

УДК 621.397.13

*Т. Ю. Сагдуллаев, доктор техн. наук Ю. С. Сагдуллаев*

### **ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ ОБЪЕМНОГО СПЕКТРОЗОНАЛЬНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ**

Рассматриваются особенности формирования сигналов изображений для левой и правой стереопары, варианты формирования видеосигналов при одноканальной, двухканальной и трёхканальной оптической схеме входного звена систем объёмного спектронального телевидения.

**Ключевые слова:** формирование сигналов, левая и правая стереопара, объёмное спектрональное телевидение

#### **Введение**

Получение объёмных телевизионных (ТВ) изображений наблюдаемого пространства в общем случае осуществляется с использованием передающих ТВ-камер, в которых датчики сигналов изображений разнесены между собой на базисное расстояние по аналогии с глазным базисом – расстоянием между центрами зрачков правого и левого глаз человека. Базисное расстояние для взрослых людей в среднем составляет величину 65 мм. Два ТВ-кадра, снятые с разных позиций, называют стереопарой. Как известно, первое чёрно-белое объёмное ТВ изображение в СССР было получено в 1950 г., а объёмное цветное в 1959 г. коллективом кафедры телевидения ЛЭИС под руководством проф. П. В. Шмакова. Стереотелевизионная цветная установка ЛЭИС в 1962 г. демонстрировалась на ВДНХ в Москве [1], [2].

Значительные достижения в технике передачи и воспроизведения объёмных изображений позволили применять системы телевидения не только в вещательной отрасли для просмотра ТВ программ, видео и кинофильмов в формате 3D, но и использовать их в самых различных областях науки, техники и отраслях промышленности. Надо отметить, что восприятие объёмного ТВ изображения в своей основе использует бинокулярный метод смешения цветов, когда на сетчатку левого и правого глаз раздельно поступают световые потоки изображений, полученных с разных позиций их съёмки.

Сепарация изображений стереопары для левого и правого глаз может осуществляться с помощью различных индивидуальных наглазных устройств (очков) или с помощью растровых устройств коллективного пользования. Очковый метод сепарации может быть поляроидным (изображения разделяются с помощью поляризации световых лучей во взаимно перпендикулярных плоскостях) или цветовым (разделяются по спектральному признаку). В последнее время начинают применяться новые методы и системы отображения для восприятия цветных объёмных ТВ изображений без использования наглазных устройств.

Схемы построения систем объёмного спектрозонального телевидения, как и систем двумерного телевидения, отражают их передающую и приёмную части, между которыми могут быть устройства распространения сигналов, устройства их видеозаписи и хранения с последующим воспроизведением и т. д. Процесс формирования и обработки сигналов объёмных спектрозональных ТВ изображений [3–[5] для наблюдения (визуального восприятия) и автоматического распознавания объектов включает в себе следующие основные операции над сигналами:

- преобразование отражённого или излучённого лучистого (светового) потока от объектов в сигналы изображения кадров левой и правой стереопары  $F_{л}(\lambda) \rightarrow U_{сл}(t)$  и  $F_{п}(\lambda) \rightarrow U_{сп}(t)$ ;
- обработку, передачу и приём сигналов изображений  $U_{сл}(t) \rightarrow U_{сл}'(t)$  и  $U_{сп}(t) \rightarrow U_{сп}'(t)$ ;
- преобразование сигналов изображений в световые потоки  $U_{сл}'(t) \rightarrow F_{л}'(\lambda)$  и  $U_{сп}'(t) \rightarrow F_{п}'(\lambda)$  для визуального наблюдения объектов;
- распознавание объектов, например, на основе автоматического анализа распределения сигналов изображений  $U_{сл}'(t), U_{сп}'(t) \rightarrow a_1, \dots, a_m$ .

На рис. 1 показана обобщенная структурная схема формирования, обработки и отображения сигналов в системах объёмного спектрозонального телевидения.

