

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ» МГУПС (МИИТ)**

На правах рукописи

МИХАЙЛОВ ВЯЧЕСЛАВ ВЛАДИМИРОВИЧ

**ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРИИ И ТЕХНИКИ
ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ
ТРАНСПОРТЕ С УЧЁТОМ ВКЛАДА УЧЁНЫХ МИИТ**

Специальность 07. 00. 10. – История науки и техники

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук

Научный руководитель,
доктор технических наук, профессор

Волков Анатолий Алексеевич

Москва - 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ	5
Глава 1. История создания и развития основ передачи изображений на железнодородном транспорте	12
Вводные замечания	12
1.1. Физико-математические основы телевидения	13
1.2. Физико-технические основы телевидения	18
1.3. Основы распространения радиоволн	24
1.4. Технические основы телевидения	29
Выводы по главе 1	35
Глава 2. История изобретения и развития телевизионных систем чёрно-белого изображения	38
2.1 Общие положения и основные этапы развития телевидения	38
2.2. Системы передачи сигналов чёрно-белого телевидения	44
2.3. История применения телевидения на железнодородном транспорте в послевоенный период	56
2.4 История комплексного многоцелевого применения промышленных телевизионных установок на сортировочных станциях	62
2.5. Магнитная запись телевизионных сигналов	73
2.6. Основные особенности наземного телевидения	79
2.7. Российские учёные, в том числе МИИТ, внёсшие вклад в развитие телевидения	80
2.8. Об определении количественных закономерностей в развитии техники транспортных систем	82
Выводы по главе 2	87
Глава 3. История открытия, развития и применения систем передачи сигналов цветных изображений	89
3.1. Вводные замечания	89
3.2. Первые системы цветного телевидения	92

3.3. Аналоговая передача сигналов цвета в системах передачи изображений.....	98
Выводы по главе 3	112
Глава 4. История открытия, применения приборов с зарядовой связью (ПЗС).....	113
4.1. Вводные замечания	113
4.2. Эволюция приборов с зарядовой связью	117
4.3. Вклад российских учёных, в том числе МИИТ, в развитие транзисторной техники и ПЗС	120
Выводы по главе 4	122
Глава 5. История становления и развития передачи цифровых сигналов изображений.....	123
5.1. Вводные замечания	123
5.2. Способы устранения основных недостатков дельта - модуляции ДМ	126
5.3. История развития методов передачи цифровых сигналов изображений.....	130
5.4. История развития, внедрения технических систем передачи цифровых сигналов изображений	133
Выводы по главе 5	145
Заключение.....	146
Список сокращений и условных обозначений.....	149
Список терминов.....	153
Список источников и использованной литературы	155
Источники.....	155
Приложение А. Информация об основателе ИМИУ Н.П. Петрове.	180
Приложение Б. Общая хронология истории становления, развития теории и техники передачи изображений объектов железнодорожного транспорта.....	181
Приложение В. Бортовой номер вагона при движении поезда	186
Приложение Г. Передающая телевизионная камера.....	187

Приложение Д...Функциональная схема аппаратуры видеоконтроля и регистрации условий взаимодействия в системе «Колесо-рельс».....	188
Приложение Е. Мониторинг состояний строений путей. Контроль костылей в шпалах.....	189
Приложение Ж. Мониторинг отсутствия отцепов вагонов на перегонах.....	190
Приложение З. Отзыв на диссертацию от ООО НТЦ «ТРАНСВИДЕО».....	191

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность, степень разработанности темы, сформулированы: цель, задачи, объект и предмет исследования; определена научная новизна, теоретическая и практическая значимость, достоверность полученных результатов, методология и методы работы; оценён вклад автора.

Актуальность темы диссертации состоит в историческом анализе развития телевидения на железнодорожном транспорте с учётом вклада учёных МИИТ [1].

Передача сигналов изображений находит широкое применение в различных отраслях гражданского и военного назначения, в том числе для борьбы с терроризмом и правонарушениями, для повышения безопасности движения поездов и производительности труда.

Со времени изобретения телевидения (ТВ) в России Б.Л. Розингом в 1907г. [5] оно стало активно применяться российскими учёными. С 1936г. [172] телевидение используется на железнодорожном транспорте, в том числе в МИИТ, для решения специфических задач железных дорог. С помощью ТВ, реализующего передачу и приём сигналов изображений, ведётся обзор железнодорожных станций, контроль целостности (отсутствие отцепов) движущихся поездов на перегонах, осуществляется считывание номеров вагонов движущихся поездов и другие задачи.

Изучение и обобщение в историко-техническом плане опыта применения принципа автоматического считывания номеров вагонов поездов, движущихся со скоростью более 15 км/ч, с помощью телевизионных устройств является актуальным для увеличения пропускной способности станций [1 - 19].

Степень разработанности темы диссертации

По теме диссертации проанализированы труды многих Отечественных учёных, включая учёных МИИТ: Н.А. Умова, А.С. Попова, А.Г. Столетова, П.Н. Лебедева, А.А. Эйхенвальда, Б.Л. Розинга, В.К. Зворыкина, В.П. Борисова, Ф.М. Игнатова, Ю.С. Сагдуллаева. По истории применения телевидения на железнодорожном

транспорте исследован вклад профессоров МИИТ: В.А. Шилина, Р.А. Косилова, А.А. Устинского, В.Н. Тарасовой и других учёных.

В изученной литературе отражены вопросы становления и развития физико-математических и физико-технических основ ТВ и его применения на железнодорожном транспорте.

В работах Д. Максвелла и Г. Герца заложены физико-математические и физико-технические основы ТВ [25, 98].

В работах Г.Н. Алексеева, О.Д. Симоненко, В.Л. Гвоздецкого, А.Ф. Каменева, И.Я. Конфедератова, А.И. Половинкина и других учёных описаны законы развития технических объектов [77, 78].

В исследованиях В.П. Борисова дана оценка трудам В.К. Зворыкина и других российских учёных в области оптико-механического и других уровней состояний ТВ [83, 98].

Д.Г. Пойнтинг и Н.А. Умов сформулировали законы и теорему баланса распространения электромагнитной энергии радиоволн. А.Г. Столетов и А. Эйнштейн изучили фотоэффект с точки зрения классической физики и квантовой механики [98, 112].

А.С. Попов изобрёл Радио, введя в передатчик прерыватель, преобразующий низкочастотный сигнал в высокочастотный, а также автоматическое встряхивание металлического порошка когерера приёмника [108, 184].

В работах профессоров МИИТ П.Н. Лебедева и А.А. Эйхенвальда исследована, описана, подтверждена справедливость выводов Д. Максвелла измерениями давления света на тела (1899 г.) и газы (1904 г.), существованием токов смещения и конвенционных токов (1907 г.) [196, 199].

П.И. Бахметьев, К.Д. Перский, де Пайва высказали идеи поэлементной передачи сигналов изображений для передачи их на расстояние.

В трудах Б.Л. Розинга и Л.С. Термена описаны основы оптико-механического ТВ. К.П. Грабовский, Г.В. Брауде, Ф. Франсуа разработали основы электронной системы ТВ. С.И. Катаев, А.П. Константинов, М.И. Кривошеев, П.В. Тимофеев и

П.В. Шмаков сконструировали электронно-лучевые передающие трубки [200, 212].

Гипотеза о природе цветного зрения принадлежит М.В. Ломоносову, а её развитие - Г. Гельмгольцу и А.А. Полумордвинову.

Дальнейшее развитие информационных технологий в области ТВ и связи представлено в работах А.А. Волкова, Ю.Б. Зубарева, Ю.С. Сагдуллаева.

В трудах Ф.М. Игнатова, Р.А. Косилова, А.И. Куприянова [211], А.К. Цыцулина, В.А. Шилина, Ю.Р. Носова и других учёных отражены вопросы становления твёрдотельного телевидения. Результаты проведенных исследований требуют дополнительной проработки вопросов.

Цель диссертации - исследование историко-технических аспектов развития отечественных систем передачи сигналов изображений с учётом вклада учёных МИИТ и опыта применения ТВ на железнодорожном транспорте[32, 33].

Для достижения цели в диссертации поставлены и решены следующие задачи:

- 1) дана оценка роли учёных, в том числе МИИТ, в создании физико-математических, физико-технических и технических основ систем передачи сигналов изображений;
- 2) проведен комплексный историко-технический анализ и воссоздана историческая картина развития конструктивных изменений систем передачи сигналов изображений и технологий их работы на железнодорожном транспорте;
- 3) рассмотрены технологии передачи сигналов изображений на железнодорожном транспорте;
- 4) исследованы способы передачи сигналов изображений номеров вагонов движущихся поездов;
- 5) определены историческая обусловленность и целесообразность внедрения видеоинформационных технологий, перспектив их применения в системах передачи сигналов изображений объектов железнодорожного транспорта.

Объект исследования - физико-математические, физико-технические и технические основы передачи сигналов изображений, в том числе на железнодорожном транспорте за период с 1873 г. по настоящее время.

Предмет исследования - развитие устройств и систем передачи сигналов изображений, история их применения на железнодорожном транспорте для повышения пропускной способности станций, безопасности движения поездов и жизнедеятельности сотрудников железнодорожного транспорта.

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

- 1) разработана периодизация физико-математических, физико-технических и технических основ ТВ для создания систем передачи сигналов изображений за период 1873 - 1907 гг.;
- 2) установлены дополнительные логические связи между уравнениями Максвелла – физико-математические основы телевидения;
- 3) установлена периодизация состояний развития телевидения и его применения на железнодорожном транспорте на основе электронного, твёрдотельного и цифрового за период с 1936 г. по настоящее время;
- 4) систематизированы технологии совершенствования передачи сигналов изображений с целью повышения скоростей движения поездов при перевозке грузов и пассажиров в рамках электронного, твёрдотельного и цифрового уровней состояний телевидения;
- 5) классифицированы способы передачи сигналов изображений номеров вагонов и контроля целостности движущихся поездов в рамках электронного, твёрдотельного и цифрового уровней состояний телевидения;
- 6) теоретически и экспериментально обоснован и внедрён способ считывания с помощью телевидения номеров вагонов поездов, движущихся со скоростью более 4,17 м/с.

Теоретическая значимость диссертации состоит в установлении взаимосвязи и преемственности развития фундаментальных, поисковых и прикладных исследований с целью создания систем передачи сигналов изображений, в том числе на железнодорожном транспорте.

Практическая значимость диссертации:

- 1) разработанный способ считывания номеров вагонов увеличивает пропускную способность железнодорожных станций, производительность труда и безопасность их сотрудников [45];
- 2) применение телевидения для контроля целостности движущихся поездов на перегонах подтверждено авторским свидетельством [44];
- 3) применение телевидения в учебном процессе железнодорожных вузов на следующих специальностях: электронные вычислительные машины и системы, информационные системы ж.-д. транспорта, тяговый подвижной состав, нетяговый подвижной состав по дисциплинам «История техники», «История информационных технологий», «Основы научных исследований», «Средства отображения информации», «Средства отображения информации коллективного пользования»; «История инновационных технологий» для специальности «Системы обеспечения движения поездов» (специализации «Телекоммуникационные системы и сети», «Радиотехнические системы железнодорожного транспорта»); для специальности «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» (специализация «Автоматика, телемеханика на железнодорожном транспорте») и другим дисциплинам.

Методология и методы исследования:

- 1) конкретно-исторический характер исследования;
- 2) междисциплинарность проблемы;
- 3) сравнительно-исторический тип исследования;
- 4) реализация комплиментарного подхода к идеям, теориям, обобщениям

Личный вклад автора:

- 1) определены в историческом плане дополнительные логические и причинно-следственные связи между уравнениями Д. Максвелла, в распространении радиоволн по принципу Х. Гюйгенса-Ф. Френеля, радиосвязи А.С. Попова;
- 2) установлены хронологические периоды истории развития телевидения на железнодорожном транспорте на основе технологий передачи изображений;
- 3) оценены качественные изменения в истории применения систем передачи

изображений на объектах железнодорожного транспорта (помехоустойчивость, практическая реализация, компактность) в зависимости от уровней состояний телевидения;

4) на основании исторического анализа осуществлён прогноз развития способа считывания номеров на «инновационном» вагоне с точки зрения увеличения скорости и надёжности систем передачи информации о железнодорожных объектах;

5) разработаны технические решения по повышению безопасности сотрудников станций.

Положения диссертации, выносимые на защиту:

1) историко-технический анализ качественных изменений технологий совершенствования передачи сигналов изображений за период с 1936 г. по настоящее время;

2) государственная научно-техническая политика в области телевидения на железнодорожном транспорте;

3) исследования истории эволюции технологий передачи сигналов изображений объектов железнодорожного транспорта за период с 1936 г. по настоящее время;

4) дополнительные логические связи между уравнениями Д. Максвелла - теоретические основы телевидения;

5) разработанный способ считывания номеров вагонов с помощью телевидения.

Достоверность результатов подтверждена:

1) двумя авторскими свидетельствами СССР на изобретения;

2) статьями в журналах ВАК в количестве - 10;

3) монографией;

4) внедрением телевидения на трёх железнодорожных станциях;

5) отчётами по научно-исследовательским работам с Государственной регистрацией – 2.

Апробация и внедрение результатов работы. Основные положения диссертации положительно оценены на научно-технических конференциях: в Поволжском филиале МИИТ (г. Саратов, 2009 г.); в Нижегородском филиале

МИИТ (г. Нижний Новгород, 2009 г.); в РОАТ МИИТ (г. Москва, 2011г.); на XIV-ой научно-практической конференции по безопасности движения поездов в МИИТ (г. Москва, 24-25. 10. 2013г.).

Публикации. Автор имеет 21 публикацию по теме диссертации, в том числе 10 статей в научных журналах ВАК, которые включены в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций; выданы два авторских свидетельства на устройство контроля проследования поезда и устройство для считывания информации с транспортного средства; 7 работ опубликованы в трудах научно-технических и всероссийской конференций. Часть материала диссертации опубликована в монографии.

Общий объём публикаций – 40,7 п. л., в том числе авторских – 20,4 п. л.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений, терминов, источников, литературы и приложений. Общий объём работы: 190 страниц, 5 таблиц и 41 рисунок.

Глава 1. История создания и развития основ передачи изображений на железнодорожном транспорте

Вводные замечания

Основы телевидения (ТВ) – это радиоволны, свет, фотоэффект, которые были открыты и исследованы в разное время. Определим следующие периоды этих открытий и исследований, которые определяются уровнем их состояния. Отметим также вклад русских учёных, в том числе и учёных МИИТ в развитие основ ТВ. В этой главе рассматриваются физико-математические, физико-технические и технические основы ТВ. В работе получены дополнительные логические связи между уравнения Д. Максвелла, относящиеся к физико-математическим основам ТВ. Показано, что техническими основами распространения радиоволн является диполь Г. Герца. В технических основах показано, что габаритная антенная проблема Герца для радиосвязи путём введения в вибратор Герца прерывателя-модулятора, без которого не обходится ни один радиопередатчик.

Вот эти периоды:

- 1) период создания и развития физико-математических основ ТВ - уравнений Д. Максвелла: 1873-1888гг.;
- 2) период создания и развития физико-технических основ ТВ: 1889-1894 гг.;
- 3) период создания технических основ ТВ: 1895 г. - изобретение Радио - по настоящее время;
- 4) период разработки и внедрения чёрно-белого ТВ: 1889-1907 гг.;
- 5) период развития ТВ сигналов цветных изображений: 1899 г. - по настоящее время;
- 6) период развития твёрдотельного ТВ: 1950 г. - по настоящее время;
- 7) период открытия и применения цифрового ТВ: 1948 г. - по настоящее время.

С 1873-1905 гг. - период движения к признанию уравнений Д. Максвелла как самого великого открытия XIX-го века.

1.1 Физико-математические основы телевидения

Физико-математическими основами систем передачи сигналов изображений являются уравнения Д. Максвелла, опубликованные в его труде «Трактат об электричестве и магнетизме» в 1873 г. [24, 27].

История зарождения и развития этих уравнений - длительная, спорная и противоречивая. В этом труде было 12 уравнений. Однако известный физик Хевисайд, а позже и Герц свели их к четырём. Каждое из этих уравнений первоначально было получено другими авторами до Максвелла в интегральной форме. Первое уравнение вначале называлось уравнением А. Ампера, полученное им в 1820 г.

Второе уравнение - это закон электромагнитной индукции, полученный М. Фарадеем в 1831 г., когда родился Д. Максвелл.

Третье уравнение - это теорема М.А. Остроградского-К. Гаусса, известное с 1828 г., а четвёртое уравнение - это опытный факт, установленный в XVII веке Гильбертом - придворным врачом английской королевы Елизаветы.

Д. Максвелл записал впервые в мире все уравнения электричества и магнетизма в дифференциальной форме, которая прозрачнее, чем интегральная. Он обнаружил, что уравнение А. Ампера не удовлетворяет закону непрерывности тока

$$\operatorname{div} \vec{J}_\rho + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0,$$

который ни у кого не вызывал сомнений. Здесь \vec{J}_ρ - плотность электрического тока проводимости, ρ - объёмная плотность электрических зарядов. Для

устранения этого недостатка Д. Максвелл ввёл поправку $\frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$, исходя из теоремы

М.А. Остроградского-К. Гаусса эти уравнения приобрели вид в системе СИ

$$\operatorname{div} \vec{D} = \rho, \tag{1.3}$$

согласно которой он внёс поправку

$\frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$ - плотность тока смещения в уравнение А. Ампера:

$$\text{rot } \vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \vec{J}_s^{ct}, \quad (1.1)$$

где \vec{H} - вектор напряжённости магнитного поля, \vec{D} - электрическая индукция, \vec{j}_s^{cm} - вектор плотности стороннего тока проводимости [73, 77].

Теперь уравнение (1.1) стало аналогичным уравнению электромагнитной индукции М. Фарадея

$$\text{rot } \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, \quad (1.2)$$

особенно в свободном пространстве, где $\vec{J}_s = 0$ и $\rho_s = 0$.

Из структуры уравнений (1.1) и (1.2) следует: прямое и обратное преобразование полей электрического \vec{E} и магнитного \vec{H} с учётом, что электрическая индукция

$$\vec{D} = \varepsilon \vec{E}, \quad (1.4)$$

$$\text{а магнитная индукция } \vec{B} = \mu \vec{H}, \quad (1.5)$$

где ε, μ - диэлектрическая и магнитная проницаемости среды соответственно.

Это означает, что изменение электрического поля \vec{E} во времени порождает магнитное поле \vec{H} , а изменение магнитного поля во времени порождает электрическое поле. Эти поля существуют неразрывно друг от друга, поэтому они должны описываться всеми уравнениями (1.1)-(1.4).

С поправкой Максвелла $\frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$ уравнения (1.1) и (1.2) стали симметричными, позволившими ему сделать теоретические открытия:

1) электромагнитное поле не может существовать самостоятельно в свободном пространстве в виде поперечных электромагнитных (ТЕМ) волн (как и света), распространяющихся со скоростью света;

2) свет имеет электромагнитную структуру, а не механическую, и может производить давление на тела и газы.

Однако мировая научная элита (Кельвин, Гельмгольц, Герц и другие) скептически относилась к уравнениям Максвелла. Для их утверждения большое значение имел вклад учёных МИИТ. Профессор П.Н. Лебедев впервые в мире измерил давление света на тела (1889 г.) и газы (1904 г.), тем самым, подтвердив справедливость выводов Д. Максвелла. Профессор МИИТ А.А. Эйхенвальд (в будущем - директор ИМИУ) в 1904 г. впервые подтвердил существование

магнитного поля тока смещения $\frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$ и конвенционных токов. Однако уравнения

Максвелла окончательно были подтверждены и признаны всеми как величайшее открытие XIX века только после 1904 г., когда появились преобразования Лоренца в теории относительности. Эти преобразования были получены из уравнений Максвелла и содержали в себе преобразования Г. Галилея как частный случай (для малых скоростей движения). С этих пор уравнения Максвелла стали теоретической основой не только отдельных отраслей радиосвязи, но и теоретической основой всей электродинамики. Тем не менее, в работе сформулированы дополнительные логические причинно-следственные связи между этими уравнениями (1.1-1.3):

а) первое и второе уравнения Максвелла являются прямым и обратным преобразованиями Максвелла для полей \vec{E} и \vec{H} подобно преобразованиям Ф. Фурье и У. Гильберта в математике;

б) первое уравнение Максвелла – это закон магнитоэлектрической индукции, так как второе (обратное) уравнение Максвелла называется законом электромагнитной индукции;

в) четвертое уравнение Максвелла $\operatorname{div} \vec{B} = 0$ можно считать теоремой М.А. Остроградского-К. Гаусса, как и третье уравнение $\operatorname{div} \vec{D} = \rho$, для объемной плотности магнитных зарядов $\rho_m = 0$, которых нет в природе, а не просто опытным фактом, как говорится в источниках. Это позволяет объединить 3-е и 4-е уравнения в одно, и тогда будут иметь место три уравнения Максвелла вместо четырех.

В заключение этого параграфа представлена история становления уравнений Максвелла в виде функциональной схемы.

Великий русский учёный М.В. Ломоносов назвал светоносную среду эфиром ещё в 1753г. Д. Максвелл, анализируя всё сказанное, приходит к выводам:

- 1) возмущения эфира распространяются в пространстве, образуя электромагнитную волну;
- 2) электромагнитные волны поперечны, скорость их распространения зависит от свойств среды (для вакуума $c = 3 \cdot 10^8$ м/с);
- 3) эта скорость близка к скорости света, что свет (включая и лучистую теплоту) есть электромагнитное возмущение эфира;
- 4) в среде, где распространяются электромагнитные волны, существует давление в направлении их распространения, равное по величине плотности энергии электромагнитного поля [83, 89].

Русский учёный Н.А. Умов сформулировал и доказал в 1874 г. теорему, которая обобщила вывод Максвелла о световом давлении. Идеи Н.А. Умова были развиты английским физиком Д.Г. Пойнтингом, в результате чего теорема стала называться теоремой Умова - Пойнтинга, но вектор

$$\vec{\Pi} = \left[\vec{E} \times \vec{H} \right] - \quad (1.6)$$

вектором Пойнтинга.

Для получения этой теоремы необходимо уравнение Максвелла (1.1) умножить на \vec{E} , а (1.2) - на \vec{H} , взять их разность и проинтегрировать по объёму. Теорема Умова - Пойнтинга характеризует баланс энергии в объёме.

Если взять тотот уравнений (1.1) и (1.2) для свободного пространства, то получаются волновые уравнения для электрического \vec{E} и магнитного \vec{H} полей:

$$\nabla^2 \vec{E} + K^2 \vec{E} = 0, \quad (1.7)$$

$$\nabla^2 \vec{H} + K^2 \vec{H} = 0, \quad (1.8)$$

где ∇^2 -оператор Лапласа - пространственная производная второго порядка;

$$K = 2\pi / \lambda = \omega / C - \quad (1.9)$$

- волновое число в свободном пространстве, λ - длина волны, ω - круговая частота,

$$C = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} - \quad (1.10)$$

- скорость света; ϵ_0, μ_0 - диэлектрическая и магнитная проницаемости вакуума.

Уравнения (1.7) и (1.8) называются волновыми потому, что их решением является функция, описывающая волну, распространяющуюся в свободном пространстве со скоростью света C . У этой волны векторы \vec{E} и \vec{H} находятся в поперечной плоскости согласно вектору Пойнтинга, поэтому она называется поперечно-электромагнитной волной. В виде таких же поперечных волн распространяется и свет со скоростью C .

На рисунке 1.1 представлена функциональная схема истории становления уравнений Д. Максвелла

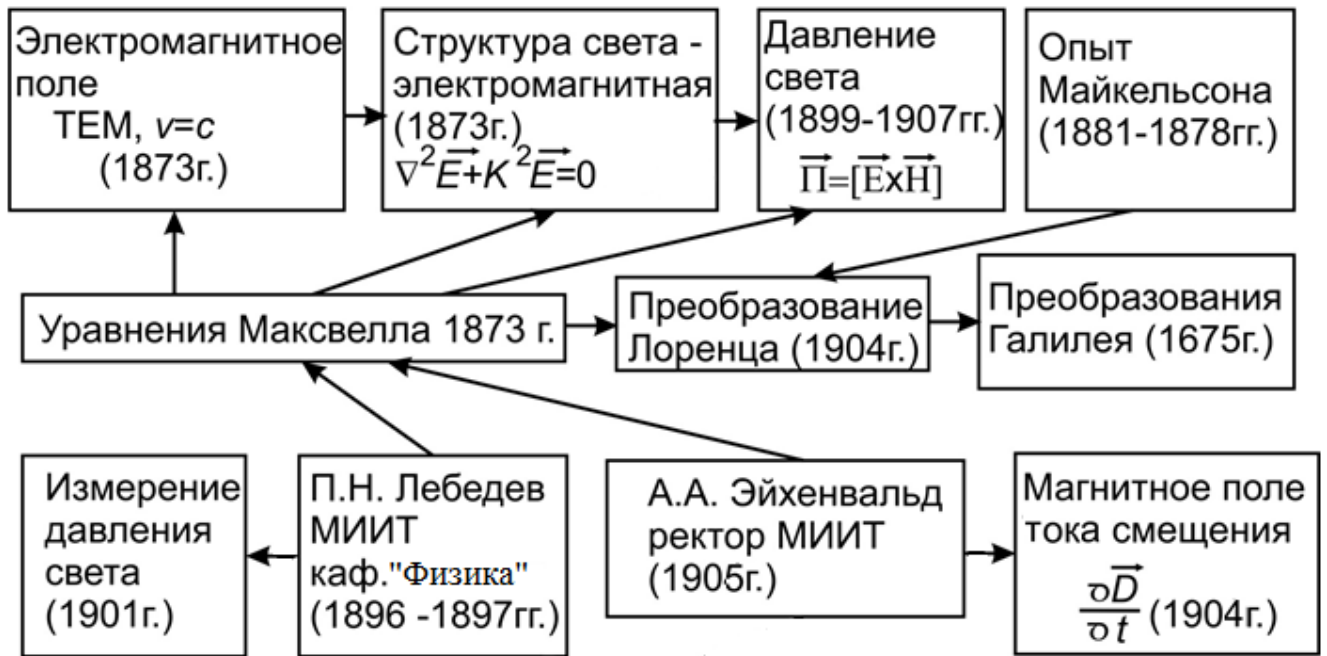


Рисунок 1.1 -Функциональная схема истории становления уравнений Д. Максвелла

1.2. Физико-технические основы телевидения

Физико-техническими основами телевидения являются реальные радиоволны и фотоэффект, открытые Г. Герцем в 1888 г.

К уравнениям Д. Максвелла в те времена многие известные учёные относились скептически, поскольку они не были инвариантны преобразованиям Г. Галилея. Такими учёными были Г. Гельмгольц (Германия), лорд Кельвин (Англия) и другие. Ученик Гельмгольца, впоследствии знаменитый учёный Герц, взялся доказать, что уравнения Максвелла неверны. Однако, изучая их подробно, он пришёл к обратному выводу, представив все 12 уравнений только четырьмя и выразив ими своё восхищение, извинился перед своим учителем Гельмгольцем.

В 1888 г. Г. Герц экспериментально открыл радиоволны [22], исходя из волновых уравнений ($\vec{j}_s^{cm} \neq 0$) с правой частью (1.7), (1.8). В этом случае их решение затруднено. Для их упрощения Герц ввёл вектор, названный его именем. Аналогично введён векторный запаздывающий электродинамический потенциал

\vec{A}_\ominus согласно (1.4): $\vec{B} = \text{rot}\vec{A}_\ominus$. Тогда решением (1.8) будет, как и для вектора Герца,

$$\vec{A}_\ominus = \frac{\mu}{4\pi} \int_V \vec{j}_\ominus^{\text{CT}} \frac{e^{-jkr}}{r} dV, \quad (1.11)$$

где r - расстояние от вибратора до точки наблюдения, а V - объём вибратора. Для вычисления интеграла (1.7) надо иметь $\vec{j}_\ominus^{\text{CT}} = \text{const}$, и тогда

$$\vec{A}_\ominus = \frac{\mu}{4\pi} \ell \vec{I}_\ominus^{\text{CT}} \frac{e^{-jkr}}{r}, \quad (1.12)$$

где $\vec{I}_\ominus^{\text{CT}} = \vec{j}_\ominus^{\text{CT}} S$ - ток, а ℓ - длина, S - сечение вибратора.

Но как реализовать линейный вибратор длиной ℓ с равномерным распределением тока вдоль него. Здесь Герц проявил удивительную изобретательность: предложил использовать в качестве вибратора отрезок проводной линии, разомкнутой на конце, длина которой $\ell \ll \lambda$, а её проводники развёрнуты на 180 градусов (рисунок 1.2). Но на концах такого тонкого вибратора ток всегда равен нулю, возрастая к его середине, т.е. является неравномерным.

Для выравнивания тока вдоль вибратора Герц подключил к его концам металлические шарики [98, 108]. Шарики на концах разомкнутой длинной линии эквивалентны ёмкости, которую можно реализовать дополнительным отрезком той же линии, разомкнутым на конце. Ток вдоль реального вибратора практически постоянен. Такой вибратор называется симметричным, потому что ток в его плечах распределён симметрично относительно его центра, куда подаётся электропитание.

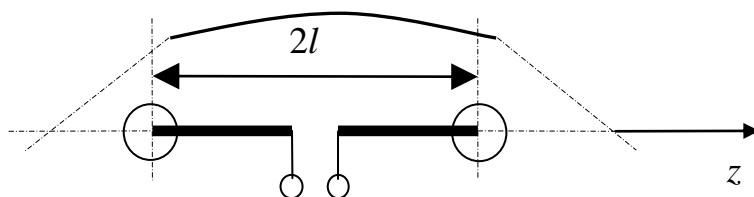


Рисунок 1.2 - Распределение тока в электрическом вибраторе Герца: I – распределение тока по длине вибратора; $2\ell = \frac{\lambda}{2}$.

Поскольку токи в плечах симметричного вибратора одного знака, то их электромагнитные поля в точках пространства не компенсируются, как от проводов длинной линии, а геометрически складываются, т. е. излучение имеет место. Упрощенная количественная сторона этого процесса поясняется рисунком 1.2 и состоит в следующем.

В дальней зоне (при $r \gg \ell$) сферической системы координат согласно (1.12) имеют место только две составляющие поля:

$$\vec{H} = \frac{1}{\mu} \text{rot} \vec{A}_\varphi; H_\varphi = j \frac{I^{CT} \mu \ell}{W^0 2r\lambda} e^{-jkr} \sin \theta, \quad (1.13)$$

$$\vec{E} = \frac{1}{j\omega\epsilon} \text{rot} \vec{H}; E_\theta = -j \frac{I^{CT} \mu \ell}{2r\lambda} e^{-jkr} \sin \theta, \quad (1.14)$$

где $w^0 = 120 \pi$ [Ом] - волновое сопротивление свободного пространства, λ - длина волны, остальные параметры определяются сферической системой координат, представленной на рисунке 1.3. Вектор Пойнтинга равен векторному произведению \vec{E} и \vec{H} :

$$\vec{P} = \left[\vec{E} \times \vec{H} \right] = \frac{\vec{E}_M \times \vec{H}_M}{2}. \quad (1.15)$$

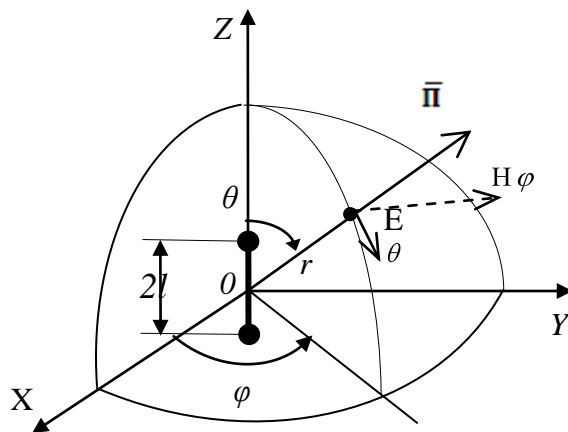


Рисунок 1.3 - Вибратор Герца в сферической системе координат:

\vec{P} - вектор Пойнтинга; \vec{E} и \vec{H} - векторы напряжённости электрического и магнитного полей; θ, φ - углы в сферической системе координат; X, Y, Z - оси полярной системы координат; O – начало координат; $2\ell = \frac{\lambda}{2}$.

В данном случае вектор Пойнтинга - вещественный, т.е. имеет место излучение в дальней зоне [196, 199].

После этого Г. Герц приступил к экспериментам по практическому изучению свойств электромагнитных волн: их отражению, преломлению, дифракции, поляризации, которые качественно совпадали со световыми волнами, подтверждающими электромагнитную структуру света [200].

Исключительно большой вклад в дело экспериментального подтверждения справедливости теории электромагнитного поля и особенно электромагнитной природы света внёс русский учёный П.Н. Лебедев - гениальный русский экспериментатор, которого знаменитый физик Х. Лоренц (Голландия) считал «одним из первых и лучших физиков нашего времени».

Многие выдающиеся физики пытались экспериментально величину светового давления, предсказанного Д. Максвеллом, но не смогли преодолеть многочисленные трудности, вставшие на их пути. После многочисленных неудач П.Н. Лебедев в 1899 г. точно определил величину светового давления на твёрдые тела, а позже (1904 г.) - и на газы. Если его опыты с твёрдыми телами позднее были повторены, то с газами - нет. Давление света говорит о том, что электромагнитное поле обладает инертной массой, т.е. является видом материи. Другой русский учёный А.А. Эйхенвальд убедительно доказал существование магнитного поля тока смещения и конвекционных токов.

Его опыты вошли в число классических работ по теории электромагнитного поля и явились экспериментальным подтверждением справедливости уравнений Д. Максвелла. Работы П.Н. Лебедева и А.А. Эйхенвальда не оставили после себя никаких сомнений в справедливости теории электромагнитного поля и электромагнитной природы света. После опытов П.Н. Лебедева и А.А. Эйхенвальда перед физиками встала задача: перевести оптику с языка механики

на язык электродинамики. Эту задачу во многом решил российский физик Д.А. Гольдгаммер.

Уместно здесь отметить, что П.Н. Лебедев и А.А. Эйхенвальд работали профессорами МИИТ, который тогда назывался Императорским Московским Инженерным Училищем (ИМИУ). П.Н. Лебедев основал кафедру «Физика» в МИИТ, которой затем руководил А.А. Эйхенвальд. В 1905г.Эйхенвальд был избран первым директором ИМИУ [82].

Г. Герц, экспериментально исследуя открытые им радиоволны, обнаружил, что проскакивание искры между цинковыми шариками разрядника значительно облегчается, если один из них освещать ультрафиолетовыми лучами.

Это явление было названо фотоэффектом, законы которого экспериментально исследовал и установил русский физик А.Г. Столетов в 1888 – 1904 гг. [212].

Вот эти законы:

- 1) число электронов, выбиваемых в единицу времени с поверхности шарика (катода), пропорционально интенсивности облучения;
- 2) энергия выбиваемых из катода электронов не зависит от интенсивности облучения, а определяется только его частотой и материалом катода.

Он так же доказал следующее:

- 1) фотоэффект прекращается совсем, если частота падающего света становится меньше некоторой величины, названной красной границей фотоэффекта;
- 2) время запаздывания фототока меньше 10^{-4} С.

Эти факты находятся в резком противоречии с волновой природой света, которая не может их объяснить.

