



УДК 778.534.19  
ГРНТИ 06.81.23

## КОРРЕКЦИЯ МЕЖСТРОЧНЫХ ПРОМЕЖУТКОВ В ТРЕХМЕРНОМ ДИСПЛЕЕ С ВОЗВРАТНО- ПОСТУПАТЕЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИХ МАТРИЦ

*А.Г. КОШЕЛЕВ, кандидат технических наук  
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)  
Д.А. ЧИСТИЛИН, кандидат технических наук  
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)  
Д.В. РОДИОНОВ  
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

В статье предложен метод коррекции межстрочных промежутков в трехмерном дисплее на основе возвратно-поступательного движения светоизлучающих матриц, формирующих развертку трехмерного изображения и обеспечивающий высокое качество изображения.

*Ключевые слова:* трехмерное изображение; дисплей; кадровая развертка; светодиодная матрица; корректор межстрочных промежутков.

## CORRECTION OF INTERSTRUCTIONAL INTERMEDIATES IN THREE-DIMENSIONAL DISPLAY WITH RETURN-ACTIVE MOVEMENT LIGHT-EMITTING MATRIX

*A.G. KOSHELEV, Candidate of technical sciences  
MESC AF "N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy" (Voronezh)  
D.A. CHISTILIN, Candidate of technical sciences  
MESC AF "N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy" (Voronezh)  
D.V. RODIONOV  
MESC AF "N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy" (Voronezh)*

The article proposes a method for correcting the line spacing in a three-dimensional display on the basis of the reciprocal motion of light-emitting matrices that form a scanning of a three-dimensional image and ensures a high quality of the image.

*Keywords:* 3D image, display, frame sweep, LED matrix, corrector of line spacing.

**Введение.** В течение многих десятилетий ведутся исследования, направленные на создание трехмерного дисплея, позволяющего воспроизводить в режиме реального времени объемное изображение сцен и объектов высокого разрешения, как по внешней конфигурации, так и просматривать его внутренние слои и их фрагменты.

Реализация подобного устройства значительно повысит степень достоверности восприятия человеком воспроизводимой видеoinформации в широком спектре его деятельности. Прежде всего это касается решения задач в науке и технике, где желательна или необходима визуализация внутренней пространственной структуры объекта и заднего (бокового) плана, а также: в медицине (прежде всего, в томографии) и биологии, в аэро и космической навигации, в геофизике, сейсмологии и разведке природных ресур-



сов, в атмосферных и океанических исследованиях, в компьютерном конструировании и моделировании, в профессиональной технике симуляции (тренажеры наземных и летательных аппаратов), в охранных, инспекционных и прочих направлениях.

**Методы исследования.** В настоящее время, самым распространенным решением по созданию трехмерного дисплея является «послойное» воспроизведение трехмерного образа [1, 2]. В дисплее данного типа пространственное расположение каждой разрешимой точки (пространственного отсчета) предъявляемого образа соответствует (с выбранным масштабом) пространственному расположению соответствующей разрешимой точки (или некоторой группы точек) исходной сцены. Так как в подобных дисплеях невозможно технически реализовать предъявление всех разрешимых точек динамического трехмерного оптического образа параллельно (одновременно) во всех соответствующих точках трехмерного пространства, то предлагаются технические решения с последовательной трехкоординатной разверткой образа, чаще всего с «послойным» воспроизведением последнего, представленного на рисунке 1. При этом слитное объемное восприятие во времени наблюдателем  $W$  обеспечивается за счет кратковременной (оперативной) памяти его зрительного аппарата. Геометрия и физическое содержание указанных «слоев» могут быть самыми различными.

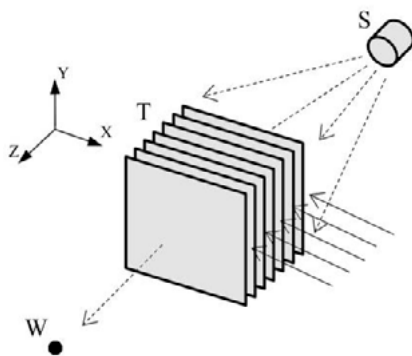


Рисунок 1 – Принципиальная схема дисплея с трехкоординатной разверткой

Однако последовательное проецирование луча от источника изображения на соответствующие слои, формирующие трехмерную развертку изображения, позволяет сделать вывод о том, что в реальном времени (за  $1/25$  с), необходимо отобразить в  $N_z$  раз больше двумерных картин, чтобы сформировать из них  $N_z$  сечений объекта форматом  $N_x-N_y$  каждый. Эта задача требует в  $N_z$  раз большей скорости ввода сигналов в объемный экран и большего в  $N_z$  раз быстродействия его среды по сравнению с двумерной.

