГИН, А. М. ФИЛАТОВ, С. П. ВОРОБЬЕВ,  
В. И. ЕГОРОВ

Рассмотрен принцип работы, конструкция и характеристики устройства, осуществляющего вторую ступень миниатюризации информационных материалов — голограммированное микрофильмов. Результатирующая кратность достигает 100—200. В устройстве использованы двухкоординатное перемещение носителя голограмм и протяжка ролевого микрофильма.

Теория построения двухконтурных информационно-поисковых систем (ИПС) предусматривает архивное хранение во втором контуре микрокопий документов. Проблема миниатюризации документальной информации наиболее эффективно решается с помощью голограммических методов записи и воспроизведения информации. Проведенные исследования показали, что наибольшая кратность уменьшения оригинала при высоком качестве восстановленного изображения достигается двухступенным способом: на первой ступени оригинал микрофильмируется с кратностью уменьшения 10—20<sup>х</sup>. Голограммическая миниатюризация производится на второй ступени. Результатирующая кратность уменьшения составляет 150—200<sup>х</sup> в зависимости от характера информации, содержащейся в странице документа [1].

Построение второго контура ИПС на основе голограммических информационных устройств предложено в работе [2]. Одно из таких устройств должно выполнять функцию голограммической миниатюризации микрофильма документов. В статье сообщаются результаты работы по созданию устройства «Мигол-1».

#### ОПТИЧЕСКАЯ СХЕМА И ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ

Для уплотнения информации используется схема голограмм Фраунгофера. Поскольку устройство записи микроголограмм стоит первым в технологической цепочке голограммических устройств второго контура, то схема

голограммирования должна отвечать не только требованиям максимального сжатия информации, но также учитывать особенности других устройств комплекса. Эти соображения составляют основу оптической схемы, изображенной на рис. 1.

Страница информации 1 (кадр рулонного микрофильма) помещается в объективном пучке 2 между фокусным и двойным фокусным расстояниями перед объективом  $L1$ . Это позволяет на стадии восстановления получать увеличенное изображение страницы без участия

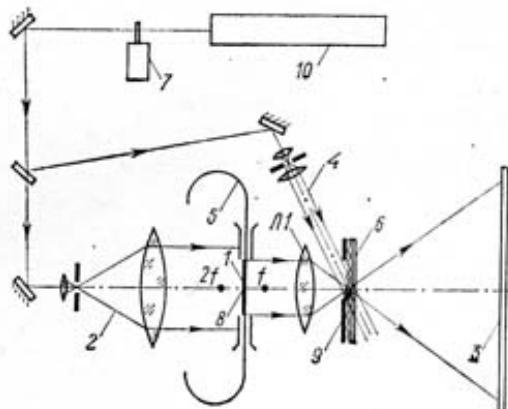


Рис. 1. Оптическая схема устройства для голограммической миниатюризации документов: 1 — кадр микрофильма,  $L1$  — объектив, 2 — объективный пучок, 3 — диффузный экран, 4 — опорный пучок, 5 — ролевой микрофильм, 6 — фотопластинка, 7 — фотозатвор, 8 — кадровое окно, 9 — диафрагма, 10 — лазер

стия объектива, что значительно упрощает и удешевляет конструкцию голограммического читального аппарата [3]. При одинаковой расходимости восстанавливающего и опорного пучков размер изображения определяется по формуле

$$B = b \frac{f}{a-f},$$

где  $b$  — размер микрофильма;  $f$  — фокусное расстояние объектива;  $a$  — расстояние от микрофильма до главной передней плоскости объектива.

Следует также отметить другое преимущество условия  $f < a < 2f$ , заключающееся в том, что в процессе настройки схемы голограммирования имеется возможность визуального контроля размера увеличенного изображения. Для этого в плоскости изображения помещается диффузный экран 3. В схеме, изображенной на рис. 1, используется плоский опорный пучок 4 с расчетом на применение на стадии восстановления нерасширенного пучка лазера. Это упрощает конструкцию как читального аппарата в отличие от [4], так и устройства перезаписи информации из микроголограмм на фотографические носители информации и исключает aberrации восстановленного изображения.