Для этого объяснения А.Эйнштейн предположил, что свет распространяется не в виде непрерывной волны, а в виде дискретных порций энергии, называемых квантами или фотонами. Энергия фотона:

$$\varepsilon = h \cdot \nu, \tag{1.16}$$

где h – постоянная Планка, ν - частота падающего света. Фотон, столкнувшись с электроном в металле, передаёт ему свою энергию. Если эта энергия больше

некоторой величины P , то электроны выходят за пределы металла. Согласно закону сохранения энергии

$$h\nu = P + \frac{m_0 V^2}{2}, \quad (1.17)$$

где P -работа выхода электрона из металла; $\frac{m_0 V^2}{2}$ - кинетическая энергия электрона вне металла. Уравнения (1.16), (1.17) полностью объясняют все особенности фотоэффекта. Энергия фотона описывается уравнением (1.16) и

$$\text{уравнением: } \vec{P} = h \cdot \vec{k}, \quad (1.18)$$

где \vec{P} - вектор импульса фотона, равный произведению постоянной Планка h на волновой вектор \vec{k} в свободном пространстве, модуль которого совпадает по направлению с вектором Пойнтинга (рисунок 1.3).

В рукописях А.Г. Столетова сохранилась схема установки, на которой он проводил свои эксперименты[84, 99]. Основная часть установки - это конденсатор, состоящий из металлической сетки-анода и плоского металлического диска-катода. Конденсатор включался последовательно с гальванометром в цепь с батареей. При освещении катода светом вольтовой дуги гальванометр фиксировал наличие тока в цепи. На основании своих многочисленных опытов А.Г. Столетов сделал следующие выводы: необходимым условием фотоэффекта является поглощение света материалом катода; каждый элемент поверхности катода участвует в явлении независимо от других; явление фотоэффекта практически безынерционно.

Поместив прибор в стеклянный цилиндр, из которого откачивался воздух, А.Г. Столетов обнаружил, что при уменьшении давления фототок возрастает, достигает максимума, а затем убывает. Оказалось, что величина фототока пропорциональна световому потоку, падающему на катод.

После серии многочисленных экспериментов А.Г. Столетов вывел закон, связывающий критическое давление воздуха, электродвижущую силу батареи и

расстояние между электродом и сеткой. Выяснилось, что отношение произведения критического давления, расстояния между электродом и сеткой к электродвижущей силе есть величина постоянная, названная позднее константой Столетова [99].

1.3. Основы распространения радиоволн

Известно, что замкнутый виток с переменным электрическим током до тех пор, пока его размеры 2ℓ малы по сравнению с длиной волны λ , эквивалентен магнитному диполю с переменным током. Такой виток называют элементарным магнитным излучателем, а также магнитным диполем Герца (рисунок 1.4) [172, 174]. Как и в случае электрического, элементарный магнитный излучатель – это элемент проводника с магнитным током, которого нет в природе [89]. Магнитные заряды и токи являются удобной абстракцией, упрощающей расчёт задач. Кроме того, магнитный диполь Герца (рисунок 1.4) вместе с электрическим диполем позволяет дать количественный анализ распространения радиоволн.

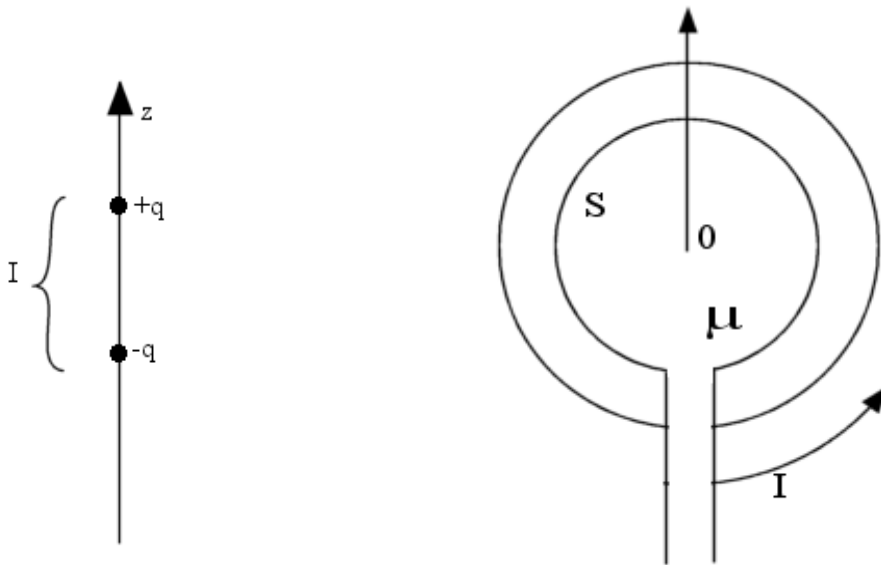


Рисунок 1.4-Рамка с электрическим током эквивалентна магнитному диполю Герца: I – ток рамки; S – площадь рамки; o – начало координат; μ – магнитная

проницаемость; q —электрический заряд; z —ось координат; (элемент проводника с магнитным током – справа; эквивалент магнитного диполя Герца с магнитными зарядами $+q$, $-q$ на его концах - слева).

Его поле в дальней зоне имеет две составляющие:

$$H_{\varphi} = -j \frac{I^M \ell}{2r\lambda} e^{-jkr} \sin \theta, \quad (1.19)$$

$$E_{\theta} = j \frac{I^M \ell}{2W^0 r\lambda} e^{-jkr} \sin \theta, \quad (1.20)$$

где I^M — магнитный ток диполя, W^0 — волновое сопротивление свободного пространства ($W^0 = 120 \pi = 377$ Ом). По сравнению с электрическим диполем Герца у магнитного диполя Герца составляющие поля \vec{E} и \vec{H} поменялись местами. Такое же электромагнитное поле, как у магнитного диполя Герца, создаёт элементарная щель.

Любая точка пространства, по которому распространяются электромагнитные волны, характеризуется вектором Пойнтинга $\vec{\Pi} = [\vec{E} \cdot \vec{H}]$, т.е. взаимно ортогональными векторами напряжённости электрического \vec{E} и магнитного \vec{H} полей. Согласно граничным условиям вектор \vec{E} эквивалентен магнитному диполю Герца с плотностью тока \vec{J}^M , а вектор \vec{H} — электрическому диполю Герца с плотностью тока \vec{J}^E . Эти диполи взаимно перпендикулярны между собой, как показано на рисунке 1.5, и излучают электромагнитное поле. Поэтому они вместе называются элементарным излучателем или кратко элементом Гюйгенса [24].

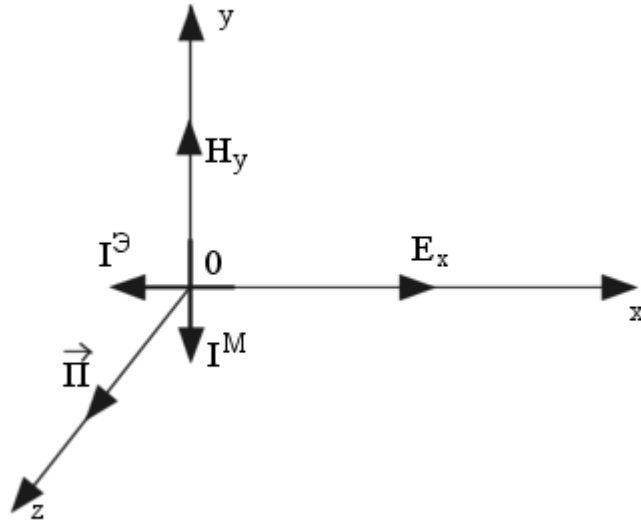


Рисунок 1.5-Элемент Х. Гюйгенса в декартовой системе координат:

вектор Пойнтинга $\vec{\Pi} = [\vec{E} \cdot \vec{H}]$; взаимно ортогональные векторы напряжённости электрического \vec{E} и магнитного \vec{H} полей; вектор \vec{E} эквивалентен магнитному диполю Герца с плотностью тока \vec{J}^M , а вектор \vec{H} — электрическому диполю Герца с плотностью тока $\vec{J}^Э$ (согласно граничным условиям).

Диаграмма направленности (ДН) элемента Гюйгенса в полярной системе координат описывается кривой, называемой кардиоидой (рисунок 1.6)

$$F(\theta) = 0,5 \cdot (1 + \cos \theta). \quad (1.21)$$

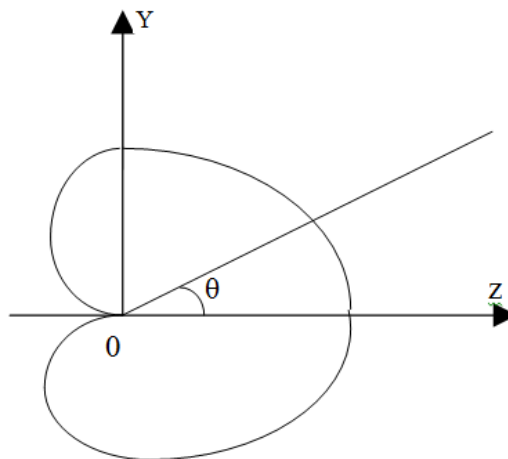


Рисунок 1.6-Диаграмма направленности элемента Х. Гюйгенса в полярной системе координат: кардиоида – диаграмма направленности в полярной системе

координат; Z, Y–оси координат; O – начало координат; θ - угол в полярной системе координат.

Она представлена графически [61, 73, 89] в предположении, что радиоволна распространяется вдоль оси Z. Пространственная ДН есть фигура вращения этой кардиоиды вокруг оси Z. Видно, что излучение элемента Гюйгенса направлено в одну сторону - сторону движения фронта волны (вдоль оси Z). Это является количественным подтверждением известного принципа Гюйгенса (рисунок 1.6), сформулированного ещё во второй половине XVII века. Его суть состоит в возможности замены волновой поверхности системой вторичных источников сферических волн. Причём каждая точка волновой поверхности рассматривается как вторичный источник. Соответственно перемещение волновой поверхности сводится к распространению этих вторичных сферических волн на расстояние

$$R = c \cdot \Delta t, \quad (1.22)$$

где $\Delta t = (t_2 - t_1)$ -интервал времени, а c - скорость света. Волновая поверхность после перемещения находится как огибающая вторичных сферических волн (рисунок 1.7).

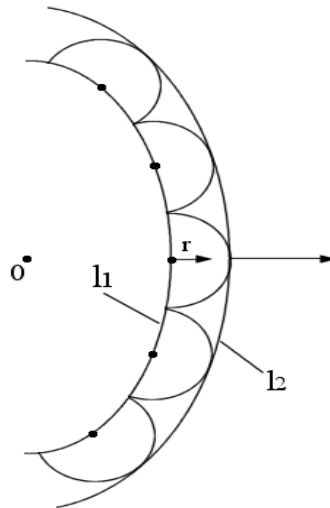


Рисунок 1.7 - Процесс распространения радиоволн:

О – точка излучения электромагнитных волн; γ – направление излучения; ℓ_1, ℓ_2 – радиусы волновых фронтов; волновая поверхность – огибающая вторичных сферических волн.

Такое уточнение принципа Гюйгенса было сделано Френелем в начале прошлого века, после чего он стал называться принципом Х. Гюйгенса-Ф. Френеля.

Математической основой этого принципа является формула Г. Кирхгофа. Принцип Гюйгенса-Френеля поясняет количественно процесс распространения радиоволн, а элемент Гюйгенса используется для описания излучения электромагнитных волн апертурными антеннами.

Однако Герц считал, что электромагнитные волны для радиосвязи не могут быть использованы из-за того, что антенна в этом случае должна иметь большие размеры, соизмеримые с длиной волны

$$\lambda = \frac{c}{F} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{300 \text{ Гц}} = 1000 \text{ км} . \quad (1.23)$$

где $F=300$ Гц-минимальная частота тонального диапазона. Это мнение авторитетного Г. Герца сдерживало изобретение радио. Кроме того, приёмник Герца обладал низкой чувствительностью, содержащего искровой промежуток для индикации наличия поля.

Французский физик Э. Бранли предложил использовать в 1891 г. для индикации электромагнитного поля не искровой промежуток приёмника Герца, а специальное устройство в виде стеклянной трубки с металлическими опилками внутри, названное им «радиокондуктором». Недостатком устройства Бранли являлась потеря чувствительности приёмника после первого срабатывания.

Английский учёный О. Лодж предложил в 1894 г. использовать специальное устройство для встряхивания опилок с целью восстановления чувствительности приёмника, которое он назвал «когерером», т.е. сцепляющим металлические опилки. Недостатком «когерера» О. Лоджа было то, что встряхивание «когерера» было независимым от наличия электромагнитного поля. И Э. Бранли, и О. Лодж

вслед за Г. Герцем считали, что радиоволны не могут быть использованы для связи. Необходимо также отметить, что первые работы по проводимости порошков железа были сделаны итальянским физиком Кольцески-Онести в 1884 – 1886 гг., на что Герц не обратил внимания. Всё это предшествовало изобретению радио.

Доклад А.С. Попова сразу был опубликован в 1895 г. в журнале Русского физико-химического общества (РФХО), который имел международную рассылку, и поэтому во всех ведущих странах не только знали о системе радиосвязи А.С. Попова, но и повторяли её в реализации [66].

И вот через 2 года (второго июля 1897 г.) молодой итальянский физик - предприниматель Г. Маркони получает патент № 12039 в Англии на изобретение радиоприёмника (рисунок 1.9), схема которого совпадает со схемой А.С. Попова (сравните рисунок 1.8,б и рисунок 1.9). Правда, в схеме Маркони введена дополнительная батарея питания Б2 в звонковой части приёмника, что его ухудшает, так как без Б2 приёмник работает не хуже (рисунок 1.8,б). После этого за рубежом стали оспаривать приоритет А.С. Попова, и этот спор длился более ста лет. Странно, что при этом никто не обращал внимания на название патента Маркони: **«Усовершенствование** в передаче электрических импульсов и сигналов, и в аппаратуре для этого», где первое слово говорит о том, что Г. Маркони не изобрёл приёмник, а только усовершенствовал приёмник А.С.

Попова в худшую сторону. Надо сказать, что Г. Маркони много сделал по усовершенствованию радиосвязи, за что в 1909 г. ему была присуждена Нобелевская премия. А.С. Попов скончался в 1906 г. и поэтому не попал в число награждённых, так как Нобелевская премия не присуждается посмертно. Поэтому в споре о приоритете использовать Нобелевскую премию некорректно.

1.4. Технические основы телевидения

Радио изобрёл русский учёный А.С. Попов, о чём он сделал доклад на тему «Об отношении металлических порошков к электрическим колебаниям» на заседании русского физико-химического общества (РФХО) в Санкт – Петербурге

7 мая 1895г. с публичной демонстрацией работы своей системы радиосвязи. Этот день считается днём изобретения Радио. Изобрести радио стало возможным благодаря решению А.С. Поповым габаритной антенной проблемы Г. Герца:

1. габаритная антенная проблема Герца была решена путём введения впервые в мире в его вибратор прерывателя, преобразующего низкочастотный сигнал в высокочастотный, т.е. с уменьшенной λ , а также разработки автоматики встряхивания когерера приёмника. Прерыватель низкочастотного сигнала - это первый в мире модулятор, без чего не обходится ни один радиопередатчик сегодня (рисунок 1.8,а);

2. проблема чувствительности приёмника решена путём использования когерера Лоджа с разработанным А.С. Поповым устройства автоматического встряхивания его только при наличии электромагнитного поля (рисунок 1.8,б).

Дополнительных комментариев к работе передатчика А.С. Попова (рисунок 1.8,а) не требуется, чего нельзя сказать о его приёмнике. Поэтому остановимся кратко на работе приёмника. При отсутствии электрического поля \vec{E} сопротивление $R_{\text{металлического порошка}}$ в когерере 2 (рисунок 1.8,б) велико и составляет 100 [кОм], при котором ток через реле 3 мал, и оно не срабатывает. При наличии поля \vec{E} сопротивление порошка в когерере резко уменьшается до 1 [кОм], отчего ток резко возрастает через реле 3, и оно срабатывает. При этом замыкается его контакт 4, срабатывает реле 5, притянув к себе якорь 6, отчего металлический шарик 7 ударяет по металлической коробке звонка 8. Раздаётся звонок, но при этом контакт реле 5 разомкнётся, прерывая цепь его питания, и металлический шарик 7 упадёт на когерер 2, встряхивая его порошок и восстанавливая его исходное сопротивление $R=100$ [кОм]. Далее процесс повторяется, и звонок звонит при наличии поля \vec{E} [2, 3].

Телеграф приёмника А.С. Попова отпечатал слова «Генрих Герц» в благодарность его (А.С. Попова) в отношении своего Учителя [108, 183].

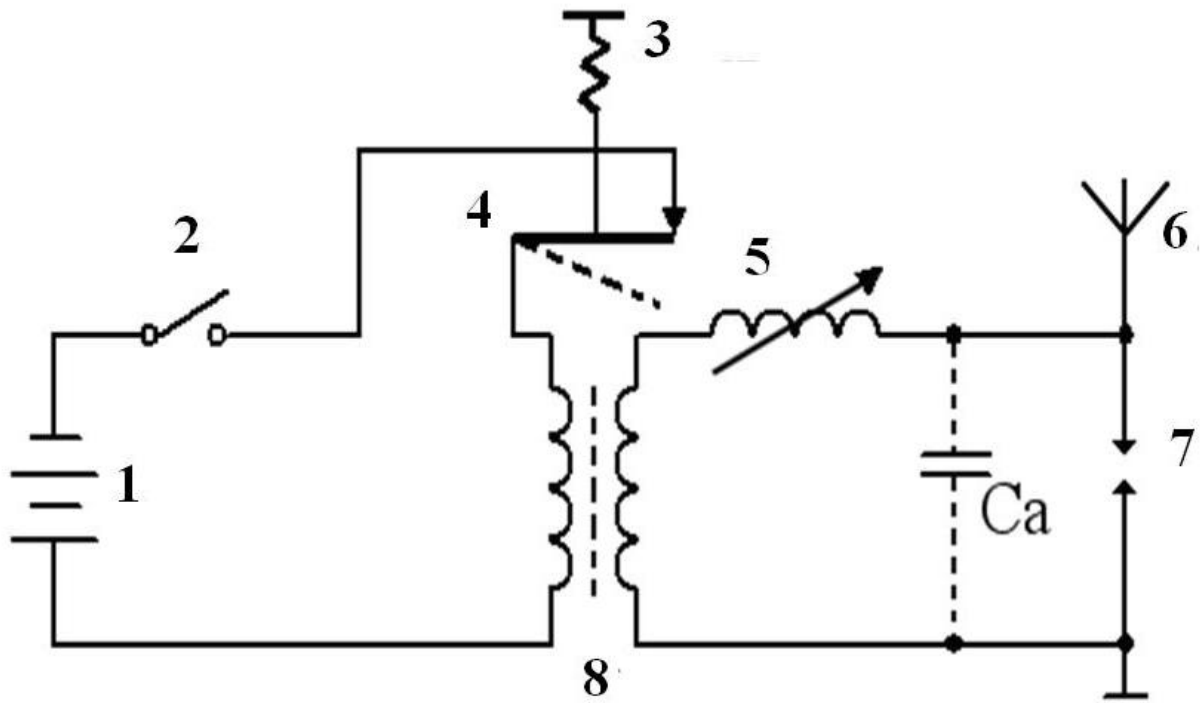


Рисунок 8,а - Передатчик А.С. Попова:

1 – электрическая батарея питания; 2 – ключ; 3 – пружина; 4 – прерыватель; 5 – индуктивность нагрузки; 6 – антенна; 7 – разрядник; 8 – трансформатор; Ca – ёмкость антенны.

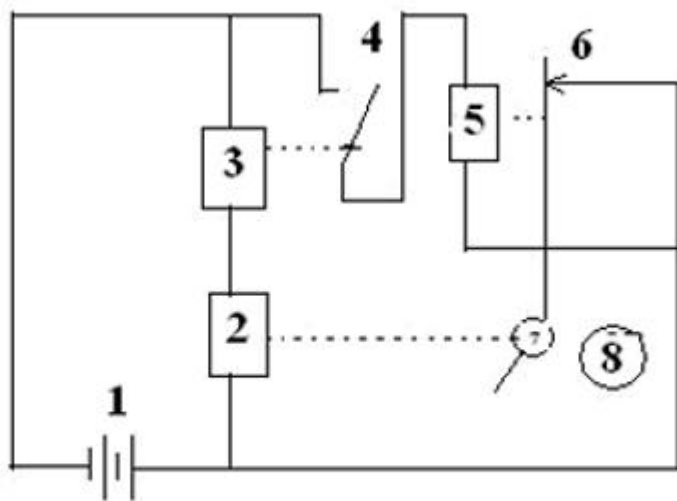


Рисунок 8,б - Приёмник А. С. Попова: 1 – электрическая батарея питания; 2 – когерер; 3 – реле 1; 4 – контакт реле P1; 5 - реле P2; 6 – контакт реле P2; 7 – металлический шарик; 8 - звонок

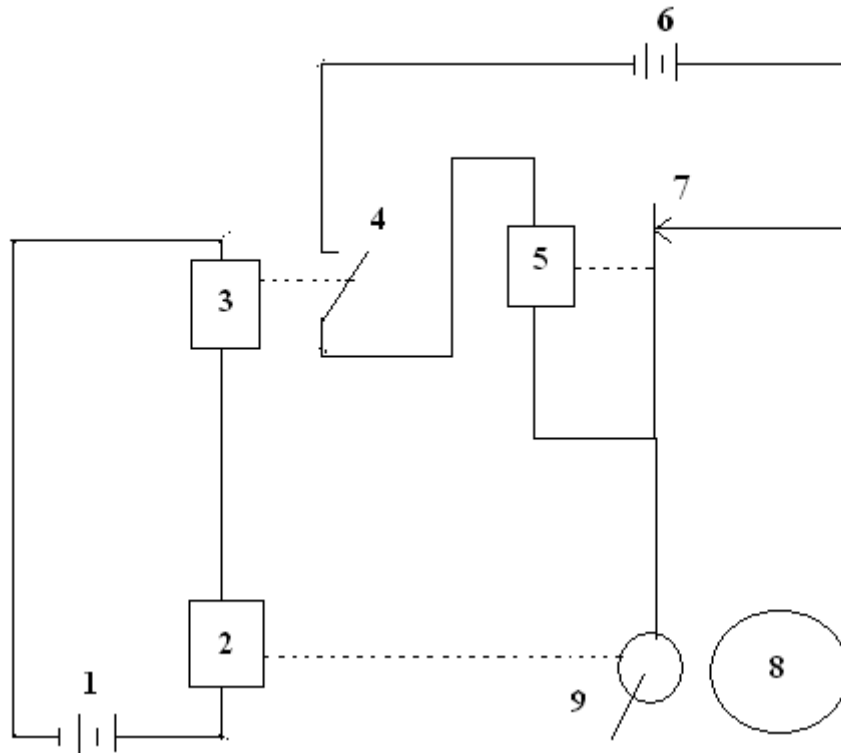


Рисунок 1.9- Приёмник Г. Маркони: 1, – электрическая батарея питания Б1; 2 – когерер; 3 – реле P1; 4–контакт реле P1; 5 – реле P2; 6 – электрическая батарея питания Б2; 7 – контакт реле P2; 8 – звонок; 9 – металлический шарик.

Хронология открытий к главе 1

№ п/п	Период времени	Открытия, страна
1.	1825 г.	Открытие закона А. Ампера: $\text{rot } \vec{H} = \vec{J}_{\text{св}}$ (Франция).
2.	1828 г.	Теорема М.А. Остроградского - К.Г. Гаусса: $\text{div } \vec{D} = \rho_{\text{св}}$ (Россия, Германия).
3.	1831 г.	Открытие закона М. Фарадея: $\text{rot } \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ (Германия).
4.	1825 – 1873 гг.	Уравнения Д. Максвелла: $\text{rot } \vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \vec{J}_{\text{св}}$ (1); $\text{rot } \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ (2); $\text{div } \vec{D} = \rho_{\text{св}}$ (3); $\text{div } \vec{B} = 0$ (4).
5.	1884 – 1886 гг.	Влияние электрического разряда на металлические порошки. Кольцеси-Онеси (Италия).
6.	1886 – 1888 гг.	Открытие теории реальных радиоволн, полуволнового вибратора, его исследование Г. Герцем и получение излучения вибратором электромагнитных колебаний. (Германия).
7.	1888 – 1904 гг.	Открытие фотоэффекта Г. Герцем. (Германия). Дальнейшее развитие теории фотоэффекта А.Г. Столетовым (Россия).
8.	1891 г.	Опыт Э. Бранли (радиокондуктор). (Франция).
9.	1894 г.	Когерер О. Лоджа (Англия).
10.	1895 г.	Изобретение радио. А.С. Попов (Россия).
11.	1899-1907 гг.	Измерение давления света на тела и газы. П.Н. Лебедев (Россия).

12.	1901 г.	Опыт А.А. Эйхенвальда. Он убедительно доказал существование магнитного поля тока смещения, впервые в мире измерил его. (Россия).
13.	1902 – 1906 гг.	А. Эйнштейн исследовал и объяснил фотоэффект с точки зрения квантовой механики (Австрия).
14.	1905 г.	А.А. Эйхенвальд стал первым избранным директором ИМИУ.

Итогом исторического анализа событий главы 1 стала функциональная схема, представленная на рисунке 1.10.

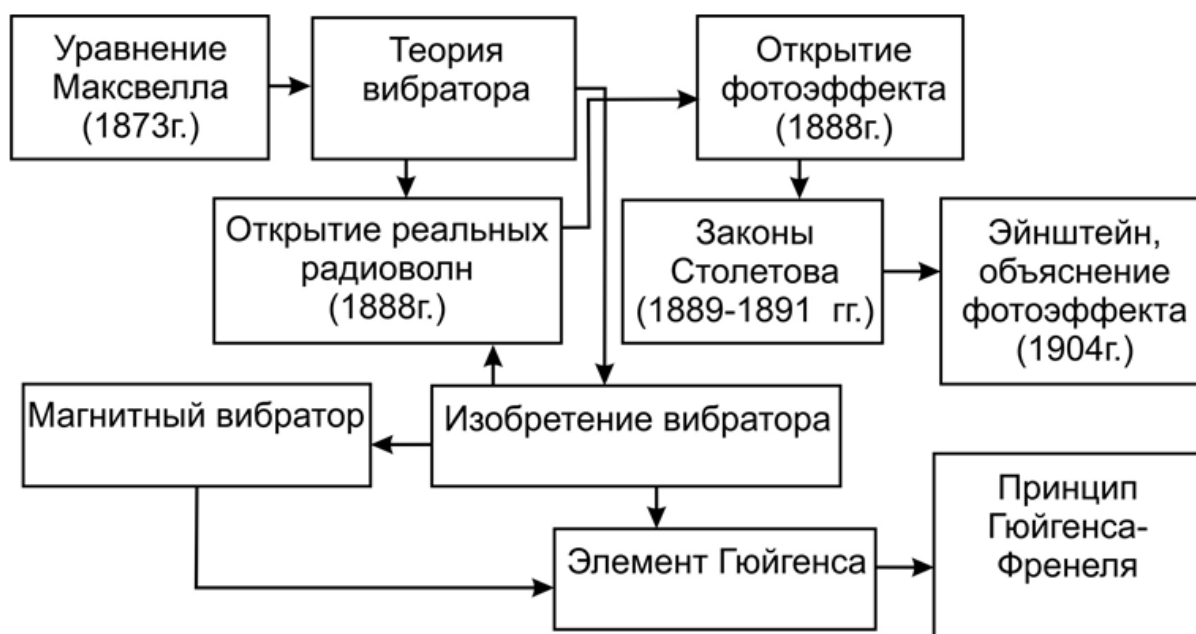


Рисунок 1.10-Функциональная схема физико-технических основ телевидения: реальные радиоволны, фотоэффект, открытые Герцем в 1888г., на основе уравнений Д. Максвелла.

Выводы по главе 1

1. Физико-математической основой передачи сигналов изображений на расстояние (ТВ) являются уравнения Д. Максвелла, которые были опубликованы в 1873 г. в его труде «Трактат об электричестве и магнетизме». На их основе Максвелл предсказал электромагнитные колебания (радиоволны), электромагнитную структуру света и его давление на тела, что стало проверяться экспериментально после 1887 г.
2. Физико-технической основой ТВ являются реальные радиоволны, полученные Г. Герцем вопреки себе в 1888 г. с помощью созданных им вибратора, приёмника и их теории. Эксперименты Герца подтвердили предсказания Максвелла только качественно. Герц был против использования радиоволн для радиосвязи из-за больших габаритов антенны («с материк»), соизмеримой с длиной излучаемой волны λ . Исследуя радиоволны, Герц попутно открыл в 1888 г. и фотоэффект, который исследовал русский учёный А.Г. Столетов в 1889-1894 гг.
3. Технической основой ТВ является не только фотоэффект (фотоэлемент), но и радиосвязь, изобретённая русским учёным А.С. Поповым в 1895 г. в результате решения им габаритной антенной проблемы Герца путём введения в его вибратор прерывателя, преобразующего низкочастотный сигнал в высокочастотный, т.е. с уменьшенной λ , а также разработки автоматики встряхивания когерера приёмника. Прерыватель низкочастотного сигнала - это первый в мире модулятор, без чего не обходится ни один радиопередатчик сегодня.
4. Показано, что учёные МИИТ внесли большой вклад в становление и признание уравнений Максвелла:
 - а) профессор ИМИУ П.Н. Лебедев, основавший кафедру «Физика» в МИИТ (1896г.) первым в мире измерил давление света на тела и газы (1899-1900 гг.), предсказанное Максвеллом. Позже это было подтверждено и теоретически на основании вектора Д. Пойнтинга, следовавшего из теоремы Н.А. Умова-Д. Пойнтинга, которая была вначале сформулирована и доказана русским учёным

Н.А. Умовым в 1874 г., а затем через 10 лет подтверждена англичанином Д. Пойнтингом в 1884 г., исходя из уравнений Д. Максвелла;

б) профессор кафедры «Физика» МИИТ А.А. Эйхенвальд впервые в мире измерил магнитное поле тока смещения от поправки Максвелла $\frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$ в его первом уравнении, что также подтвердило справедливость теории Максвелла. Профессор А.А. Эйхенвальд стал первым избранным директором ИМИУ в 1905 г.

5. Кроме вышеперечисленной периодизации и вклада учёных МИИТ, в признании уравнений Максвелла, новизной диссертации являются:

5.1 дополнительные логические связи между уравнениями Максвелла:

а) первое и второе уравнения Максвелла являются прямым и обратным преобразованиями Максвелла полей \vec{E} и \vec{H} подобно преобразованиям Ф. Фурье и У. Гильберта в математике;

б) первое уравнение Максвелла – это закон магнитоэлектрической индукции, так как второе (обратное) уравнение Максвелла называется законом электромагнитной индукции;

в) четвёртое уравнение Максвелла $\text{div } \vec{B} = 0$ можно считать теоремой М.А. Остроградского-К. Гаусса, как и третье уравнение $\text{div } \vec{D} = \rho$, для объёмной плотности магнитных зарядов $\rho_M = 0$, которых нет в природе, а не только опытным фактом, как говорится в источниках. Это позволяет объединить 3-е и 4-е уравнения в одно, и тогда будут иметь место три уравнения Максвелла вместо четырёх.

5.2. Впервые показано, что экспериментальной основой принципа Гюйгенса-Френеля по распространению радиоволн является вибратор Герца - симметричный вибратор с металлическими шариками на концах, длина которого меньше половины излучаемой длины волны λ .

6. Отмечено также, что только в 1904 г. справедливость уравнений Максвелла была воспринята всеми после получения из них преобразований Лоренца, с

которых начинается частная теория относительности. Скептицизм мировой научной элиты к уравнениям Максвелла базировался на том, что они не были инвариантны относительно преобразований Г. Галилея в отличие от уравнений механики И. Ньютона. Но, как оказалось, преобразования Галилея – это частный случай преобразований Лоренца (для малых скоростей), что и примирило скептиков. В том же году А. Эйнштейн создал фотонную теорию света на основании квантовой механики, которая позволила объединить волновую и корпускулярную гипотезы распространения света XVII-го века. Тогда же на основании квантовой механики А. Эйнштейн впервые объяснил фотоэффект, открытый Г. Герцем и исследованный А.Г. Столетовым.

Глава 2. История изобретения и развития телевизионных систем чёрно-белого изображения

2.1 Общие положения и основные этапы развития телевидения

Телевидение было изобретено в России (Санкт-Петербургский Технологический институт) профессором Б.Л. Розингом 25.07.1907 г. согласно его патенту на изобретение №18076 «Способ электрической передачи изображения на расстояние». Передатчик имел механическую развёртку луча, а в приёмнике применялась электронно-лучевая трубка Брауна с люминесцентным экраном (прообраз кинескопа) [1-3].

Здесь можно отметить следующие периоды развития и применения телевидения:

- 1) 1889-1907 гг.- период чёрно-белого телевидения;
- 2) 1899 г.- по настоящее время-период развития цветного телевидения;
- 3)1950 г. - по настоящее время - период твёрдотельного телевидения на приборах ПЗС, ФПЗС, КМОП;
- 4) 1948 г. – по настоящее время - период цифрового телевидения.

Но в последующие годы почему-то стали говорить и писать, что изобретателем телевидения является В.К. Зворыкин – гражданин США с 1918 г., хотя он являлся уроженцем России. В 1907 г., когда Б.Л. Розинг изобрёл телевидение, В.К. Зворыкин поступил на первый курс Санкт – Петербургского Технологического института и ассистировал Розингу, демонстрируя его изобретение. В США В.К. Зворыкин усовершенствовал изобретение телевидения своего Учителя. Поэтому считать В.К. Зворыкина изобретателем телевидения, а США - родиной телевидения - несправедливо.

Изобретение Б.Л.Розинга «Катодная телескопия» опиралось на предшествующие изобретения в области радио, света, фотоэффекта, факса, фотографии, кино. Запатентованный им телевизионный передатчик с механической развёрткой и телевизионный принцип с электронно-лучевой трубой, люминесцентным экраном легли в основу современного электронного телевидения.

Он начал заниматься исследованиями в области электрической передачи изображений на расстояние, электрической телескопии ещё в 1897 г. Тогда уже были известны проекты телевизионных систем, основу которых составляли механические устройства для разложения (развёртки) изображения на элементы и селеновое фотосопротивление, выполнявшее роль светоэлектрического преобразователя, но ни один из них не был реализован на практике.

Русский инженер-электрик А.А. Полумордвинов стал автором телевизионной системы передачи сигналов цветных изображений. Он предложил систему «телефот» для передачи неподвижных изображений (декабрь 1899г.), которая, как и современные системы, основывалась на трёхкомпонентной теории цветового зрения М.В. Ломоносова - К.Г. Юнга - Г. Гельмгольца. Это - первая система с последовательной передачей цветов.

Несколько лет Б.Л. Розинг [4, 5] экспериментировал с механическими и электрохимическими системами передачи сигналов изображений и пришёл к выводу, что «телевизионная система должна строиться на замене инертных материальных механизмов безынертными устройствами» [6, 7].

В электрометрической лаборатории Санкт - Петербургского Технологического института Розинг пользовался осциллографом с электронно-лучевой трубкой (ЭЛТ) и изучил её свойства. Он решил: ЭЛТ может быть применена в качестве безынерционного устройства для воспроизведения изображений в телевизионной системе [8, 9].

В 1902 г. Б.Л. Розинг проверил свою идею на практике. Он использовал простую осциллографическую трубку в приёмном устройстве системы передачи сигналов изображений. Сигналы на трубку поступали от передающего устройства в виде электролитической ванны с четырьмя электродами, соединёнными с отклоняющими катушками трубки. Роль светового луча выполнял металлический стержень, перемещаемый по слою электролита в ванне. Движение электронного пучка по экрану трубки повторяло все движения металлического стержня, и светящееся пятно на экране вычерчивало вензеля, буквы и другие фигуры. Но эта

система ещё не была пригодна для передачи и воспроизведения сигналов движущихся изображений с различной яркостью элементов [10, 11].

Изобретатель нашёл способ модуляции интенсивности электронного пучка трубки в соответствии с изменением яркости элементов передаваемого изображения, превратив осциллографическую трубку в телевизионную. В передающем устройстве для преобразования передаваемого изображения в электрические сигналы Б.Л. Розинг [12, 13] применил щёлочный фотоэлемент с внешним фотоэффектом.

