

Малогабаритные передающие ТВ камеры

М. И. Мамырина, М. Н. Цаплин

В последние годы телевидение находит все более широкое применение в самых разнообразных областях, требующих предельно малых размеров передающих камер с параметрами, допускающими широкую вариацию внешних условий. Одной из важнейших областей применения таких камер являются космические исследования [1]. Примененная впервые на втором корабле — спутнике в августе 1960 г. ТВ камера позволила получить наглядную и объемную информацию о подопытных животных. 12 апреля 1961 г. советское телевидение передало репортаж о полете первого космонавта Ю. А. Гагарина. Начиная с этого времени ТВ стало применяться на всех космических кораблях [2]. В процессе ТВ передачи преобразованные оптического изображения в электрический сигнал осуществляется передающей камерой. Качество преобразования в камере определяет в основном качество передачи информации ТВ системой, при этом камера должна обеспечивать высокое качество передачи в условиях воздействия большого числа самых разнообразных внешних факторов, таких, как невесомость, широкий диапазон изменения температур, вибрационных перегрузок, удары и т. д.

Существенно различны условия работы внутри корабля и вне его (температурные колебания, необходимость герметизации, изменение освещения и др.). Космические ТВ камеры должны обеспечивать безотказную, бесподстроечную работу в течение всего срока эксплуатации, жестко ограничены их габариты, масса и потребляемая мощность.

ТВ камеры в зависимости от назначения могут быть автономными (выдающими в радиолинию или на бортовое ВКУ полный ТВ сигнал) или полуавтономными (с единой централизованной системой синхронизации, при этом обработка и формирование полного ТВ сигнала осуществляются вне камеры). В случае особо жестких ограничений габаритов и массы иногда представляется целесообразным выносить из камеры часть узлов в отдельный камерный блок, оставляя в камере только передающую трубку, предварительный усилитель и оптику.

Специфика использования ТВ камер существенно влияет на схемно-конструктивные решения. С учетом приве-

денных соображений может быть принята следующая классификация малогабаритных ТВ камер. По условиям эксплуатации камеры подразделяются на внешние, герметичные, предназначенные для работы вне корабля, и внутренние, негерметичные, предназначенные для работы внутри корабля.

По структурной схеме (рис. 1) камеры делятся на автономные, полуавтономные и с вынесенным камерным блоком.

Разнообразие требований и условий эксплуатации затрудняет унификацию ТВ камер приводит к увеличению количества их разновидностей. При этом все же целесообразно унифицировать входные и выходные параметры, схемные решения и конструктивные элементы на уровне входящих узлов (усилители, оптические головки, стабилизаторы напряжения, развертывающие устройства и др.). Имея набор стандартных узлов, можно создавать ТВ камеры, удовлетворяющие конкретным условиям применения.

Стремление уменьшить набор стандартных узлов приводит в первую очередь к ограничению количества типов передающих трубок, используемых в малогабаритных ТВ камерах. Приведенные выше соображения ограничивают использование в малогабаритных камерах передающих трубок в основном трубками типа видикон.

В малогабаритных камерах использовались: видикон с электромагнитной фокусировкой и отклонением ЛИ-425М диаметром 26,7 мм с чувствительностью 0,5 лк по мишени, созданный на базе виброустойчивого видикона ЛИ-409 (чувствительность по мишени 10 лк);

видикон с электромагнитной фокусировкой и отклонением ЛИ-424 диаметром 19,6 мм с чувствительностью 5 лк по мишени, созданный на базе виброустойчивого видикона ЛИ-407 (чувствительность по мишени 15 лк);

видикон с электромагнитным отклонением и электростатической фокусировкой ЛИ-453 (ЛИ-430М) диаметром 13,6 мм с чувствительностью по мишени 2 лк;

видикон с электростатической фокусировкой и отклонением ЛИ-428 диаметром 26,7 мм с чувствительностью по мишени 1 лк;