Работа устройства производится в два этапа. На подготовительном этапе вручную делается заправка рольного микрофильма 5 в механизм перемотки пленки, закрепление фотопластиинки 6 в носителе голограмм, измерение и подбор соотношения интенсивностей опорного и объектного пучков, расчет времени экспонирования голограммы.

Рабочий этап осуществляется автоматически и состоит в следующем. После нажатия кнопки «пуск» на пульте управления открывается фотозатвор 7 и происходит экспонирование голограммы. Последующее закрывание затвора служит сигналом для одновременного срабатывания механизмов перемотки пленки и перемещения носителя голограмм. В результате в кадровое окно 8 (рис. 1) поступает очередной кадр микрофильма, а носитель голограмм перемещается на расстояние, равное шагу голограмм. После того как система окажется в состоянии покоя, затвор получает команду и открывается для экспонирования следующей голограммы. Затем цикл повторяется.

Диаметр микроголограммы, ограничивающий диафрагмой 9 (рис. 1), выбирается из условия регистрации ею требуемой наивысшей пространственной частоты микрофильма [1]. В результате на фотопластиинке органи-

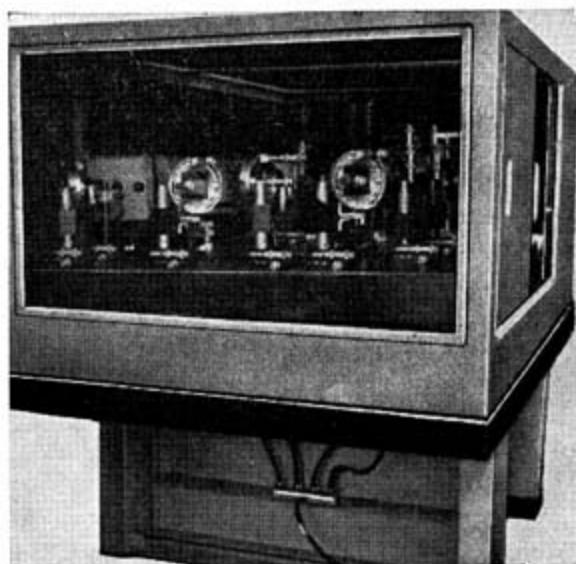


Рис. 2. Внешний вид устройства для голографической миниатюризации документов

зуется голографический блок памяти (ГБП) в виде регулярно расположенных, дискретных микроголограмм.

### КОНСТРУКЦИЯ

Элементы оптической схемы, механизмы перемещения и лазер помещены внутри светонепроницаемой камеры с дверцами и раздвижными шторками (рис. 2). Известно, что причиной нестабильности интерференционной картины при экспонировании голограммы является вибрация держателей регистрирующей среды, зеркал, объективов и других элементов. Для гашения механических колебаний, возникающих при работе электрических двигателей и механизмов, используется массивное (600 кг) основание. На нем размещаются держатели и механизмы. Изоляция от внешних воздействий достигается пневматической амортизацией основания и с помощью стенок камеры.

Одним из основных узлов устройства является механизм двухкоординатного перемещения фотопластиинки (рис. 3). Он состоит из подвижной каретки, направляющих и исполнительных механизмов. На каретке 1 предусмотрено жесткое закрепление фотопластиинки 2 в металлической рамке 3. С помощью двигателей 4 каретка может дискретно перемещаться по направляющим: горизонтальной платформе 5 и вертикальным стойкам 6. Максимальное число перемещений в одном из направлений составляет 60. Суммарная погрешность перемещения не превышает 0,25 мм.