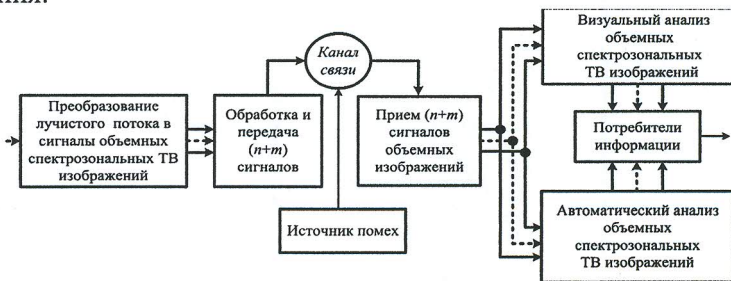


Рис. 1. Обобщенная структурная схема формирования и обработки сигналов в системах объёмного спектрозонального телевидения

Здесь в системе объёмного спектрозонального телевидения следует выделить три основных функционально значимых узла:

- входное звено преобразования лучистого (светового) потока в сигналы ТВ изображений;
- звено обработки и передачи спектрозональных сигналов для изображений кадров левой и правой стереопары;



- выходное звено преобразования сигналов ТВ изображений в световые потоки для визуального анализа или их использования для автоматического анализа информации.

Преобразование лучистого (светового) потока в сигналы изображения осуществляется с помощью передающих спектрзональных ТВ-камер, которые в первую очередь могут отличаться друг от друга видом формируемых ТВ изображений. Кроме того они могут быть реализованы в стационарном или мобильном исполнении, располагаться на надводных, наземных и воздушных средствах и т. д.

Отображение объёмных спектрзональных ТВ изображений может проводиться в условных цветах для решения задач визуального анализа (с участием человека-оператора), а также для обнаружения и селекции заданных объектов, измерения параметров и их распознавания по спектрально-энергетическим и пространственным признакам в режиме автоматического анализа и формирования сигналов управления (без участия человека-оператора).

На рис. 2 показаны разновидности формируемых ТВ изображений в системах объёмного телевидения. Здесь показаны объёмные чёрно-белые, цветные и спектрзональные ТВ изображения, которые могут быть двухракурсными или многоракурсными по полю кругового обзора.

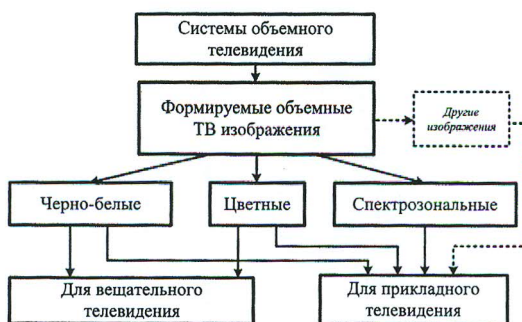


Рис. 2. Разновидности формируемых изображений в системах объёмного телевидения

Разработка и рациональное построение систем, обеспечивающих формирование сигналов объёмного спектрзонального телевидения предусматривает решение следующих научно-практических задач:

- выбора оптимального числа зон регистрации лучистого потока для формирования видеосигналов левого и правого кадра стереопары с точки зрения достижения максимально возможной различительной информации по спектрально-энергетическим и пространственным признакам и другим информативным признакам наблюдаемых объектов;

- выбора вида оптической схемы входного звена ТВ-камеры для формирования видеосигналов левого и правого кадра стереопары с использованием односигнальных или многосигнальных матричных фотоприёмников по каждому ракурсу и их возможного числа;

- оценки эффективности различных видов оптических схем входного звена ТВ-камеры для формирования видеосигналов левого и правого кадра стереопары для визуального наблюдения оптических изображений с целью увеличения обнаружительной и распознавательной способности объектов;
- разработки эффективных способов одновременной, последовательной и комбинированной передачи видеосигналов левого и правого кадра стереопары;
- оценки эффективности различных способов одновременной, последовательной и комбинированной передачи видеосигналов левого и правого кадра стереопары в полосе частот канала связи с меньшей пропускной способностью;
- разработки способов отображения спектральнозональных ТВ изображений и оценки их информативности для визуального наблюдения оптических изображений.