Таким образом, основными недостатками вышеприведенного устройства формирования трехмерных изображений являются:

- низкое быстродействие устройства формирования изображений слоев (сечений), из-за последовательного сканирования слоев источником  $S$  информации;
- низкое разрешение визуализации глубинных сечений трехмерного экрана;
- сложность в изготовлении и настройки;
- высокая стоимость их производства.

В процессе исследований, проводимыми сотрудниками ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) и Воронежским государственным университетом был предложен трехмерный дисплей обеспечивающий одновременную развертку всех слоев (кадров) изображения за  $1/25$  с. путем возвратно-поступательного движения гребенчатых светодиодных матриц, конструктивное исполнение механизма представлено на рисунке 2. Кроме того, это позволит в режиме реаль-



ного времени выделять и визуализировать, как внешнюю конфигурацию объекта, так и его любой внутренней объемный фрагмент [4].

Так как скорость возвратно-поступательного движения светодиодных матриц не линейна, в силу вращения вала бесконтактного электродвигателя с постоянной скоростью, то межстрочные расстояния кадровой развертки изображения, неравномерны и требуют определенной коррекции. Для решения данной задачи был разработан корректор межстрочных промежутков (КМП) кадровой развертки.

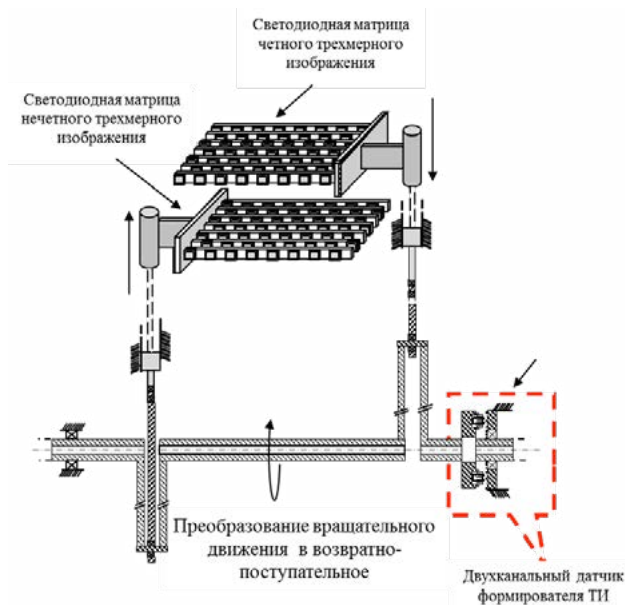


Рисунок 2 – Возвратно-поступательный механизм формирования трехмерного изображения с экраном кубической формы

На рисунках 3 и 4 представлены упрощенная конструкция в разрезе и структурная схема КМП кадровой развертки соответственно.