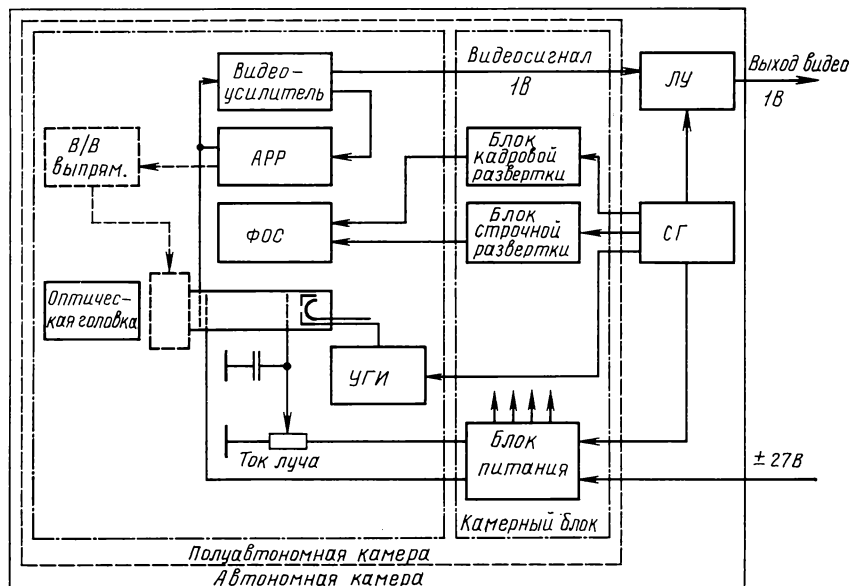


Рис. 1. Функциональная схема малогабаритных ТВ камер

суперкремникон с электромагнитной фокусировкой и отклонением диаметром секции считывания 26,7 мм с чувствительностью $5 \cdot 10^{-3}$ по фотокатоду. (Основное отличие суперкремникона от видикона заключается в наличии секции электростатического переноса изображения с фотокатода на мишень, работающей при 5—10 кВ).

Создание камер на базе унифицированных функционально законченных блоков дало возможность впоследствии совершенствовать аппаратуру путем замены отдельных блоков на более современные узлы.

На рис. 1 приведена унифицированная функциональная схема миниатюрных передающих ТВ камер, построенных по принципу разделения их на функционально-законченные блоки. Изображение передаваемого объекта с помощью объектива оптической головки проецируется на мишень передающей трубки. Видеосигнал с передающей трубки усиливается видеоуслителем до 1 В и после формирования полного ТВ сигнала поступает на радиолинию. В камере применена автоматическая регулировка режима передающей трубки (АРР), обеспечивающая изменение напряжения на сигнальной пластине видикона при изменении величины сигнала на выходе видеоусилителя. Выпрямленное пиковым детектором напряжение, пропорциональное размаху видеосигнала, поступает на усилитель постоянного тока и после фильтра нижних частот на сигнальную пластину видикона. При возрастании видеосигнала напряжение на выходе усилителя постоянного тока уменьшается, что ведет к уменьшению размаха видеосигнала на входе усилителя.

Блок разверток вырабатывает строчные и кадровые отклоняющие пилообразные напряжения, поступающие на фокусирующе-отклоняющую систему (ФОС) или отклоняющие пластины передающей трубки. Для синхронизации блока разверток на него поступают строчные и кадровые синхронизирующие импульсы. Для гашения луча во время обратного хода разверток на передающую трубку подается смесь гасящих импульсов от усилителя гасящих импульсов (УГИ). Гасящие импульсы поступают или на модулятор трубки, или в обратной полярности на ее катод (что более предпочтительно, так как при этом требуется меньший размах гасящих импульсов).

Блок питания, в состав которого входят преобразователь и стабилизатор напряжения, стабилизатор тока и выпрямитель, обеспечивает питающими напряжениями все блоки камеры. Преобразователь напряжения осуществляет преобразование постоянного питающего напряжения в симметричные импульсы с частотой следования, равной половинной частоте строк, обеспечивающие работу выпрямителя. Для синхронизации преобразователя (с целью уменьшения помех на изображении) на блок питания подаются строчные синхронизирующие импульсы. Стабилизатор тока обеспечивает постоянство тока фокусирующей катушки ФОС при магнитной фокусировке луча передающей трубки.

Функциональная схема передающей ТВ камеры, приведенная на рис. 1, является общей для всего семейства камер на трубках типа видикон и суперкремникон.