Рассмотрим особенности формирования сигналов и выбора схемы входного звена, которая в большей степени по своей сути определяет структуру построения систем объёмного спектральнозонального телевидения.

### **Особенности формирования сигналов объёмного спектральнозонального телевидения**

При формировании сигналов объёмных спектральнозональных ТВ изображений, в отличие от объёмных чёрно-белых или цветных изображений, встаёт задача выбора и минимизации общего числа используемых зон регистрации лучистого (светового) потока, и, соответственно, числа зональных видеосигналов правой и левой стереопар [6].

Существует понятие относительно «узкая» или относительно «широкая» зона регистрации отражённого лучистого потока для спектральных участков  $\Delta\lambda_{УФ}$ ,  $\Delta\lambda_{ВИ}$ ,  $(\Delta\lambda_{ВИ} + \Delta\lambda_{ИК}) = \Delta\lambda_{ВИК}$  и  $\Delta\lambda_{ИК}$ . Согласно работе [1] считается, что для узкой зоны регистрации лучистого (светового) потока по её ширине  $\Delta\lambda_i$  должно выполняться условие

$$\Delta\lambda_i \leq \Delta\lambda_{УФ}/2, \Delta\lambda_i \leq \Delta\lambda_{ВИ}/3, \Delta\lambda_i \leq (\Delta\lambda_{ВИК})/4, \Delta\lambda_i \leq \Delta\lambda_{ИК}/5, \quad (1)$$

а для широкой зоны регистрации лучистого (светового) потока по её ширине  $\Delta\lambda_i$  должно выполняться условие в виде

$$\begin{aligned} \Delta\lambda_{УФ}/2 < \Delta\lambda_i \leq \Delta\lambda_{УФ}, & \quad \Delta\lambda_{ВИ}/3 < \Delta\lambda_i \leq \Delta\lambda_{ВИ}, \\ (\Delta\lambda_{ВИК})/4 < \Delta\lambda_i \leq (\Delta\lambda_{ВИК}), & \quad \Delta\lambda_{ИК}/5 < \Delta\lambda_i \leq \Delta\lambda_{ИК} \end{aligned} \quad (2)$$

Использование узких зон определяется дифференциальным методом, а широких зон – интегральным методом регистрации лучистого потока. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки. Рассмотрим максимальную ширину отдельных спектральных участков. Так для видимой (ВИ) и ближней к ней ультрафиолетовой (УФ) и инфракрасной (ИК) области спектра общая ширина будет равна величине:  $\Delta\lambda_{УФ} = (380 - 250) = 130$  нм,  $\Delta\lambda_{ВИ} = (760 - 380) = 380$  нм,  $\Delta\lambda_{ИК} = (2500 - 760) = 1740$  нм. В табл. 1 показана



требуемая ширина зоны регистрации лучистого потока в спектральных участках УФ, ВИ и ближней ИК областей спектра для образования их целого числа.

Таблица 1. Требуемая ширина зоны регистрации лучистого потока в спектральных участках УФ, ВИ и ближней ИК областях спектра

Число зон регистрации в каждом участке	Спектральный участок			Общее число зон регистрации лучистого потока
	УФ	ВИ	ИК	
	Ширина зоны регистрации, нм			
1	130,0	380,0	1740,0	3
2	65,0	190,0	870,0	6
3	43,3	126,6	580,0	9
4	32,5	95,0	435,0	12
5	26,0	76,0	348,0	15
6	21,6	63,3	290,0	18
7	18,57	54,28	248,5	21
8	16,25	47,5	217,5	24
9	14,40	42,2	193,3	27
10	13,00	38,0	174,0	30

Следует отметить, что число зон регистрации лучистого потока в указанных спектральных участках, в зависимости от решаемой задачи селекции и распознавания объектов, может быть равным или разным, например, может быть так, что

$$(k < s > c > k), (k < s = c), (k = s > c), (k < s < c), \dots, (k > s > c), \quad (3)$$

где  $k$ ,  $s$ ,  $c$  – число отдельных зон регистрации в УФ, ВИ и ближней ИК областях спектра.