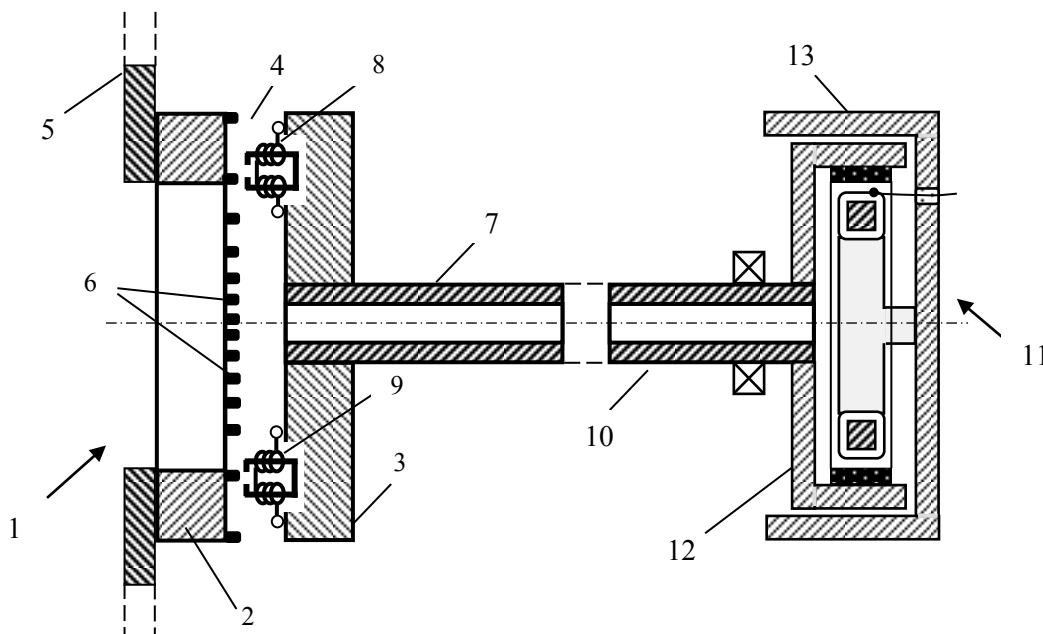


Рисунок 3 – Упрощенная конструкция корректора межстрочных промежутков кадровой развертки



Корректор 1 межстрочных промежутков кадровой развертки состоит из статорного 2 и роторного 3 тороидальных колец, расположенных соосно и с воздушным зазором 4 между собой, статорное кольцо 2 закреплено на корпусе 5 устройства УФТИ и содержит на стенке, обращенной к стенке роторного кольца 3 магниты 6, установленные по окружности с заданными между собой промежутками, а роторное кольцо 3 - закреплено на оси коленчатого вала 7, при этом на его стенке, обращенной к стенке статорного кольца 2, напротив магнитов 6, установлены две диаметрально-противоположно расположенные между собой магнитные головки 8 и 9 с рабочими зазорами. Магнитная головка 8 через устройство бесконтактной передачи тактовых импульсов (на рисунке не показано) подключена к тактовому входу БЗУ 1, а магнитная головка 9 через устройство бесконтактной передачи тактовых импульсов (на рисунке не показано) подключена к тактовому входу БЗУ 2. Коленчатый вал 7 жестко соединен с валом 10 бесконтактного электродвигателя 11, состоящего ротора 12 и статора 13.

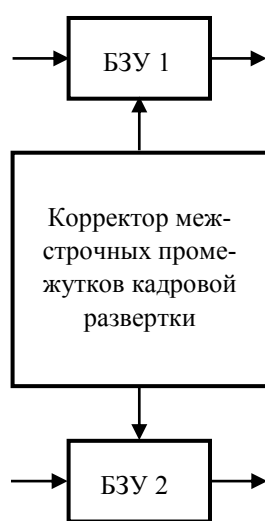


Рисунок 4 – Упрощенная структурная схема корректора межстрочных промежутков кадровой развертки

Работа корректора 1, обеспечивающего кадровую развертку трехмерного изображения с равными межстрочными промежутками  $b$  в каждом нечетном и четном поле, заключается в следующем. При вращении вала 10 электродвигателя 11, импульсные сигналы, воспроизводимые магнитными головками 8 и 9 в момент прохождения их рабочих зазоров мимо магнитов 6, подаются, соответственно, на тактовые входы БЗУ 1 и БЗУ 2. На выходе БЗУ 1 и БЗУ 2 происходит считывание строк видеоданных с учетом изменения линейных скоростей светоизлучающих матриц при развертке полей от их верхней мертвой точки до нижней мертвой точки, представленных на рисунке 5, таким образом, чтобы промежутки между строками  $b$  оставались одинаковыми и равными высоте  $\delta$  строк.