Когда вся схема была тщательно отработана, учёный подал заявку для получения привилегии на изобретение. Его приоритет на открытие нового способа приёма сигналов телевизионных изображений и применение ЭЛТ был закреплён в 1908 – 1910 гг. получением российского и ряда иностранных патентов [14, 15].

Изображение с экрана MN претерпевало вертикальную и горизонтальную развёртки на зеркальных барабанах А и В и через фокусирующую линзу L попадало на фотоэлемент С (рисунок 2.1).

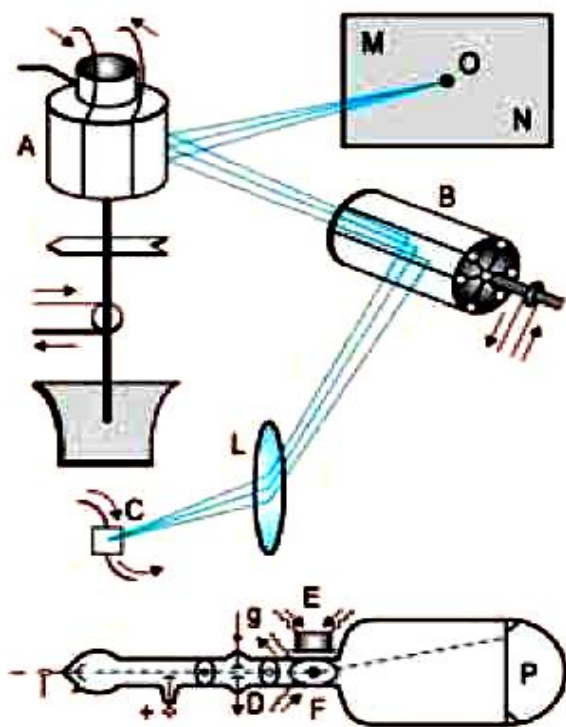


Рисунок 2.1-Телевизионная система передачи изображений Б.Л. Розинга:

MN – экран; A и B – зеркальные барабаны; L- фокусирующая линза; C – фотоэлемент; E и F – две пары взаимно перпендикулярных катушек; g - пластины конденсатора; D – диафрагма; P – экран.

Итак, яркость оптического изображения преобразовывалась в электрические токи, которые поступали на ЭЛТ. В трубке развёртка электронного луча по вертикали и горизонтали производилась магнитными полями от двух пар взаимно перпендикулярных катушек E и F, токи которых синхронизировались со скоростью вращения зеркальных барабанов на передатчике, а электрический сигнал от фотоэлемента подавался на пластины конденсатора g. Электрическое поле внутри конденсатора при изменении напряжения сигнала отклоняло луч по вертикали, в результате чего изменялось число электронов, проходящих на экран через отверстие в диафрагме D. Вследствие модуляции тока электронного луча изменялась яркость свечения точек экрана P. Итак, происходило преобразование

плоского изображения в одномерный электрический сигнал [16, 17]. Первую передачу изображения на расстояние Б.Л. Розинг осуществил 9 мая 1911г. Передавалось изображение решётки, состоящей из четырёх полос, помещённой перед объективом передатчика. Схема взаимодействия основных элементов телевизионной системы показана на рисунок 2.1 [18, 19].

Разработанная Б.Л. Розингом телевизионная установка свидетельствовала о принципиальной возможности преодоления ограничений, присущих системам с оптико-механической разверткой [20, 21].

Дальнейшему развитию техники телевидения способствовали работы ученика Б.Л. Розинга - инженера В.К. Зворыкина [22, 23], эмигрировавшего в США.

Он собирает телевизионную установку, являющуюся электронной, и в декабре 1923 г. подаёт заявку на изобретение телевизионной системы нового типа (Zworykin V.K. Pat. 2141059 USA. Filed 29. 12. 1923; Issued 20. 12. 1938 г.).

В ноябре 1933г. он заявил о создании иконоскопа - передающей ЭЛТ и электронной телевизионной системы, обеспечивающих передачу изображения с чёткостью 300 строк. Ранее, в сентябре того же года П.В. Тимофеев, П.В. Шмаков представили супериконоскоп, по параметрам превосходивший зворыкинский образец. Трубка Шмакова-Тимофеева (суперортикон) применялась до конца 60-х гг. прошлого столетия [24, 25].

Чёрно-белое (монохроматическое) телевидение является частным случаем цветного телевидения, которое учитывает физиологию зрения [26, 27].

Из исследования зрения известно: глаз остро реагирует на яркость изображения и значительно меньше - на цветность. В чёрно-белом телевидении передаётся только яркостный сигнал изображения, поэтому оно проще цветного [28, 29].

В СССР регулярные широкоэмитательные передачи начались в декабре 1938г. Этот период развития и применения телевидения закончился в 30-х гг. прошлого века [30, 31].

Б.Л. Розинг продемонстрировал изображения простых движущихся геометрических фигур на действующей установке, передатчик которой имел оптико-механическую конструкцию (май 1911 г.).

Первый проект полностью электронной системы чёрно-белого телевидения в СССР предложила группа русских изобретателей во главе с Б.П. Грабовским в 1925 г. [33, 34]. Он продемонстрировал на экспериментальной телевизионной установке простейшие движущиеся изображения в Ташкенте [35, 36]. Хотя полученные изображения были размытыми, нечёткими, но факт этого события, приоритета и вклада нашего соотечественника в развитие мирового телевидения впоследствии был признан и подтверждён многими Международными организациями [37, 38].

Развитие и внедрение систем электронного телевизионного вещания продолжилось после изобретения и практической реализации передающих трубок с накоплением электрических зарядов. Первую из таких трубок – иконоскоп изобрёл советский учёный С.И. Катаев (приоритет от 24.09.1931 г.) независимо от выходца из России, В.К. Зворыкина (приоритет от 13.11.1931 г.) [39, 40].

В становление современного вещательного и прикладного телевидения (теории и практики передачи сигналов изображений), их развитие и внедрение внесли существенный вклад отечественные учёные: Г.В. Брауде, П.Ф. Брацлавец, М.И. Кривошеев, С.В. Новаковский, И.А. Росселевич, Я.А. Рыфтин, В.Ф. Самойлов, А.С. Селиванов, П.В. Тимофеев, Ю.К. Ходарев, Л.И. Хромов, А.К. Цыцулин и многие другие учёные [41, 42].

Телевидение занимает важное место в жизнедеятельности большого количества людей нашей планеты. Впервые понятие «Телевидение» (видение на расстоянии) появилось в 1890 г. Оно впервые прозвучало в докладе «Электрическое телевидение» русского инженера-электрика К.Д. Перского на Международном конгрессе в Париже [43, 44].

Идеи последовательной поэлементной передачи сигналов изображений (1879-1880 гг.) были предложены независимо друг от друга русским учёным П.И.

Бахметьевым и португальцем де Пайва. Но реальную базу для передачи сигналов изображений на большие расстояния заложил изобретатель радио А.С. Попов.

2.2. Системы передачи сигналов чёрно-белого телевидения

Телевидение - одна из форм распространения научных, технических и культурных знаний. Оно широко применяется в различных отраслях народного хозяйства, где используется для контроля, управления производством, технологическими процессами и в учебных целях[45, 46].

В телевидении в идеале желательно получить на экране приёмника детальное (чёткое) движущееся стереоскопическое изображение. В настоящее время все это принципиально может быть решено. Реально это - возможно в той мере, в какой позволяет компромисс между стремлением повысить качество передаваемого изображения и технико-экономическими возможностями современной промышленности. По области применения телевидение подразделяется на вещательное и прикладное [47, 48].

В вещательном телевидении достигнуты хорошие показатели по детальности изображения и успешно решена задача массового распространения телевизионных приёмников. Ставится задача дальнейшего повышения детальности телевизионного изображения и увеличения размеров экрана, создания новых систем телевидения [49, 50].

Все варианты применения телевидения для решения различных научных, народнохозяйственных, таких, как передача сигналов изображения из космоса, глубин моря, просмотр операций в медицине, применение в промышленности и на транспорте, в том числе железнодорожном и т. п., относятся к прикладному телевидению. Очевидно, в каждом случае предъявляются свои требования к характеру, качеству изображения и решаются свои задачи в соответствии с конкретными техническими и экономическими ресурсами [51, 52].

Однако во всех случаях создание телевизионной системы основывается на одних и тех же принципах передачи сигналов изображений. Представляет интерес история их формирования и развития.

Зрение человека-процесс, в котором отражённые от окружающих предметов лучи света проецируются на сетчатку глаза, состоящую из большого количества светочувствительных клеток (рецепторов), а от них по нервам передаются в мозг для светоощущений, вызывающие возникновение образа рассматриваемых предметов.

Для воспроизведения видимого изображения предметов в удалённом месте необходимыми физическими процессами являются преобразование передаваемой световой энергии отражённых лучей в электрические сигналы, распространение этих сигналов от пункта передачи до пункта приёма и обратное преобразование их в световую энергию. Необходимой предпосылкой в создании систем передачи сигналов изображений стало изобретение электрической лампы накаливания русским учёным А.Н.Лодыгиным в 1872г., обеспечившее преобразование электрической энергии в световую[53, 54].

В "телефотографе", предложенном русским учёным П.И. Бахметьевым, мозаика из селеновых элементов была заменена одним селеновым элементом, обегаящим (по спирали) поверхность, на которую проецировалось световое изображение [55, 56]. Ниже приведена схема П.И. Бахметьева (рисунок 2.2).

Таким образом, в проекте П.И. Бахметьева предполагалась передача семи-восьми кадров в секунду. Принципы последовательной во времени передачи сведений о яркости отдельных элементов изображения (развёртка изображения во времени, являющаяся основой проекта П.И. Бахметьева) и разложения изображения на элементы применялись во всех последующих проектах и применяются в современных телевизионных системах.

Российские учёные и специалисты, стараясь не отставать от Запада, осуществляли разработки и производство телевизионного оборудования.

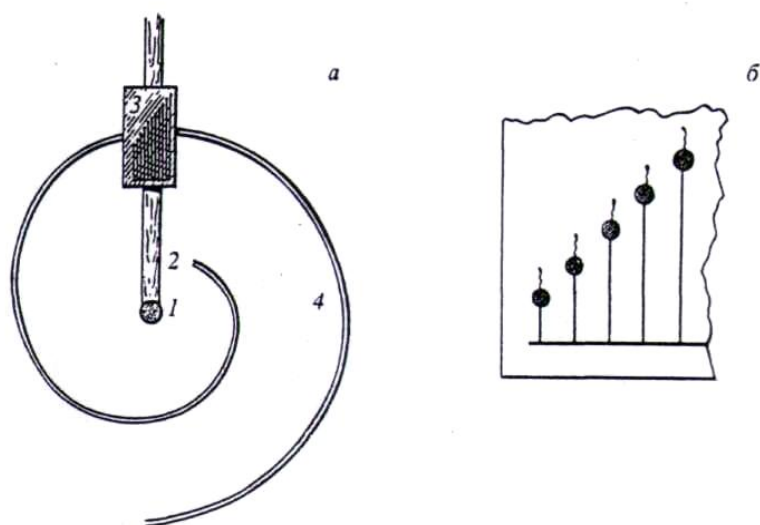


Рисунок 2.2 - Схема «телефотографа» П.И. Бахметьева:

а-система развёртки, 1-ось вращения, 2-стержень, 3-линейка фотоэлементов, 4-направляющая; б-фотоэлементы.

Среди проектов механического телевидения, предлагавшихся отечественными авторами, можно выделить установку для передачи сигналов изображений, созданную в 1926 г. российским изобретателем Л. С. Терменом [57, 58].

Устройство развёртки Л.С. Термена отличалось тем, что вместо отверстий или линз в нём использовались маленькие зеркала с различным углом наклона к плоскости диска. Л.С. Термен увеличил число строк развёртки до 32.

При этом (по отзывам современников) изображение на экране хорошо передавало движения рук, профиль лица, разнообразные предметы (по отзывам современников) изображение на экране хорошо передавало движения рук, профиль лица, разнообразные предметы.

Телевизионная камера конструкции Л.С. Термена была установлена над входом в управление РККА на Арбатской площади в Москве. Нарком обороны К.Е.

Ворошилов демонстрировал красным командирам в приёмной своего кабинета возможность видеть подходивших к зданию людей, не выглядывая в окно [59, 60].

С 1 октября 1931г. регулярные телевизионные передачи начала осуществлять студия Московского радиовещательного технического узла на Никольской улице [61, 62]. За основу отечественной системы было взято оптико-механическое телевизионное оборудование, разработанное лабораторией П.В. Шмакова во Всесоюзном электротехническом институте (ВЭИ) им. В.И. Ленина [63, 64].

Телевизионные передачи из Московского радиотехнического узла принимались в Москве, Ленинграде, Одессе, Нижнем Новгороде, Томске и других городах [66, 67].

По воспоминаниям отечественного радиоспециалиста Я.А. Рыфтина период механического телевидения охарактеризован следующими словами:

«В начальный период развития, пока телевидение было новинкой, зритель довольствовался некачественными изображениями, как он довольствовался в своё время некачественным звуковым вещанием» [68, 69].

Совершенствование элементов оптико-механической системы телевидения не могло преодолеть присущих ей недостатков: используемый при этом способ развёртки изображения, предполагающий маленький размер экрана и нечёткое изображение. К концу 1930 г. специалистам стало ясно, что направление развития телевидения с использованием механической развёртки не перспективно. Будущее принадлежало электронному способу передачи сигналов изображения.

Создание Б.Л.Розингом такого прибора определило новое направление в развитии катодных трубок [70, 71].

Позже такие трубки назовут кинескопами. Исключив механические движущиеся узлы на приёмной стороне телевизионной системы, Розинг оставил их на передающей стороне. Петербургский учёный Розинг использовал два барабана, зеркальные грани которых передавали построчное изображение картинки на фотоэлемент. Вращение барабанов синхронизировалось с развёрткой модулированного сигнала в катодной трубке [72, 73].

Располагая перед объективом передатчика несложные геометрические фигуры, учёный получал сравнительно отчётливое изображение этих предметов на экране катодной трубки. Позже катодные трубки назовут электронно-лучевыми. Новое название означает качественное изменение данного прибора. Он стал высоковакуумным. Безынерционный, остросфокусированный пучок электронов в трубке позже станет совершенным «карандашом» для вычерчивания телевизионных картинок.

Большая заслуга Б.Л. Розинга состоит в том, что для воспроизведения изображения он первый применил безынерционный электронный луч и для получения разной яркости свечения пятна на экране трубки осуществил модуляцию луча по мощности [74, 75].

Для совершенствования передающей трубки требовалось значительное повышение эффективности использования светового потока с тем, чтобы усилить фототоки, создающие электрический сигнал изображения. При научных разработках для достижения указанной цели были предложены два метода.

В первом методе вся световая энергия концентрируется в узком направленном луче, обегаящем поочередно элементы изображения. Благодаря этому увеличивается яркость отраженных лучей и растёт ток фотоэлемента.

Этот метод, получивший название системы с бегущим лучом, привёл к созданию передающих трубок мгновенного действия. К таким трубкам относится «статитрон» советского учёного Г.В. Брауде (1934г.). Трубки мгновенного действия находят применение при передаче кинофильмов [76, 77].

По второму методу световым потоком всё изображение освещалось сразу, результаты преобразования малой световой энергии от каждого элемента изображения накапливались (накапливались заряды от тока каждого элементарного фотоэлемента) в течение всего времени передачи кадра, и накопившийся заряд реализовывался за время передачи одного элемента. Идею накопления заряда от тока фотоэлемента высказал Б.Л. Розинг в 1907г.

Впервые на железнодорожном транспорте в нашей стране телевизионная установка была испытана экспериментально на Белорусском вокзале Москвы в 1936 г. (газета «Киногазета», №36, 1936 г.).

В 1937г. в нашей стране было закончено строительство двух телевизионных центров электронной системы телевидения: Ленинградского (с разложением изображения на 240 строк и передачей 25 кадров в секунду) и Московского (с передачей 343 строки при таком же количестве кадров). Вторая мировая война прервала развитие телевидения, которое было продолжено лишь после её окончания. С 1949 г. началось телевизионное вещание с вновь принятым стандартом чёткости изображения в 625 строк. В июле 1954 г. Государственная комиссия, состоявшая из представителей главного управления сигнализации и связи (ЦШ) МПС, КБ ЦШ, ЦНИИ МПС, ВНИИ телевидения (г. Ленинград), службы связи Октябрьской железной дороги, Ленинградского телевизионного центра на железнодорожной станции Ленинград-Московская-Сортировочная провела экспериментальную проверку возможности наблюдения за парками и участками станции, используя средства телевидения. В дальнейшем телевидение на железных дорогах развивалось в основном по пути разработки телевизионных установок для обзора сортировочных парков и участков станций.

В 1959г. начался выпуск аппаратуры ЖТУ-3 (железнодорожная телевизионная установка, вариант разработки 3), разработанная в научно – исследовательской лаборатории ЦНИИ МПС (ВНИИЖТ), руководимой Г.М. Уманским. На протяжении последних лет для различных целей на железнодорожном транспорте применяются промышленные телевизионные установки (ПТУ) [78, 79].

Промышленные телевизионные установки (ПТУ), применяемые на железнодорожном транспорте, делят на три основные группы: визуальные, полуавтоматические и автоматические.

Визуальные телевизионные установки используются для наблюдения технологических процессов на сортировочных станциях, платформах, переездах, экипировочных и контейнерных площадках. Для наблюдения за удалёнными объектами следует использовать телевизионные камеры с длиннофокусными

объективами. Однако при этом возрастает величина необходимой освещённости на объекте наблюдения. Поэтому в таких случаях целесообразно использовать оптическую головку с объективом МТО-500 (приложение 4 и телевизионную камеру на высокочувствительных суперортиконах типа ЛИ-211, ЛИ-214, ЛИ-218). В связи с выпуском промышленностью класса передающих телевизионных трубок-супервидиконов, чувствительность и инерционность которых соизмерима с аналогичными параметрами суперортиконов, целесообразно их применение в телевизионных камерах [80, 81].

К таким устройствам относятся и телевизионные устройства пассажирского сервиса. Это - телевизионное вещание на вокзалах и в поездах. В условиях вокзалов телевизионное вещание организовано в качестве приёма программ центрального и местного телецентров, воспроизведение телепрограмм с использованием видеомагнитофонов с наклонно-строчной записью. Организация телевизионного вещания в пассажирских поездах экономически целесообразна с использованием видеозаписи.

Первые поездные испытания телеаппаратуры видеозаписи в начале 70-х гг. XXв. дали положительные результаты. Однако для решения этой задачи следовало проработать узлы соединений между вагонами, распределительные устройства по видеосигналу и звуку, выполнить компоновку аппаратуры внутри вагона и поезда в целом.

Узкополосные (малокадровые) телевизионные системы служат средством сбора и передачи визуальной информации между ОАО «Российские железные дороги» и низовыми подразделениями с использованием существующей обширной сети связи [82, 83].

Полуавтоматические телевизионные устройства и системы находят в настоящее время применение для решения двух задач: регистрации изображения хвостового вагона поезда с выдачей изображения дежурному по станции и записи изображения номеров вагонов поездов на видеомагнитофон с последующим воспроизведением её для составления натурального листа поезда.

Телевизионный контроль наличия сигналов хвостового вагона в сочетании с имеющимися линиями связи между железнодорожными станциями служат основой автоматизации процесса управления движением поездов и повышенной безопасности движения. Запоминание телевизионного кадра в аппаратуре контроля целостности движения составов на время, необходимое для обнаружения сигналов хвостовых вагонов, отсутствие отцепов на перегонах, помогает диспетчерам.

Ниже приведены наиболее чаще применяемые виды ПТУ и их типы с параметрами, характеристиками.

Рассмотрим некоторые типы передающих телевизионных трубок промышленных телевизионных установок.

При действии света из мозаики **иконоскопа** (рисунок 2.3, слева) высвобождаются фотоэлектроны, образуя на ней потенциальный рельеф, считывание которого производится лучом быстрых электронов. При считывании светлого участка с положительным потенциалом большая часть электронов остаётся на нём, а меньшая уходит на коллектор иконоскопа. При равномерной засветке мозаики за счёт перераспределения вторичных электронов, возвращающихся на мозаику, образуется глубокая потенциальная «яма», которая на экране кинескопа даёт большое чёрное пятно (паразитный сигнал). Форма и положение чёрного пятна иконоскопа зависят от распределения освещённости по поверхности мозаики иконоскопа. Ликвидацию чёрного пятна иконоскопа производят созданием компенсирующих сигналов, обратных паразитным.

Однако не удаётся получить полной компенсации чёрного пятна иконоскопа, и фон трубки остаётся неравномерным. Постоянная составляющая в токе сигнала иконоскопа отсутствует. В настоящее время иконоскопы не используются, так как разработаны более совершенные трубки. Одной из них является ортикон (трубка Шмакова - Тимофеева) [84, 85].

Супериконоскоп (рисунок 2.3, справа) отличается от иконоскопа наличием дополнительного электронно-оптического преобразователя (ЭОПа-усилителя света) конструкции С.И. Катаева. Объект проецируется на полупрозрачный

фотокатод. Электронное изображение с помощью фокусирующей катушки и ускоряющего электрического поля фокусируется на поверхность диэлектрической мишени. При этом оно поворачивается на угол 45° и увеличивается [86, 87].

Отрицательный потенциал на фотокатоде создаёт режим тока насыщения, в результате чего отсутствует пространственный заряд. Диэлектрическая мишень, металлизированная с тыльной стороны, образует сигнальную пластину. Вторичные электроны, выбиваемые фотоэлектронами с поверхности мишени, создают на ней потенциальный рельеф. Число вторичных электронов за счёт $\alpha > 1$ превышает число фотоэлектронов в 3-4 раза. Это является эффективным предварительным усилением.

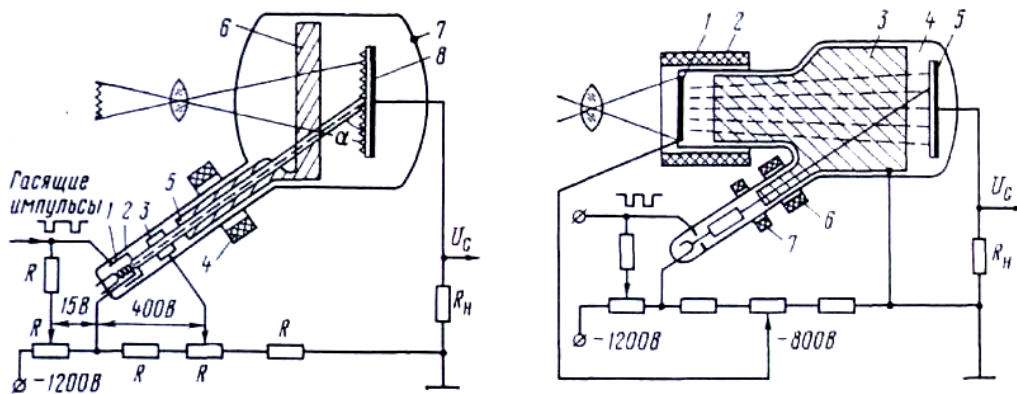


Рисунок 2.3-Схемы включения иконоскопа (слева) и супериконаскопа:

1-полупрозрачный фотокатод; 2-фокусирующая катушка переноса изображения; 3-коллектор; 4-баллон; 5-диэлектрическая мишень; 6-отклоняющая катушка; 7-катушка фокусировки луча.

Более чувствительной и надёжной является телевизионная система передачи сигналов изображений номеров вагонов поездов и других объектов железнодорожного транспорта, сконструированная на передающей трубке типа суперортикон. Её функциональная схема представлена на рисунке 2.4.

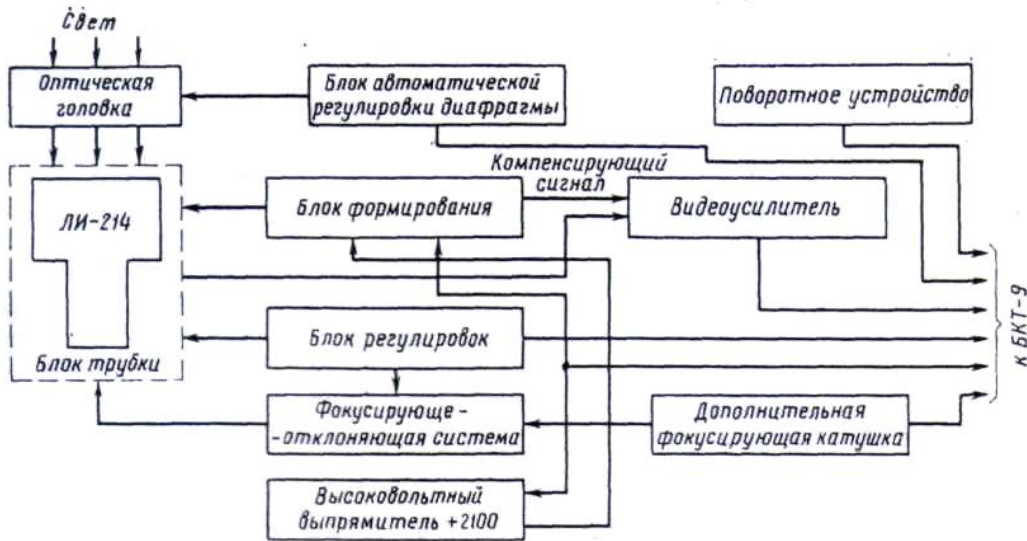


Рисунок 2.4-Функциональная схема ТВ камеры на суперортиконе:

блок высоковольтного выпрямителя - полупроводниковый преобразователь напряжения, синхронизируемый импульсами обратного хода строчной частоты; он вырабатывает регулируемое высокое напряжение +2100 В; плата формирования - высоковольтный делитель напряжения на резисторах для обеспечения необходимыми напряжениями и токами электроды вторичного электронного умножителя передающей трубки. [88, 89].

В плату формирования включены также цепи формирования строчных гасящих импульсов передающей трубки и интегрирующая цепочка, которая служит для формирования компенсирующего сигнала строчной частоты.

Блок регулировок обеспечивает режим работы передающей трубки и корректировки катушек. Датчиком температуры в области мишени суперортикона ЛИ-214 является термоконтакт, расположенный в фокусирующе-отклоняющей системе, настраивающийся на температуру от 35 до 60°. Блок автоматической регулировки диафрагмы предназначен для автоматического поддержания постоянной освещённости на фотокатоде передающей трубки при изменении её на железнодорожном объекте.

Микропередатчик предназначен для преобразования видеосигнала видеокамеры на суперортиконе в модулированный высокочастотный сигнал,

используемый для передачи сигнала изображения объекта от передающей камеры на телевизионный приёмник по коаксиальному кабелю на частоте одного из первых пяти телевизионных каналов. Отклонение несущей частоты от первоначально установленного значения под влиянием дестабилизирующих факторов допускается не более +500 кГц [91, 92].

Микропередатчик обеспечивает напряжение на выходе не менее 100 мВ на нагрузке 75 Ом. Для выполнения амплитудной модуляции на микропередатчик подаётся полный телевизионный сигнал положительной полярности размахом (0,3—0,9)В.

Передающая телевизионная камера КТП-38 (рисунок 2.4) предназначена для работы с передающей трубкой суперортиконЛИИ-214 в составе промышленной телевизионной установки ПТУ-101, ПТУ-102, ПТУ-103 М совместно с блоком передающей камеры БКТ-9 [93, 94].

Телевизионная камера может работать в диапазоне освещенностей на объекте от 0,5 люкс до 500 тысяч люкс. Оптическая головка имеет сменный светофильтр. Размер проецируемого изображения на фотокатод передающей трубки составляет (24x32) мм. Размах видеосигнала на выходе камеры составляет (0,3—0,5)В. Полярность выходного сигнала - отрицательная. Полоса частот, пропускаемая предварительным видеоусилителем, составляет от 50Гц до 6,5 МГц при неравномерности в пределах полосы пропускания не более $\pm 10\%$.

Управление режимом работы камеры, оптикой и поворотным устройством - дистанционное. Управление диафрагмой - автоматическое (например, в ПТУ «Люмен»). В зависимости от освещённости на объекте предусмотрено переключение управлением диафрагмы ручное или дистанционное. Автоматическая регулировка усиления видеоусилителя поддерживает постоянным выходное напряжение при изменении входного в 12 раз.

Изображение проецируется на фотокатод передающей трубки с помощью объектива оптической головки ОП-20. Спроецированное изображение преобразуется передающей трубкой в видеосигнал, который поступает на вход

предварительного усилителя и усиливается до величины, необходимой для передачи по линии связи до блока телевизионной камеры.

В остальном работа аппаратуры аналогична работе телевизионных установок, приведённых выше.

Установка ПТУ-33 предназначена для периодического просмотра объектов наблюдения и рассчитана на круглосуточную работу в дежурном (ждущем) режиме. Включение установки в рабочий режим производится одновременно с выбором телевизионных камер как вручную с пульта управления (ручной выбор), так и автоматически от систем сигнализации (автоматический выбор). Автоматический выбор имеет преимущество перед ручным управлением. Максимальное число телевизионных камер в одном комплекте-32. Максимальное удаление телевизионной камеры от приборов приёмной стороны с применением линейного усилителя ЛУ-7 (длина магистральной линии связи)-5 км. Передающая трубка типа видикон ЛИ-421-3 и другие имеют электромагнитное отклонение луча [95, 96].

Установка ПТУ-37 является однокамерной телевизионной системой замкнутого типа для наблюдения и контроля производственных и технологических процессов с большим диапазоном изменений освещённости на объектах наблюдения железнодорожного транспорта. Аппаратура работает в комплексе с рентгеновским аппаратом РУП-150-10. Принцип работы аппаратуры заключается в преобразовании рентгеновидиком прошедшего через контролируемое изделие рентгеновского излучения в видеосигнал и воспроизведении его на телевизионном экране. В телевизионной установке ПТУ-38 применён рентгеновидикон ЛИ-417 с диаметром рентгеночувствительного слоя 18мм, в установке ПТУ-39 используется рентгеновидикон ЛИ-423 с диаметром рентгеночувствительного слоя- 90 мм.

Контроль изделий осуществляется визуально на экране видеоконтрольного устройства с диагональю кинескопа 47см. Регистрация обнаруженных дефектов производится с помощью фотоаппарата с экрана второго видеоконтрольного устройства. Применение телевизионных установок ПТУ-38, ПТУ-39 для целей

дефектоскопии позволяет заменить широко распространенный малопроизводительный и трудоёмкий рентгенографический контроль на пленку. Рентгеновский контроль с применением телевизионной аппаратуры ПТУ-38 и ПТУ-39 может быть механизирован и автоматизирован, что позволяет устанавливать контроль в дефектоскопических вагонах-лабораториях.

2.3. История применения телевидения на железнодорожном транспорте в послевоенный период

Впервые в СССР вопрос о возможности телевизионного обзора железнодорожных станций на постоянной основе был поставлен и решался с 1954г.[97, 98].

Области применения телевидения на железнодорожном транспорте разделяются на 3 группы:

1. получение информации о прибывающем поезде;
2. обзор территории станций;
3. контроль за ходом работ на ограниченной производственной площади.

С1959г. начался выпуск первых железнодорожных телевизионных установок типов ЖТУ-1,-2,-3, разработанных в научно-исследовательской лаборатории ЦНИИ МПС (ВНИИЖТ) и КБ ЦШ МПС.

Если второй и третий пункты областей применения ТВ были реализованы с помощью ЖТУ-3 без труда, то первый пункт реализовать не удавалось. Первые ЖТУ не нашли применения.

Этими проблемами стали заниматься и учёные МИИТ в 60-х гг. XX века, а затем и учёные ВЗИИТ, где была организована группа сотрудников-телевизионщиков. В группу входил автор работы и следующие сотрудники: В.М. Бачурин, В.Д. Гарсия,Ю.М. Иванушкин, Н.Г. Костюхина, Ю.Е. Малинин, Н.И. Симаков, Г.А. Селезнёва.

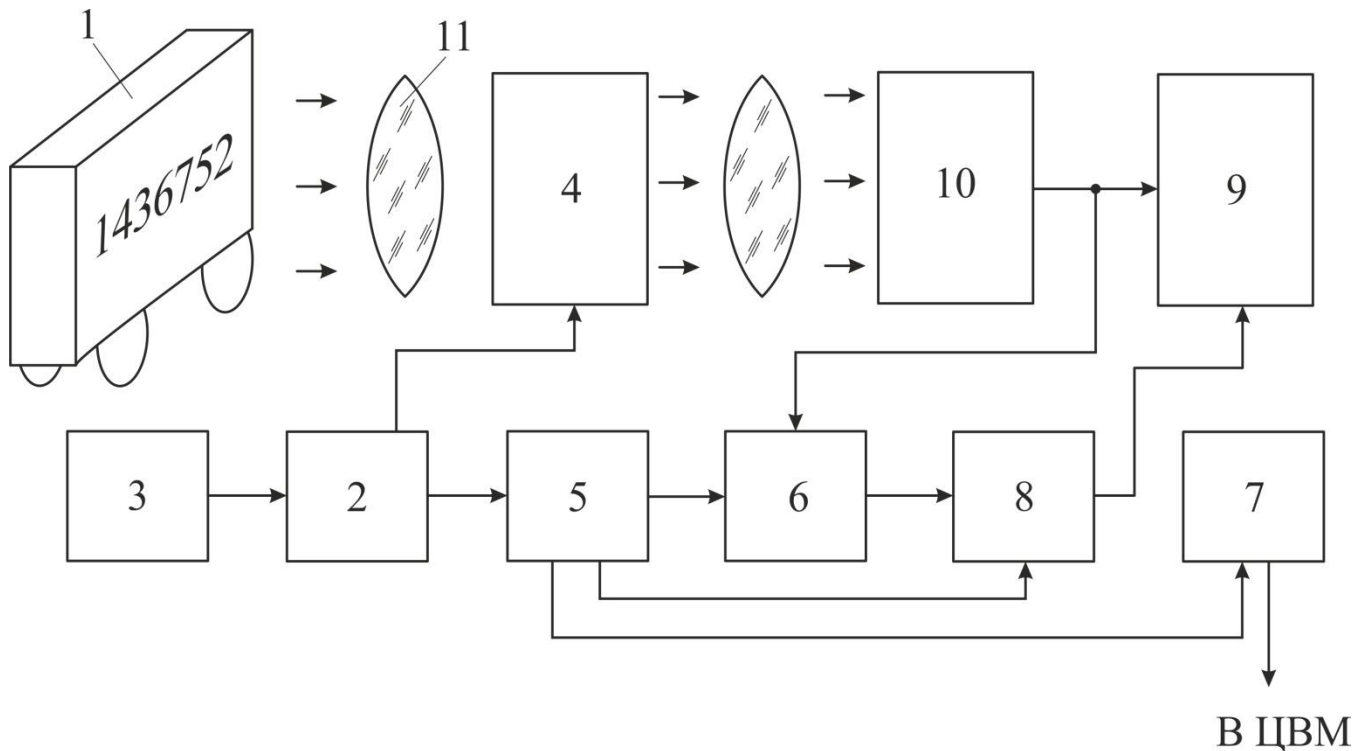


Рисунок 2.5-Функциональная схема системы считывания номеров вагонов:

1 – движущийся вагон с номером; 2 – генератор стробирующих импульсов; 3 – путевой датчик; 4 – электронно-оптический преобразователь; 5 – синхронизатор; 6 – блок выделения координат; 7 – ПТУ, видеомагнитофон, преобразователь аналоговой величины в код; 8 – формирователь селекторных импульсов; 9 – блок совпадения; 10 – передающая телевизионная камера; 11 – оптическая система; ЦВМ – цифровая вычислительная машина.

Дальнейшее развитие системы считывания номеров вагонов движущихся поездов подтверждено авторским свидетельством [99, 100] по результатам применения на станции Ленинград-Московская-Сортировочная Октябрьской ж.д. с приоритетом № 753705 (1980 г.) исполнителями в составе: Р.А. Косилов, В.В. Ориховский, Ф.П. Сардыко.