С учётом выполнения условий (1), (2) и (3) в УФ, ВИ и ближней ИК областях спектра могут быть использованы различные методы регистрации лучистого (светового) потока с образованием соответствующего числа зон регистрации с одинаковой или разной их шириной в спектральном интервале длин волн от  $\Delta\lambda_1$  до  $\Delta\lambda_n$ . Например, одна зона регистрации лучистого потока может располагаться в УФ области спектра, другая в ВИ, третья в ИК и т.д. Такой подход позволяет осуществить получение большей различительной информации об объектах, имеющих примерно одинаковые спектральные характеристики в каких-то отдельных спектральных участках.

В табл. 2 показаны возможные разновидности и варианты формируемых сигналов объёмных изображений для каждой стереопары с точки зрения общего числа возможных участков (зон) регистрации лучистого потока.

Таблица 2. Формируемые сигналы и зоны регистрации лучистого потока в системах объёмного телевидения

n/n	Формируемое объёмное ТВ изображение	ТВ датчик левой стереопары	ТВ датчик правой стереопары	Общее число разных зон регистрации
		Участок регистрации светового потока в ВИ области спектра		
1.	Чёрно-белое	$(\lambda_n - \lambda_1)$	$(\lambda_n - \lambda_1)$	1
2.	Цветное	$\Delta\lambda_R, \Delta\lambda_G, \Delta\lambda_B,$	$\Delta\lambda_R, \Delta\lambda_G, \Delta\lambda_B$	3
3.	Цветное	$\Delta\lambda_R, \Delta\lambda_G, \Delta\lambda_B,$	$(\lambda_n - \lambda_1)$	4
4.	Спектрозональное	Зоны регистрации лучистого (светового) потока в УФ, ВИ и ИК областях спектра		
4.1	Двухзональное	$\Delta\lambda_1$	$\Delta\lambda_2$	2
4.2	Двухзональное	$\Delta\lambda_1, \Delta\lambda_2$	$\Delta\lambda_2$	2
4.3	Двухзональное	$\Delta\lambda_1, \Delta\lambda_2$	$\Delta\lambda_1, \Delta\lambda_2$	2
4.4	Трёхзональное	$\Delta\lambda_1, \Delta\lambda_2$	$\Delta\lambda_3$	3
4.5	Трёхзональное	$\Delta\lambda_1, \Delta\lambda_2, \Delta\lambda_3$	$\Delta\lambda_1, \Delta\lambda_2, \Delta\lambda_3$	3
4.6	Трёхзональное	$\Delta\lambda_1, \Delta\lambda_2, \Delta\lambda_3$	$\Delta\lambda_4, \Delta\lambda_5, \Delta\lambda_6$	6
.....				
4.n	Многозональное	$\Delta\lambda_1, \Delta\lambda_2, \dots, \Delta\lambda_n$	$\Delta\lambda_{n+1}, \Delta\lambda_{n+2}, \dots, \Delta\lambda_m$	$(n + m)$

Как известно, для формирования сигналов объёмных чёрно-белых ТВ изображений используется видимый (ВИ) участок спектра в интервале длин волн от 0,38...0,76 мкм. Сигналы объёмных цветных ТВ изображений формируются за счёт регистрации светового потока объектов в красной, зелёной и синей части ВИ участка спектра, то есть в зонах регистрации  $\Delta\lambda_R$ ,  $\Delta\lambda_G$  и  $\Delta\lambda_B$ , которые согласованы со спектральными характеристиками зрительной системы человека. При этом формируемые ТВ изображения как левой, так и правой стереопары могут быть цветными или изображение одного из кадров стереопары может формироваться в чёрно-белом виде. Для последнего случая наблюдатель также будет воспринимать объёмное изображение в цветном варианте.

При формировании объёмных спектрозональных ТВ изображений, выбираемые зоны регистрации лучистого потока могут располагаться в том или ином спектральном участке длин волн от  $\lambda_1$  до  $\lambda_n$ . Они могут быть фиксированными или не фиксированными, частично перекрываться, иметь



различную ширину и т. д. Это позволяет выбирать такие информативные зоны регистрации в спектральном участке от  $\lambda_1$  до  $\lambda_n$ , которые обеспечивают максимально возможное различие объектов по их спектрально-энергетическим признакам для большего числа сочетаний объектов из их  $\{N\}$ .