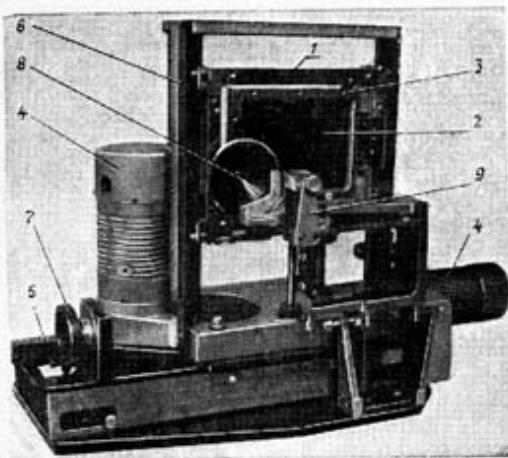


Рис. 3. Механизм двухкоординатного перемещения фотопластиинки: 1 — каретка, 2 — фотопластиинка, 3 — металлическая рамка, 4 — двигатели, 5 — горизонтальная платформа, 6 — вертикальная стойка, 7 — маховицк, 8 — диафрагма, 9 — юстировочное устройство

Предусмотрено изменение шага перемещений 2—4 мм через 0,5 мм с допустимым отклонением по шагу  $\pm 5 \cdot 10^{-3}$  мм. Столь высокая точность обеспечена применением шаговых двигателей, делительного механизма и пары винт—гайка с цанговым зажимом. Каретка крепится к гайке ленточной пружиной, служащей также регулировочным элементом и демпфером.

Кроме электрического, механизм снабжен ручным приводом (маховицкой 7, рис. 3), что позволяет в широких пределах менять геометрические характеристики ГБП. По условиям голограммирования расстояние между диафрагмой 8, ограничивающей размер голограммы, и фотоэмulsionсией не должно превышать 0,05—0,1 мм. Это достигается с помощью юстировочного устройства 9, смонтированного на основании механизма перемещения.

Другим важным узлом является механизм перемотки рулонного микрофильма (30 м), который служит для смены страниц информации в объектном пучке. Пленка сматывается с подающего и наматывается на тянувший барабан. При этом она с помощью соответствующих роликов протягивается через кадровое окно, освещаемое объектным пучком. Барабаны и ролики приводятся в движение электродвигателем через индивидуальные фрикционные и зубчатую передачу. Для равномерного натяжения пленки предусмотрены натяжные ролики.

Положение страницы информации в кадровом окне с точностью  $\pm 0,15$  мм обеспечивается следящей системой.

С помощью сменных трактов перемотки возможно голографирование микрофильмов на 16—35-миллиметровой пленке.

Держатели оптических элементов представляют собой безлюфтовые жесткие системы с возможностью прецизионной юстировки пространственного положения элемента. В узлах углового перемещения применены шариковые опоры с выборкой зазоров посредством винтов. Поворот в горизонтальной и вертикальной плоскостях возможен в пределах  $10^\circ$ .

В узлах вертикального и горизонтального перемещений применены замкнутые направляющие трения скольжения с прижимной призмой. Величина перемещений  $\pm 10$  мм. Конструкция позволяет производить перемещения в заданном направлении независимо от направления действующих сил.

## УПРАВЛЕНИЕ

Функциональная схема управления процессом голографирования (рис. 4) включает в себя блоки управления работой шаговых двигателей, приводящих в движение механизмы перемотки пленки и перемещения фотопластиинки, а также блок электромеханического фотозатвора. Электромеханический фотозатвор разработан А. Н. Дрожжинским. Применением шаговых двигателей удалось реализовать важное технологическое требование — дискретность и широкий диапазон скоростей движения механизмов.

Блок управления двигателем механизма перемотки пленки представляет собой фотоследящее устройство, состоящее из лампы  $L_1$  для подсветки фотодиода  $\Phi D_1$ , фотореле  $\Phi R$ , звукового генератора  $ZG$ , формирователя импульсов  $\Phi II$ , реле времени  $PB_1$ , блока управления  $BU-3$  и шагового двигателя ШДР-721 ( $ШДI$  на рис. 4).