При получении информации о прибывающих поездах решаются задачи: считывание номеров вагонов, их коммерческий осмотр и целостность поезда (отсутствие отцепов на перегонах). Эти задачи решаются разными способами. Поэтому рассмотрим их отдельно. Возможность считывания номеров вагонов движущегося поезда впервые решалась уже упоминавшейся комиссией по

экспериментальной проверке, работавшей в июле 1954г.

Заключение комиссии по этому вопросу гласит: «1. При скорости поезда до 5км/ч считывание путём обычной записи в натурный лист возможно при наличии чётких номеров вагонов установленного размера.

2. При повышении скорости поезда свыше 5км/ч до 10км/ч списывание от руки производиться не может, однако номер и данные вагона различимы и могут быть произнесены; вращение камеры оператором вслед за вагонами (панорамирование) облегчает чтение номеров.

3. При дальнейшем повышении скорости движения поезда считывание данных о вагоне с экрана не удавалось из-за быстрого прохождения изображения по экрану».

Поскольку столь малая скорость вхождения поезда на станцию (5-10 км/ч) не может быть принята, то до 70-х гг. прошлого века телевизионные системы считывания номеров вагонов не применялась.

Продвижение в решении задачи произошло в 1973 г., когда для этой цели стали применять видеомагнитофонную запись сигналов изображений номеров вагонов движущихся поездов с последующим просмотром её на уменьшенной скорости.

Этот принцип, в частности, положен в основу авторского свидетельства на «Устройство для считывания информации с транспортного средства» [101, 102].

После прохода поезда выключается система прожекторов и останавливается видеомагнитофон, а передающая камера и ПТУ вновь переключаются в дежурный режим. Когда запись окончена, агент товарной конторы перематывает ленту видеомагнитофона и запускает её с малой скоростью. На экране видеоконтрольного устройства ПТУ будет видно изображение медленно движущегося поезда.

В комплект системы, изображённой на рисунке 2.5, можно подключить второй видеомагнитофон и ВКУ, которые применяются для осуществления видеозаписи в том случае, если придёт следующий поезд, а ещё не закончена регистрация номеров вагонов предыдущего поезда, записанных на ленту основного видеомагнитофона. Основной и резервный видеомагнитофоны

подключаются к системе считывания номеров вагонов через переключатель. Описанная система позволяет записывать на ленту, а затем считывать с неё номера вагонов поездов, входящих на станцию со скоростью 40—50 км/ч.

При желании агент технической конторы может осуществить «Стоп-кадр» ленты (остановить изображение), уточнить номер вагона, затем вновь продолжить просмотр номеров других вагонов. В процессе просмотра видеозаписи агент записывает номера вагонов в документы.

На рисунке 2.6 представлена функциональная схема системы контроля целостности движущихся поездов без отцепов (разрывов) на перегонах. Эта система имеет также приоритет на изобретение [103, 104].

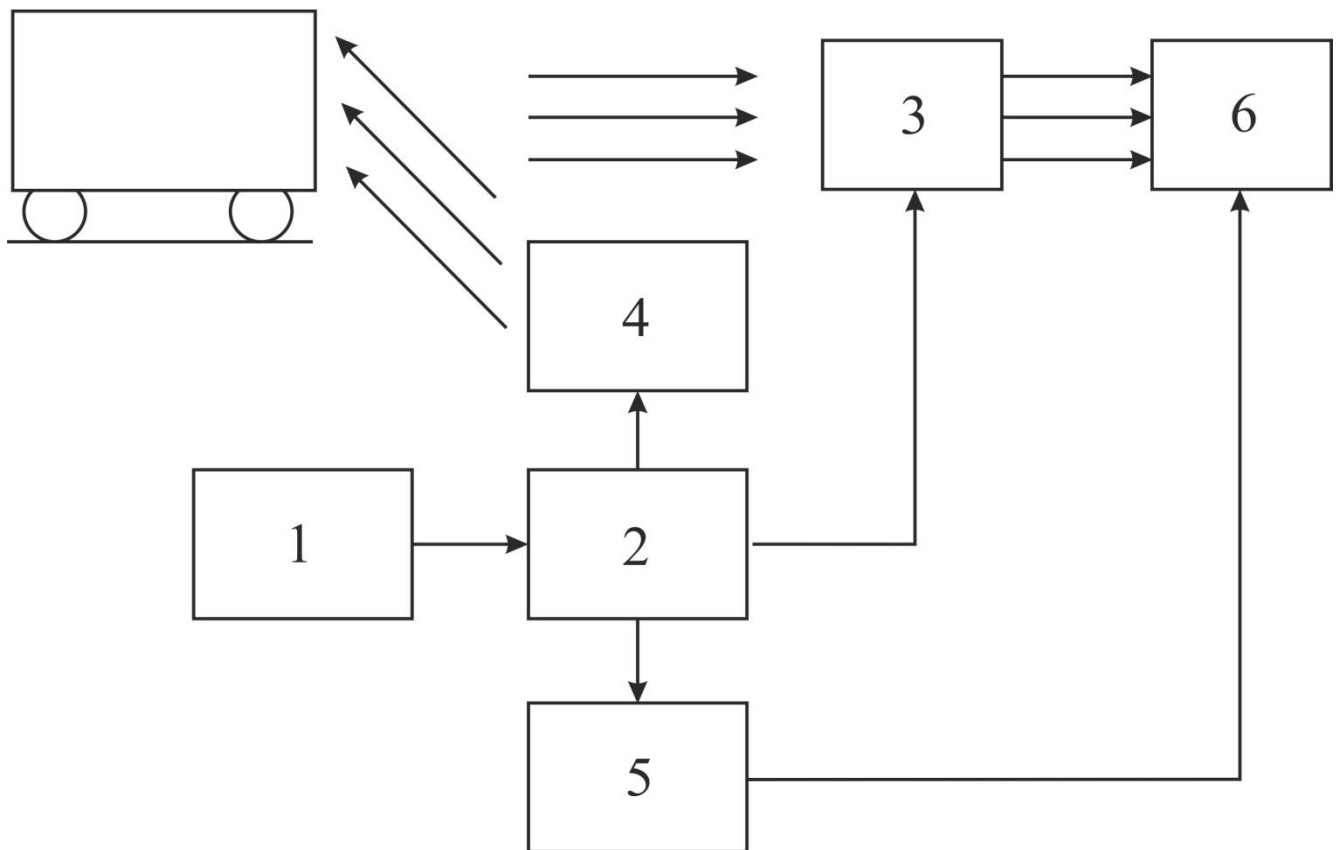


Рисунок 2.6-Система контроля проследования поезда в полном составе:

1 – напольный весовой датчик; 2 – фотодатчик; 3 – электромеханический затвор;
4 – блок импульсного подсвета; 5 – реле времени; 6 – промышленная телевизионная установка ПТУ с видеомэгнитофоном, видеоконтрольным устройством ВКУ.

Коммерческий осмотр вагонов поездов при отсутствии телевизионной системы, предназначенной для этой цели, производится приёмосдатчиками, проходящими вдоль составов в зоне повышенной опасности, часто в неблагоприятных погодных условиях. В этой ситуации и сам осмотр выполняется не всегда качественно.

Для создания более благоприятных условий для работы приёмосдатчиков конструкторским бюро Главного управления сигнализации и связи (КБ ЦШ) МПС разработана совмещённая телевизионная система считывания номеров и коммерческого осмотра вагонов (представлена на рисунке 2.7).

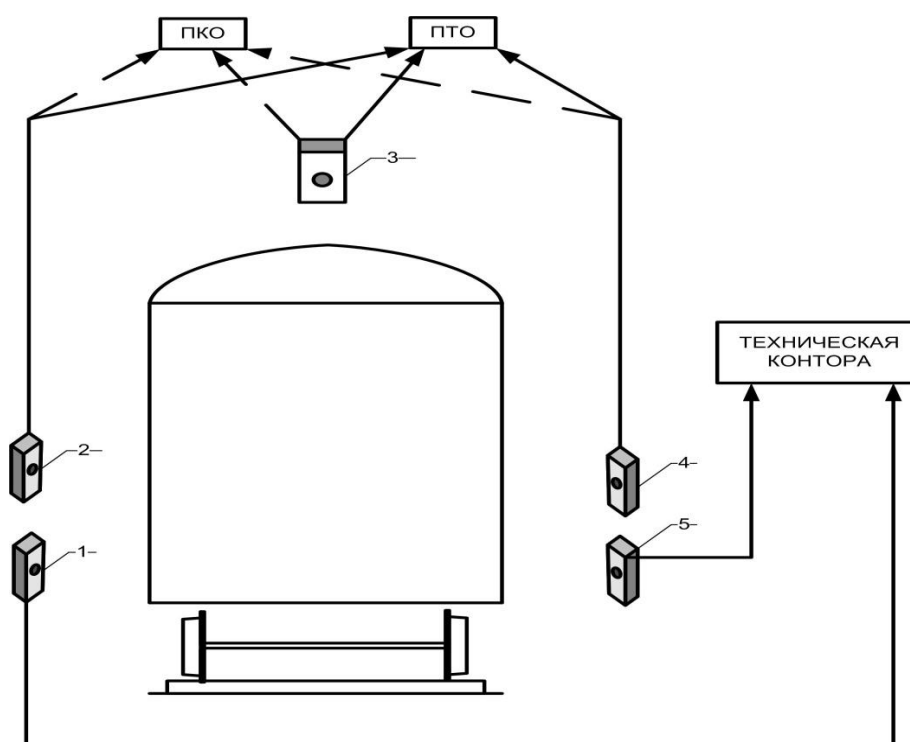


Рисунок 2.7 - Совмещённая телевизионная система считывания номеров и коммерческого осмотра вагонов поездов: ПКО – пункт коммерческого осмотра с ПТУ, видеоманитофонами, ВКУ; ПТО – пункт технического осмотра с ПТУ, видеоманитофонами, ВКУ; 1 - 5 – передающие телевизионные камеры.

Телевизионная система осмотра действует совместно с аппаратурой габаритных ворот. Передающие камеры ПТУ помещены на габаритных воротах. ПТУ передаёт изображение движущегося поезда на экраны видеоконтрольных устройств, стоящих в смотровых вышках, при виде сверху. Эта система, одним из

разработчиков которой является профессор Р.А. Косилов, подтверждена авторским свидетельством № 753705М. Кл. В 61 1 25/02. БИ №29 от 07. 08. 80 г. [105, 106].

Отметим, что для считывания номеров вагонов, как и для охранных целей, используется чёрно-белое ТВ, имеющее большую разрешающую способность, чем цветное.

В 2007 г. группа специалистов под руководством профессора Р.А. Косилова разработала и испытала радиотелевизионную систему мониторинга состояния событий на переездах. При этом изображение с переездов передаётся на мониторы машинистов поездов с расстояния до 3 км. [107, 108].

Эти системы позволяют предотвратить наезд поездов на объекты переездов, повысить безопасность движения поездов. Кроме того, проводится активное внедрение видеоконтроля, охранных систем на вокзалах, сортировочных станциях, горках, мониторинг исправности рельсов с помощью дефектоскопов, шпал, путей, вагонных тележек, букс, решение других проблем, что позволяет повысить безопасность жизнедеятельности и здоровья сотрудников, пассажиров железных дорог, надёжность перевозок и объектов.

Комплексы таких устройств применяются в технологической работе горочных, сортировочных станций, ускоряют работу поездных диспетчеров по сопровождению грузовых и пассажирских поездов.

В вышеназванных разработанных устройствах применены электронные узлы, опубликованные в сборниках научных трудов (выпуск 64) ВЗИИТ за 1973г. «Преобразователь видеосигнала в цифровую форму» [109, 110].

В сборнике научных трудов ВЗИИТ (выпуск 84) за 1976г. представлены разработанные функциональные схемы на темы: «Преобразование видеосигнала считанного номера транспортного средства для ввода в ЭВМ», «Разработка и исследование блока импульсного источника света» [111, 112].

Эти работы были выполнены на кафедре «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» ВЗИИТ. Этот период начался после ВОВ с 1948 г. [113, 114].

Соискателем данной работы выполнены испытания систем передачи сигналов изображений на станции Брянск - Орловский Московской железной дороги (акт приёмки от 15.06.2010 г.) [115, 116] и в эксплуатационном вагонном депо станции Смоленск Московской железной дороги (акт приёмки от 25.07.2010 г.) [117, 118].

Автор провёл научно-технические конференции: в Поволжском филиале МИИТ (г. Саратов, 23. 04. 2009г.); в Нижегородском филиале МИИТ (г. Нижний Новгород, 25. 05. 2009г.); в РОАТ МИИТ (г. Москва, 17.04.2011 г.) [119, 120]; является соавтором с Ю.М. Иньковым, И.В. Овчаровым по статье «К истории создания оптико-электронных систем для повышения безопасности движения поездов» //Сб. научн. трудов участников XIV–ой Международной научно - практической конференции по безопасности движения поездов. - Москва: МГУ ПС (МИИТ), — 24 – 25 октября 2013г. - С. II – 55 – II – 56 (в т. ч. 0,25 п. л.) - ISBN 978-5-7876-0217-3 [30, 31].

2.4. История комплексного многоцелевого применения промышленных телевизионных установок на сортировочных станциях

В соответствии с Комплексными программами разработки и осуществления мер по совершенствованию технологии работы и технического оснащения сортировочных станций, принятыми ОАО РЖД в 2003-2007 гг.[121, 122], учёные железнодорожного транспорта выполнили научные исследования по определению возможных сфер и разработке системы применения телевидения на сортировочных, грузовых и участковых станциях. В настоящее время при определённых условиях успешно функционируют телевизионные установки в качестве составной части системы «Комплексной механизации и автоматизации работы сортировочных станций» (КМАСС) [124, 125].

На расширенном научно – техническом заседании совета ОАО «РЖД» (июль 2007 г.) был рассмотрен вопрос «О плане реализации новых технических решений и технологий инновационного развития ОАО «РЖД» на среднесрочную перспективу». Участники заседания обсудили и одобрили стратегические

направления научно-технического развития ОАО «РЖД» до 2015 г. - «Белую книгу ОАО «РЖД» [126, 127, 226]. Эти направления - часть единой стратегии развития железнодорожного транспорта России до 2030 г. [128, 129, 225]. Они призваны повысить экономический эффект работы компании на основе совершенствования перевозочного процесса, снижения себестоимости перевозок и повышения безопасности движения поездов, сотрудников транспорта. Научно-техническое развитие отрасли сформулировано по восьми направлениям. Это - система управления перевозочным процессом, инфраструктура, подвижной состав, система управления, увеличение эксплуатационного ресурса технических средств, высокоскоростное движение, управление качеством, конкурентноспособные транспортные услуги в перевозках, внедрении модельно-предсказательного подхода, применение методов имитационного моделирования процессов перевозок с экономическими методами, повышение уровня автоматизации процесса сбора, передачи, преобразования и обработки информации, автоматизация управления на базе новых информационных технологий, применение технологий распределённой обработки информации, удалённого мониторинга геоинформационных систем, систем слежения и опознавания подвижных единиц транспорта в реальном масштабе времени, спутниковые технологии и системы цифровой связи для решения задач управления перевозочным процессом и другие инновационные направления.

Решение задачи комплексного многоцелевого использования устройств промышленного телевидения и видеозаписи на сортировочной станции включает в себя: определение технологических задач, для решения которых целесообразно применять промышленное телевидение (определение сфер применения ТВ); выбор аппаратуры и определение мест её установки; разработку технологии работы в условиях применения ТВ; расчёт штата для технического обслуживания ТВ и разработку технологии его выполнения; формирование эксплуатационно-технических требований к устройствам промышленного телевидения и видеозаписи, оценку соответствия характеристик серийных установок ТВ этим требованиям и определение направлений совершенствования ТВ для нужд

станций; расчёт технико-экономической эффективности применения ТВ и видеозаписывающих устройств; оценку целесообразности создания специальной интегральной многоцелевой системы устройств промышленного телевидения и видеозаписи для сортировочных станций.

Обобщение опыта передовых коллективов и выполненные исследования позволяют сделать вывод, что промышленное телевидение целесообразно использовать на сортировочных станциях для решения следующих технологических задач:

1. управление работой в парках станций, в первую очередь осаживанием и подтягиванием вагонов на сортировочных путях;
2. контроль прибытия поездов в полном составе;
3. проверка свободности путей для приёма поездов, правильности приготовления маршрутов и установки поездов в пределах полезной длины путей приёма;
4. обзор территории станции и отдельных её районов (сортировочной платформы, пункта промывки вагонов, контейнерной площадки, ангарного склада и т. д.);
5. коммерческий осмотр вагонов;
6. техническое обслуживание вагонов;
7. считывание информации с прибывающего на станцию и переставляемого из парка в парк подвижного состава;
8. контроль соблюдения правил охраны труда сотрудниками, работающими в опасных зонах.

Комплексная многоцелевая система устройств телевидения и видеозаписи на сортировочной станции может состоять из четырёх подсистем: управления работой в парках станции; считывания информации с подвижного состава; коммерческого осмотра, технического обслуживания вагонов; обзора районов станции [130, 131, 224].

Размещение телевизионной аппаратуры на станции[132, 133, 223], количество телекамер в каждой подсистеме зависит от путевой схемы станции, характера и технологии выполняемых с применением телевидения процессов, технических

характеристик используемой аппаратуры, свойств наблюдаемых объектов, принципов их расположения и передвижения в различных производственных ситуациях.

Максимальное удаление наблюдаемых объектов на территории станции от объектива камеры телевизионной передающей (КТП) определяется условиями различимости объекта на экране видеоконтрольного устройства (ВКУ). Примем, что минимальный размер изображения на экране ВКУ человека ростом 170см должен быть не менее 10мм. В этом случае человека на экране ВКУ можно различить при удалении от телекамеры с объективом "Гелиос-44", установленной на высоте 15м, на расстоянии до 320м. В таких случаях в передающих камерах установок ТВ вместо «Гелиос-44» применялся длиннофокусный объектив типа МТО-500 [134, 135, 222].

Минимальный радиус обзора определяется максимальным углом наклона камеры (45°) и составляет около 5м. Удовлетворительная видимость боковых стен вагонов обеспечивается при установке в поперечном сечении парка одной поворотной КТП на 10 путей.

Различимость номеров вагонов на экране видеоконтрольного устройства (ВКУ) определяется двумя параметрами: минимальным линейным размером изображения цифр на экране ВКУ (принимается 10 мм) и допустимой чёткостью этого изображения (не менее 300 телевизионных линий).

Минимальное расстояние между телекамерой и подвижным составом по условиям безопасности обслуживающего персонала следует принять равным 3,5м. Максимальная скорость движения вагонов, при которой не происходит смазывание изображений считываемых номеров, составляет 6,2 км/ч при серийной телекамере с трубкой типа видикон, установленной на расстоянии 12,7 метра от пути (при фокусном расстоянии объектива 22 мм) или 33,5 м (при фокусном расстоянии 58мм), и вышеупомянутых параметрах различимости номеров вагонов на экране ВКУ. Приближение телекамеры к пути позволяет увеличить высоту цифр на экране ВКУ, но приводит к снижению допустимой скорости движения вагонов по условиям обеспечения чёткости изображения их

номеров. Введение обтюрации входного изображения и использование малоинерционного видеоконатора позволяют снять это ограничение скорости движения поездов. Пункты управления телеустановками (основной и выносные) устанавливают на рабочих местах соответствующих сотрудников станций [136, 137, 221].

Потребителями видеоинформации в подсистеме управления работой в парках в порядке убывания приоритета пользователей являются: в парках приёма и сортировочном парке - дежурный по горке (ДСПГ), маневровый диспетчер (ДСЦ), дежурный по парку приёма (ДСПП); в парках: сортировочном и отправления - дежурный по парку формирования (ДСПФ), маневровый диспетчер, дежурный по парку отправления (ДСПО).

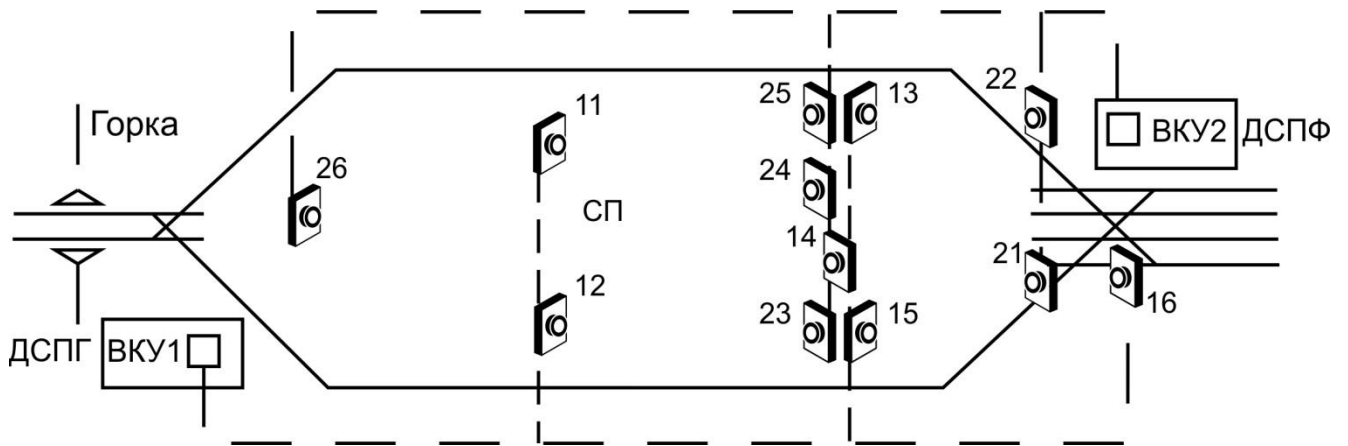


Рисунок 2.8-Размещение телекамер в сортировочном парке:

передающие телевизионные камеры №№ 11-16,21-26.

Учитывая, что процессом переработки вагонов в сортировочном парке непосредственно управляют два руководителя - дежурный по горке и дежурный по парку формирования поездов, то для каждой сортировочной системы станции подсистему телеуправления целесообразно создавать как минимум из двух 8-ми камерных установок ПТУ-56 по 6 камер в каждой установке. Они размещаются в сортировочном парке (по 2-3 штуки в двух поперечных сечениях и по 1-2 в каждой горловине), по две штуки соответственно в парках приёма и отправления. Местные особенности путевой схемы и технической оснащённости могут

потребовать увеличения числа телекамер, в первую очередь - в горловинах парков.

Может быть рекомендован следующий порядок размещения телекамер в сортировочном парке (рисунок 2.8). Первая установка предназначена для дежурного по горке, дежурного по парку приёма и маневрового диспетчера (основной пункт управления с ВКУ устанавливается на рабочем месте ДСПГ, выносные - у ДСЦ и ДСПП). С помощью телекамер 11, 12, 14 обеспечивается обзор середины парка; телекамерами 13, 15, 16-дальняя третья часть парка.

Телекамера 16 по своему расположению обеспечивает контроль передвижения вагонов при их осаживании в границах предельных столбиков.

Первая третья часть парка доступна визуальному наблюдению с рабочего места ДСПГ. Телевизионный сигнал от любой из камер передаётся на ВКУ в помещение ДСПГ и параллельно для ДСЦ и ДСПП.

Вторая установка предназначена для обеспечения видеoinформацией дежурного по парку формирования, маневрового диспетчера и дежурного по парку отправления (основной ПУ с ВКУ устанавливают на рабочем месте ДСПФ, выносные - у ДСЦ и ДСПО). С помощью телекамер 21, 22 осуществляют обзор парка в районе вытяжек формирования; телекамеры 23, 24, 25 осуществляют обзор середины парка, телекамера 26 - район горочной горловины. Камера 26 позволяет контролировать размещение вагонов в границах предельных столбиков при выполнении подтягивания вагонов.

Телевизионный сигнал от любой из камер передаётся на ВКУ в помещение дежурного по парку формирования и параллельно – для ДСЦ и ДСПО. Телекамеры в парках целесообразно устанавливать на самостоятельных типовых опорах высотой 14-15м с площадками и лестницами, например, ШР-3(типовой проект, инвентарный № 11-20).

В подсистеме считывания информации с подвижного состава телекамеры устанавливают с одной или двух сторон у путей приёма поездов на станцию, перестановки составов из сортировочного парка в парк отправления и передачи из системы в систему. Камеры размещают на отдельных или общих невысоких

опорах с прожекторами дополнительного освещения так, чтобы на экране ВКУ изображалась полоса боковых поверхностей вагонов шириной не менее 1,7-2м от низа хребтовой балки [138, 139, 220].

Напротив камер с противоположной стороны пути устанавливают фоновые (защитные) щиты. Видеосигналы от этих телекамер поступают на ВКУ, устанавливаемые в центральной технической конторе (ЦТК), где размещаются основные пункты управления.

Подсистема должна быть оборудована необходимым числом видеозаписывающих устройств. Они необходимы в случаях, когда происходит одновременное перемещение двух и более составов, когда скорость движения состава не позволяет оператору ЦТК успевать списывать номера вагонов при их изображении на экране ВКУ непосредственно в процессе прохода состава мимо передающей телекамеры с малоинерционной трубкой.

Две камеры устанавливают так, чтобы в поле зрения их объективов оказались боковые поверхности вагонов. Так как двухкамерные ПТУ в настоящее время не выпускают, для организации обзора боковых поверхностей вагонов следует использовать четырёхкамерные ПТУ-55 в двухкамерной комплектации. Для обзора вагонов сверху, в том числе внутреннего пространства порожних полувагонов, может быть использована однокамерная ПТУ-54, телевизионную камеру которой устанавливают сверху и направляют вдоль оси состава навстречу движению. Изображение вагонов сверху наблюдают по отдельному ВКУ.

Телекамеры следует устанавливать во входных горловинах парков приёма (или на подходах к станции) и у путей перестановки составов из сортировочного парка в парк отправления. Пункты управления ПТУ устанавливают в ПКО и ПТО. Данную подсистему также целесообразно оборудовать видеозаписывающими устройствами. На первоначальном этапе коммерческий осмотр и техническое обслуживание можно производить с использованием видеомagniтофона ВМ-12 [140, 141, 219].

Эксплуатационно-технические требования к телевизионным устройствам сортировочных станций зависят от анализа условий, в которых работают

установки ТВ, и технологии выполняемых с использованием телевидения процессов. Комплексная система устройств телевидения и видеозаписи должна удовлетворять следующим основным требованиям:

1) обеспечивать решения ряда эксплуатационных задач с использованием новых технических средств в целях совершенствования технологии и улучшения показателей работы станции. Подсистема считывания номеров вагонов должна обеспечивать их проверку на ходу при приёме поездов на станцию и при перестановке составов из сортировочных парков в парки отправления и из системы в систему; подсистема коммерческого осмотра и технического обслуживания-проверку составов сверху и сбоку, с обеих сторон при приёме поездов на станцию и перестановке составов из сортировочных в отправочные парки; подсистемы управления работой в парках и обзора районов станции – телеконтроль положения составов в парках, в первую очередь сортировочных, и в отдельных зонах станции;

2) оснащаться типовой серийно выпускаемой телевизионной аппаратурой с взаимозаменяемыми элементами, обладающими высокой ремонтпригодностью;

3) телеаппаратура системы должна обеспечивать круглосуточное безотказное функционирование в любое время года (температура $\pm 40^{\circ}\text{C}$, осадки, ветер), иметь дежурный (без передачи изображения) и рабочий (нормальное функционирование) режимы;

4) обеспечивать качественное изображение объекта наблюдения не только днём, но и ночью при соответствующем искусственном освещении в подсистемах управления работой в парках и обзора районов станций в условиях освещённости, предусмотренной нормами искусственного освещения открытых территорий, станционных путей и искусственных сооружений, т.е. в пределах до 5-10 лк; в подсистемах считывания информации, коммерческого осмотра и технического обслуживания вагонов при освещённости, обеспечиваемой специальными комплектами прожекторов, включаемыми в момент осмотра и считывания информации с бортов составов; освещённость, создаваемая прожекторами в

ночное время суток или при плохой видимости, должна быть равномерной в пределах угла зрения передающей камеры;

5) все передающие камеры в подсистемах управления работой в парках и обзора районов станции должны устанавливаться на устройства наведения с дистанционным управлением камерой (типа УН-16) и быть оснащены средствами масштабирования (вариообъективами типа "Метеор-С")[142, 143, 218];

6) телевизионная аппаратура подсистем считывания информации, коммерческого осмотра и технического обслуживания вагонов должна:

обеспечивать качественный съём информации при движении состава со скоростью не менее 40км/ч, не допуская появления скоростного «смазывания» изображения на экране ВКУ [144, 145, 217];

включаться автоматически по команде от участка приближения поезда и отключаться после полного прохода состава мимо передающей телекамеры (т.е. автоматически переводиться из дежурного режима в рабочий и обратно);

обеспечивать появление и перемещение изображения номеров вагонов (поверхностей вагонов) на экране ВКУ слева - направо (для наблюдателя - справа налево) за счёт соответствующего расположения телекамер относительно путей;

7) угол зрения объектива передающей телекамеры в подсистеме считывания номеров вагонов должен обеспечивать вертикальный размер телевизионного кадра не менее 2м;

8) для исключения попадания прямого солнечного света в объектив камеры и предотвращения перепада видеосигнала в моменты прохождения перед камерой междувагонных пространств на противоположной от камеры стороне пути должен располагаться защитный фоновый щит;

9) передающие камеры подсистем управления работой парками обзора районов станции по возможности должны быть общими и обеспечивать видеоинформацией причастных работников. Аналогичное требование целесообразно предъявить и к телекамерам подсистем считывания номеров вагонов и осмотра вагонов на ходу;

10) во всех подсистемах чёткость изображения движущихся объектов по всему

полю экрана ВКУ должна быть не менее 300-400 телевизионных линий при числе различимых градаций яркости на испытательной таблице 0249 не менее семи;

11) в состав подсистемы считывания информации должны входить устройства длительной видеозаписи (до 180 мин), позволяющие записывать изображение двух и более составов одновременно одним оператором;

12) аппаратура видеозаписи должна работать устойчиво и надёжно в автоматическом режиме, обеспечивая качественную запись и воспроизведение видеоинформации с замедлением и в режиме "Стоп-кадр", а также продолжение просмотра видеозаписи из положения "стоп-кадр" как против хода, так и по ходу поезда (вперёд-назад) [146, 147, 216];

13). комплекс видеоаппаратуры подсистемы считывания целесообразно дополнить устройствами, обеспечивающими индикацию на экране ВКУ показаний счётчика порядковых номеров вагонов, номера пункта считывания, времени и даты считывания номеров вагонов составов;

14) размещение стационарных устройств (ПУ, ВКУ, ВЗУ) должно отвечать комплексным эргономическим, антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям [147, 148, 215];

15) все стационарные устройства должны быть электрически защищены от случайного попадания обслуживающего персонала под напряжение [149, 150, 214];

16) расположение телекамер и других приборов системы должно обеспечивать удобный доступ к ним для ремонта и содержания их в исправном состоянии [151, 152, 213];

17) соединительные кабели должны соответствовать условиям эксплуатации на железнодорожном транспорте [153, 154, 212]; при совместной прокладке с линиями других сильноточных и излучающих систем линии связи КТП и ПУ должны быть экранированы;

18) управление устройствами системы должно быть простым, не требующим от пользователей специальных знаний в области телевидения и видеозаписи;

19) объединение в работе КМАСС с комплексом технических средств

(КТС – М) должно осуществляться без проблем для совместной работы [155, 156, 211].

Диаграмма разработок и внедрений телевизионных установок на железнодорожном транспорте представлена на рисунке 2.9, а цифровых систем - на рисунке 5.3.

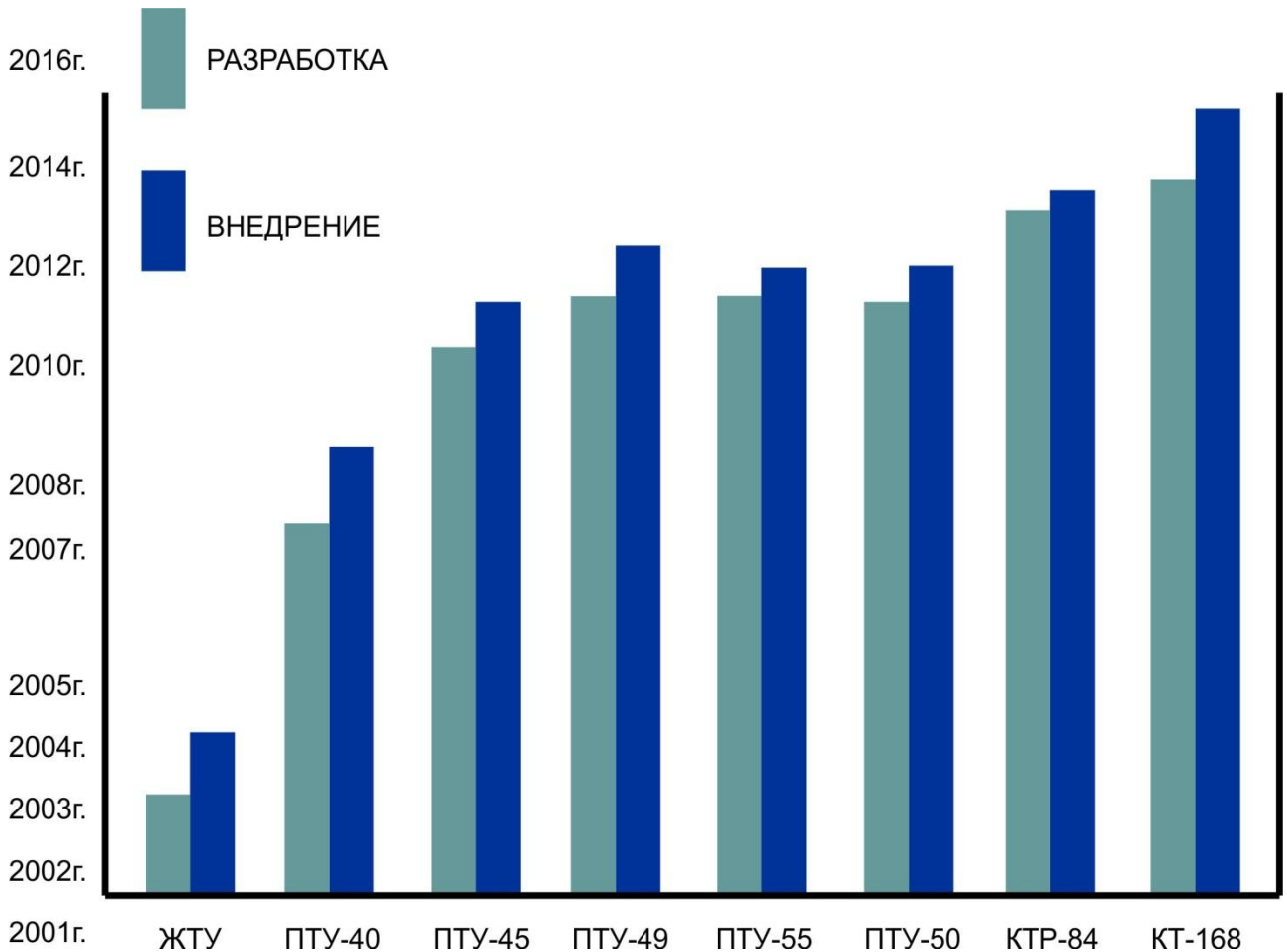


Рисунок 2.9-Диаграмма разработок и внедрений железнодорожных и промышленных телевизионных установок на транспорте: ЖТУ- железнодорожная телевизионная установка; ПТУ - промышленная телевизионная установка; КТ – камера телевизионная.