Общее число зон регистрации лучистого (светового) потока и спектрально-зональных сигналов (табл. 2) для формирования левой и правой стереопары может включать следующие комбинации сигналов: (1+1), (1+2), (1+3), (2+1), (2+2), (3+1), (3+2), (3+3) и т. д. Их общее количество может быть чётным или нечётным числом.

В соответствии с табл. 2 выбор зон регистрации будет предпочтительней, когда осуществляется формирование двухзональных (п. 2.1) или трёхзональных сигналов (п. 2.4 и п. 2.6) для левой и правой стереопары систем объёмного спектрально-зонального телевидения. Например, это могут быть зоны регистрации  $\Delta\lambda_1, \Delta\lambda_2, \Delta\lambda_3$  для ТВ-датчика левой стереопары и  $\Delta\lambda_4, \Delta\lambda_5, \Delta\lambda_6$  для ТВ датчика правой стереопары с их общим числом равным  $(n + m) = 6$ . То есть, при таком подходе происходит увеличение общего числа используемых разных зон регистрации лучистого потока (вместо трёх будет шесть). Ширина и местоположение зон регистрации лучистого (светового) потока будет определяться распределением спектрально-энергетических характеристик объектов в интервале длин волн от  $\lambda_1$  до  $\lambda_n$  и их возможными сочетаниями в наблюдаемом пространстве.

Оптическая схема входного звена [7] объёмных спектрально-зональных ТВ-камер для каждого кадра стереопары может быть:

- одноканальной;
- двухканальной;
- многоканальной.

В табл. 3 показаны возможные варианты формирования видеосигналов при одноканальной, двухканальной и трёхканальной оптической схеме расщепления входного лучистого (светового) потока для формирования изображений (кадров) левой и правой стереопары. В качестве ТВ-датчиков могут быть использованы ПЗС-матрицы, КМОП-фотоприёмники, а также другие преобразователи лучистого (светового) потока в электрический сигнал изображения, например, с использованием мозаичных фильтров.

При *одноканальной* оптической схеме расщепления лучистого (светового) потока для отдельного кадра стереопары, в зависимости от используемого типа фотоприёмника, могут быть сформированы:

- один сигнал монохромного изображения для ВИ, ближней или тепловой ИК областей спектра;
- один сигнала спектрально-зонального изображения для ВИ, ближней или тепловой ИК областей спектра или их комбинаций;
- три сигнала изображения RGB цветного телевидения для ВИ области спектра.

Таблица 3. Варианты формирования видеосигналов при одноканальной, двухканальной и трёхканальной оптической схеме входного звена

	Схема входного звена для отдельного кадра стереопары	Общее число формируемых видеосигналов при использовании матричных фотоприемников		
		Одно-сигнальных	Двух-сигнальных	Трёх-сигнальных
1.	Одноканальная	1	–	–
		–	2	–
		–	–	3
2.	Двухканальная	2	–	–
		–	4	–
		–	–	6
		1	2	–
		1	–	3
		–	2	3
3.	Трёхканальная	3	–	–
		–	6	–
		–	–	9
		1	2	3
		2	2	–
		2	–	3
		–	4	3
		–	2	6
		1	–	6

Далее, при *двухканальной* оптической схеме входного звена в зависимости от используемого типа матричного фотоприемника для отдельного кадра стереопары могут быть сформированы:

- один сигнал монохромных изображений для ВИ, ближней и тепловой ИК областей спектра или их комбинаций;
- четыре сигнала спектрального изображения для ВИ, ближней и тепловой ИК областей спектра или их комбинаций;
- три сигнала изображения RGB цветного телевидения для ВИ области спектра и три сигнала спектральных изображений для любых участков спектра, а также другие варианты сигналов.