В камере на передающей ТВ трубке типа суперкремникон имеется высоковольтный выпрямитель с автоматическим регулируемым в зависимости от видеосигнала выходным напряжением (расширение светового диапазона в суперкремниконе обеспечивается за счет регулировки высокого напряжения трубки в секции переноса изображения).

В состав автономной камеры (рис. 1) входит также синхрогенератор (СГ) и линейный усилитель (ЛУ), обеспечивающий формирование полного ТВ сигнала. В остальной функциональной схеме автономной камеры не отличается от стандартной, ранее описанной. На рис. 1 дополнительные блоки, входящие в состав автономной камеры, показаны вне пунктирной линии, определяющей состав полуавтономной камеры.

Конструктивно репортажные и стационарные ТВ ка-

меры выполнены на базе внутреннего каркаса с размещенной в нем передающей трубкой и окруженного платами блоков, входящих в состав камеры. Внутренний каркас выполнен в виде стакана, на передней лицевой плате которого устанавливается оптическая головка. В стакане размещается фокусирующе-отклоняющая система (ФОС) с передающей трубкой. В случае применения трубки с электростатической фокусировкой и отклонением луча ФОС отсутствует и в стакане размещается только трубка. Размещенные вокруг стакана функционально-законченные блоки представляют платы с печатным монтажом, выполненные там, где это необходимо для удобства настройки и доступа к монтажу, на откидных рамках. Снаружи камера заключена в кожух. В репортажных камерах на внешнем кожухе размещены оптический видискатель в виде двояковогнутой линзы [3] и ручка. Внешние камеры герметизированы. В этом случае кожух камеры, как правило, имеет форму цилиндра. В таблице приведены технические характеристики малогабаритных передающих камер, а на рис. 2 представлен внешний вид некоторых из них.

Первая ТВ камера К-100, использовавшаяся в системах космического телевидения в 1960—1961 гг. [1], выполнена с строчным разложением на 100 строк по 10 кадр/с. В камере применены транзисторы и стержневые лампы. Использование низкой частоты кадров при строчном разложении позволило сузить полосу частот спектра видеосигнала до 50 кГц и предельно снизить габариты и потребляемую мощность камеры и радиопередатчика, к которым в то время предъявлялись наиболее жесткие требования. Переход на стандарт разложения 400 строк в камерах К-400 позволил существенно улучшить качество изображения без изменения габаритов аппаратуры уже в 1961—1962 гг.

Успешное применение космических ТВ камер на первом этапе показало эффективность применения телевидения и необходимость создания специализированных камер (репортажных и стационарных, внутренних и внешних), обладающих более высокими техническими характеристиками. Опыт использования телевидения на кораблях «Восток» позволил создать следующее поколение специализированных ТВ камер на базе унифицированных схемных и конструктивных решений со стандартными параметрами разложения, принятыми в ТВ вещании (25 кадр/с и 625 строк при чересстрочном разложении). При создании этих камер (КР-71, КР-75, КР-91, КР-911 и др.) большое внимание было уделено улучшению характеристик передающих трубок, объективов и ФОС.

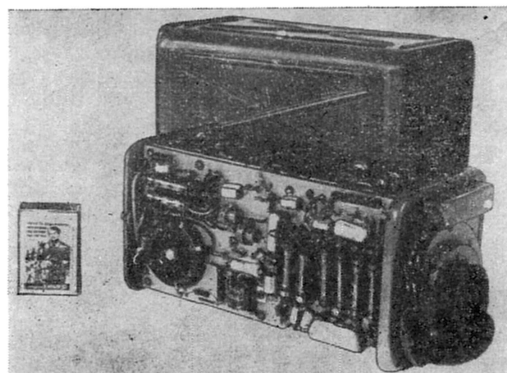
Специально для перечисленных камер были созданы виброустойчивые видиконы ЛИ-407 и ЛИ-409. Дальнейшее их совершенствование в ходе разработки позволило повысить чувствительность ТВ камер и качество изображения (видиконы ЛИ-424 и ЛИ-425М). Видикон ЛИ-424 используется в герметизированной камере с вынесенным камерным блоком КР-91. Видикон ЛИ-425М применен в репортажных камерах КР-71 и В-51-2, стационарных камерах с вынесенным камерным блоком КР-75 и В-51-3, в герметичных камерах с вынесенным камерным блоком КР-911 и др. Использование передающей трубки ЛИ-425 с перекрестьем в камере КР-911П позволило использовать камеру в качестве визирного устройства [4].