При этом количество магнитов 6, расположенных на полуокружности статорного кольца 2, должно соответствовать количеству межстрочных промежутков  $b$  в каждом нечетном и четном поле, а их временные интервалы  $t_n$  должны определяться из соотношения:

$$t_n = \frac{(2n-1)b}{v_0 \sin \alpha_n}, \quad (1)$$



где  $n$  – порядковый номер межстрочного промежутка развертки нечетного либо четного поля изображения,  $b$  – величина межстрочного промежутка в нашем случае равна высоте строки,  $v_0$  – окружная скорость шарнира (пальца) кривошипа, определяемая формулой:

$$v_0 = \frac{2\pi R}{t}, \quad (2)$$

где  $R$  – радиус окружности вращения кривошипа,  $t$  – время одного оборота,  $\alpha_n$  – угол поворота кривошипа.

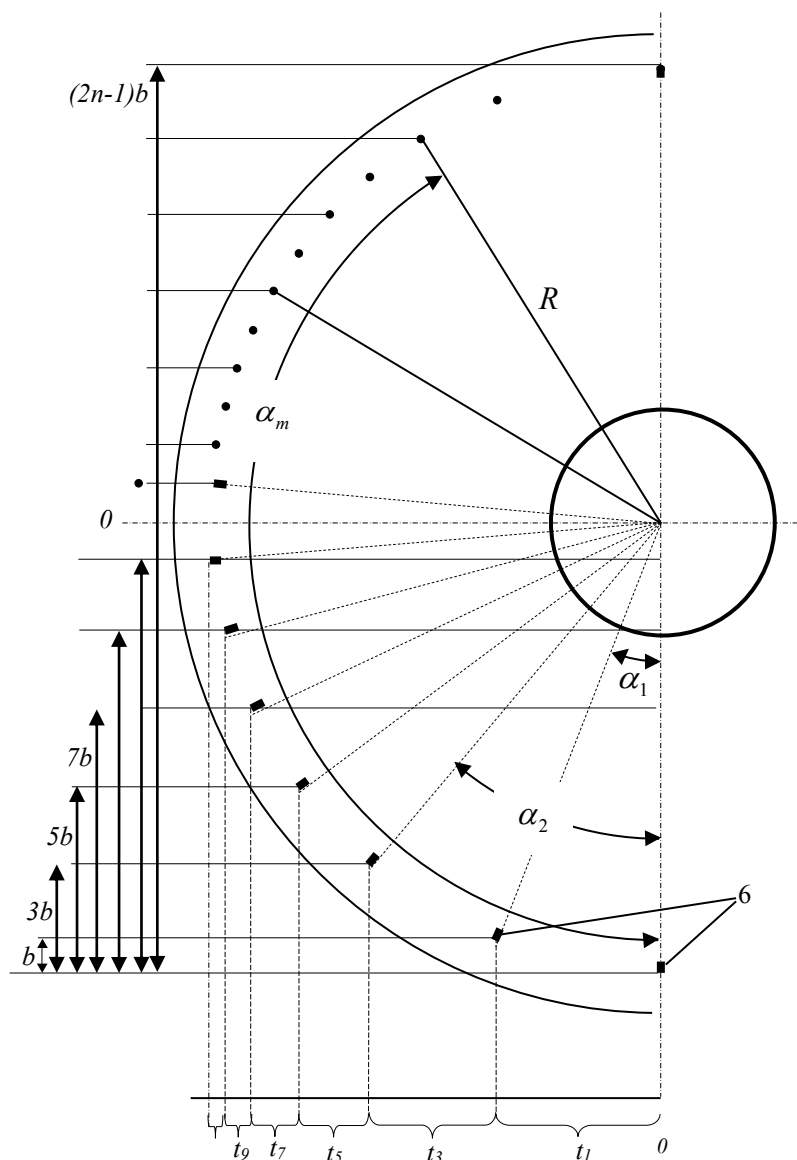


Рисунок 5 – Расположение магнитов на роторном кольце КМП кадровой развертки трехмерного изображения

На рисунке 6 показаны тактовые импульсы, сформированные КМП кадровой развертки.

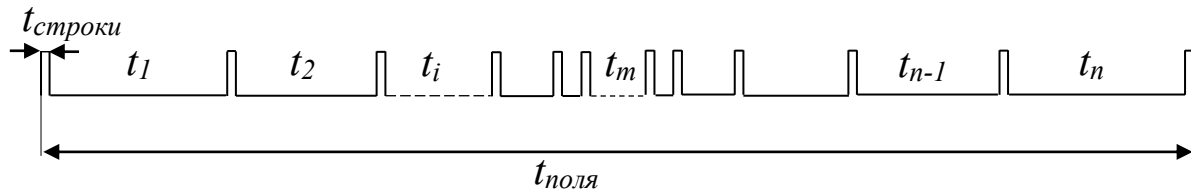


Рисунок 6 – Тактовые импульсы КМП кадровой развертки

На рисунке 7 представлены скорректированные межстрочные промежутки нечетного (а) и четного (б) полей кадровой развертки.