При *трёхканальной* оптической схеме входного звена в зависимости от используемого типа матричного фотоприёмника для отдельного кадра стереопары могут быть сформированы:

- три сигнала монохромных изображений для ВИ, ближней и тепловой ИК областей спектра или их комбинаций;
- шесть сигналов спектральных изображений для ВИ, ближней и тепловой ИК областей спектра или их комбинаций;
- три сигнала изображения RGB цветного телевидения для ВИ области спектра и шесть сигналов спектральных изображений для любых участков спектра, а также могут быть и другие варианты формирования ТВ сигналов.



В табл. 4 показаны особенности выбора зон регистрации лучистого потока применительно к двухканальной системе объёмного спектрально-зонального телевидения по схеме (1 + 1) с точки зрения спектральных характеристик оптических фильтров и ширины зоны регистрации лучистого (светового) потока.

Таблица 4. Выбор зон регистрации лучистого потока применительно к двухканальной системе объёмного спектрально-зонального телевидения

№ п/п	Наименование параметра	Зона регистрации лучистого потока в двухканальной системе объёмного спектрально-зонального телевидения	
		для левой стереопары	для правой стереопары
1.	Число зон регистрации лучистого потока	$\Delta\lambda_{л} = \Delta\lambda_i$ 1	$\Delta\lambda_{п} = \Delta\lambda_j$ 1
2.	Число формируемых зональных видеосигналов	1	1
3.	Спектральная характеристика первого и второго ОФ	постоянная	
4.		изменяющаяся	
5.		постоянная	изменяющаяся
6.		изменяющаяся	постоянная
7.		не пересекается	
8.		пересекается	
9.		Ширина зоны регистрации	одинаковая
10.	разная		

Если распределение спектральных характеристик объектов точно не известно, то хорошие результаты для обеспечения максимальной спектральной контрастности объектов при различном их сочетании в наблюдаемом пространстве может быть достигнута путём:

- предварительного попарного изменения (набора) спектральных характеристик оптических фильтров ФЛ( $\lambda$ ) и ФП( $\lambda$ );
- использования одной фиксированной зоны регистрации лучистого потока для левой (правой) стереопары и переменной второй зоны регистрации для правой (левой) стереопары за счёт изменяющейся спектральной характеристики второго оптического фильтра Ф( $\lambda$ );
- изменения ширины зоны регистрации лучистого потока для правой (левой) стереопары в ВИ и ИК областях спектра.

В табл. 5 показаны особенности выбора зон регистрации лучистого потока применительно к многоканальной системе объёмного спектрально-зонального телевидения по схеме (1 + 3), с точки зрения спектральных характеристик оптических фильтров и ширины зоны регистрации лучистого (светового) потока.

Таблица 5. Выбор зон регистрации лучистого потока применительно к многоканальной системе объёмного спектрозонального телевидения

n/p	Наименование параметра	Зоны регистрации лучистого потока в многоканальной системе объёмного спектрозонального телевидения	
		для левой стереопары	для правой стереопары
1.	Число зон регистрации лучистого потока	$\Delta\lambda_l = \Delta\lambda_i$ 1	$\Delta\lambda_p = \Delta\lambda_{п1}, \Delta\lambda_{п2}, \Delta\lambda_{п3}$ , 3
2.	Число формируемых зональных видеосигналов	1	3
3.	Спектральная характеристика ОФ <sub>л</sub> , ОФ <sub>п1</sub> , ОФ <sub>п2</sub> , ОФ <sub>п3</sub>	постоянная	
4.		изменяющаяся	
5.		постоянная	изменяющаяся
6.		изменяющаяся	постоянная
7.		не пересекается	
8.		пересекается	
9.	Ширина зон регистрации	одинаковая	
		разная	

Здесь, для примера, кадр левой стереопары формируется от одной зоны регистрации, а кадры правой стереопары формируются за счёт использования трёх зон регистрации. В каждом канале обработки сигналов из всего спектрального участка  $\Delta\lambda_m = (\lambda_n - \lambda_1)$  пропускается лучистый поток от выбранной одной зоны регистрации лучистого потока, равной  $\Delta\lambda_i$  и трёх зон регистрации  $\Delta\lambda_{п1}, \Delta\lambda_{п2}, \Delta\lambda_{п3}$ .