2.5. Магнитная запись телевизионных сигналов

Аппаратура магнитной записи и воспроизведения (видеомагнитофон) представляет собой сложный комплекс, куда входят высокоточные, механические

и различные электронные узлы. Развитие аппаратуры магнитной видеозаписи началось с создания профессиональных видеомагнитофонов для телевизионного вещания (1956 г.). Относительно компактные и простые в обращении видеомагнитофоны применяют в промышленности, на транспорте и в учебных целях [158, 159, 210].

Техника магнитной записи телевизионных сигналов отличается от техники записи звуковых. Это отличие обусловлено тем, что канал магнитной записи должен пропускать широкую полосу частот (от десятков герц до нескольких мегагерц) [160, 161, 209].

Например, при записи видеосигнала с верхней частотой 6,5 МГц скорость движения ленты должна быть 12 м/с (достаточно высокая), а в видеомагнитофоне, где верхняя частота 3 МГц, скорость достигает 5 м/с.

Столь высокая скорость экономически невыгодна и неудобна в эксплуатации. Поэтому в простых (бытовых) видеомагнитофонах используют наклонно-строчную запись с вращающимися головками.

Высокая относительная скорость создаётся с одновременным движением головок и ленты. Магнитные головки вращаются на ободке диска с линейной скоростью, необходимой для записи сигнала высокой частоты телевизионного спектра. В то же время скорость магнитной ленты, перемещающейся около диска с головками, не выше скорости в звуковых магнитофонах. В бытовых видеомагнитофонах применяют одну или две головки.

Важным этапом в развитии магнитной видеозаписи считают применение в 1965 г. в видеомагнитофонах вместо открытых рулонов видеолент закрытых кассет с лентой по аналогии с кассетами для записи звуковых сигналов.

Способ наклонно-строчной записи применяется с 1975 г. и позволяет облегчить запись и воспроизведение высших частот телевизионного сигнала (рисунок 2.10). Однако при этом возникают трудности с воспроизведением низких частот этого сигнала, обусловленные волновыми потерями, приводящими к резкому спаду отдачи видеоголовки. Устраняются эти явления в видеомагнитофонах переносом спектра телевизионного сигнала в область более высоких частот.

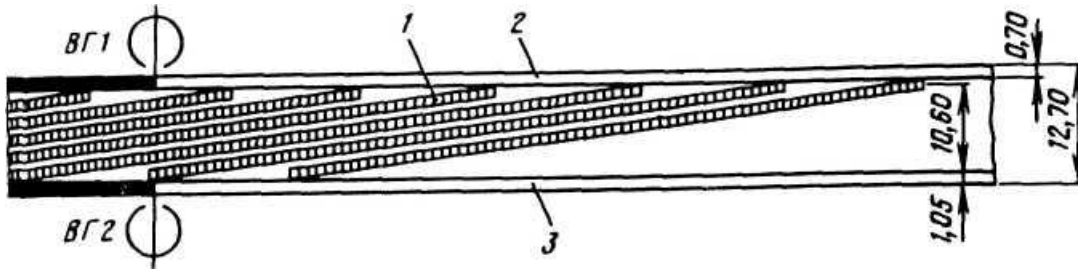


Рис. 2.10. Схема расположения дорожек на видеомангнитофонной ленте:

1 — дорожка с записью видеосигнала; 2 — дорожка с записью сигнала звука; 3 — дорожка с записью управляющего сигнала.

Для этого применяют модуляционную запись, при которой сигнал перед записью преобразуется в частотно-модулированные колебания, а при воспроизведении первоначальный сигнал вновь восстанавливается частотным демодулятором. Несмотря на то, что при модуляционной записи перемещение спектра в более высокую область частот вызывает увеличение скорости записи, общий расход ленты при этом не возрастает. Это объясняется уменьшением при частотно-модулированной записи взаимного влияния между соседними дорожками, что даёт возможность сближать их и тем самым более экономично использовать площадь магнитной ленты. В последних моделях видеомангнитофонов дорожки записи располагаются вплотную друг к другу без зазора, а видеоголовки имеют различную пространственную ориентацию[162, 163, 208].

Скорость записи и воспроизведения равна геометрической сумме линейной частоты скорости вращения диска с видеоголовками и скорости ленты. Поскольку соотношение между ними не менее 100:1, то скорости записи-воспроизведения равны линейной скорости (частоте) вращения диска с видеоголовками.

Недостатком бытовых видеомангнитофонов является сложность выполнения лентопротяжного механизма, особенно узла диска с вращающимися головками. От точности его изготовления зависит качество воспроизведения и записи, сделанной на другом видеомангнитофоне. Высокая частота вращения и

ограниченный в связи с этим срок службы видеоголовок - ещё один недостаток устройств свращающимися головками. Однако, несмотря на такой недостаток, видеомагнитофоны с наклонно-строчной (диагональной) записью представляют собой единственную относительно простую аппаратуру записи и воспроизведения телевизионных сигналов. Магнитная лента для видеомагнитофонов с одной и двумя вращающимися универсальными головками ориентирована в продольном направлении, совпадающим с направлением записи. На транспорте в основном применяют видеомагнитофон с наклонно - строчной записью и двумя вращающимися головками. Скорость движения ленты составляет 9,5 см/с или 19 см/с, а относительная скорость движения ленты и вращения видеоголовок (ВГ) составляет 9,2 м/с (рисунок 2.11).

Для более плотного использования ширины видеоленты применяется поперечно-строчная запись с четырьмя магнитными головками, записывающими строки небольшой протяжённости (меньше ширины применяемой ленты).

Одна из модификаций видеомагнитофонов, применяемых на железнодорожном транспорте в 70-х гг. XX в. - это ВМ-12. Относительная скорость ленты и видеоголовки 4,87 м/с, что при зазоре видеоголовок 0,4 мкм позволяет записывать сигнал максимальной частоты до 5 МГц. Скорость движения ленты - 2,339 см/с, ширина видеодорожки уменьшена до 50 мкм. Для устранения взаимного влияния сигналов соседних дорожек рабочий зазор одной видеоголовки смещён на угол плюс 6° относительно перпендикуляра к плоскости дорожки, а другой - на минус 6 градусов. Для сокращения полосы частот частотно-модулированного сигнала несущую частоту выбирают близкой к верхней частоте модуляции.

Яркостный сигнал модулируется по частоте так, что вершинам импульсов синхронизации соответствует частота 3,8 МГц (несущая частота), а уровню "белого" - частота 4,8 МГц.

Верхняя боковая полоса частот ЧМ - колебания почти полностью подавляется из-за "завала" АЧХ ленты-видеоголовки, а нижняя боковая занимает полосу до 1,2 МГц отнесущей частоты. Вышеприведенные данные позволяют регистрировать

на магнитной ленте телевизионные сигналы частотой до 3 МГц. В видеомаягнитофоне ВМ-12 из-за его узкой полосы сигналы цветности записываются после сужения полосы до 0,8 МГц и переноса их преобразованием в диапазон 0,3-1,1 МГц.

Преобразованные сигналы цветности складываются с ЧМ-сигналом яркости и записываются на магнитную ленту, поскольку в ЧМ-сигнале яркости низкочастотный диапазон от 0 до 1,2 МГц свободен. При воспроизведении считываемые с магнитной ленты сигналы усиливаются.

Частотно-модулированные сигналы яркости и преобразованные сигналы цветности отделяются друг от друга фильтрами. Частотно-модулированные сигналы яркости ограничиваются, детектируются и выделенные фильтром нижних частот усиливаются. Сигналы цветности усиливаются, проходят через АРУ, обратным преобразованием переносятся в диапазон 3,9-4,7 МГц и складываются с яркостным сигналом, образуя на выходе видеомаягнитофона сигнал цветного изображения.

В телевидении для воспроизведения сигналов цветных и чёрно-белых изображений с замедлением применяют систему видеозаписи на магнитном диске (рисунок 2.11). Диск изготовлен из алюминия, покрытого с обеих сторон никель - кобальтовым магнитным слоем, поверх которого нанесён слой радиевой полировки. Частота вращения диска-3000об/мин, следовательно, одному обороту диска соответствует время передачи одного поля телевизионного кадра в 50 Гц.

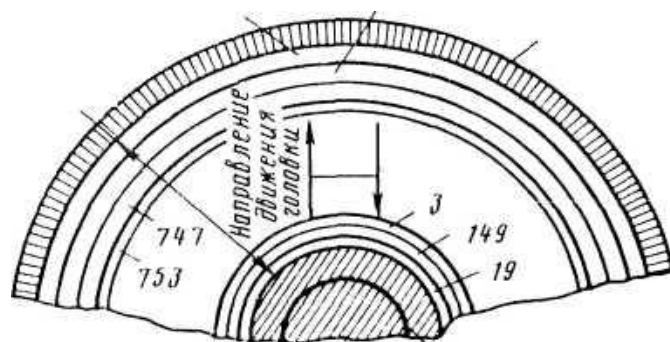


Рисунок 2.11-Расположение магнитных дорожек на одной стороне диска в течение полного цикла записи: 1 – рабочая поверхность диска для записи; 2 – охранная зона; 3 – дорожка записи синхросигнала.

Реализация (1962–1963 гг.) магнитной записи сигналов цветных телевизионных изображений не внесла принципиально нового в видеомагнитофон, но потребовала усложнения его электронной схемы [164, 165, 207].

Длительность записи на весь диск 30 секунд, т.е. в процессе воспроизведения можно медленно рассмотреть 750 полных телевизионных кадров или неподвижно любой из кадров. Диск вращается между двумя универсальными магнитными головками, которые поочередно записывают и воспроизводят видеосигнал. На одной стороне диска записываются нечётные поля, а на другой, прямо под ней – чётные. При записи и воспроизведении магнитная головка неподвижна, а в промежутках между записями скачкообразно перемещается радиально. Между диском и головками нет механического контакта. Струя воздуха, возникающая из-за большой частоты вращения диска, обеспечивает зазор между диском и головками примерно 1 мкм.

В результате этого на диске всегда бывает записано изображение последних 1500 полей. На каждой стороне диска образуются 750 концентрических окружностей. Такой метод записи каждого телевизионного изображения в виде концентрических окружностей на верхней и нижней сторонах позволяет получить большую плотность записанной информации и даёт возможность непрерывно её считывать. Замедленное воспроизведение движущихся сигналов изображений обеспечивается методом многократного воспроизведения записанного кадра. Степень замедления определяется количеством циклов воспроизведения одних и тех же кадров. Данное устройство позволяет осуществить эффект так называемого «Стоп-кадра», т.е. воспроизведение в течение длительного времени одного записанного кадра неподвижным. Частота вращения диска во всех режимах воспроизведения изображений постоянна и равна частоте вращения при записи. В

устройстве предусмотрена возможность перехода на режим с увеличением времени записи. Этот режим называется задержкой по времени и состоит в записи каждого третьего или пятого кадров с пропуском промежуточных. В результате этого полный цикл записи видеосигналов увеличивается ("затягивается") соответственно до 1,5 или 2,5 мин.

При воспроизведении телевизионных изображений с нормальной скоростью записанных через три или пять кадров, возникает эффект ускоренного движения в 3 или 5 раз. В данном устройстве предусмотрены возможности отметки любого записанного кадра, чтобы оператор мог быстро его найти при воспроизведении. Для этого на панели управления расположен индикатор.

При записи он информирует оператора о местонахождении головок в каждый момент времени. При записи интересующего кадра оператор нажимает кнопку «Метка», которая фиксирует расположение головки требуемого кадра на диске. По окончании записи оператор нажимает кнопку «Прямой поиск» или «Обратный поиск» в зависимости от того, к какому краю ближе разыскиваемый кадр.

Любой кадр на диске можно найти не более, чем за 7с. После нахождения нужного кадра следует выбрать режим воспроизведения.

В 1983 г. фирма Sony предложила применять новый формат видеозаписи на ленте шириной 8мм (модель видеоманитофона EVO-9800P) [165, 166, 206]. Он был одобрен заинтересованными в разработке, производстве и применении заказчиками, включая и железнодорожные предприятия. В результате был создан широкополосный формат Hi8. По улучшенной разрешающей способности, более высокой плотности, увеличенной длительности записи, конструктивной простоте прецизионной лентопротяжной системы из-за отсутствия неподвижных головок, благодаря небольшой и лёгкой кассете, металлизированной ленте с высокой гарантией её надёжности, высокочастотной несущей, широкой полосе девиации частоты при ЧМ и хорошим соотношением сигнал/шум; звуковому каналу, отвечающему требованиям Hi-Fi, длительности записи-120 минут, времени ускоренной перемотки-7 минут, встроенному цифровому подавителю шумов

цветности и другим высококачественным параметрам он удовлетворяет требованиям профессионального применения.

2.6. Основные особенности наземного телевидения

В кинематографе, предшествовавшем телевидению, для передачи движения объекта, надо передавать не менее 25 кадров в секунду. В ТВ такая частота кадров (фото) неприемлема, так как при каждом кадре экран ТВ - приёмника сначала резко начинает светиться, а в конце - гаснет. Глаз человека легко замечает мерцание приёмной трубки (кинескопа) и быстро утомляется. Как известно, он не замечает мерцание с частотой 50 Гц (электрической сети) из-за своей инертности. Поэтому надо перейти с частоты 25 кадров на 50 полукадров в секунду [167, 168, 205].

Кадр (фото) ТВ изображения - двухмерный. В системах радиопередачи, к которым относится и ТВ, сигнал - одномерный. Поэтому кадр изображения преобразуется в одномерный сигнал путём его дискретизации по строкам (уровням, а не по времени). Число строк равно 625. Для исключения мерцания экрана кинескопа при частоте кадров 50 Гц используют чересстрочную развёртку, когда сначала передаются нечётные строки, затем - чётные. Нечётные и чётные строки образуют полукадры. Для дискретизации кадра по строкам используют строчную и кадровую развёртки электронного луча трубки в виде пилообразных токов. Частота строчной развёртки составляет $2 \cdot 0,5 \cdot 625 \cdot 25 = 15625$ Гц, частота полукадров - 50 Гц.

Для синтеза кадров в приёмнике необходима построчная и полукадровая синхронизация. Поэтому в конце каждой строки и в конце каждого полукадра передаются синхронизирующие импульсы.

ТВ изображение сопровождается звуком, для чего используется канал звукового сопровождения. Эти 3 канала в передатчике уплотняются, а в приёмнике разделяются: канал изображения и канал звука - по частоте, а канал синхронизации - по уровню сигнала.

Такая структура уплотнения и разделения каналов отсутствует в других, известных радиосистемах. Для передачи сигналов изображения используется негативная амплитудная модуляция (АМ) с частично подавленной нижней боковой полосой, а для передачи звука - частотная модуляция (ЧМ), причём их несущие частоты разнесены между собой на 6,5 МГц. Синхронизирующие и гасящие строчные и полукадровые импульсы суммируются с сигналом изображения. Полоса частот суммарного ТВ сигнала составляет 8 МГц, а сигналов изображения – 6,5 МГц. Полоса частот канала звука равна 200-300 кГц. В итоге телевизионный сигнал является широкополосным [169, 170, 204].

В приёмнике полный сигнал детектируется по огибающей в последовательном диодном детекторе, на выходе которого имеется видеосигнал с полосой 50 Гц - 5,5 МГц с импульсами синхронизации, а так же ЧМ сигнал звука на несущей частоте 6,5 МГц, поступающий в канал звука, где детектируется по частоте. Видеосигнал с синхроимпульсами поступает после усиления в канал синхронизации, где выделяются прежде все импульсы синхронизации, а затем они разделяются на строчные и отдельно полукадровые с помощью дифференцирующих и интегрирующих цепочек. Так осуществляется когерентная развёртка электронных лучей кинескопов синхронно и синфазно с развёрткой луча передающей телевизионной трубки.

2.7. Российские учёные, в том числе МИИТ, внёсшие вклад в развитие телевидения

В дальнейшем телевидение на железных дорогах развивалось в основном по пути разработки телевизионных установок для обзора сортировочных парков, участков станций [171, 172, 203].

На протяжении последних лет для различных целей на железнодорожном транспорте стали применяться промышленные телевизионные установки (ПТУ), разработанные во Всесоюзном научно – исследовательском институте (ВНИИТ, г. Ленинград) и в Московской филиал - телевизионной лаборатории. ПТУ

выпускал Новгородский завод «Радиоволна», а сейчас на его базе работает ОАО ВНИИ ПТС «Растр».

Аспиранткафедры РЭС МИИТ Р.А. Косилов, научным руководителем которого являлся заведующий кафедрой «Радиотехника и электросвязь», профессор А.А. Устинский, усовершенствовал промышленную телевизионную установку для считывания номеров вагонов, применив на входе телевизионной системы электронно-оптический преобразователь (ЭОП) в качестве усилителя оптического сигнала изображений для повышения отношения сигнала к шуму с последующей передачей его на вход (фотокатод, мишень) передающей телевизионной трубки (суперортикона или видикона). Использование ЭОПа значительно повысило чувствительность, разрешающую способность, контрастность изображений на экранах видеоконтрольных устройств (ВКУ) и системы в целом. На эту же тему он защитил кандидатскую диссертацию. Перейдя во ВЗИИТ на кафедру «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте», Р.А. Косилов и коллектив, в состав которого входил автор данной работы, продолжили проекты по развитию телевидения на разных железнодорожных станциях.

Новизна и актуальность разработок по этой тематике подтверждены авторскими свидетельствами на изобретения [173, 174, 202]. Позже (1988 г.) доцент Р.А. Косилов выполнил и защитил докторскую диссертацию на тему: «Автоматизация считывания номеров вагонов и локомотивов движущихся поездов» [05.22.08. Эксплуатация железнодорожного транспорта (включая устройства сигнализации, централизации, блокировки и технологической связи)] [175, 176, 201].

В работах по применению телевидения на железнодорожном транспорте принимали участие также учёные и сотрудники МИИТ, ВЗИИТ: А.П. Богачёв, Н.В. Терёшин, М.Л. Губенко, В.Н. Онопченко, главный инженер Московского отделения Октябрьской железной дороги Е.Н. Васин, главный инженер ПКБ ЦТ В.З. Чинилин, и.о. главного инженера Московского локомотивного депо Октябрьской железной дороги Д.В. Потапов.

2.8. Об определении количественных закономерностей в развитии техники транспортных систем

Экономический эффект прироста объёма работ происходит в геометрической прогрессии с учётом коэффициента полезного действия (КПД) и материальных затрат на выпуск одной единицы системы передачи сигналов изображений [177, 178, 200].

Первопроходцем в количественном анализе развития техники был И.Я. Конфедератов. Он проанализировал количественные показатели развития электротехнической, энергетической, металлургической промышленности и транспортной отрасли народного хозяйства. Он сделал вывод: «Изменения в технике не случайны, что совокупность этих изменений показывает наличие развития техники с тенденцией ускоренного роста» [179, 180, 199].

Взяв в качестве интегрального показателя развития техники экономический параметр прироста объёма промышленной продукции, он сформулировал тезис о количественном развитии техники по закону геометрической прогрессии. Но социальная обусловленность техники, которая определяет внешние закономерности её развития, нарушает эту закономерность. Поэтому «развитие техники как элемента производительных сил (в комплексе внутренних и внешних закономерностей) имеет тенденцию ускоренного роста, приближённо характеризуемого геометрической прогрессией, причём числовое значение показателя прогрессии, выражающее темпы количественного развития техники, определяется в основном общественными условиями производства» [181, 182, 198].

И.Я. Конфедератов пришёл к заключению: «Показатели эффективности имеют тенденцию к замедленному росту и асимптотически приближаются к некоторой предельной величине, определяемой максимально возможной степенью использования основанного на определённом законе принципа действия технического объекта». В данной работе - это системы передачи сигналов изображений» [183, 184, 197].

И.Я. Конфедератов вывел закономерности изменений показателей экстенсивного применения и эффективности технических систем (в нашем случае передачи сигналов изображений).

Для экстенсивного применения - это есть тенденции к возрастанию применений, а для эффективности технических систем - это тенденции к асимптотическому замедлению количества применений. Эти закономерности были подтверждены и в исследованиях Ю.С. Мелешенко.

Выявлению законов построения и развития техники в строгой математической форме посвящены работы О.Д. Симоненко, Г.Н. Алексева, А.И. Половинкина, А.Ф.Каменева. В этих работах авторы построили аналитические модели построения и развития техники на базе ретроспективного анализа истории техники [185, 186, 196].

Таблица 2.1

Хронология изобретения и внедрений ТВ (к главе 2)

№ № п/п	Период времени	Открытие, применение	Авторы, страна
1.	2.	3.	4.
1.	1872 г.	Необходимая предпосылка создания систем передачи сигналов изображений-изобретение электрической лампы накаливания, обеспечившее преобразование электрической энергии в световую энергию.	Русский учёный А.Н. Лодыгин, Россия.

2.	1907 г.	Изобретение телевидения.	Б.Л.Розинг, г. Санкт – Петербург, Россия.
3.	1911г.	Передача сигналов изображения решётки из четырёх полос, помещённой перед объективом передатчика.	Б.Л. Розинг, г. Санкт – Петербург, Россия.
4.	1925 г.	Разработка полностью электронной системы чёрно – белого ТВ.	Б.П.Грабовский, г.Ташкент, СССР.
5	1931 г.	Изобретение иконоскопа.	С.И. Катаев, СССР.
6	01.10.1931 г.	Начало регулярного телевизионного вещания с Московского радиовещательного узла.	П.В.Шмаков, ВЭИ, СССР.
7.	Сентябрь 1933	Изобретение супериконоскопа.	П.В.Шмаков,П.В.Тимофеев, СССР.
8.	Ноябрь1933г	Изобретение иконоскопа.	В.К. Зворыкин, США.
9.	1934 г.	Сконструирована передающая ТВ трубка мгновенного действия (статитрон).	Г.В. Брауде, СССР.
10.	1948г.	Опытный телевизионный обзор железнодорожных горок, путей сортировочных станций.	ЦНИИ МПС (ВНИИЖТ), КБ ЦШ МПС, СССР.
11.	1949 г.	Начало ТВ вещания со стандартом разложения изображений в 625 строк.	Московский телевизионный филиал-лаборатория. С.И. Катаев, С.В. Новаковский.
12.	1951 г.	Основание Московского	СССР,Министерство

		завода телевизионной аппаратуры.	радиопромышленности.
13.	1954 г.	Телевизионный обзор железнодорожных путей станций на постоянной основе.	Сотрудники станций Лосиноостровская и Люблино Московской железной дороги.
14.	Июль 1954 г.	Проверка возможности считывания номеров вагонов поездов на ст. Ленинград-Московская - Сортировочная Октябрьской ж.д. (под Ленинградом).	ЦШ МПС, КБ ЦШ, ЦНИИ МПС, ВНИИТ, служба связи Октябрьской ж. д., Ленинградский телецентр, СССР.
15.	1959 г.	Применение железнодорожной телевизионной установки ЖТУ – 3 для обзора путей.	Сотрудники железнодорожной станции Лосиноостровская Московской ж. - д., КБ ЦШ, ЦНИИ МПС, СССР.
16.	1972 г.	Разработан видеоманитофон «Электроника». Установлены в комплексе с ПТУ на ж.- д. станциях.	В.И.Лазарев, НИИПМ, г.Воронеж; Р.А.Косилов, В.В. Михайлов, ВЗИИТ, г.Москва, СССР.
17.	1973-1975 гг.	Разработка и применение способа считывания номеров вагонов на скоростях движения поездов более 15км/ч.	Р.А. Косилов, В.В.Михайлов, сотрудники кафедры «Автоматика, телемеханика и связь» ВЗИИТ, г. Москва, СССР.

18.	22.11.2006 г.	Испытания образца системы видеоконтроля обстановки на ж.-д. переезде из кабины машиниста локомотива.	Р.А.Косилов, сотрудники ООО «НТЦ Трансвидео», представители Октябрьской ж. д., Россия.
19	Июль 2007г.	Принята программа развития железнодорожного транспорта РФ до 2030 г.	На расширенном заседании Научно-технического совета ОАО «РЖД».
20	23.04.2009 г.	Научно-техническая конференция.	Доцент В.В.Михайлов, сотрудники, студенты Поволжского филиала МИИТ (г. Саратов).
21.	25.05.2009 г.	Научно-техническая конференция.	Доцент В.В. Михайлов, сотрудники, студенты Нижегородского филиала МИИТ(город Нижний Новгород).
22.	15.06.2010г.	Испытания ТВ системы передачи изображений на ст. Брянск-Орловский Московской ж. д.	В.В.Михайлов, сотрудники железнодорожной станции.
23.	25.07.2010г.	Испытания ТВ системы передачи сигналов изображений в вагонном депо станции Смоленск Московской железной дороги	В.В.Михайлов, сотрудники железнодорожной станции Смоленск.
24.	17.04.2011г.	Научно-техническая конференция.	В.В.Михайлов, сотрудники, студенты РОАТ(г. Москва).

Основные этапы становления телевидения представлены в виде функциональной схемы (рисунок 2.12).

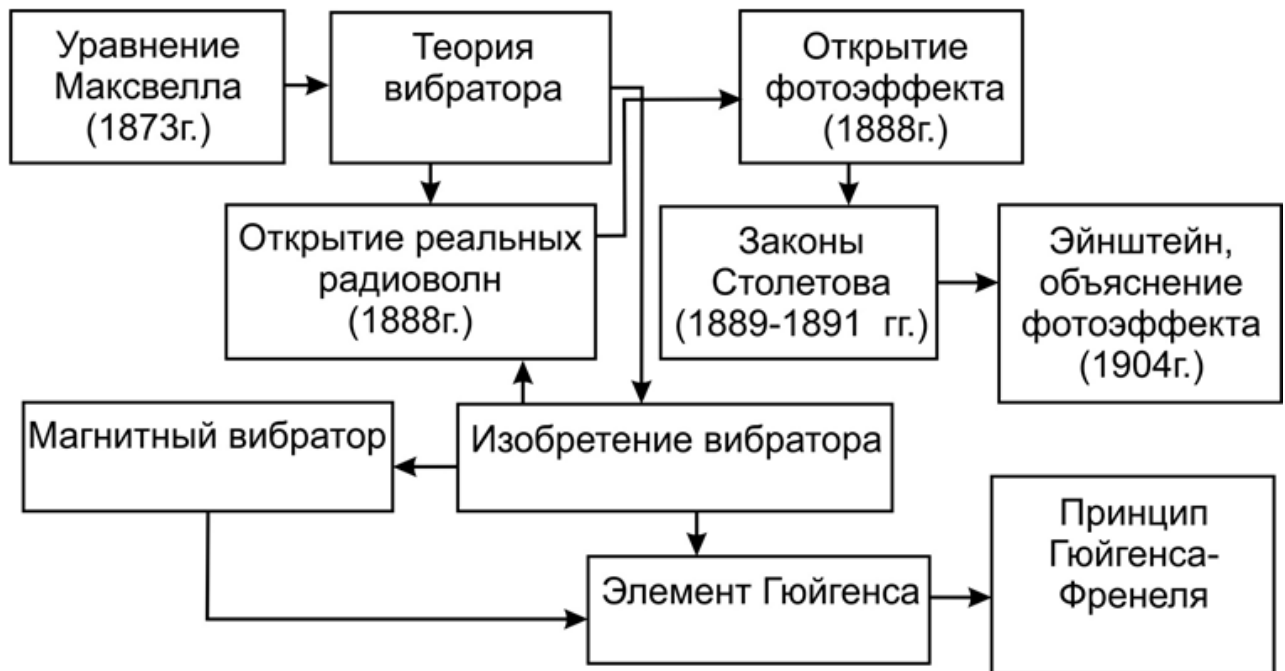


Рисунок 2.12-Физико-технические основы ТВ: реальные радиоволны, фотоэффект, открытые Г. Герцем в 1888 г. на основе уравнений Д. Максвелла.

Выводы по главе 2

- 1) Показано, что телевидение изобретено в России профессором Санкт-Петербургского Технологического института (патент № 18076 от 25 июля 1907г.). Это телевидение было оптико-механическое, чёрно-белое [187, 188, 195].
- 2) Показано, что на железнодорожном транспорте телевидение стало официально функционировать на постоянной основе с 1954 г. согласно решению правительственной комиссии СССР, в которую входили представители Главного управления сигнализации и связи (ЦШ) МПС, КБ ЦШ, ЦНИИ МПС, Всесоюзного научно-исследовательского института телевидения (ВНИИТ, г. Ленинград), службы связи Октябрьской железной дороги, Ленинградского телевизионного

центра. Сначала телевидение применялось для обзора железнодорожных сортировочных станций.

3) Автор предложил осматривать проходящие поезда через станции с помощью телевидения согласно его авторскому свидетельству СССР на изобретение. Устройство контроля проследования поезда (№424754). Приоритет от 28.12.1972г. [189, 190, 194].

4) Автором предложен способ считывания номеров вагонов поездов, движущихся со скоростью более 15 км/ч, что было проблемой. Новизна данной разработки подтверждена его авторским свидетельством СССР на изобретение № 477878. Устройство для считывания информации с транспортного средства. Приоритет от 28. 12. 1973г. [191-193].

Это предложение нашло применение на практике, так как повышает пропускную способность, безопасность и производительность труда сотрудников железнодорожных станций. Данное изобретение было усовершенствовано, стало применяться не только в стационарных условиях, но и в кабинах машинистов локомотивов для просмотра занятости переездов; контроля сцепления в системе «Колесо – рельс» (см. приложение 5 к данной работе); видеоконтроля верхнего строения путей (см. приложения 6, 7) и т. д.

Глава 3. История открытия, развития и применения систем передачи сигналов цветных изображений

3.1. Вводные замечания

Цвет - трёхмерная величина, которую наблюдатель может оценить тремя показателями: светлотой, цветовым тоном и насыщенностью [4, 20].

Светлота — эквивалентное воздействие на глаз наблюдателя световых потоков от двух поверхностей, из которых одна освещена цветовым потоком, а другая - потоком серой (чёрно-белой) шкалы.

Цветовой тон-свойство цвета, оцениваемое его отличием от других цветов и, в частности, от белого.

Насыщенность - степень отличия данного цветового тона от белого. Цветовой тон и насыщенность иногда заменяют одним обобщающим показателем цветность. Все эти показатели, оцениваемые наблюдателем, субъективны и являются (вследствие свойства глаза) взаимозависимыми. Например, изменения мощности светового потока (светлоты) и насыщенности могут вызвать впечатление изменения цветового тона. Однако в основе каждого из перечисленных субъективных (качественных) параметров лежат физические величины, характеризующие воздействующий на глаз световой поток. Последнюю величину возможно оценить строгими параметрами, которые могут быть использованы и в математических зависимостях. Такими параметрами являются яркость, доминирующая длина волны и чистота цвета [29].

В этом разделе необходимо отдать должное И. Ньютону [71, 93].

Ему принадлежат фундаментальные открытия в древней науке об оптике. Он построил первый зеркальный телескоп (рефлектор), в котором в отличие от чисто

линзовых телескопов отсутствовала хроматическая аберрация. Он также детально исследовал дисперсию света, показал, что белый свет раскладывается на цвета радуги вследствие различного преломления лучей разных цветов при прохождении через призму заложил основы правильной теории цветов [167, 172, 17729, 43, 44, 64, 7929, 43, 44, 64, 79, 89, 93, 107, 108].

И. Ньютон создал математическую теорию открытых Гуком интерференционных колец, которые с тех пор получили название «кольца Ньютона». Он изложил подробную теорию астрономической рефракции. Но его главное достижение - создание основ физической (не только геометрической) оптики как науки и разработка её математической базы, превращение теории света из бессистемного набора фактов в науку с богатым качественным и количественным содержанием, экспериментально хорошо обоснованную. Оптические опыты Ньютона на десятилетия стали образцом глубокого физического исследования.

В этот период было множество спекулятивных теорий света и цветности: в основном боролась точка зрения Аристотеля («разные цвета есть смешение света и тьмы в разных пропорциях») и Декарта («разные цвета создаются при вращении световых частиц с разной скоростью»). Гук в своей «Микрографии» (1665 г.) предлагал вариант Аристотеля. Многие полагали, что цвет есть атрибут не света, а освещённого предмета. Всеобщий разлад усугубил каскад открытий XVII века: дифракция (1665 г., Гримальди), интерференция (1665 г., Гук), двойное лучепреломление (1670 г., Эразм Бартолин) изучено Гюйгенсом, оценка скорости света (1675 г., Рёмер). Теория света, совместимая со всеми этими фактами, не существовала.

Дисперсия света (опыт Ньютона)



В своём выступлении перед Королевским обществом Ньютон опроверг Аристотеля, Декарта и убедительно доказал, что белый свет не первичен, а состоит из цветных компонентов с разными углами преломления.

Эти составляющие - первичны, и никакими ухищрениями Ньютон не смог изменить их цвет. Тем самым субъективное ощущение цвета получало прочную объективную базу - показатель преломления [93].

В 1689 году Ньютон прекратил публикации в области оптики (хотя продолжал исследования). В 1704 году выходит в свет монография «Оптика». При его жизни «Оптика», как и «Начала», выдержала три издания (1704 г., 1717 г., 1721 г.) и множество переводов.

Книга первая имеет: принципы геометрической оптики, учение о дисперсии света и составе белого цвета с различными приложениями, включая теорию радуги. Книга вторая - интерференция света в тонких пластинках. Книга третья - дифракция и поляризация света.

Историки выделяют две группы тогдашних гипотез о природе света.

Эмиссионная (корпускулярная) гипотеза: свет состоит из мелких частиц (корпускул), излучаемых светящимся телом. В пользу этого мнения говорила прямолинейность распространения света, на которой основана геометрическая оптика, однако дифракция и интерференция плохо укладывались в эту теорию.

Волновая гипотеза: свет представляет собой волну в невидимом мировом эфире. Оппонентов Ньютона (Гука, Гюйгенса) нередко называют сторонниками волновой теории, однако надо иметь в виду, что под волной они понимали не периодическое колебание, как в современной теории, а одиночный импульс; по этой причине их объяснения световых явлений были мало правдоподобны и не могли составить конкуренцию ньютоновским исследованиям. (Гюйгенс даже пытался опровергнуть дифракцию). Развитая волновая оптика появилась только в начале XIX века.

Ньютона часто считают сторонником корпускулярной теории света, и он охотно допускал, что свет может быть связан и с волнами в эфире. В трактате, представленном в Королевское общество в 1675 году, он пишет, что свет не может быть просто колебаниями эфира, так как тогда он, например, мог бы распространяться по изогнутой трубе, как это делает звук. Но он предлагал: распространение света возбуждает колебания в эфире, что и порождает дифракцию и другие волновые эффекты. По существу, Ньютон, ясно сознавая достоинства и недостатки обоих подходов, выдвигает компромиссную, корпускулярно-волновую теорию света [161].

В своих работах Ньютон детально описал математическую модель световых явлений, оставляя в стороне вопрос о физическом носителе света: «Учение моё о преломлении света и цветах состоит единственно в установлении некоторых свойств света без всяких гипотез о его происхождении». Волновая оптика, когда она появилась, не отвергла модели Ньютона, а вобрала их в себя и расширила на новой основе.

Ньютон поместил в конце «Оптики» список нерешённых проблем и возможных ответов на них. Авторитет Ньютона после «Начал» стал непререкаемым. Ряд гипотез оказались пророческими.

В частности, Ньютон предсказал: отклонение света в поле тяготения, явление поляризации света, взаимопревращение света и вещества.

3.2. Первые системы цветного телевидения

Идея передачи цветного телевизионного изображения возникла сразу у нескольких изобретателей в конце XIX в.

Одним из первых техническую реализацию такой идеи предложил русский инженер А.А. Полумордвинов [171].

]. Разработанное им устройство основывалось на теории трёхкомпонентного цветового зрения М.В. Ломоносова (1756 г.) -К.Г. Юнга - Г. Гельмгольца (1852 г.). Задачу разложения изображения в аппарате Полумордвинова выполняли два диска, вращающиеся на параллельных осях с разной скоростью. Щели в дисках имели различную форму (рисунок 3.1), например, ромбическое отверстие, которое образовывалось при их пересечении, служило развертывающим элементом.