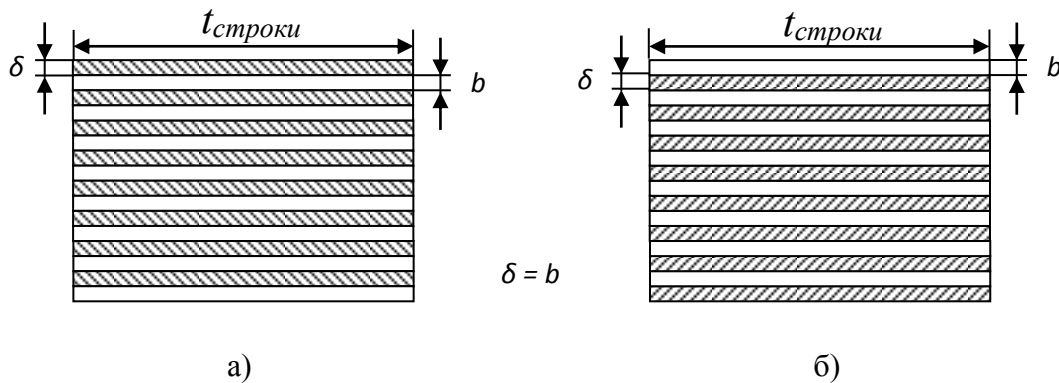


Рисунок 7 – Скорректированные межстрочные промежутки нечетного (а) и четного (б) полей кадровой развертки

**Выводы.** Предложен метод коррекции межстрочных промежутков нечетного и четного полей кадровой развертки трехмерного дисплея, обеспечивающий высокую четкость изображения, как в процессе компьютерной графики, так и в режиме реального времени.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ежов В. Трехмерный дисплей: выбор реализуемых и перспективных технических решений. e-mail: ezhov@3dstereo.ru сайт <http://3dstereo.ru> июль 2005 г.
- 2 Компанец И., Гончуков С. Способ формирования трехмерных полноцветных изображений и устройство для его осуществления. Патент РФ № 2219588. Оpubл. 20.12. 2003.
- 3 Компанец И., Андреев А., Соболев А. Трехмерный дисплей. Патент RU № 2429513. Оpubл. 20.09.2011.
- 4 Кошелев А., Бобрешов А., Шашкин А. Устройство формирования изображения Патент RU № 2628371. Оpubл. 16.08. 2017, Бюл. № 23.

#### REFERENCES

1. Ezhov V. Trekhmernyj displej: vybor realizuemykh i perspektivnykh tekhnicheskikh reshenij. e-mail: ezhov@3dstereo.ru сайт <http://3dstereo.ru> iyul' 2005 g.
2. Kompanets I., Gonchukov S. Sposob formirovaniya trekhmernykh polnotsvetnykh izobra-zhenij i ustrojstvo dlya ego osushhestvleniya. Patent RF № 2219588. Opubl. 20.12. 2003.



3. Kompanets I., Andreev A., Sobolev A. Trekhmernyj displej. Patent RU № 2429513. Opubl. 20.09.2011.

4. Koshelev A., Bobreshov A., SHashkin A. Ustrojstvo formirovaniya izobrazheniya Patent RU № 2628371. Opubl. 16.08. 2017, Byul. № 23.

© Кошелев А.Г., Чистилин Д.А., Родионов Д.В., 2017

Кошелев Александр Георгиевич, кандидат технических наук, доцент, научный сотрудник научно-исследовательского отдела научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vaiu@mil.ru

Чистилин Денис Анатольевич, кандидат технических наук, начальник научно-исследовательского отдела научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vaiu@mil.ru

Родионов Денис Владимирович, младший научный сотрудник научно-исследовательского отдела научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vaiu@mil.ru