Видикон ЛИ-430 (ЛИ-453) используется в репортажной камере АР-411 [5], стационарной автономной камере КЛ-102 и самой миниатюрной стационарной камере с вынесенным камерным блоком АР-41-1. На базе трубки ЛИ-428 созданы репортажные полуавтономные камеры КР-81, стационарная герметизированная камера КР-31, герметизированная камера с вынесенным камерным блоком В-51-1 и герметизированная автономная камера КЛ-101.

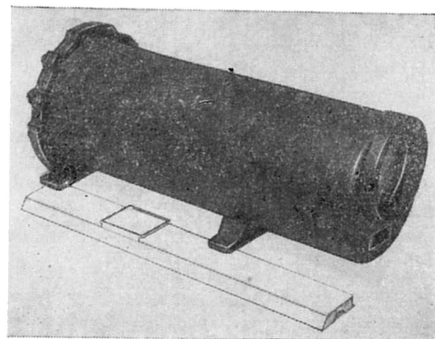
С учетом целевого назначения во всех камерах используются короткофокусные объективы: МР-4 ($f=6,7$ мм),

Камера	Назначение и исполнение	Тип камеры	Год разработки	Стандартное разложение кадров	Тип передающей трубки	Формат изображения на мишени, мм ²	Чувствительность (минимальное освещение мишени), лк	Разрешающая способность, лин	Тип объектива	Фокусное расстояние, мм	Потребляемая мощность, Вт	Масса, кг	Габариты, мм ³	Температурный диапазон, град.	Примечание
К-100	стац. негерм.	полуавтоматич.	1959	100/10	ЛИ-423	9,5×12,7	10	100	РО-61 ОКС-1-10Т	28 10	15	3	210×105×110	0—+40	—
К-400	»	То же	1961	400/10	»	»	10	400	РО-61 ОКС-1-10Т	28 10	15	3	»	»	—
КР-75	»	»	1964	625/25	ЛИ-425М	»	0,5—1	500	«Меркурий-2» ОКС-1-10М	20 10	15*	1,7	200×110×120	—10—+40	С вынесенным камерным блоком
КР-71	репорт. негерм.	»	1964	»	»	»	0,5—1	»	«Меркурий-2» ОКС-1-10М	20 10	15	3	»	»	—
КР-911	стац. герм.	»	1966	»	»	»	0,5—1	»	И-50 и «Меркурий-2»	50 20	15*	3,3	∅105×320	—30—+60	С вынесенным камерным блоком
КР-91	»	»	1964	»	ЛИ-424	6×6	5	350—400	МР-4 и РО-61	6,7 28	15*	2,2	∅105×240	»	То же
КР-81	репорт. негерм.	»	1967	»	ЛИ-428	9,5×12,7	1—2	450—500	«Меркурий-2» ОКС-1-10М	20 10	7	1,5	205×89×84	0—+40	—
КР-31	стац. герм.	»	1968	»	»	»	1—2	»	«Меркурий-2» И-50	20 50	7	3,0	∅105×320	—30—+40	—
В-51-1	»	»	1970	»	»	»	1—2	»	ОКС-1-10М И-50	10 50	15*	4,2	195×196×392	»	С вынесенным камерным блоком
В-51-2	репорт. негерм.	»	»	»	ЛИ-425М	»	0,5—1	500—550	И-50 ОКС-1-10М	50 10	15	3,0	232×108×183	0—+40	—
В-51-3	стац. негерм.	»	»	»	»	»	0,5—1	»	ОКС-1-10М	10	15*	1,6	224×187×102	»	С вынесенным камерным блоком
АР-41	репорт. негерм.	»	1973	»	ЛИ-430	4,9×6,5	5	450—500	МИР-29Т	10	6	0,7	125×75×48	»	Габариты даны без ручки, содержащей блок питания
АР-41-1	стац. негерм.	»	»	»	»	»	5	»	МИР-29Т	10	6*	0,3	»	»	С вынесенным камерным блоком
АР-71	репорт. гермет.	»	»	»	ЛИ-425М	9,5×12,7	0,5—1	500—550	ОКС-1-10М	10	14	3,5	253×170×90	—10—+40	—
АР-71 ЦТ	»	»	1974	»	ЛИ-702	15×20	10 ⁻²	»	ОКС-1-18	18	30	6,8	290×100×160	0—+40	Цветная
КЛ-101	стац. гермет.	автоматич.	1978	»	ЛИ-428	9,5×12,7	1—2	450—500	И-50 МИР-29Т	50	14	6	380×190×140	—10—+45	—
КЛ-102	стац. негерм.	»	»	»	ЛИ-453	4,9×6,5	2	»	МИР-29Т	10 10	9	1,6	180×80×120	0—+40	—
КЛ-103	репорт. гермет.	»	1979	»	ЛИ-702	15×20	10 ⁻²	500—550	ОКС-1-18	18	30	7,5	415×175×170	—10—+45	Цветная