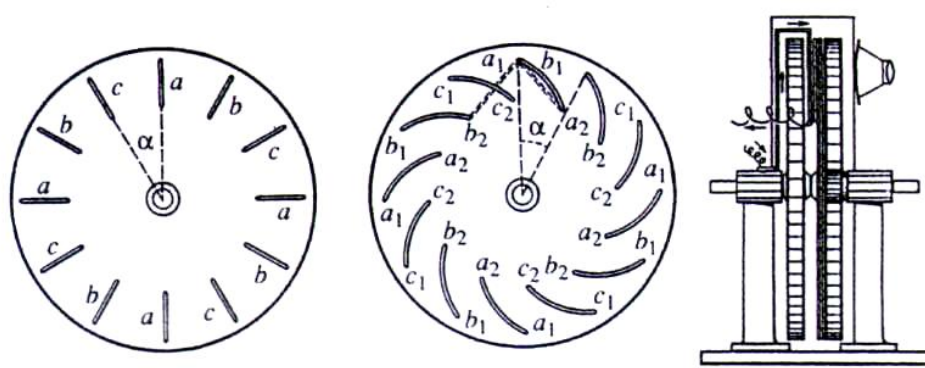


Рисунок 3.1- Светораспределитель А.А. Полумордвинова

Цветоделение сигнала происходило в результате наложения на щели в одном из дисков красного, зелёного и фиолетового светофильтров. Каждые три последовательные строки в устройстве Полумордвинова различались таким образом по цвету. Аналогичные развёртывающие диски устанавливались перед фотоэлементом на передающей стороне и перед источником света в приёмнике.

Заявка А.А. Полумордвинова на изобретение "Светораспределитель для аппарата, служащего для передачи изображений на расстояние" была представлена им в Департамент торговли и мануфактур Министерства финансов России 23 декабря 1899 г.

Процесс цветового зрения по М. В. Ломоносову состоит в том, что световой поток воздействует на три вида колбочек сетчатки глаза, каждый вид которых реагирует только на один из трёх основных цветов: красный, зеленый или синий. Сумму цветоощущений всех трёх видов колбочек наблюдатель оценивает как

яркость светового потока (светлоту), а соотношение их-как цветность. Наука, изучающая законы анализа и синтеза цветов, называется колориметрией. В колориметрии принято обозначать красный цвет буквой R , зеленый - G и синий - B (начальными буквами этих слов на немецком и английском языках). Ряд основополагающих решений в этой науке был принят Международным колориметрическим объединением (МКО) на основе анализа, обобщения и развития предыдущих теоретических и экспериментальных работ. В частности, на заседании МКО в 1931г. приняты две трёхкомпонентные (трихроматические) колориметрические системы: стандартная система (реальных цветов) RGB и производная от неё система символических цветов XYZ [172, 176, 177].

За основные цвета в стандартной системе приняты: R - с длиной волны 700 нм; G - с $\lambda = 546$ нм; B - с $\lambda = 435,8$ нм. Подавляющее большинство существующих в природе оттенков цветов может быть получено аддитивным (слагательным) смешением в различных пропорциях этих основных цветов. Различают три способа смешения цветов: локальный, когда одновременно (или по очереди с быстрой сменой) проецируются на одно и то же место и смешиваются в зрительном восприятии несколько цветовых потоков; пространственный, когда цветовые точки размещаются близко друг к другу и цвета смешиваются вследствие того, что угол зрения получается менее разрешаемого; бинокулярный, когда световыми потоками различных цветов воздействуют на сетчатки левого и правого глаз, а информация о цвете смешивается в нервной системе зрения. Установлены следующие основные законы смешения: для всякого цвета существует другой, смесь с которым в определенной пропорции создаёт белый цвет - это так называемые дополнительные цвета; при смешении двух разных цветов (расположенных по спектральной шкале цветов ближе друг к другу, чем дополнительные) образуется новый цвет, по своему тону, лежащий между смешиваемыми цветами; смесь цветов, одинаковых для глаза по цвету, имеет такой же цвет, как и смешиваемые, независимо от спектрального состава последних.

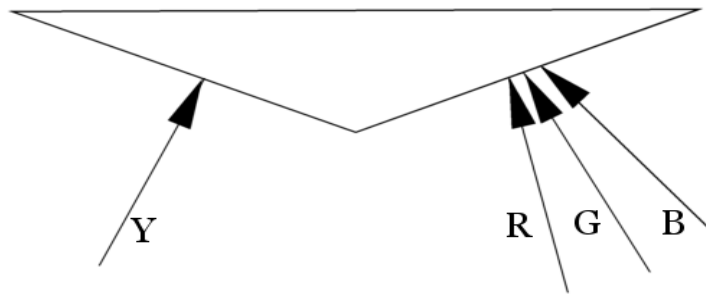


Рисунок 3.2- Простейший колориметр

С помощью простейшего прибора - колориметра, представляющего собой треугольную призму с матовыми поверхностями, могут быть согласованы цвета. (рисунок 3.2).

Если на одну из поверхностей призмы падает поток Y , то, проецируя на соседнюю поверхность (смешивая) регулируемые по яркости монохроматические потоки основных цветов, стремятся подобрать такие их соотношения, при которых обе поверхности становятся одноцветными или согласованными [176].

При достижении согласования может быть записано цветовое уравнение $Y = r'R + g'G + b'B = m(Y)$,

(3.1) где Y - данный световой поток; $r'R$, $g'G$, $b'B$ — цветовые компоненты; величины R , G и B — единичные количества основных цветов; r' , g' , b' — цветовые коэффициенты; $m = r' + g' + b'$ — цветовой модуль.

Определяя цветность из этого выражения, получим

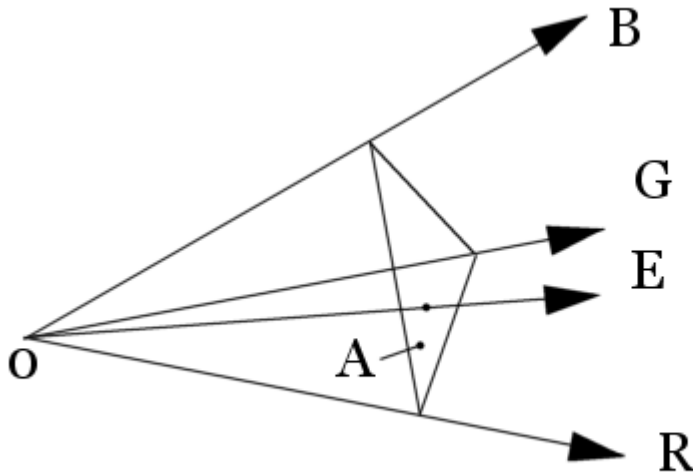
$$(Y) = \frac{r'}{m}R + \frac{g'}{m}G + \frac{b'}{m}B = rR + gG + bB, \quad (3.2)$$

где rR , gG , bB — относительные цветовые компоненты; r , g , b - относительные цветовые коэффициенты.

Откуда:

$$r = \frac{r'}{r' + g' + b'}; g = \frac{g'}{r' + g' + b'}; b = \frac{b'}{r' + g' + b'}. \quad (3.3)$$

Очевидно, что $r + g + b = 1$. Величина (Y) и относительные цветовые компоненты определяют цветность потока. Яркость характеризуется величиной m . За единичное количество основного цвета принимается то его количество (для каждого из трёх цветов), которое требуется для создания равноэнергетического белого цвета, обозначаемого буквой E (рисунок



3.3).

Рисунок 3.3-Цветовое пространство в системе RGB

Предположим, что цветовые коэффициенты $r' + g' + b' = 1$, тогда

$$E = m(E) = 1R + 1G + 1B \text{ и } m=3;$$

$$(E) = \frac{1}{3}R + \frac{1}{3}G + \frac{1}{3}B. \quad (3.4)$$

Итак, в равноэнергетическом белом цвете

$$r = g = b = 1/3. \quad (3.5)$$

Через несколько дней (27 декабря) автор заявки участвовал на Всероссийском электротехническом съезде в Петербурге, где имел возможность прослушать доклад А.С. Попова «Телеграфирование без проводов».

Удобно длиной вектора считать яркость, а направлением - цветность. Очевидными положениями при этом являются следующие: начало координат, откуда исходят все векторы - чёрный цвет (нулевая яркость); на линии, являющейся продолжением вектора за начало координат, не может быть цвета, так как чёрный цвет не может быть образован смешением каких бы то ни было цветов; все векторы цвета должны находиться в пределах телесного угла, не превышающего 2π . Пространство, которое образуют векторы существующих в природе цветов, принято называть цветовым. Стандартная система RGB недостаточно удобна для расчётов вследствие сложной связи яркости и координат цветности, а также отрицательных значений координат цветности для некоторых цветов. В связи с этим была разработана **колориметрическая система XYZ**

Цветовой треугольник представлен на рисунке 3.4 [177].

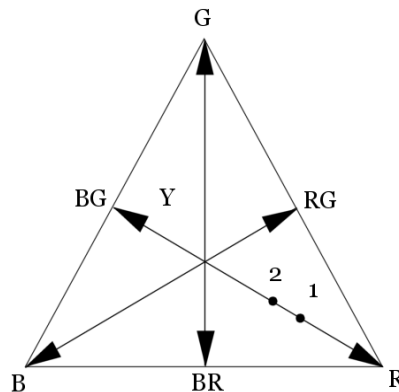


Рисунок 3.4-Цветовой треугольник

При разработке системы были поставлены следующие условия: все цвета, существующие в природе, должны находиться внутри цветового треугольника; равноэнергетический белый цвет должен иметь одинаковые координаты цветности; должна быть более простая, чем в RGB, зависимость яркости цвета от

координат системы. Для того чтобы все существующие цвета находились внутри цветового треугольника, необходимо иметь координатные оси за пределами цветового пространства. Следовательно, они не могут быть реальными, и приняты символическими в виде некоторой математической абстракции. В этой системе основные цвета составляют прямоугольную систему координат. Линия спектральных цветов (спектральный локус) находится полностью внутри цветового треугольника и сложение символических несуществующих цветов позволяет получить любой реальный цвет. В системе XYZ используются аналогичные системе RGB формы записи и определения:

$$Y = x'X + y'Y + z'Z; (Y) = xX + yY + zZ; x + y + z = 1. \quad (3.6)$$

Равноэнергетический белый цвет E будем иметь при

$$x = y = z = 1/3. \quad (3.7)$$

При проектировании телевизионной системы необходимо пользоваться обеими колориметрическими системами

и иметь возможность переходить от одной к другой. Вопросы расчётных соотношений при переходе из системы RGB в систему XYZ и при обратном переходе рассмотрены в специальной литературе [182].

3.3. Аналоговая передача сигналов цвета в системах передачи изображений

Важная задача, стоявшая при создании систем передачи сигналов цветных изображений, - обеспечение совместимости этой системы с существующей системой монохромной передачи. Иначе говоря, сигналы цветных изображений должны воспроизводить в монохромном приёмнике нормальные серые

изображения без его переделок. С другой стороны, телевизионный приёмник сигналов цветного изображения должен принимать и воспроизводить также и монохромную программу. В результате, система передачи сигналов цветных изображений должна сохранять монохромную информацию, синхронизирующие импульсы и звуковые сигналы на промежуточной частоте в такой же форме, как и при монохромной передаче. Дополнительная информация о цвете должна вводиться без помех к основному серому сигналу.

Кроме этого, сигналы цветных изображений должны занимать ту же самую ширину полосы, выделенную для монохромной передачи. Эту задачу удалось решить на основе понимания принципов цветоощущений в органах зрения человека.

Передача сигналов цветных изображений включает одновременную передачу составляющих яркости, цветности. Сигнал яркости Y передаётся непосредственно таким же способом, как и при монохромной передаче. Что же касается цветности, то она сначала выделяется путём удаления из каждого основного цвета составляющей яркости. В результате получают так называемые цветоразностные сигналы: $R - Y$, $G - Y$ и $B - Y$, где $Y = R + G + B$ обозначает сигнал яркости. В профессиональной литературе для этих обобщений часто применяют латинские буквы $Y = R + G + B$. Из приведённых соотношений очевидно, что достаточно передать только два цветоразностных сигнала $R - Y$ и $B - Y$, тогда как третий цветоразностный сигнал $G - Y$ может быть восстановлен из трёх составляющих Y , $R - Y$ и $B - Y$, поскольку из $Y = R + G + B$ следует $R = (R - Y) + Y$, $B = (B - Y) + Y$ и $G = Y - R - B$. Задача, которую остаётся решить, - это найти способ добавления к монохроматическому сигналу дополнительной информации, а именно $R - Y$ и $B - Y$ без помех. Для передачи двух цветоразностных сигналов применяется несущая частота 4,43 МГц, поднесущие 4,250 МГц и 4,406 МГц. Ширина полосы частот цветности ограничивается величиной 1 МГц с каждой стороны от этой поднесущей (рисунок 3.5).

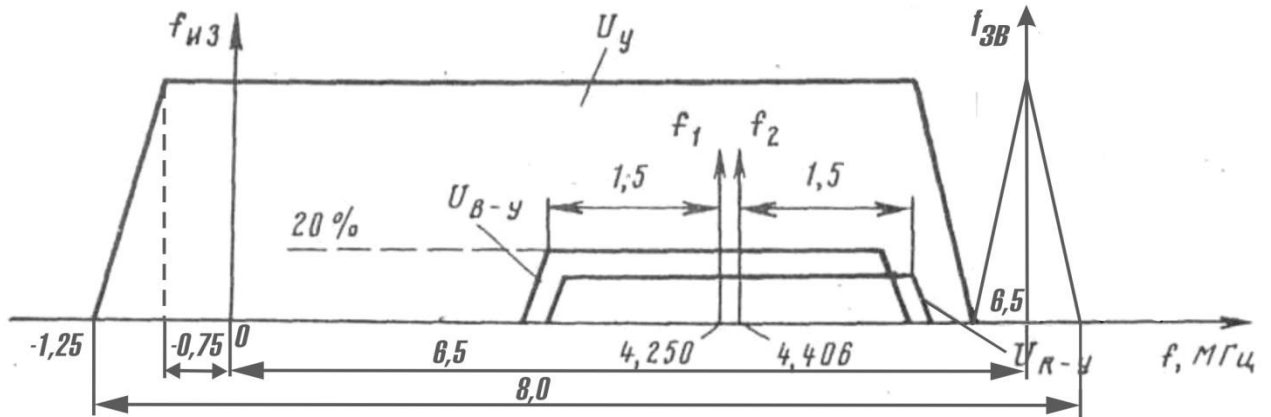


Рисунок 3.5- Спектр сигналов цветного телевидения в системе SECAM

Такая ширина полосы частот достаточна для воспроизведения сигналов цветных изображений на приёмном конце, так как высокочастотные составляющие воспроизводятся только в чёрно-белом виде. Поднесущая частота цветности выбирается в спектре монохроматической передачи с таким расчётом, чтобы избежать увеличения ширины её полосы. В то же время поднесущая частота выбирается так, чтобы минимизировать наводки в монохроматическом приёмнике при его настройке на цветную передачу [185].

Исследования спектра телевизионного сигнала показывают, что в нём распределение частот неравномерно. Частоты концентрируются в пачки, располагающиеся около гармоник частоты строчной развертки, а их амплитуды уменьшаются по мере удаления от этих гармоник. Для получения минимальных помех от монохромного сигнала поднесущая цветности должна располагаться между этими пачками.

Именно поэтому частота поднесущей передачи цветов выбирается кратной половине частоты строчной развертки, т.е. сдвигается относительно её гармоник.

Серый сигнал характеризуется нулевой или небольшой амплитудой поднесущей, а сильно насыщенный цвет-максимальной. Оттенок же характеризуется фазовым углом поднесущей частоты. Для его установки в приёмнике необходим опорный сигнал поднесущей, который передаётся в виде

калиброванного синусоидального колебания длительностью около 10 периодов. Такой синхроимпульс передачи цвета устанавливается на задней площадке строчного синхроимпульса. Его отсутствие свидетельствует о том, что передача является монохроматической.

Существуют три стандарта передачи цвета: NTSC, PAL и SECAM. Все они основаны на принципе передачи сигналов яркости и двух цветоразностных сигналов. Различие между ними заключается лишь в способе передачи цветоразностных сигналов с помощью несущей частоты 4,43 МГц.

В применяемой в СССР, России системе **SECAM** (по-французски, *Sequenciel Couleur A Memoire*, т.е. последовательные цвета в памяти) два цветоразностных сигнала передаются попеременно от строки к строке. В двух других системах цветоразностные сигналы передаются одновременно с помощью квадратурной амплитудной модуляции.

В системе **NTSC** (National Television System Committee, т.е. Национальный комитет по системе телевидения США) используются две несущие частоты 4,43 МГц. Их фазы сдвинуты между собой на 90° . Каждая из этих несущих модулируется одним из цветоразностных сигналов, а результирующий вектор оказывается связанным с цветовым треугольником, т.е. амплитуда этого вектора описывает насыщение, а фазовый угол - цветовой оттенок.

В системе **PAL** (Phase Alternated Line, т.е. строка с чередующейся фазой) также применяется квадратурная амплитудная модуляция.

Для борьбы с фазовыми искажениями выполняется переполюсовка цветоразностного сигнала каждый раз при переходе к следующей строке.

Квадратурная модуляция двух сигналов одной несущей частоты осуществляется двумя балансными модуляторами, на которые подаются колебания одной и той же несущей частоты, но с взаимным сдвигом по фазе на 90° (в "квадратуре"). Квадратурная модуляция была разработана советскими учёными А. А. Пистолькорсом, Е. Г. Момотом и В. И. Сифоровым (1935 - 1941 гг.).

Дадим сравнительную оценку системам передачи сигналов цветных изображений [187]. Во всём мире приняты три основные системы. Во всех

применяющихся системах передачи сигналов цветных изображений используется принцип совместимости с чёрно-белым телевидением, т.е. в спектре телевизионного канала передаются яркостный сигнал и модулированные на цветовую поднесущую частоту цветоразностные сигналы. В них применяются кодирующая, декодирующая матрицы и цветокорректор [188].

Однако, цветовая поднесущая $f_{цв}$ -одна, а цветоразностных сигналов-два, значит, надо с помощью одной цветовой поднесущей передать в место приёма два цветоразностных сигнала. Системы различаются по методу модуляции колебаний поднесущей частоты $f_{цв}$ и условиями передачи сигналов в радиоканале. Различие между ними заключается лишь в способе передачи цветоразностных сигналов. В стандарте SECAM, используемом в России, эти сигналы уплотняются по времени, а в остальных передаются путём фазового уплотнения.

В США, Канаде, Австралии, Японии и странах Латинской Америки применяется система с квадратурной модуляцией (передача 525 строк), имеющая название NTSC. Система разработана специально созданным национальным телевизионным комитетом США.

Если применяется балансная модуляция, то несущая частота на выходе отсутствует, и остаются только векторы напряжения колебаний боковых частот. Характерными особенностями этих колебаний является:

- а) огибающая представляет собой две пересекающиеся синусоиды;
- б) в момент перехода через нуль происходит смена фазы на 180° .

При детектировании продуктов балансной модуляции в месте приёма необходимо восстановить несущую частоту не только по частоте, но и по фазе.

В этом случае в детектируемых колебаниях по-прежнему изменяется только амплитуда вектора, а его фаза остаётся постоянной. Детектор, где отсутствовавшая в принятом сигнале несущая частота восстанавливается по частоте и фазе, называется синхронным. Процесс детектирования (выпрямления) колебаний есть процесс установления закона изменения амплитуды суммарного вектора.

Относительно друг друга они все время находятся под углом 90° и амплитуда каждого из них изменяется по своему закону. С этой целью восстановления в месте приёма колебаний несущей частоты, точно совпадающих по частоте и фазе в месте передачи, в системе передаётся специальный синхронизирующий сигнал. Сигнал синхронизации цветовой поднесущей, посылаемый из места передачи, представляет собой пакеты колебаний $f_{цв}$ (8 - 10 периодов), которые передаются в конце каждой строки после импульсов строчной синхронизации (но в то время, когда ещё продолжаются бланки-импульсы (гасящие)). Это есть так называемый сигнал "вспышка". В месте приёма, открывая усилитель только на время передачи сигнала "вспышки", получают радиоимпульсы генератора колебаний $f_{цв}$, повторяющиеся с частотой строк. В составе спектра этих колебаний резко выделяется по амплитуде составляющая колебаний с частотой, точно соответствующей частоте исходного генератора в пункте передачи. Для правильного установления фазы в схеме приёмника предусмотрен фазовращатель [189].

Основной недостаток системы NTSC заключается в том, что изменения фазового сдвига телевизионного сигнала в тракте передачи приводит к искажениям цвета. Они окажутся не теми, которыми они были в пункте передачи, что и приведёт к искажению цвета на экране приёмника.

Работая над вопросами уменьшения влияния фазовых искажений в тракте передачи на качество цветного изображения в системе NTSC, учёные внесли в неё некоторые усовершенствования. Это привело к созданию системы PAL1, в которой применено разложение на 625 строк. По системе PAL с 1967г. ведётся телевизионное вещание в Германии и Англии.

Для уменьшения влияния фазовых искажений в системе изменяется фаза одного из цветоразностных сигналов на 180° через строку. Одно и то же изменение фазы сигнала цветности (сдвиг по часовой стрелке) приводит к противоположным результатам. В одном случае в результате сдвига фазы увеличивается составляющая UR-у и уменьшается UB-у, а в другом - наоборот. Если сложить эти два сигнала, то в итоге получим увеличение амплитуды, но без

фазового искажения. Искажения, получившиеся за время передачи одной строки и следующей, компенсируются.

Сигналы передаются в разное время (при поочередной передаче двух разных строк). Их складывают, используя линию задержки с временем задержки $\tau = 64$ мкс (время передачи одной строки) [193]. Очевидно, что в схеме смещения будет происходить сложение одновременно существующих напряжений с разными фазами сигнала.

Однако для такого сложения сигналов следует предварительно ещё раз изменить на 180° фазу составляющей UR-у, а если для этого выделять её отдельно, то вносятся дополнительные искажения. Во избежание этого сложение осуществляется по схеме с двумя сумматорами. В одном из них, где не происходит дополнительный сдвиг по фазе, складываются составляющие UB-у, а в другом, где осуществляется сдвиг принятого сигнала Uцв на 180 градусов, складываются составляющие UR-у. В системе PAL применена также схема фазовой автоподстройки частоты генератора цветовой поднесущей в месте приёма. В эксплуатации система PAL оказалась устойчивее, чем система NTSC.

Система SECAM-Sequence de Couleurs Avec Memoire-поочередность цветов с запоминанием - доработана совместно французскими и советскими учеными.

С 1 октября 1967г. в СССР и во Франции ведётся цветное телевизионное вещание с применением этой системы.

Система поочередной передачи части цветных сигналов предложена в 1954г. В системе вместо яркостного сигнала поочередно передавались сигналы UR и UG. Третий цветовой сигнал UB передавался на цветовой поднесущей в узкой полосе частот. Здесь впервые была применена линия задержки для сложения сигналов цветности, пришедших в разное время. Но в таком виде система не нашла применения.

В 1956-1957гг. был разработан новый вариант, после которого предлагалось ещё несколько. Один из этих вариантов системы и получил в 1959г. название SECAM. В этом варианте передавался уже сигнал Uy, а сигналы UG и UR поочередно модулировали по амплитуде цветовую поднесущую частоту. С 1960

– 1961гг. в SECAM стали применять частотную модуляцию поднесущей и вместо U_R и U_G начали передавать цветоразностные сигналы U_{R-Y} и U_{B-Y} .

Поскольку в системе происходит временное разделение цветоразностных сигналов, то технически эта задача выполняется проще. Применение частотной модуляции сделало систему малочувствительной к фазовым и нелинейным искажениям. Однако опытная эксплуатация показала недостаточно надёжную работу устройств синхронизации цвета (электронного коммутатора) и взаимно слабую помехозащищённость между сигналами цветности и яркости. Указанные недостатки привели к необходимости доработки системы.

Для воспроизведения цветового изображения необходимо принять не только яркостный сигнал, но и сигналы цветности (цветоразностные сигналы)[195].

При разработке систем цветного телевидения была поставлена задача - передавать сигналы цветности в пределах того диапазона частот, который отведён для сигнала чёрно-белого телевидения. Рассмотрим возможности одновременной передачи сигналов, U_{R-Y} и U_{B-Y} в спектре телевизионного канала. Отметим некоторые свойства видеосигнала. Исследованиями установлено, что спектр видеосигнала имеет дискретную структуру и колебания сгруппированы около гармоник частоты строчной развертки. Следовательно, внутри спектра, занимаемого видеосигналом, имеются свободные участки, где можно расположить дополнительные сигналы.

Применение цветоизбирательных зеркал для получения сигналов цветовых компонентов изображения (U_R , U_G и U_B) в месте передачи и люминофоров кинескопов для воспроизведения изображения в месте приёма приводит к искажениям цвета вследствие разных свойств зеркал передающей стороны и люминофоров кинескопов приёмной стороны. Для устранения этого вида искажений в пункте передачи включаетсяцветокорректор (рисунок 3.6), изложенный автором в [196].

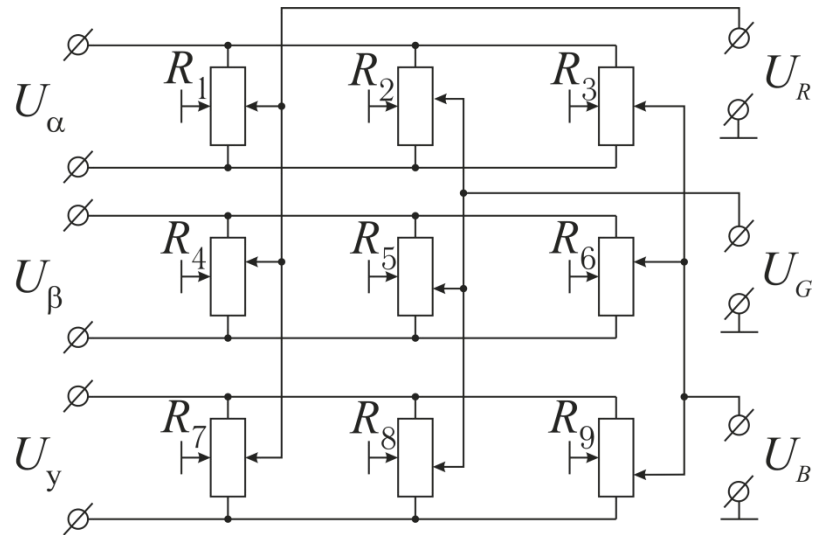


Рисунок 3.6-Принципиальная электрическая схема цветокорректора

Напряжения U^α , U^β и U^γ поступают от передающих трубок, а в кодирующей матрице используются напряжения U_R , U_G и U_B . Потенциометры R_1 - R_9 служат для согласования свойств зеркал передающей стороны со свойствами люминофоров кинескопов приёмной стороны.

Как отмечалось, для превращения системы в совместимую, следует так преобразовать исходные сигналы, чтобы один из передаваемых сигналов был яркостный (сигнал чёрно-белого телевидения). Цветокорректор регулируют при передаче опорного белого цвета, устанавливая положения потенциометров так, чтобы этот цвет был получен

на экране приёмной трубки. [201]. Дополнительный сигнал можно поместить в свободные участки верхней части спектра, где колебания образуются мелкими деталями изображения и имеют малую амплитуду. Для размещения дополнительного сигнала, который имеет такую же структуру, в свободных участках спектра им нужно модулировать цветовую поднесущую частоту f , расположенную на середине одного из таких участков. Это выполнимо, если поднесущая частота будет нечётной гармоникой половины строчной частоты, т. е. в первых вариантах системы цветного телевидения, разрабатывавшихся в нашей стране при частоте строчной развёртки $f_{стр} = 15625\text{Гц}$, то $f_{цв} = 0,5 f_{стр}$ [2 (283+1)]. Сигнал с такой частотой оказывает малое мешающее действие на

яркостный сигнал в том случае, если фазу колебаний изменять на 180° после каждого кадра. При этом колебания с $f_{цв}$, проявляющиеся как помехи и вызывающие просветление и потемнение отдельных точек некоторой строки на экране кинескопа, во время следующего её прочерчивания вызовут противоположное действие, компенсирующее первое. Поэтому сигнал $f_{цв}$ может быть подан на кинескоп без устранения добавленных колебаний. Сигнал цветности выделяется в месте приёма полосовым фильтром и последующим детектированием. Следовательно, не расширяя полосу частот телевизионного канала можно поместить в нём ещё спектр колебаний модулированной поднесущей $f_{цв} = 4,43$ МГц. Сигналы цветности возможно передавать в более узком спектре, чем яркостный сигнал. Выяснено, что детали, создающие частоты видеосигнала выше 1,5 МГц, глаз не видит в цветном изображении и не замечает подмены их черно – белыми. В связи с этим нецелесообразно передавать широкий спектр сигналов цветности. Более того, на качество цветного изображения почти не влияет ограничение спектра сигналов цветности максимальной частотой 0,7 МГц. Сужение спектра сигналов цветности применяется во всех системах. Существующие системы цветного телевидения отличаются в основном только способом решения вопроса передачи двух сигналов U_{R-Y} и U_{B-Y} .

По цветному телевидению автором разработаны в качестве рационализаторских предложений [202] схема цветокорректора на передающей стороне и изменения схемы каналов цветности телевизионных приёмников «Рубин-401», «Рекорд-101» [28, 29, 167, 203], что повысило качество, разрешающую способность. Это было подтверждено исследованиями в лабораториях телевизионного объединения «Рубин» (г. Москва).

Хронология основных этапов истории развития техники и элементов систем передачи сигналов чёрно-белого и цветного телевидения

№ № п/п	Период времени	Открытие, применение	Страна, авторы
1.	1675- 1721гг.	Исследования в оптике (интерференционные кольца, дисперсия света, дифракция).	Англия, И. Ньютон.
2.	1756г.	Трёхкомпонентная теория зрения.	Россия, М.В. Ломоносов.
3.	1852г.	Развитие трёхкомпонентной теории зрения.	Германия, Г. Гельмгольц.
4.	1872г.	Электрическая лампа накаливания.	Россия, А.Н. Лодыгин.
5.	1873г.	Фотопроводимость селена.	Англия; Смит и Мэйн.
6.	1875г.	Проект телепередачи изображений на фотоэлементах.	США, Д. Керр.
7.	1884г.	ТВ-система с тонкими вращающимися дисками.	Германия, П. Нипков.
8.	1879 - 1888 гг.	Последовательная поэлементная передача изображений (7-8 кадров в секунду).	Россия, А.П. Бахметьев.
9.	1888- 1890 гг.	Фотоэлемент с внешним фотоэффектом.	Россия, А.Г. Столетов.

10.	1890г.	Термин «Телевидение».	Россия, К.Д. Перский.
11.	07.05.1895г	Изобретение радио.	Россия, А.С. Попов.
12.	Декабрь 1899г.	ТВ-система передачи сигналов цветных	Россия, А.А. Полумордвинов.
13.	25.07.1907г.	изображений. «Способ электрической передачи изображения на расстояние» (привилегия №18076, С.-Петербургский Технологический институт). Запатентован ТВ- передатчик с механической развёрткой луча, и приёмной электронно-лучевой трубкой, люминесцентным экраном.	Россия, С.- Петербург, Б.Л. Розинг.
14.	Май 1911г.	Передача движущихся геометрических фигур с оптико-механического передатчика.	Россия, С.- Петербург, Б.Л. Розинг.
15.	1911г.	Регистрация солнечного затмения с помощью фотодиода.	Египет, немецкие учёные.
16.	1925г.	Первая электронная	СССР, г. Ташкент,
17.	1926г.	система чёрно-белого ТВ. Создание трубки	Б.П. Грабовский. США, Франсуа.

18.	1926г.	мгновенного действия «Диссектор».	Международное колориметрическое объединение (МКО).
19.	1927г.	Приняты две трёхкомпонентные колориметрические системы: реальных цветов R,G,B и производная от неё-символьных цветов X,Y,Z.	Англия, г. Глазго, Д. Бэрд.
20.	1927г.	Оптико-механическая система передачи сигналов цветных изображений	СССР, Г. В. Брауде.
21.	1927г.	Первая передающая телевизионная трубка мгновенного действия- статитрон.	СССР, г. Ленинград, Л.С. Термен.
22.	1928г.	Передача движущихся силуэтных изображений.	СССР, С.И. Катаев.
23.	1928г.	Изобретён супериконоскоп.	СССР, П.В. Шмаков, П.В. Тимофеев.
24.	24.09.1931г.	Внедрена передающая ТВ- трубка-ортикон.	СССР, В.К. Зворыкин.
25.	13.11.1931г.	Сконструирован иконоскоп.	СССР, г. Москва, г. Ленинград.
26.	1931г.	Введены в строй ТВ- центры.	

27.	1934г.	Начало регулярных ширококвещательных ТВ - передач.	СССР.
28.	1937г.	Перестройка ТВ-передач на стандарт в 625 строк.	СССР, С.И. Катаев, С.В. Новаковский.
29.	1938г.	Опытное цветное ТВ - вещание.	СССР, Франция.
30.	1954г.	Предложена система поочередной передачи цветных сигналов в SECAM.	СССР, Франция.
31.	01.10.1967г.	Начало регулярного цветного ТВ-вещания в системе SECAM.	СССР, Франция.
32.	1970-1975гг.	Разработаны первые приборы с зарядовой связью (ПЗС) и активно внедрены в качестве светоприёмников.	СССР, МИИТ, д.т.н., профессор В.А. Шилин.
	1989г.	ПЗС-детекторы применялись в 97 процентах телевизионных приёмников.	СССР, МИИТ, д.т.н., профессор В.А. Шилин; НПП «Сапфир», д.т.н., профессор Ю.Р.Носов.

Выводы по главе 3

- 1) Система передачи сигналов цветных изображений железнодорожных объектов применяется там, где надо передать более корректно информацию по сравнению с чёрно-белым телевидением [25, 93,95,107,108].
- 2) Русский учёный М.В. Ломоносов предложил в 1756г. трёхкомпонентную теорию зрения с целью пояснения реального восприятия человеком оптических сигналов цветных изображений. Немецкий физик Г. Гельмгольц развил эту теорию в 1852г. (таблица 3.1.) [85-88].
- 3) Автор разработал принципиальную электрическую схему цветокорректора (рисунок 3.6), [23, 28, 157] для передающей стороны и совершенствовал схему канала цветности телевизионных приёмников сигналов цветных изображений типа Рубин-Ц 401, Рекорд-Ц 101.
- 4) Используя причинно-следственные связи открытий М.В. Ломоносова, строение глаза человека, восприятие оптических сигналов мозгом человека, Всесоюзный научно-исследовательский институт телевидения (ВНИИТ, г. Ленинград), Новгородский завод «Радиоволна» разработали и выпустили в 1975 г.автоматизированную телевизионную установку «Люмен», применённую группой телевизионщиков ВЗИИТ на железнодорожных станциях. Установка «Люмен» имела автоматические регулировки диафрагмы объектива передающей камеры и электронной фокусировки передаваемого изображения контролируемых объектов железнодорожного транспорта в зависимости от их освещённости.

Глава 4. История открытия, применения приборов с зарядовой связью (ПЗС)

4.1. Вводные замечания

Достаточно упомянуть в качестве примера удачную регистрацию с помощью фотодиода явления солнечного затмения, наблюдавшегося берлинскими учёными в Египте в 1911 году. С тех пор фотодиоды совершенствовались, но их основной недостаток - одноканальность не позволил им найти широкого применения.

Изобретение и развитие твёрдотельного телевидения началось с 1950 г.

В 1970 г. взамен электровакуумных трубок были созданы первые приборы с зарядовой связью ПЗС, в которых технология твёрдотельных приёмников проявилась особенно успешно [28, 56].