Следует также отметить, что спектральные характеристики каждого Ф<sub>л</sub> и ОФ<sub>п1</sub>, ОФ<sub>п2</sub> ОФ<sub>п3</sub> имеют свою форму в виде Ф<sub>л</sub>(λ) и Ф<sub>п1</sub>(λ), Ф<sub>п2</sub>(λ), Ф<sub>п3</sub>(λ), выбор которых производится из условий достижения максимального спектрального (яркостного) контраста наблюдаемых объектов в поле зрения системы объёмного спектрозонального телевидения.

Спектральную (яркостную) контрастность объектов в отдельных зонах регистрации  $\Delta\lambda_i$ , когда объект с одной спектральной характеристикой наблюдается на фоне другого, можно представить в виде

$$\begin{aligned}
 k(\lambda) &= [B_i(\lambda) - B_j(\lambda)]/B_i(\lambda) \text{ при } B_i(\lambda) > B_j(\lambda) \\
 k(\lambda) &= [B_j(\lambda) - B_i(\lambda)]/B_j(\lambda) \text{ при } B_i(\lambda) < B_j(\lambda)
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

где  $B_i(\lambda)$  и  $B_j(\lambda)$  – величины яркости  $i$ -го и  $j$ -го наблюдаемых объектов в  $\Delta\lambda_i$  зоне регистрации.

При отображении спектрозональной информации в цветном варианте будет наблюдаться изображение, в котором объект одного цвета с заданной яркостью будет наблюдаться на фоне другого объекта со своим цветом и



яркостью. В этом случае (при визуальном анализе) можно говорить о цветовой контрастности наблюдаемого пространства и их объектов.

Наряду с вопросами рационального построения входного звена ТВ-камер систем объёмного спектрозонального телевидения и выбора их состава важное место занимают вопросы передачи многоканальных спектрозональных сигналов по каналам связи [7], [8]. Как известно, скорость передачи ТВ-сигнала в цифровой форме равна произведению частоты дискретизации  $f_d$  и числа двоичных символов в одном дискретном отсчёте:

$$C(t) = f_d \cdot k, \quad (5)$$

где  $k$  – число двоичных символов в кодовой комбинации одного отсчёта.

В табл. 6 показана исходная скорость передачи видеосигналов различных объёмных ТВ изображений в цифровой форме (при значениях частоты дискретизации видеосигнала  $f_d = 13,5$  МГц и  $k = 8$ ). Для примера в качестве формируемых изображений здесь взяты чёрно-белые, цветные и спектрозональные ТВ изображения с зонами регистрации лучистого (светового) потока, согласно табл. 2.

Для передачи видеосигналов цифрового объёмного телевидения требуются более широкополосные каналы связи по сравнению с передачей аналоговых видеосигналов объёмного цветного телевидения. При увеличении числа формируемых ( $n + m$ ) видеосигналов объёмного спектрозонального телевидения также увеличивается исходная скорость передачи цифровых видеосигналов.

*Таблица 6. Исходная скорость передачи видеосигналов различных объёмных ТВ изображений в цифровой форме*

Формируемые цифровые объёмные ТВ изображения		
Чёрно-белые	Цветные	Спектрозональные
Исходная скорость передачи цифровых видеосигналов левой и правой стереопары, без сжатия (Мбит/с)		
216	432/324	108( $n+m$ )

Общая скорость передачи видеосигналов в цифровой форме для систем объёмного телевидения при использовании сжатия видеоинформации составит величину

$$C_{чб} = (216)/A_1, \quad C_{цв} = (432/324)/A_2, \quad C_{сз} = 108(n+m)/A_3 \text{ Мбит/с}, \quad (5)$$

где  $A_1, A_2, A_3$  – коэффициенты, учитывающие степень возможного сжатия сходных чёрно-белых, цветных и спектрозональных ТВ изображений;  $n$  и  $m$  – число зон регистрации по левому и правому кадру стереопары.