Фиксация страницы в кадровом окне лентопротяжного тракта осуществляется с помощью непрозрачных штрихов, нанесенных на прозрачной части пленки. Прерывание штрихами светового потока, падающего на фотодиод  $D_1$ , вызывает размыкание нормально замкнутых контактов реле  $\Phi R$  и отключение генератора  $ZG$  от формирователя импульсов  $\Phi II$  и блока управления  $BU-3$ . При этом обмотки шагового двигателя  $ШДI$  обесточиваются. Одновременно с тем замыкаются нормально разомкнутые контакты фотореле, которые включают реле времени  $PB_1$ . После того, как система окажется в состоянии покоя, реле открывает фотозатвор  $\Phi Z$  для экспонирования голограммы. Прекращение экспонирования служит сигналом для формирователя

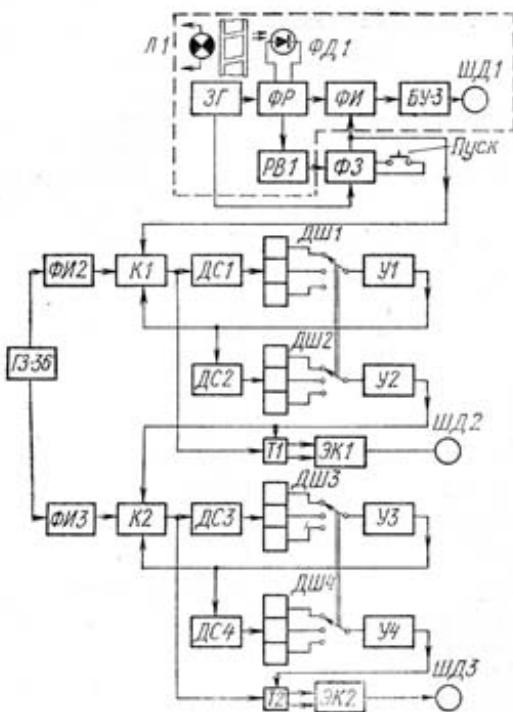


Рис. 4. Функциональная схема управления процессом голограммирования:  $L_1$  — лампа,  $\Phi D_1$  — фотодиод,  $\Phi P$  — фотореле,  $ZG$ ,  $GZ-36$  — звуковые генераторы,  $\Phi I_1$ ,  $\Phi I_2$ ,  $\Phi I_3$  — формирователи импульсов,  $PV_1$  — реле времени,  $BU_3$  — блок управления,  $SHD_1$ ,  $SHD_2$ ,  $SHD_3$  — шаговые двигатели,  $K_1$ ,  $K_2$  — электронные ключи,  $T_1$ ,  $T_2$  — триггеры,  $ЭК_1$ ,  $ЭК_2$  — электронные коммутаторы,  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$ ,  $U_4$  — усилители,  $DC_1$ ,  $DC_2$ ,  $DC_3$ ,  $DC_4$  — двоичные счетчики импульсов,  $DSh_1$ ,  $DSh_2$ ,  $DSh_3$ ,  $DSh_4$  — дешифраторы

импульсов  $\Phi I$  и блока управления механизмом перемещения фотопластиинки. В результате незначительных поворотов вала двигателя  $SHD_1$  и перемещения пленки нарушается световая экранировка фотодиода  $\Phi D_1$ , после чего обмотки двигателя подключаются к источникам питания. Одновременно с перемоткой пленки на длину, равную размеру страницы, происходит перемещение фотопластиинки.

Блок управления двигателями механизма двухкоординатного перемещения представляет собой электронное пересчетное устройство. Его работа заключается в следующем. Синусоидальные колебания генератора  $GZ-36$  после преобразования их в трапецидальные импульсы в преобразователях  $\Phi I_2$  и  $\Phi I_3$  поступают через ключи  $K_1$  и  $K_2$  и триггеры  $T_1$  и  $T_2$  на вход электронных коммутаторов

$ЭK_1$  и  $ЭK_2$  — источников питания шаговых двигателей  $SHD_2$ ,  $SHD_3$ . Первый из двигателей используется для перемещения фотопластиинки по горизонтальному, а второй — по вертикальному направлениям. Поворот вала двигателя от единичного импульса равен  $1^{\circ}30'$ . За один оборот вала фотопластиинка перемещается на 0,5 мм.