Постоянное стремление технических специалистов фирмы Sony к разработке преобразователей изображения на матрицах ПЗС и улучшению их качественных показателей привело к тому, что в 1990 г. был сконструирован прибор с зарядовой связью (Hyper HAD). В нём в качестве нижнего слоя подложки использован слой n-типа и слой p-типа в совокупности с несколькими диффузными слоями и фотодиодными датчиками. В основе формируется вертикальный заполняющий сток зарядов, замещающий горизонтальные отводящие стоки. Область p-типа с большим количеством присадок формирует слой накопления дырок. Отсюда было принято и название новой матрицы HAD (Hole Accumulated Diode - диодный накопитель дырок).

Приборы с зарядовой связью относятся к классу твёрдотельных полупроводниковых элементов [87]. Первыми приёмниками такого типа были фотодиоды, позволившие на заре своего появления сделать скачок в области регистрации световых потоков и изображений. По сравнению с вакуумными

передающими трубками (диссекторами и видиконами), применяемыми ранее в астродатчиках и телевизионных системах, твёрдотельные преобразователи свет-сигнал или формирователи сигналов изображения (ФСИ) на ПЗС обладают рядом преимуществ:

- высокая чувствительность;
- надёжность;
- низкие рабочие напряжения (менее 30 В);
- возможность выдерживать экспозиции при сильном свете;
- отсутствие накала вакуумной конструкции;
- существенно меньшие габариты и вес;
- малое электропотребление;
- высокая механическая прочность, а также
- значительно более высокая радиационная стойкость.

Перспективы применения ФСИ на ПЗС в разных областях науки и техники можно показать на примерах:

- 1) телевизионные камеры на ПЗС размером со спичечный коробок, встроенные в дверные глазки, в комплекте с телевизионным монитором охраняют сотрудников и объекты железных дорог;
- 2) современный факс, сканер и другая оргтехника сотрудников технических контор, диспетчерских кабинетов железнодорожников имеют линейные ФСИ на ПЗС;
- 3) переносные видеокамеры, цифровые фотоаппараты, в которых вместо фотоплёнки применяются матричные ФСИ на ПЗС, работающие совместно с микропроцессорами и электронной памятью;
- 4) известно, что изображение планет Юпитера, Марса, его спутника Фобоса, фотографии кометы Галлея получены с помощью ФСИ на ПЗС;
- 5) известно, что современная железнодорожная техника не обходится без ФСИ на ПЗС, являющиеся её глазами, способными видеть как в видимой, так и в инфракрасной области спектра.

б) ежедневный прогноз погоды невозможен без фотографий облачного покрова поверхности Земли, полученных с метеоспутников, на которых установлены сканеры, применяющие гибридные ФСИ на ПЗС (линейные ФСИ с временной задержкой и накоплением информации на нескольких тысячах элементов в строке).

Вначале ПЗС применялись как более эффективные многоканальные заменители фотодиодов, матриц фотодиодов. С наибольшим успехом ПЗС - матрицы регистрировали слабые световые потоки в таких отраслях, как микробиофизика, химическая физика, ядерная физика, астрофизика.

С 1975 г. ПЗС начали активно внедряться в качестве телевизионных светоприёмников. А в 1989 г. ПЗС - детекторы применялись уже почти в 97% всех телевизионных приёмников. Для сравнения, десятью годами ранее (1979г.) ПЗС были представлены всего двумя процентами [88].

Долгое время широкому применению ПЗС приёмников в телевизионной технике препятствовали недостатки в технологиях изготовления светочувствительных элементов - кристаллических основ необходимого размера. Светоприёмная область была неоднородна по квантовому выходу: наблюдалась заметная геометрическая нестабильность (плавающее низкое разрешение), присутствовали разного рода шумы как на малых масштабах (от пикселя к пикселю), так и на больших пространственных масштабах (на шкалах 10-100 пикселей) [89]. На рисунке 4.1 представлена одна из первых советских ПЗС матриц (размер светочувствительной области 20x2 пикселей).

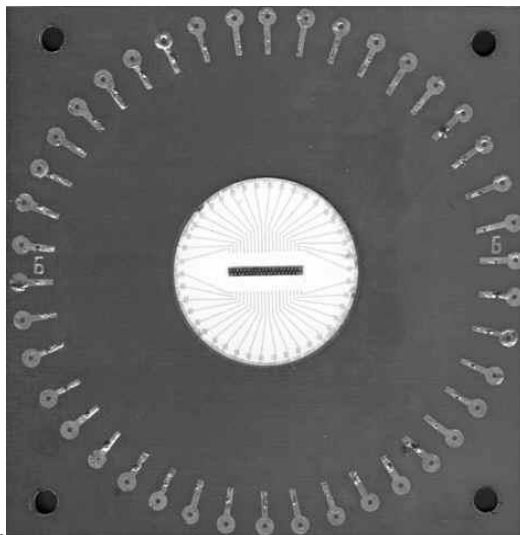


Рисунок 4.1- Фото одной из первых советских ПЗС-матриц (размер светочувствительной области 20х2 пикселей).

Только с развитием, совершенствованием технологии создания ПЗС и с существенным скачком в развитии сопутствующих электронных средств, прежде всего, с увеличением мощностей и быстродействия аналого-цифровых преобразователей (АЦП) стало возможным более широкое применение ПЗС [93]. Поставив на конвейер производство изначально дорогих элементов, многие фирмы добились резкого снижения их себестоимости. Удешевление телевизионных камер на основе ПЗС, уменьшение их габаритов и веса, низкое электропотребление, простота и надёжность в эксплуатации позволили применять их не только в профессиональных студиях, научных исследованиях, но и в системах железнодорожного и военного назначения.

Сегодня телевизионные камеры на основе ПЗС матриц можно встретить в самых разных областях производства, в различных сферах услуг, сервиса, в системах охраны, в быту. Появление миниатюрных телекамер с применением ПЗС-матриц с размерами пикселя в несколько микрон дали возможность применять их в микрохирургии, микробиологии, микровидеооптике, что привело к созданию специальной микровидеотехники.

Сегодня серийное производство ПЗС-матриц осуществляется несколькими фирмами: Texas Instruments, Thompson, Loral Fairchild, Ford Aerospace, SONY, Panasonic, Samsung, Philips, Hitachi Kodak. Хотелось бы поставить в один ряд с этими мастодонтами и российскую фирму «Научно-производственное предприятие «Силар» (бывший отдел по разработке твёрдотельных приёмников сигналов изображения ЦНИИ “Электрон”) из Санкт - Петербурга, которая является в России производителем ПЗС-матриц, применяемых в научных, промышленных, охранных и других целях [99].

Упрощённо прибор с зарядовой связью можно рассматривать как матрицу близко расположенных МДП-конденсаторов. Структуры металл-диэлектрик-полупроводник (МДП - структуры) научились производить в конце 50-х гг. XX века. Были найдены и развиты технологии, которые обеспечивали низкую плотность дефектов и примесей в поверхностном слое полупроводника. Тем самым уже через 10 лет были заложены предпосылки для изобретения приборов с зарядовой связью [101, 223].

С физической точки зрения ПЗС интересны тем, что электрический сигнал в них представлен не током или напряжением, как в большинстве других твёрдотельных приборов, а зарядом. При соответствующей последовательности тактовых импульсов напряжения на электродах МДП-конденсаторов зарядовые пакеты можно переносить между соседними элементами прибора. Поэтому такие приборы и названы приборами с переносом заряда или с зарядовой связью.

4.2. Эволюция приборов с зарядовой связью

Приборы с зарядовой связью имеют два режима работы: накопления и хранения. Структура одного элемента линейного трёхфазного ПЗС в режиме накопления состоит из слоя кремния р-типа (подложка), изолирующего слоя двуокиси кремния и набора пластин-электродов. Один из электродов смещён

более положительно, чем остальные два, и именно под ним происходит накопление заряда [104, 217].

Полупроводник р-типа, получают добавлением (легированием) к кристаллу кремния акцепторных примесей, например, атомов бора.

Акцепторная примесь создаёт в кристалле полупроводника свободные, положительно заряженные носители-дырки. Дырки в полупроводнике р-типа являются основными носителями заряда: свободных электронов там очень мало. Если теперь подать небольшой положительный потенциал на один из электродов ячейки трёхфазного ПЗС, а два других электрода оставить под нулевым потенциалом относительно подложки, то под положительно смещённым электродом образуется область, обеднённая основными носителями-дырками. Они будут оттеснены вглубь кристалла [125, 198]

На языке энергетических диаграмм это означает, что под электродом формируется потенциальная яма (рисунок 4.2).

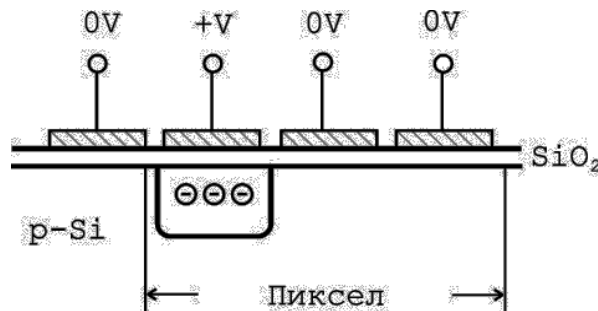


Рисунок 4.2 - Элемент трёхфазного ПЗС. Пиксел – элемент изображения

В основе работы ПЗС лежит явление внутреннего фотоэффекта.

Когда в слое кремния поглощается фотон, то генерируется пара носителей заряда - электрон и дырка. Электростатическое поле в области пикселя "растаскивает" эту пару, вытесняя дырку вглубь слоя кремния. Неосновные носители заряда, электроны, будут накапливаться в потенциальной яме под электродом, к которому подведён положительный потенциал. Здесь они могут храниться достаточно длительное время, поскольку дырок в обеднённой области нет и электроны не рекомбинируют. Носители, сгенерированные за пределами обеднённой области, медленно движутся-

диффундируют и, обычно, рекомбинируют с решеткой прежде, чем попадут под действие градиента поля обеднённой области. Носители, сгенерированные вблизи обеднённой области, могут диффундировать в стороны и могут попасть под соседний электрод. В красном и инфракрасном диапазонах длин волн ФПЗС имеют разрешение хуже, чем в видимом диапазоне, так как красные фотоны проникают глубже в кристалл кремния и зарядовый пакет размывается [35, 192].

Заряд, накопленный под одним электродом, в любой момент может быть перенесён под соседний электрод, если его потенциал будет увеличен, в то время как потенциал первого электрода будет уменьшен. Перенос в трёхфазном фоточувствительном приборе с зарядовой связью (ФПЗС) можно выполнить в одном из двух направлений (влево или вправо - на рисунке 4.2). Все зарядовые пакеты линейки пикселей будут переноситься в ту же сторону одновременно. Двумерный массив (матрицу) пикселей получают с помощью стоп-каналов, разделяющих электродную структуру ФПЗС на столбцы. Стоп-каналы - это узкие области, формируемые специальными технологическими приёмами в приповерхностной области, которые препятствуют растеканию заряда под соседние столбцы.

Большинство типов ФПЗС - матриц, изготавливаемых на промышленной основе и ориентированных на применение в телевидении, находят отражение на их внутренней структуре. Как правило, такие матрицы состоят из двух идентичных областей: области накопления и области хранения (рисунке 4.3) [129, 191].

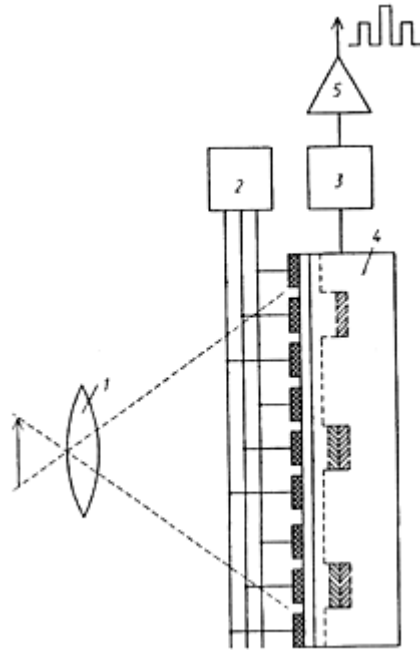


Рисунок 4.3-Структурная схема преобразования светового сигнала в электрический с помощью ФПЗС: 1 – линза; 2 – блок управления ФПЗС; 3 – блок согласования; 4 – ФПЗС-структура; 5 – усилитель.

Все зарядовые пакеты линейки пикселей будут переноситься в ту же сторону одновременно. Двумерный массив (матрицу) пикселей получают с помощью стоп-каналов, разделяющих электродную структуру ФПЗС на столбцы. Стоп-каналы-это узкие области, формируемые специальными технологическими приёмами в приповерхностной области, которые препятствуют растеканию заряда под соседние столбцы. Большинство типов ФПЗС-матриц, изготавливаемых на промышленной основе и ориентированных на применение в телевидении, находит отражение на их внутренней структуре.

4. 3. Вклад российских учёных, в том числе МИИТ, в развитие транзисторной техники и ПЗС

В нашей стране сотрудники НИИ-108 Н.А. Пенин, Л.А. Кубецкий, К.В. Якунина и Е.А. Пантелеймонова создали германиевый плоскостной сплавной

транзистор. А.В. Красилов и Ф.А. Щиголь. разработали промышленные образцы точечных транзисторов типа С 1 и С 2. Эти работы были выполнены в 1952 г.

В 1953 г. были произведены нижеследующие исследования. Физик А.Ф. Иоффе на основе исследований термоэлектрических свойств полупроводников создал серию термоэлектрогенераторов. Одним из первых, кто поставил проблему преобразования световой энергии в электрическую с помощью полупроводников, стал А.Ф. Иоффе. Основополагающими в области фотоэлектрических свойств полупроводников стали работы советских учёных: Ж.И. Алфёрова, Б.И. Давыдова, И.В. Курчатова, Ю.М. Кушнира, Л.Д. Ландау, В.Е. Лашкарёва, В.М. Тучкевича и др. Ими был создан германиевый фотоэлемент, работавший в диодном режиме и управлявшийся светом по обратному току.

В 1960 г. Главный конструктор Ю.Р. Носов в НИИ «Сапфир» разработал образцы микромодульной техники на основе миниатюрных элементов.

В 1969 г. под руководством В.В. Бачурина созданы мощные высокочастотные МДП - транзисторы сверхвысокочастотного диапазона (НИИ «Пульсар»). В 1972г. изготовлены линейные ПЗС-приборы с поверхностным каналом в НИИФП (г. Зеленоград).

В 1973 г. А.В. Вего, В.А. Шилин, А.И. Гольдшер, Ю.А. Кузнецов, А.С. Скрылёв и другие создали серию приборов с зарядовой связью в НИИ «Пульсар».

В 1976 г. созданы КМОП БИС ЗУ с информационной ёмкостью 1 Кбит (НИИ «Пульсар»).

В 1997 г. разработана элементная база БиКМОП ИС на основе самосовмещённой технологии в НИИМЭ [132-134].

Благодаря применению новейших высокоточных технологий в изготовлении ПЗС, эти приёмники излучения в настоящее время стали доминирующими в телевизионных системах и вывели их на принципиально новый уровень, существенно расширив функциональные возможности ПЗС и сделав

доступными по себестоимости для широкого применения. Крупный вклад в развитие физики, схемотехники приборов с зарядовой связью внёс известный учёный МИИТ, доктор технических наук, профессор В.А. Шилин. Он много сделал для продвижения Отечественной науки. В 1998 г. он был удостоен премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники за работу «Научные и технологические основы создания и промышленного освоения фоточувствительных сверхбольших интегральных схем на приборах с зарядовой связью». Он возглавлял научный центр по проблемам транспорта в Российской Академии наук и МИИТ, готовил диссертантов, работал в Учёных советах.

Выводы по главе 4

1. В настоящее время в телевидении не применяются электровакуумные приборы (видиконы, суперортиконы, кинескопы и другие трубки), а внедрены твёрдотельные элементы - приборы с зарядовой связью, в том числе и на железнодорожном транспорте [159, 183].
2. Большой вклад в создание современных приборов с зарядовой связью внёс доктор технических наук, профессор МГУПС МИИТ В.А. Шилин по применению ПЗС детекторов в телевидении, разработку технологических процессов производства ПЗС, ФПЗС, КМОП. За эти работы он был удостоен премии Правительства Российской Федерации [174, 182]. На базе разработок профессора МИИТ В.А. Шилина в 2005 г. была спроектирована, смонтирована, настроена система видеонаблюдения, узлы которой разработаны на базе ПЗС для внутреннего и внешнего мониторинга помещений и зданий РОАТ МИИТ.

Глава 5. История становления и развития передачи цифровых сигналов изображений

5.1. Вводные замечания

Эта глава посвящена истории становления и развития цифрового телевидения (ЦТВ), вклад в него учёных России, в том числе и МИИТ.

Известно, что аналоговое телевидение занимает очень широкую полосу частот, равную 8 МГц, поэтому его обычная цифровизация неприемлема. С 1980-х годов специалисты стали искать способы сокращения полосы частот (сжатия) ЦТВ. Для этого были разработаны рекомендации JPEG, MPEG, ДКП. Но они сложны и дороги.

В данной работе исследуется первая цифровая система – дельта-модуляция (ДМ), применённая для телевидения, которая значительно проще, узкополоснее последующих. Она была изобретена в России Л.А. Коробковым, что подтверждено следующим документом: «Способ передачи электрических сигналов. Авторское свидетельство № 106036 (362169 от 26 февраля 1948 г.). «Бюллетень изобретений», 1957, № 4.»[22, 23].

Однако из-за основного недостатка-перегрузки по крутизне она была заменена более сложной импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ). В последнее время на кафедре РЭС МИИТ предложен способ устранения перегрузки по крутизне, который исследовался в диссертации [26, 30]. Его суть состоит в том, что знак приращения в данном отсчёте по отношению к предыдущему определяется не приращением функции, а её производной с последующим квантованием по времени и клиппированием, по которым восстанавливается переданный сигнал на приёмной стороне интегратором с фильтра низших частот ФНЧ и дифференциатором согласно рисунку 5.1. Следует отметить вклад в цифровизацию учёных МИИТ: И.П. Кнышева, Л.Г. Коптевой, В.И. Неймана, Л.А. Осипова, А.Ф. Фомина и других учёных.

Основой современных систем передачи цифровых сигналов изображений является импульсно-кодовая модуляция, которая базируется на трёх операциях:

1. дискретизация непрерывных сигналов по времени;
2. квантование отсчётов по уровню;
3. кодирование квантованных отсчётов.

Эти операции осуществляются в устройстве, называемом аналого-цифровым преобразователем (АЦП).

Ширина спектра цифрового сигнала (ЦС) $\Delta f_{ц}$ в n раз больше ширины спектра аналогового сигнала $\Delta f_{а} = 3,4 \text{ МГц}$,

$$(5.1)$$

где n – разрядность кодового слова. Для речи $n = 8$. Ширина полосы частот аналогового ТВ сигнала $\Delta f_{а} = 6,5 \text{ МГц}$, чему соответствует $\Delta f_{ц}$ более 70

МГц, что неприемлемо. Поэтому $\Delta f_{а}$ сжимают различными способами, одним из которых является способ дифференциальной ИКМ (ДИКМ).

Система ДИКМ – система с предсказанием уровня данного отсчёта по уровням предыдущих отсчётов в силу корреляционной связи между ними.

Так как предсказанный отсчёт $b_i(k)_{пред}$ является детерминированным, то он не несёт информации и его можно не передавать, а восстанавливать на приёмной стороне аналогично. Передаётся только случайная разница Δb между данным отсчётом $b_i(k)$ и предсказанным $b_i(k)_{пред}$, т.е.

$$\Delta b = b_i(k) - b_i(k)_{пред}, \quad (5.2)$$

которая по уровню значительно меньше самого отсчёта $\Delta b \ll b_i(k)$.

Поэтому при заданном уровне шумов квантования можно уменьшать разрядность кодового слова n , тем самым, сократить полосу частот ЦС.

По международной рекомендации G.721 МККТТ число предыдущих отсчётов для речи равно 6 и скорость передачи $R=32 \text{ кбит/с}$ вместо 64 кбит/с

при ИКМ, т.е. скорость передачи сигналов снижается в 2 раза, а значит, уменьшается и полоса частот ЦС в 2 раза. Если частоту дискретизации

$$F_0 \geq 2 F_{\text{max}} \quad (5.3)$$

(теорема В.А. Котельникова) увеличивать, то корреляция между отсчётами возрастает, и можно уменьшать число разрядов в кодовом слове [31, 34]. В пределе получается двухразрядная цифровая система, называемая дельта – модуляцией ДМ. При ДМ передаётся только знак приращения Δb данного отсчёта $b_i(k)$ относительно предыдущего отсчёта $b_{i-1}(k)$. Если $\Delta b > 0$, то передаётся импульс + 1, а если $\Delta b < 0$, то передаётся импульс - 1. Оба импульса – постоянного уровня. ДМ – это самая первая цифровая система связи.

Раньше она сравнительно широко применялась на практике в радиорелейных линиях связи [37, 38], телевидении.

Основным её недостатком является перегрузка по крутизне, суть которой состоит в следующем. В модуляторе с обратной связью по входному непрерывному аналоговому сигналу формируется ступенчатая кривая, изменяющаяся вокруг непрерывной (плавной) функции как вокруг среднего значения. Каждая её ступенька – это элемент памяти предыдущего отсчёта, в конце которой сравнивается данный отсчёт с предыдущим. Если крутизна плавной кривой станет больше нормального значения, то ступенчатая кривая отстаёт или опережает плавную кривую, отчего увеличиваются шумы восстановленной речи. Это и есть перегрузка по крутизне. Кроме того, к недостаткам ДМ следует отнести и обратно пропорциональную зависимость амплитуды восстановленного сигнала от его круговой частоты, так как демодуляция сигнала с ДМ осуществляется интегралом по времени с фильтром низших частот ФНЧ на его выходе. Из-за указанных недостатков ДМ уступает ИКМ, отчего ДМ не применяется на практике. Тем не менее, её достоинства побуждают к поиску способов по устранению этих недостатков. Такие способы были найдены с участием автора данной работы.

5.2. Способы устранения основных недостатков дельта-модуляции ДМ

Такие способы представлены в диссертации [39, 51].

Как уже отмечалось, при ДМ передаётся знак приращения сигнала между соседними отсчётами. Но из математики известно, что приращение $\Delta f(t)$ функции $f(t)$ приблизительно равно её дифференциалу:

$$\Delta f(t) \cong \frac{df(t)}{dt} \cdot \Delta t, \quad (5.4)$$

причём равенство тем точнее, чем меньше Δt . Видно, что знак приращения $\Delta f(t)$ определяется знаком производной этой функции по времени $\frac{df(t)}{dt}$. Это

значит, что вместо знака приращения можно передавать знак отсчёта производной этой функции, для чего не требуется формировать ступенчатую функцию. В этом случае не требуется ступенчатая кривая и обратная связь в модуляторе для её формирования, а значит, отсутствует перегрузка по крутизне - основной недостаток известной ДМ. Но не всякая случайная функция дифференцируется по времени. Для дифференцирования необходимо, чтобы её функция корреляции $B(\tau)$ имела бы конечную вторую производную

$$\frac{\partial^2 B(\tau)}{\partial \tau^2} \text{ в точке } \tau = 0. \quad (5.5)$$

Функция корреляции речевого сигнала

$$B(\tau) = e^{-\rho|\tau|} \cdot \cos \Omega_0 \tau, \quad (5.6)$$

где $\rho = 1000$ Гц, а $\Omega_0 = 2\pi \cdot 400$ рад/с не имеет конечной второй производной в точке $\tau = 0$ и, видимо, поэтому стали применять приращение между отсчётами, дающее перегрузку по крутизне.

При дифференцировании функции по времени изменяется её фаза на 90° и амплитуда за счёт умножения на её круговую частоту. Например, для функции $f(t) = U_m \cos \Omega t$

$$(5.7)$$

$$\text{производная } \frac{df(t)}{dt} = -\Omega U_m \sin \Omega t = -\Omega U_m \cos(\Omega t + 90^\circ). \quad (5.8)$$

Так как необходимо передавать только знак отсчётов производной $\frac{df(t)}{dt}$, то последнюю надо дискретизировать по времени, а затем отсчёты глубоко ограничить по амплитуде (клиппировать). По таким отсчётам постоянного уровня восстанавливается исходная функция на приёмной стороне с помощью интегратора по времени и ФНЧ. На выходе интегратора эта функция ступенчатой формы, а на выходе ФНЧ – плавная, исходная:

$$f(t) = \int \frac{df(t)}{dt} dt = -U \int \sin \Omega t dt = \frac{U}{\Omega} \cos \Omega t + C, \quad (5.9)$$

где $C = \text{const} = 0$. Видно, что при интегрировании фазовый сдвиг на 90° исключён, но обратно пропорциональная зависимость амплитуды сигнала от его круговой частоты имеет место, как и при известной ДМ. Отсюда следует, что можно передавать клиппированными отсчётами и недифференцируемую функцию $f(t)$, по которым на приёмной стороне интегратором с ФНЧ восстановить эту функцию, которая будет только сдвинута по фазе на 90° .

$$\text{Действительно, } f(t) = \int \cos \Omega t dt = \frac{U}{\Omega} \sin \Omega t = \frac{U}{\Omega} \cos(\Omega t + 90^\circ) \quad (5.10)$$

и в этом случае остаётся обратно пропорциональная зависимость амплитуды от частоты $(\frac{U}{\Omega})$. Для устранения этого недостатка предложено к ФНЧ

демодулятора подключить дифференциатор по времени, на выходе которого

$$\text{сигнал } f_o(t) = \frac{d}{dt} \left(\frac{U}{\Omega} \sin \Omega t \right) = \Omega \cdot \frac{U}{\Omega} \cos \Omega t = U \cdot \cos \Omega t \quad (5.11)$$

совпадает с неискажённым переданным сигналом.

Данные рассуждения были экспериментально подтверждены на компьютере по программе «Electronic Work Bench». В качестве интегратора использовался операционный усилитель.

Вышеизложенное позволяет составить функциональную схему системы связи с модернизированной ДМ. Эта схема представлена на рисунке 5.1.

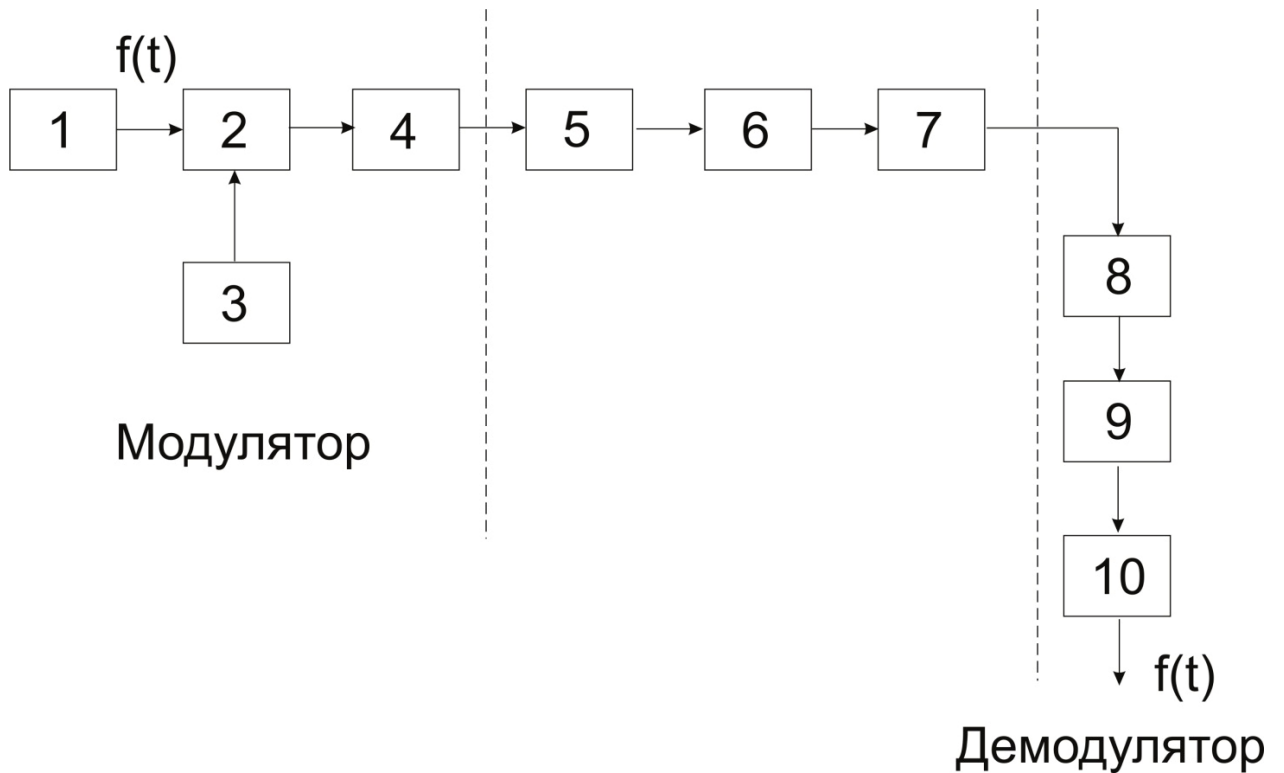


Рисунок 5.1-Функциональная схема системы связи с модернизированной ДМ:1-источник аналогового сигнала; 2 -дискретизатор по времени; 3-генератор импульсов; 4-ограничитель амплитуды; 5-передатчик; 6-линия связи; 7-приёмник; 8-интегратор; 9-фильтр низшей частоты; 10-полосовой фазовращатель на 90 градусов.

Схема работает следующим образом: функция аналогового сигнала $f(t)$ с источника аналогового речевого сигнала ИАС (1) дискретизируется по времени в блоке ДСК (2), глубоко ограничивается по амплитуде (клиппируется) в блоке ограничителя амплитуды ОА (4). Затем передаётся через передатчик ПРД (5) по линии связи ЛС (6) в приёмник ПРМ (7), далее на интегратор И (8), фильтр низких частот ФНЧ (9) и полосовой фазовращатель на 90 градусов (10). Это исключает перегрузку по крутизне и обратно пропорциональную зависимость восстановленной функции от её частоты. Так как при дифференцировании не требуется большая корреляция между отсчётами, то частота дискретизации функции $f(t)$ может быть снижена до минимальной по В.А. Котельникову.

Это значит, что полоса частот передаваемого цифрового сигнала может быть снижена в несколько раз по сравнению с известной ДМ. Можно дополнительно уменьшить в 2 раза полосу частот цифрового сигнала, если передавать неклипированные отсчёты, а клипированный аналоговый сигнал, дискретизацию по времени которого осуществлять на приёмной стороне перед интегратором И (8). В итоге сжатие полосы частот цифрового сигнала (ЦС) составит несколько раз. Поиск сжатия полосы частот цифрового сигнала начался с 1980 г. Тогда была создана комиссия экспертов по фотографии JPEG, а затем - комиссия экспертов по движущимся изображениям MPEG. Среди возможных алгоритмов цифровой обработки изображения наиболее широкое распространение получило дискретное косинусное преобразование (ДКП), так как оно поддаётся вычислениям с помощью специального быстрого алгоритма и близко к оптимальному по важнейшим критериям обработки сигнала. Наиболее значимые результаты по сжатию информации были получены по рекомендации MPEG, по которым принимались стандарты в 1990-е гг., например, стандарт MPEG 4 - в 1997 г. Так как при данной ДМ передаются только отсчёты временной дискретизации аналогового сигнала по теореме В.А. Котельникова, несущая только их знак, то полоса частот радиоканала сокращается в 8 раз по сравнению с передачей цифровых сигналов ИКМ, несущих дополнительно и разрядность кодового слова [50, 52].

По сравнению с ДИКМ этот выигрыш составляет 4 раза. Полоса же частот сигнала известной ДМ приблизительно равна полосе частот сигнала ИКМ, так как там частота дискретизации аналогового сигнала в 10 раз больше, чем при ИКМ. Такое сжатие полосы частот особенно ценно для передачи сигналов изображения. В настоящее время в телевидении используются другие способы сжатия полосы частот цифровых сигналов, которые рассматриваются далее.

Из рисунка 5.1 и вышеизложенного следует, что:

- 1) данная система связи с ДМ состоит исключительно из последовательно соединённых блоков, в том числе и модулятора, что исключает основной недостаток ДМ-перегрузку по крутизне;
- 2) в данной системе ДМ применён полосовой фазовращатель на приёмной стороне, что решает проблему дифференцируемости случайной функции и исключает обратно пропорциональную зависимость амплитуды восстановленного сигнала от его круговой частоты;
- 3) так как в данной системе приращение (дельта Δ) заменено на дифференцирование (d/dt), то её названию больше подходит не дельта-модуляция ДМ, а дифференциальная модуляция (ДМ);
- 4) поскольку при данной ДМ передаются только отсчёты временной дискретизации аналогового сигнала по теореме В.А. Котельникова, несущие только их знак, то полоса частот радиоканала сокращается в 8 раз по сравнению с цифровыми сигналами, несущих и разрядность кодового слова $n=8$. Последнее особенно ценно для передачи сигналов изображения.

5.3. История развития методов передачи цифровых сигналов изображений

Принятый в России стандарт цифрового телевидения DVБ является Европейским стандартом. Работы по проекту DVБ (Digital Video Broadcasting - цифровое видеовещание) начались в 1993 г. [42, 43, 213]. Результатом этих работ явилась выработка основных положений:

- стандарта DVБ-С для кабельного телевидения (1993 г.);
- стандарта DVБ-С для спутникового телевидения (1994 г.);
- стандарта DVБ-Т для наземного телевидения (1996 г.).

В основе стандарта DVБ лежит стандарт кодирования движущихся изображений и звукового сопровождения MPEG-2. В стандартах DVБ определены методы избыточного информационного помехоустойчивого

канального кодирования, модуляции несущих частот, защиты информации от несанкционированного доступа, передачи дополнительной информации и другие условия.

Исходя из этого, учёные железнодорожного транспорта, включая МИИТ, активно применяют способы передачи цифровых сигналов изображений для решения проблем транспорта, так как это обеспечивает большую помехоустойчивость, более высокое качество изображений, повышенную надёжность и увеличивает экономический эффект[210, 211].

Длительное время основным препятствием для внедрения систем передачи цифровых сигналов изображений являлась очень широкая их полоса частот:

$$\Delta f_{ц} = \Delta f_{а} \cdot n, \quad (5.12)$$

где $\Delta f_{а} = 6,5$ МГц-полоса частот аналогового ТВ-сигнала, n – число разрядов в кодовом слове. Обычно выбирают $n \geq 8$, отчего $\Delta f_{ц} = 6,5 \cdot 8 = 52$ МГц, а скорость передачи цифрового сигнала - более 200 Мбит/с, что весьма трудно реализовать. Известно, что телевизионный сигнал избыточен, что позволяет осуществить его существенное сжатие по полосе частот без уменьшения качества передаваемых изображений. Среди возможных алгоритмов цифровой обработки изображений наиболее широкое распространение получило дискретно-косинусное преобразование (ДКП)[45, 46, 208].

Выбор ДКП объясняется тем, что оно поддаётся вычислениям с помощью специального быстрого алгоритма, которое близко к оптимальному. ДКП - это взаимно - однозначное отображение таблицы элементов изображения в таблицу величин в области пространственных частот. Двумерное ДКП является основной операцией в стандартах сжатия JPEG, MPEG. Плоское изображение представляет собой двумерную случайную функцию, которую нельзя преобразовывать непосредственно по формулам Фурье. Можно преобразовывать только её функцию корреляции $B_x(\tau)$ по теореме Винера-Хинчина.

Отмечается, что функция корреляции изображения - экспоненциальная, а её коэффициент корреляции точек, находящихся на одной строке,

$$R_s = e^{-\alpha V_c |\tau|}, \quad (5.13)$$

где α - величина, обратная постоянной корреляции изображения;

V_c - скорость развёртки изображения по строкам;

τ - временной интервал между двумя соседними точками.