## Заключение

Развитие прикладных систем объёмного телевидения в сочетании с передовыми телекоммуникационными технологиями обуславливает новую ступень их практического использования. В этом процессе системы, формирующие объёмные спектрозональные ТВ изображения с использованием отдельных зон регистрации лучистого (светового) потока не только в видимой, но и в других областях спектра будут востребованы.

Сферы применения систем объёмного спектрозонального телевидения определяются экстремальными видами деятельности человека, а также потребностью в дистанционном получении видеoinформации об объектах при выполнении работ в недоступных по каким-либо причинам средах или где присутствие человека является нежелательным или физически невозможным. Такие системы могут найти широкое применение в специализированных системах технического зрения и робототехнике.

В зависимости от вида используемых матричных фотоприёмников (односигнальных, двухсигнальных или многосигнальных) будет определяться своя схема формирования сигналов и построения входного звена объёмных спектрозональных ТВ-камер (многоканальная, двухканальная или одноканальная схема) для каждого кадра стереопары.

При этом формирование спектрозональных сигналов для левой и правой стереопары в системах объёмного спектрозонального телевидения может осуществляться:

- с использованием одинаковых зон регистрации лучистого (светового) потока;
- с использованием разных зон регистрации лучистого (светового) потока;
- с расположением зон регистрации в одном спектральном участке;
- с расположением зон регистрации в разных спектральных участках (в УФ, ВИ и ИК областях спектра);
- с одинаковой или разной шириной зон регистрации лучистого потока и их местоположением в спектральных участках и др.

При всём этом общее число зон регистрации лучистого (светового) потока должно быть минимальным, и их число, равное  $2 \dots 6$  зонам регистрации, является достаточным для решения большинства задач спектральной селекции и анализа объектов [6], [7].

При отображении объёмной спектрозональной информации в «условных» цветах на экранах цветных ТВ отображающих устройств целесообразно осуществлять формирование спектрозональных сигналов с числом зон регистрации лучистого (светового) потока не менее, чем  $3 \leq (n + m) \leq 6$  и с выбором схемы входного звена в виде  $(2 + 1), \dots, (3 + 3)$  для левой и правой стереопары спектрозональной ТВ-камеры.



## Литература

1. Сагдуллаев Т. Ю. Особенности построения систем объёмного спектрозонального телевидения // Т-СОММ-Телекоммуникации и транспорт. М. 2010, № 9. С. 69–71
2. Сагдуллаев Ю. С. Системы спектрозонального объёмного телевидения и их особенности // Broadcasting. Телевидение и радиовещание. М.: 2014, №6. С. 34–39
3. Сагдуллаев В. Ю., Сагдуллаев Т. Ю. Выбор зон регистрации лучистого потока для систем объёмного спектрозонального телевидения. Сборник материалов XII Международной научно-технической конференции «Распознавание–2015», Курск, 2015. С. 317–320
4. Сагдуллаев Т. Ю., Сагдуллаев В. Ю. Структурная схема системы объёмного спектрозонального телевидения. Сборник материалов XII Международной научно-технической конференции «Распознавание–2015», Курск, 2015. С. 322–325
5. Сагдуллаев Т. Ю., Сагдуллаев Ю. С. К вопросу выбора зон регистрации в спектрозональном телевидении // Вопросы радиоэлектроники, сер. Техника телевидения, 2011, вып.2. С. 3–25.
6. Сагдуллаев Ю. С., Ковин С. Д., Сагдуллаев Т. Ю., Смирнов А. И. Информационно-измерительные системы телевидения. М.: Спутник +, 2013. 199 с.
7. Ковин С. Д., Сагдуллаев В. Ю., Сагдуллаев Ю. С. Системы многокурсового телевидения. М.: Спутник +, 2014. 184 с.
8. Сагдуллаев Ю. С., Сагдуллаев Т. Ю. Совместная передача сигналов многоканальных видеотелевизионных систем телевидения // Вопросы радиоэлектроники, сер. Техника телевидения, 2010, вып.2. С.3–16.

Статья поступила 19 августа 2015 г.