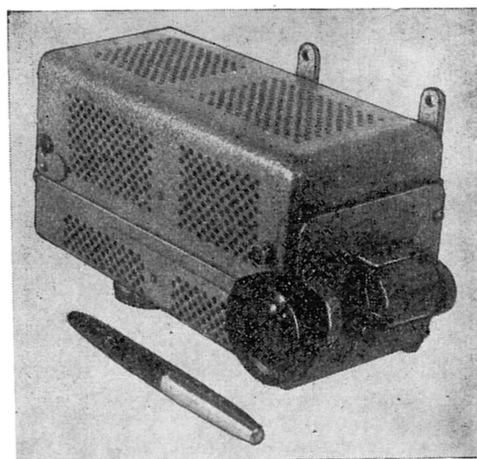
* Мощность, потребляемая совместно с камерным блоком.



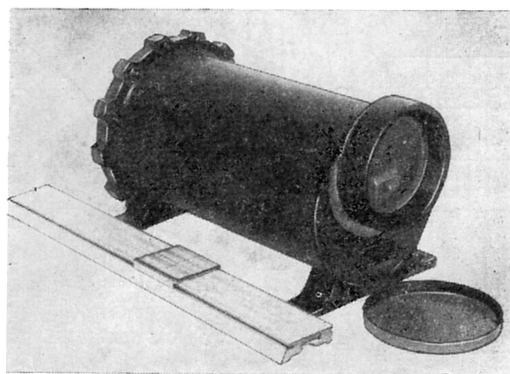
а



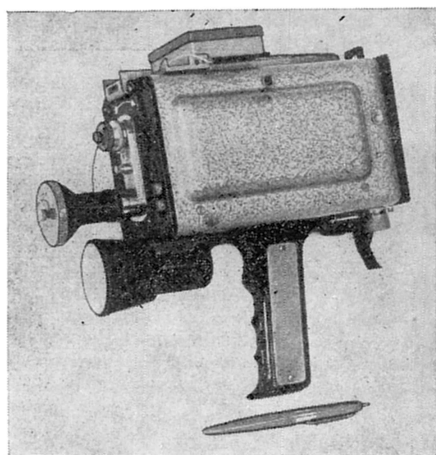
б



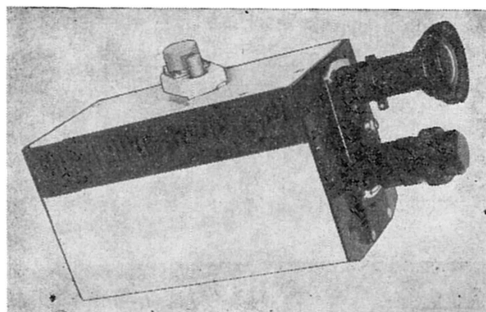
в



г



д



е

Рис. 2. Внешний вид малогабаритных ТВ камер:

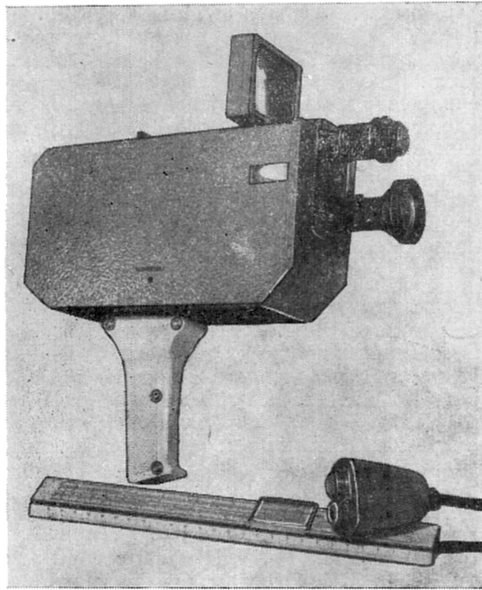
а — К-100; б — КР-75; в — КР-71; г — КР-911; д — КР-91; е — КР-81; ж — В-51-2; з — АР-41; и — АР-71ЦТ; к — КЛ-101; л — КЛ-102; м — КЛ-103

ОКС-1-10М (МИР-29Т) (10 мм), «Меркурий-2» (20 мм), РО-61 (28 мм), И-50 (50 мм).

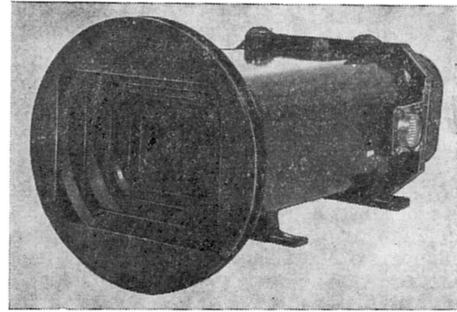
Перечисленные объективы обеспечивают требуемые масштабы воспроизведения изображения и достаточную глубину резкости. В тех случаях, когда необходимо передавать изображения в различных масштабах, камера снабжена турелью с двумя объективами, сменяемыми вручную у стационарных и репортажных камер.

В герметичных камерах (КР-91, КР-911, В-51-1, КЛ-101) смена объективов и нейтральных светофильтров производится дистанционно. Возможность дистанционной смены нейтральных светофильтров обеспечивает работу этих камер в широком диапазоне изменения освещенности.

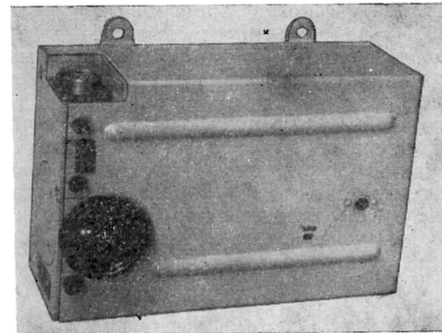
Камеры серии В (В-51-1, В-51-3) представляют более позднюю модификацию камер серии КР. Камерные блоки