Торможение двигателей достигается разрывом цепи генератор  $GZ-36$  — двигатель путем запирания ключей  $K_1$  и  $K_2$ . Запирающее напряжение вырабатывается на выходе усилителей  $U_1$  и  $U_3$  после расшифровки двоичных сигналов счетчиков импульсов  $DC_1$  и  $DC_3$  дешифраторами  $DSh_1$ ,  $DSh_3$ .

Сигналы с усилителей поступают также и на счетчики импульсов  $DC_2$  и  $DC_4$ . Они предназначены для счета голограмм в горизонтальном и в вертикальном направлениях. После экспонирования заданного числа в строке на выходе дешифратора  $DSh_2$  появляется сигнал, по которому триггер  $T_1$  начинает пропускать импульсы не на прямой, а на обратный вход электронного коммутатора  $ЭK_1$ . Это вызывает реверс двигателя  $SHD_2$ , поэтому следующая строка заполняется голограммами в обратном направлении. Тот же сигнал с дешифратора  $DSh_2$  открывает ключ  $K_2$  и запускает двигатель  $SHD_3$ , который при этом перемещает фотопластиинку на один шаг по вертикали. Число перемещений по вертикали (число строк голограмм в ГБП) задается счетчиком  $DC_4$  и дешифратором  $DSh_4$ .

После экспонирования фотопластиинки во всех требуемых точках каретка возвращается в исходное положение.

На рис. 5 приведена гистограмма дифракционной эффективности 90 голограмм, составляющих две строки в голограммическом блоке памяти. Разброс значений эффективностей не превышает 20%.

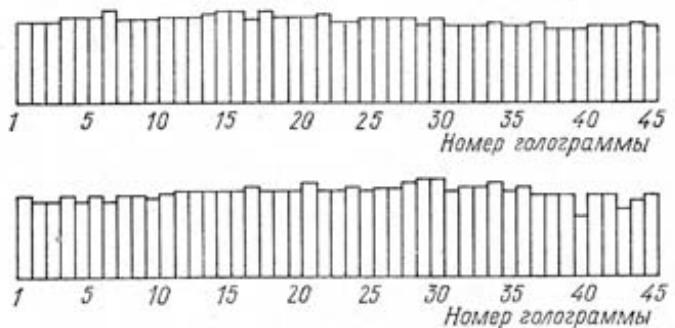


Рис. 5. Распределение дифракционной эффективности в массиве голограмм

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Размер голограммы . . . . .	1—4 мм
Кратность уменьшения	
оригинала . . . . .	200x
микрофильма . . . . .	20x
Размер фотопластинки . . . . .	120×90 мм
Количество голограмм в ГБП . . . . .	до 3000 шт
Производительность . . . . .	15 голограмм в мин
Длина рулона микрофильмов . . . . .	до 30 м
Амортизация — пневматическая	
Тип лазера — ЛГ-36	

## ВЫВОДЫ

Создано автоматизированное устройство для голографической миниатюризации с особо высокими (100—200) кратностями уменьшения научно-технических документов, в котором для уплотнения информации используются голограммы Фраунгофера; схема голографирования позволяет с помощью нерасширенного пучка лазера на стадии восстано-

вления получать сфокусированное без участия объектива увеличенное изображение страницы информации; используются протяжка рольного микрофильма и двухкоординатное перемещение носителя голограмм.

Устройство стоит первым в технологической линии второго контура ИПС на базе голографических средств информационной техники. Авторы выражают глубокую благодарность В. Л. Герусу за постоянное внимание к работе и полезные обсуждения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вагин Л. Н. — «Опт. и спектр.», 1975, т. 38, вып. 5, с. 994—998.
2. Вагин Л. Н. — «Электронная промышленность», 1973, № 5.
3. Вагин Л. Н., Михайлов И. А., Филатов А. М. — «ОМП», 1973, № 12, с. 69.
4. Мс. Махон — „Appl. Opt.“, 1972, vol. 11, № 4, p. 798—810.

Поступила в редакцию 1.06.77.