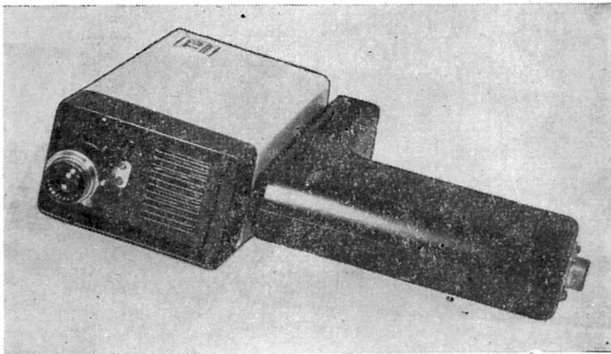
ЖС



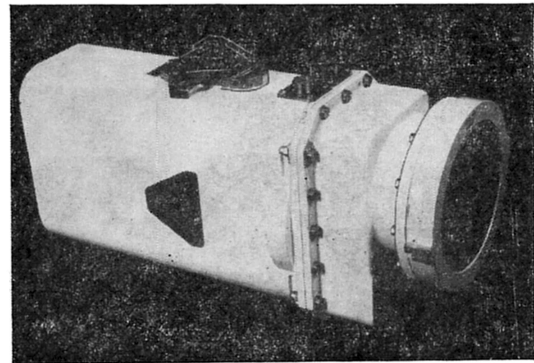
К



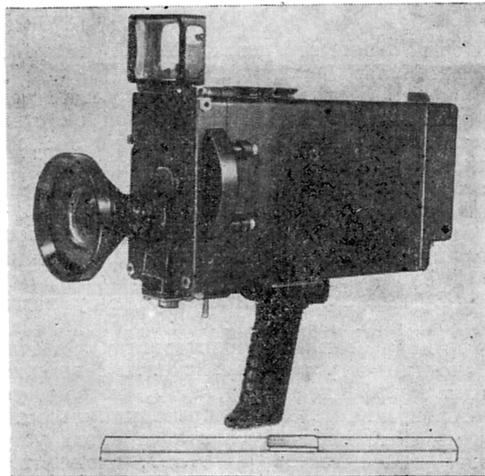
Л



З



М



И

Этих камер являются также унифицированными и могут обеспечивать работу нескольких видов камер. Камеры серии КЛ — автономные, в схемных решениях их более широко используются последние достижения интегральной микросхемной техники. Следует несколько подробнее остановиться на цветных ТВ камерах АР-71ЦТ (полуавтономная) и КЛ-103 (автономная). В этих камерах использован принцип последовательной передачи цветоделенных изображений. Это позволило в значительной степени унифицировать схемные и конструктивные решения цветных малогабаритных ТВ камер с черно-белыми. В цветных камерах применена передающая трубка типа суперкремникон, имеющая значительно более высокую чувствительность и меньшую инерционность по сравнению с видиконами. Суперкремникон, кроме того, может работать в условиях интенсивных локальных освещенностей. Все

это позволило создать сравнительно малогабаритную (масса камеры АР-71ЦТ 7 кг) цветную ТВ камеру, обладающую высокой надежностью при работе в условиях воздействия переменных в широком диапазоне физико-климатических воздействий. Эта камера обеспечивает достаточно высокое качество цветного изображения.

Сепарация цветных изображений в камере обеспечивается за счет использования диска с двумя триадами цветных светофильтров, установленного между объективом камеры и передающей трубкой.

При вращении диска специальным синхронным двигателем со скоростью 500 об/мин на фотокатод передающей трубки последовательно проецируются красная, синяя и зеленая компоненты изображения с частотой 50 Гц.

Информация о красном цвете передается в первом поле, о синем — во втором, о зеленом — в третьем и т. д. Во время обратного хода передается импульс опознавания цвета для автоматического фазирования цвета в приемной аппаратуре.

Сигнал последовательно передаваемых цветных изображений сопрягается с вещательной цветной ТВ сетью с помощью преобразователя стандартов.

Преобразователь стандартов обеспечивает разделение цветных составляющих по трем отдельным каналам, причем сигнал каждой цветовой составляющей с помощью запоминающего устройства воспроизводится трижды, а затем в кодирующем устройстве формируется полный видеосигнал для системы цветного вещательного ТВ.

Малогабаритные передающие ТВ камеры, описанные в настоящей работе, надежны и просты в обращении. Они рассчитаны на стандарт ТВ вещания и не требуют специального технического персонала для их эксплуатации. Это обеспечило широкое их применение как для космических исследований, так и в отраслях народного хозяйства (промышленность, медицина, подводные исследования и т. д.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Брацлавец П. Ф., Росселевич И. А., Хромов Л. И. Космическое телевидение. М., «Связь», 1967.
2. Зазерская В. И., Цаплин М. Н. Телевизионные системы космических кораблей «Аполлон». — «Техника кино и телевидения», 1971, № 12, с. 55—65.
3. Коробов Е. Н., Мамырина М. И., Флигельман В. М. Новый видеоискатель для малогабаритной камеры. — «Техника кино и телевидения», 1975, № 7, с. 57—58.
4. Коробов Е. Н., Мамырина М. И., Щеголев Б. П. Телевизионный визир. — «Техника кино и телевидения», 1976, № 9, с. 54—56.
5. Кириллов Н. П., Мамырина М. И., Цаплин М. Н. Малогабаритная телевизионная камера. — «Техника кино и телевидения», 1974, № 6, с. 68—69.

Всесоюзный научно-исследовательский институт телевидения