Спектральная плотность мощности согласно теореме Винера-Хинчина равна:

$$G_s(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_s(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\alpha V_c |\tau|} e^{-j\omega|\tau|} d\tau = 2 \int_0^{\infty} e^{-(j\omega + \alpha V_c)\tau} d\tau = \frac{2}{\alpha V_c + j\omega}. \quad (5.14)$$

В литературе указывается, что при экспоненциальной функции корреляции изображения для линейного предсказания данного её отсчёта используется только один предыдущий отсчёт. Более ранние отсчёты ничего не добавляют. Это значит, что для телевидения целесообразно использовать дельта-модуляцию ДМ, использующую именно один такой отсчёт, поскольку она гораздо проще реализуется по сравнению с другими цифровыми видами модуляций при равных помехоустойчивостях приёма сигналов и полос частот радиоканала [80, 93, 197].

В области железнодорожного транспорта проблемами преобразований аналоговых сигналов изображений и звука в цифровые (АЦП) и обратно (ЦАП) внесли профессоры МИИТ: А.А. Волков [96, 100, 186], Л.Г. Коптева [113, 115, 181], И.П. Кнышев [106, 107, 175], Л.А. Осипов [109, 111, 173], А.Ф. Фомин, доцент В.В. Михайлов [116, 117, 169].

5.4. История развития, внедрения технических систем передачи цифровых сигналов изображений

Головной организацией по разработке, испытаниям, внедрению телевизионной техники в нашей стране является Московский научно-исследовательский телевизионный институт (ЗАО «МНИТИ») [136, 157].

Он - генеральный разработчик систем передачи, приёма, обработки сигналов цифровых изображений по формированию и проведению технической политики в области телевизионной техники; созданию концепции и руководству разработкой базовых моделей перспективных унифицированных приёмников телевизионных изображений; испытаниям и их сертификации; формированию комплексных национальных программ по созданию и внедрению в серийное производство этих моделей, разработке элементной базы, технологий, измерительной техники и материалов для них.

В качестве головной организации в области приёмной телевизионной техники, институт выполняет следующие основные задачи:

проведение единой технической политики в области телевидения в России путём научно-технического руководства по координации деятельности заводов и конструкторских бюро КБ страны по разработке и производству новых приёмников и элементной базы для них, определения приоритетных научно-технических направлений в развитии телевидения и систем телекоммуникаций; разработка долгосрочной технической концепции развития телевидения России с учётом поэтапного перехода от аналогового к цифровому телевидению, разработка принципов и критериев для создания нового классификатора поколений приёмников в целях оптимального формирования модельных рядов телевизионных приёмников с учётом мировых тенденций развития, возможности сравнения технического уровня различных моделей приёмников [120, 121, 156];

решение задач повышения качества телевизионного приёма путем обеспечения комплексного подхода к разработке и производству

высококачественных конкурентноспособных приёмников и систем приёма и распределения программ аналогового и цифрового телевидения; проведение проблемных исследований, обеспечивающих создание приёмников с принципиально новыми свойствами с использованием последних достижений в области разработки современной элементной базы;

выполнение НИР и ОКР по приоритетным направлениям развития телевизионной техники с привлечением необходимых соисполнителей;

проведение комплекса исследований по прогнозированию производства приёмников и спроса на них, позволяющих обеспечить разработку перспективных планов в области создания и производства приёмников и комплектующих изделий к ним;

проведение экспертизы предложений предприятий, организация конкурсного отбора заводов, претендующих на включение в федеральные целевые программы;

организацию и координацию работ по корректировке действующих стандартов в области производства телевизионных приёмников и разработке новых;

осуществление в установленном порядке мероприятий по научно-техническому сотрудничеству с зарубежными странами в области разработки и производства приёмников, элементной базы для них и внедрения новых технологий производства; участие в международных выставках и симпозиумах с целью получения информации и поиска зарубежных партнеров для осуществления совместных проектов в области телевидения [122, 123, 155].

Исследования по созданию мультимедийных телевизионных информационных систем ведутся во МНИТИ с середины 90-х гг. прошлого века. В 1996 г. в МНИТИ была разработана концепция построения аналого-цифровых интерактивных мультимедийных систем, наложенных на сети телевизионного вещания. Согласно этой концепции массовые информационные системы должны разворачиваться на основе комплексного

развития уже существующей в России связной инфраструктуры: сетей телевизионного вещания, кабельного телевидения, телефонной сети путём их интеграции на качественно более высоком уровне и комплексирования их информационных потоков в рамках единой системы.

Эти работы были продолжены и расширены в рамках межотраслевого проекта внедрения цифрового телевидения в России «Мультиканал». В частности, ЗАО «МНИТИ» активно участвовало в создании первой в России зоны опытного цифрового вещания DVB-T в Нижнем Новгороде (рисунок 5.2).



Рисунок 5.2-Аппаратура телевизионной цифровой системы DVB-T (наземной) в Нижнем Новгороде

На основании проведённого анализа тенденций развития приёмной телевизионной техники с учётом прогресса цифровых технологий ЗАО «МНИТИ» в 2000г. разработало эволюционную концепцию перехода отрасли

от аналоговых технологий к цифровым через гибридные решения (рисунок 5.3).

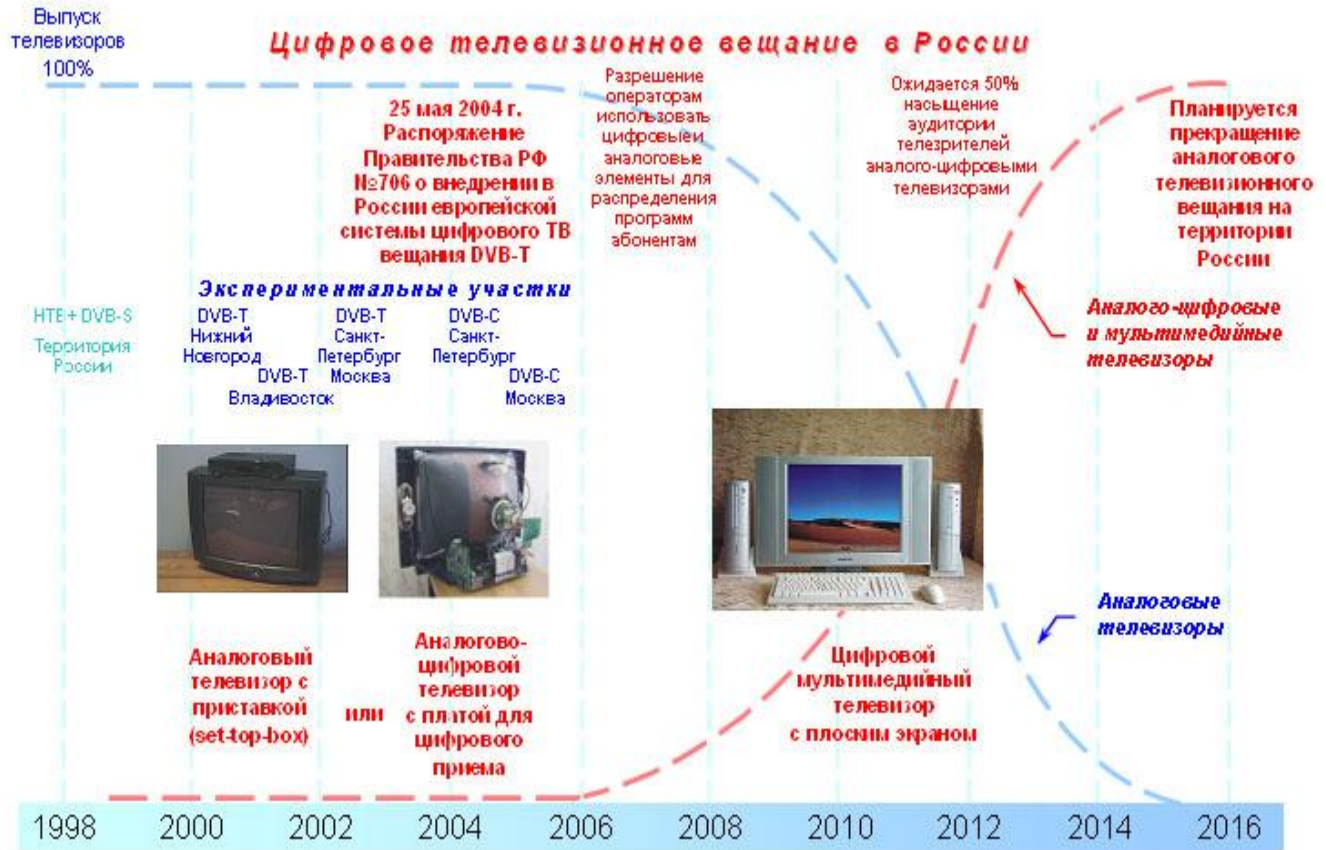


Рисунок 5.3-Диаграмма развития цифровых систем в РФ до 2016г.

В рамках этой концепции институтом под эгидой управления радиопромышленности и систем управления Роспрома РФ в рамках Федеральной целевой программы «Национальная технологическая база» в 2001-2005 гг. был разработан ряд аналого-цифровых (гибридных) приёмников на основе кинескопов с размером экрана от 21" до 29".

Партнерами ЗАО «МНИТИ» в этой разработке выступили телевизионный завод ЗАО «Завод им. Козицкого» (г. Санкт-Петербург) и компания «Ратос» (г. Зеленоград).

Аналого-цифровые телевизионные приёмники, разработанные ЗАО «МНИТИ» предназначены для работы как в сетях аналогового, так и

цифрового телевидения. Освоение отечественной промышленностью таких приёмников и насыщение ими приёмного парка у населения открывает широкие возможности по созданию распределительных сетей телевизионного сигнала на переходный период от аналогового телевидения к цифровому (рисунок 5.4).

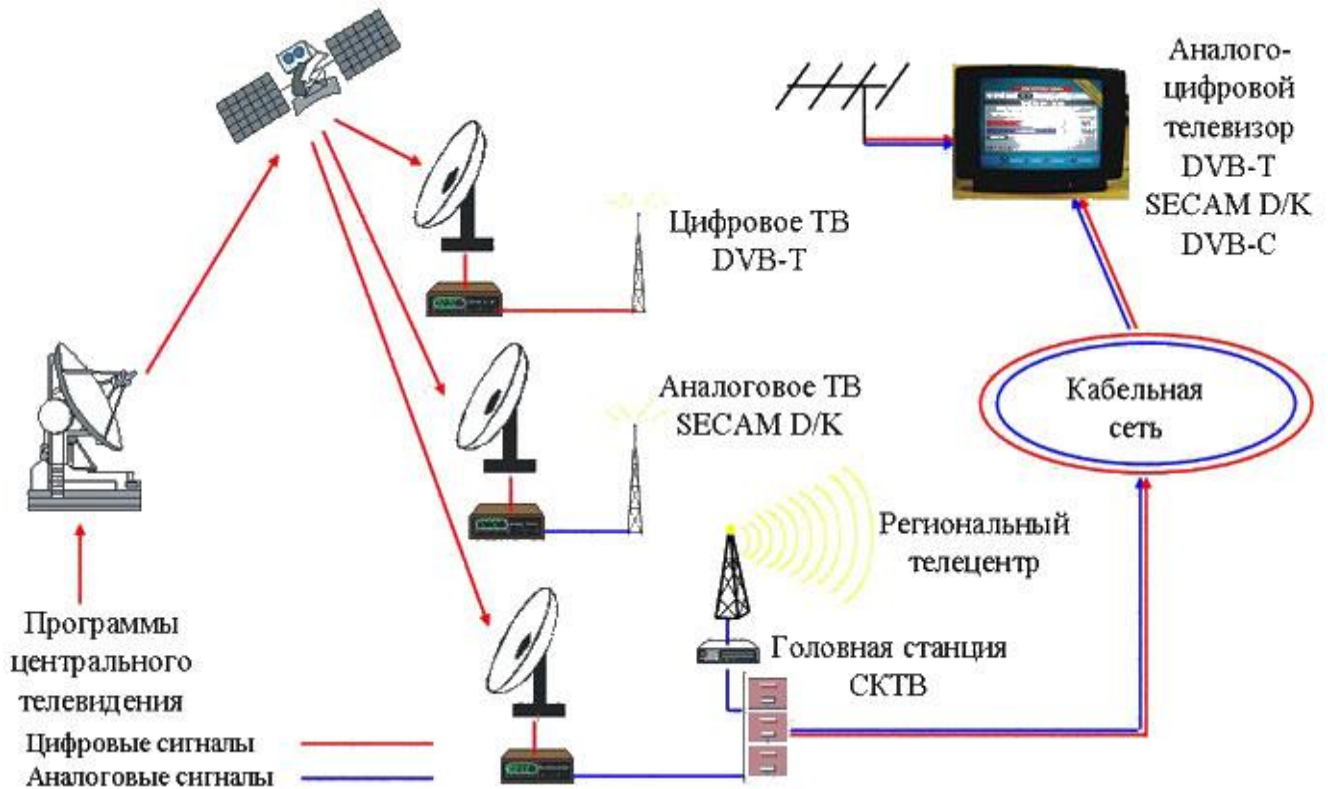


Рисунок 5.4-Место телевизионного приёмника в сети ТВ-вещания

Созданный в ходе этих работ научно-технический задел позволил приступить в 2003г. к разработке перспективных аналого-цифровых, жидко - кристаллических LCD приёмников нового поколения с возможностью работы в интерактивных информационных сетях, которые стали основой для массовых российских моделей в 2006-2010 гг. [126, 128, 154].

В 2004 г. совместно с заводом им. Козицкого был разработан мультимедийный LCD телевизор первого поколения с размером экрана 32" по диагонали «Радуга 76ИТТ-9001» со встроенным модулем Wi - Fi.

Телевизионный приёмник помимо аналогового телевидения принимает цифровые программы в стандартах DVB-T и DVB-C, воспроизводит различные

типы оптических CD/DVD дисков, выходит в сеть Internet и поддерживает работу беспроводных сетей Wi-Fi.

Управление работой приёмника осуществляется с беспроводных инфрокрасных ИК клавиатуры и «мыши», а также при помощи универсального пульта ДУ [129, 130, 153].

ЗАО МНИТИ совместно с ООО ТК «Арсенал» (г. Александров) и ЗАО разработали современную модель телевизионного приёмника с LCD экраном размером от 23" до 32".

Эти приёмники после завершения разработки в 2006 г. выпускаются ООО «Арсенал». В дальнейшем планируется с приёмником в качестве дисплея использовать LCD видеомодули высокого разрешения с цифровым входом DVI/HDMI, а в качестве цифрового процессора применяются DSP разработки НТЦ «Модуль» и ФГУП НТЦ «ЭЛВИС».

В соответствии с программой создания отечественной нормативно-технической базы для цифрового телевидения в 2005 г. институт разработал проект российского стандарта на методы измерения и параметры цифровых и аналого-цифровых приёмников [131, 135, 152].

В институте создан экспериментальный стенд приёма и распределения программ цифрового телевидения DVB, на котором проводится отработка опытных образцов отечественных аналого-цифровых приёмников и цифровых приставок DVB.

Разработанная ЗАО «МНИТИ» совместно с его партнерами аппаратура цифрового телевидения прошла испытания в опытных зонах цифрового вещания, а также демонстрировалась на международных выставках [136, 137, 151].

В настоящее время ЗАО «МНИТИ» выполняет ряд проектов в области цифрового телевидения совместно с российскими и зарубежными

партнерами.

Институт приглашает заинтересованные организации и компании к взаимовыгодному сотрудничеству.

Московский научно-исследовательский телевизионный институт МНИТИ был создан по постановлению Правительства СССР от 4 марта 1950г.[4, 149, 214].

В 1992г. в соответствии с Государственной программой приватизации, утвержденной Верховным Советом Российской Федерации, на базе МНИТИ было образовано закрытое акционерное общество - ЗАО "МНИТИ".

В период подготовки и проведения Олимпийских игр в Москве (1980г.) МНИТИ был назначен головной организацией по оборудованию Олимпийского телерадиокомплекса (ОТРК) комплексом средств отображения, включавшим в себя внутреннюю телевизионную замкнутую систему (ВТЗС) и видеомониторы. ВТЗС была разработана и смонтирована на ОТРК и всех спортивных сооружениях [138, 141, 148].

Данная система позволяла спортивным комментаторам на спортооружениях по выбору принимать информацию о соревнованиях, проходящих в данный момент на других спортивных объектах. На ОТРК и спортооружениях было оборудовано более 2000 мест спортивных комментаторов, позволявших принимать 24 программы в метровом и дециметровом диапазонах.

Разработка комплекса средств отображения для ОТРК велась при широкой кооперации как с заводами отрасли, так и с ведущими иностранными фирмами: Thomson (Франция), EMI (Англия), Hivadastehnika (Венгрия) и другими.

С целью сравнения различных систем телевидения высокой чёткости ТВЧ и отработки средств отображения в 1990г. в МНИТИ был создан стенд отображения информации, который обеспечил возможность воспроизведения сигналов ЦТ как вещательного стандарта, так и стандарта высокой чёткости на видеомониторах, приёмниках средних экранах с диагональю до 2,5 м и больших экранах с диагональю 9м. Перед проведением Олимпийских игр

1992г. специалистами института при участии фирмы Thomson в МНИТИ стенд был дооборудован и на нём осуществлялся приём передаваемых из Барселоны экспериментальных передач телевидения высокой чёткости. Это была самая удалённая точка приёма передач ТВЧ в Европе [142, 143, 148, 215].

Необходимо отметить также работы, выполненные МНИТИ для нужд медицины. Наиболее значительные из них – двухсотканальный энцефалоскоп для института мозга АН СССР; цветные телевизионные системы с последовательной передачей цветов и большим экраном для показа хирургических операций; аппаратура иридодиагностики.

Институтом проведена работа по созданию функциональных комплексов подготовки данных и обслуживания графической информацией Центральной избирательной комиссии при подготовке и проведении выборов в Государственную Думу и Президента Российской Федерации [144, 145, 146, 216].

Институт постоянно участвует в международных выставках, проводимых в России и за рубежом. За активное содействие научно-техническому прогрессу и высокие достижения на Всемирном салоне изобретений и научных исследований институт награжден дипломом и медалью Министерства оборонной промышленности РФ в 1996 г., а экспонаты института удостоены серебряной медали 25-го Салона изобретений в Женеве и Большой золотой медали 45-го Всемирного салона изобретений в Брюсселе.

За заслуги в области разработки телевизионной техники специального назначения и для бытового применения коллектив МНИТИ неоднократно награждался орденами и медалями, медалями ВДНХ и различных обществ. Ряд сотрудников МНИТИ удостоены звания "Лауреат Государственной премии СССР", "Заслуженный машиностроитель РФ", "Заслуженный конструктор РФ"

и «Заслуженный экономист РФ». В разные годы институт возглавляли директора:

- Б.И. Преображенский (1951-1955гг.),
- А.А. Селезнев (1956-1960гг.),
- Л.Г. Семенов (1960-1963, 1978-1979гг.),
- С.В. Новаковский (1963-1976гг.),
- А.И. Макеев (1976-1978гг.);
- В.Е. Немцов (1979-1986гг.);
- И.К. Ануфриев (1986-2005гг.);
- В настоящее время Генеральным директором ЗАО «МНИТИ» является Н.Н. Вилкова.

Хронология исторических событий создания, применения теории и техники передачи цифровых сигналов изображений

№ п/п	Период времени	Открытия, внедрения	Авторы, страна
1.	04.03. 1950 г.	Московский научно-исследовательский телевизионный институт (МНИТИ) был основан по постановлению Правительства СССР [4].	Правительство СССР.
2	1980 г.	В период подготовки и проведения Олимпийских игр в Москве МНИТИ был определён головной организацией по оборудованию Олимпийского телерадиокомплекса (ОТРК) комплексом средств отображения, включавшим в себя внутреннюю телевизионную замкнутую систему (ВТЗС) и видеомониторы [141].	МНИТИ, Россия.
3	1990 г.	С целью сравнения различных систем ТВЧ и отработки средств отображения создан стенд отображения информации, обеспечивший воспроизведение сигналов ЦТ как вещательного стандарта, так и стандарта высокой чёткости на видеомониторах, приёмниках средних экранах с диагональю до 2,5м и больших экранах с диагональю 9м [157].	ЗАО МНИТИ, Россия
4	1992 г.	На базе МНИТИ образовано закрытое	Верховный Совет

		акционерное общество - ЗАО "МНИТИ".	РФ
5	1996 г.	Перед проведением Олимпийских игр специалистами института был оборудован стенд и на нём осуществлялся приём передаваемых из Барселоны экспериментальных передач телевидения высокой чёткости.	МНИТИ, Россия.
6	1996 г.	Исследования по созданию мультимедийных телевизионных информационных систем ведутся с середины 90-х гг. Разработана концепция построения аналого-цифровых интерактивных мультимедийных систем, наложенных на сети телевизионного цифрового вещания.	МНИТИ, Россия.
7	1996 г.	Экспонаты МНИТИ удостоены серебряной медали 25-го Салона изобретений в Женеве и Большой золотой медали 45-го Всемирного салона изобретений в Брюсселе.	МНИТИ, Россия.
8	2000 г.	С учётом прогресса цифровых технологий разработана эволюционная концепция перехода отрасли от аналоговых технологий к цифровым через гибридные решения (рисунок 5.3).	ЗАО МНИТИ, Россия.

9	2001 – 2005 гг.	По указанию Роспрома РФ в рамках Федеральной целевой программы «Национальная технологическая база» разработан ряд аналого-цифровых (гибридных) телевизионных приёмников на основе кинескопов с размером экрана от 21" до 29" [170].	Роспром РФ, МНИТИ, Россия.
10	2003 г.	Начало разработки перспективных аналого-цифровых LCD приёмников нового поколения для работы в интерактивных информационных сетях.	ЗАО МНИТИ, Россия
11	2004 г.	Разработан мультимедийный LCD телевизор первого поколения с размером экрана 32" по диагонали «Радуга 76ИТТ-9001» со встроенным модулем Wi - Fi.	ЗАО МНИТИ, завод имени Козицкого, Россия.
12	2005 г.	В соответствии с программой создания отечественной нормативно-технической базы для цифрового телевидения институт разработал российский стандарт на методы измерения и параметры цифровых и аналого-цифровых приёмников [158].	ЗАО МНИТИ, Россия
13	2006-2010 гг.	LCD приёмники нового поколения для работы в интерактивных информационных сетях стали основой для массовых российских моделей [168].	ЗАО МНИТИ, Россия
14	1998-2016 гг.	Диаграмма развития цифровых систем в РФ до 2016г. (см. рисунок 5.3).	ЗАО МНИТИ, Россия.

Выводы по главе 5

- 1) Показано, что ДМ была предложена русским учёным К.А. Коробковым в 1948г. Её достоинство состоит в простоте оборудования, но имеет следующие недостатки: перегрузка по крутизне и обратно пропорциональная зависимость амплитуды восстановленного сигнала от его частоты.
- 2) В диссертации предложен способ устранения указанных недостатков известной ДМ: передавать дискретизированные по времени сигналы постоянного уровня, по которым восстанавливается речевой сигнал с помощью интегратора, ФНЧ и полосового фазовращателя на 90 градусов. В этом случае сжатие по полосе частот в несколько раз больше по сравнению с цифровым ИКМ сигналом.
- 3) Дополнительные сжатия в полосе частот, специальные для ТВ начались в 1980 г. Была создана комиссия экспертов по фотографии JPEG, а затем комиссия экспертов по движущимся изображениям MPEG. Среди возможных алгоритмов цифровой обработки изображений наиболее широкое распространение получило дискретное косинусное преобразование (ДКП), так как оно поддаётся вычислениям с помощью специального быстрого алгоритма и близко к оптимальному по важнейшим критериям обработки сигнала. Наиболее значимые результаты по сжатию информации были получены по рекомендации MPEG, по которым принимались стандарты в 1990-е гг., например, стандарт MPEG-4 - в 1997 г.
- 4) По аналого-цифровым преобразователям (АЦП), цифро-аналоговым преобразователям (ЦАП) и сжатию информации общего пользования существенный вклад внесли профессора МИИТ: А.А. Волков, И.П. Кнышев, Л.Г. Коптева, В.И. Нейман, Л.А. Осипов, А.Ф. Фомин и другие.

Заключение

1) Разработана периодизация создания физико-математических (1873-1888 гг.), физико-технических (1889-1894 гг.) и технических (1895 г. – изобретение Радио по настоящее время) основ передачи сигналов изображений на расстояние (ТВ): радиоволны, структура света, фотоэффект.

2) Показан вклад русских учёных, в том числе и учёных МИИТ, в становление уравнений Д. Максвелла – физико-математических основ телевидения: профессор П.Н. Лебедев первым в мире измерил давление света, предсказанное Максвеллом, а профессор А.А. Эйхенвальд первым в

мире получил магнитное поле от поправки Максвелла $\frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$. Впервые трактат Максвелла был переведён на русский язык Н.П. Петровым, о чём сказано в книге В.Г. Бусарова, Б.А. Лёвина.

3) Помимо периодизации основ телевидения и вклада учёных России, в том числе и учёных МИИТ, в утверждение уравнений Максвелла, к новизне работы относятся также и сформулированные в ней дополнительные логические связи между уравнениями Максвелла:

а) первое и второе уравнения - прямое и обратное преобразование Максвелла полей \vec{E} и \vec{H} , подобное прямому и обратному преобразованию Фурье или Гильберта в математике;

б) первое уравнение Максвелла-закон магнитоэлектрической индукции, так как второе называется законом электромагнитной индукции;

в) четвёртое уравнение, как и третье, можно считать теоремой Остроградского-Гаусса, так как в природе нет магнитных зарядов ($\rho_m = 0$), а не просто опытный факт, как говорится в литературе. Это позволяет формально четыре уравнения Максвелла свести к трём.

4) В работе отмечено, что физико-технической основой ТВ являются реальные радиоволны и фотоэффект, открытые Герцем в 1888 г. с помощью

его вибратора. Показано, что вибратор Герца-экспериментальная основа принципа Гюйгенса-Френеля распространения радиоволн. Но Герц был против применения радиоволн для связи из-за больших размеров антенн, соизмеримых с длиной излучаемой волны.

5) Технической основой ТВ является Радио, изобретённое русским учёным А.С. Поповым в 1895 г. в результате решения им габаритной антенной проблемы Г. Герца путём введения в его вибратор прерывателя-модулятора, преобразующего низкочастотный передаваемый сигнал в высокочастотный, понижающий длину излучаемой волны λ . В работе отмечается, что это был первый в мире модулятор, без чего сегодня не обходится ни один радиопередатчик.

6) ТВ было изобретено в России (1907 г.) профессором Б.Л. Розингом на основе радиосвязи и фотоэффекта. Вначале телевидение было оптико-механическим, а затем стало электронным на электровакуумных приборах с переходом на твёрдотельные элементы (цветное и цифровое).

7) Отмечается, что на железнодорожном транспорте впервые телевидение было испытано в 1936 г. для обзора путей и платформ Белорусского вокзала г. Москвы. На постоянной основе оно стало применяться на железнодорожном транспорте с 1954 г. после решения Государственной комиссии СССР, в состав которой входили следующие представители: Главного управления сигнализации и связи (ЦШ) МПС, КБ ЦШ, ЦНИИ МПС, Всесоюзного научно-исследовательского института телевидения (ВНИИТ, г. Ленинград), службы связи Октябрьской железной дороги, Ленинградского телевизионного центра.

8) Автором диссертации было разработано телевизионное устройство для оценки целостности составов поездов, обзора станций и другие комплексы, новизна которых подтверждена авторским свидетельством СССР на изобретение. [40]. Но проблемой оставалось считывание номеров вагонов поезда, движущегося со скоростью более 15 км/ч.

9) Автором диссертации разработан способ считывания номеров вагонов

поездов, движущихся со скоростью более 15 км/ч, новизна которого подтверждена авторскими свидетельствами СССР на изобретение. [41, 213]. Его применение позволяет увеличить пропускную способность станций, производительность труда и безопасность их сотрудников. Далее это изобретение было усовершенствовано и стало применяться не только как станционное, но и на борту локомотива для обзора на его ходу занятости переездов, наличие костьюлей на шпалах путей, в системе сцепления «Колесо-рельс» и других системах, что повысило безопасность движения поездов.

10) Предложено применять для цифровой системы телевидения модернизированную дельта - модуляцию без основных её недостатков, что позволит существенно упростить аппаратуру телевидения.

11) В диссертации показан вклад нынешних учёных МИИТ в модернизацию железнодорожного телевидения:

- а) твёрдотельного на базе фотоприборов с зарядовой связью ФПЗС профессора В.А. Шилина, удостоенного Государственной премии РФ;
- б) цифрового телевидения профессоров А.А. Волкова, И.П. Кнышева, Л.Г. Коптевой, В.И. Неймана, Л.А. Осипова, А.Ф. Фомина и других учёных;
- в) цветного телевидения профессора Р.А. Косилова и других учёных.

Список сокращений и условных обозначений

ВОВ- Великая Отечественная война 1941-1945 гг.

МИИТ-Московский институт инженеров железнодорожного транспорта.

ТВ-телевидение, передача изображения на расстояние.

ПТУ - промышленная телевизионная установка.

СПИ - система передачи изображений.

ЦНИИ МПС - Центральный научно-исследовательский институт
Министерства путей сообщения.

ВНИИЖТ-Всероссийский научно-исследовательский институт
железнодорожного транспорта.

ВЗИИТ-Всесоюзный заочный институт инженеров железнодорожного
транспорта.

РГОТУПС-Российский государственный открытый технический
университет путей сообщения.

РОАТ-Российская открытая академия транспорта.

ЛИИЖТ - Ленинградский институт инженеров железнодорожного
транспорта.

ЖРУ - железнодорожная радиостанция ультракоротковолновая.

ЖТУ - железнодорожная телевизионная установка.

ЭЛТ-электронно-лучевая трубка.

ВКУ-видеоконтрольное устройство, монитор.

ВЗУ-внешнее запоминающее устройство.

ФУЧ-фиксация уровня «чёрного» для восстановления постоянной
составляющей ТВ сигнала.

УЗ - усилитель записи.

ГУ - головка универсальная.

ГС-головка стирания.

АРУ - автоматическая регулировка усиления.

АРУЗ-автоматическая регулировка усиления записи (звука).

САР - система автоматического регулирования числа оборотов ведущего электродвигателя М 1.

ИД - индукционные датчики.

УО-усилитель-ограничитель.

ВУ-выходной усилитель.

ОУ-оконечный усилитель.

СЦБ-сигнализация, централизация, блокировка.

ФСР-формирователь строчной развёртки.

ФСИ-формирование сигналов изображений.

УС-устройство сравнения.

УП-устройство питания.

С-селектор.

МВ-мультивибратор.

ФД-фазовый дискриминатор.

ФСР-формирователь строчной развёртки.

ФКР-формирователь кадровой развёртки.

ПЗС - приборы с зарядовой связью.

РЭС-Радиотехника и электросвязь.

ООО НТЦ «ТРАНСВИДЕО» - Общество с ограниченной ответственностью
Научно-технический центр «ТРАНСВИДЕО».

ДМВ-дециметровые волны.

СВЧ - сверхвысокие частоты.

АМ-амплитудная модуляция.

ЧМ - частотная модуляция.

ФМ-фазовая модуляция.

RGB - основные цвета в колориметрии, где R- красный, G- зелёный, В- синий.

МКО-Медународное колориметрическое объединение для анализа, обобщения и развития теоретических работ и опытов в колориметрии.

XYZ - колориметрическая система, производная от RGB, но более простая.

ЭОП-электронно-оптический преобразователь (усилитель светового сигнала).

АТС-автоматика, телемеханика и связь.

СОИ-средства отображения информации.

ВК $\frac{1}{2}$ - видеокомплекс, 1-номер разработки, 2-с двумя видеоголовками.

ВГ-видеоголовка.

ФНЧ-фильтр нижних частот.

ПУ-пульт управления.

ЦТК-центральная техническая контора.

ДСПГ-дежурный по сортировочной горке.

ДСЦ-диспетчер маневровый.

ДСПП-дежурный по парку приёма поездов.

ДСПФ-дежурный по парку формирования поездов.

ДСПО-дежурный по парку отправления поездов.

ПКО-пункт коммерческого осмотра.

ПТО-пункт технического осмотра.

ЭВМ - электронная вычислительная машина.

АРМ ДСП-автоматизированное рабочее место дежурного по станции.

ЭЦ-электрическая централизация стрелок и сигналов.

НМД ЕС-5061-накопитель на магнитных дисках ЭВМ типа единой серии 5061 ёмкостью до 8000 изображений (сотни мегабайт).

КМАСС-комплексная механизация и автоматизация работы сортировочных станций.

КТП-камера телевизионная передающая.

УН-устройство наведения объектива телевизионной передающей камеры на объект контроля.

ИКМ-импульсно-кодовая модуляция.

ЗАО «МНИТИ» - Закрытое акционерное общество «Московский научно - исследовательский телевизионный институт».

КБ ЦШ-конструкторское бюро управления сигнализации, централизации и связи.

НИР-научно-исследовательская работа.

ОКР-опытно-конструкторская работа.

DVB-T - DigitalVideoBroadcasting-стандарт цифрового наземного (T) ТВ (1996г.).

CD/DVD - компакт - диск/цифровой видеодиск.

ООО ТК-Общество с ограниченной ответственностью, ТК-технический комплекс.

LCD - жидкокристаллический дисплей (монитор).

DVI/HDMI - видеомодули высокого разрешения с цифровым входом.

DSP - цифровой процессор.

ФГУП НТЦ «Элвис»- Федеральное государственное унитарное предприятие научно-технический центр «Элвис».

УНТ-47/59-унифицированный настольный телевизионный приёмник с кинескопом 47/59 сантиметров по диагонали.

ГИЦ-Государственный испытательный центр.

ОТРК-Олимпийский телерадиокомплекс.

ВТЗС-Внутренняя телевизионная замкнутая система.

ВДНХ-Выставка достижений народного хозяйства.

АОЗТ-Акционерное общество закрытого типа.

ОРТ - общероссийское телевидение.

НТВ - Независимое телевидение.

КПД-коэффициент полезного действия.

Список терминов

Периодизация-инструмент историко-технических исследований.

Диполь - симметричный вибратор, излучатель электромагнитных колебаний.

ДН-диаграмма направленности.

Кардиоида-диаграмма направленности излучения элемента Гюйгенса.

Фотоэффект-преобразование света в электрический сигнал.

Электронный прожектор-совокупность управляющего электрода и анодов приёмной телевизионной трубки (кинескопа).

Иконоскоп, супериконоскоп, ортикон, суперортикон, видикон, плюмбикон и т. д - передающие телевизионные трубки.

Диссектор и статитрон-передающие телевизионные трубки мгновенного действия.

Кинескоп-приёмная телевизионная трубка.

Рефлектор-отражатель, зеркальный телескоп.

Кольца И. Ньютона - интерференционные кольца.

Дисперсия света с помощью призмы (опыт И. Ньютона) - это опытное доказательство состава света из цветных компонентов с разными углами преломления.

Эмиссионная (корпускулярная) природа света - состав света из мелких частиц (корпускул).

Волновая природа света: свет-это волна в невидимом мировом эфире.

Поляризация света - отклонение света в поле тяготения.

Освещённость объекта наблюдения измеряется в люксах.

Колориметрия-наука для изучения законов анализа и синтеза цветов.

Колориметр-прибор, треугольная призма с матовыми поверхностями для анализа и разложения света цветные составляющие.

Монохромная система передачи цветов-чёрно-белая система.

ДЦ-дифференцирующие цепочки выполняют математическую операцию дифференцирования входных сигналов.

ИЦ-интегрирующие цепочки выполняют математическую операцию интегрирования входных сигналов.

Аналоговая система - такая, которая обрабатывает непрерывные электрические сигналы.

Осаживание вагонов на сортировочных путях - технологическая операция для закрытия замков автосцепок всех вагонов состава.

Подтягивание вагонов на сортировочных путях - технологическая операция с целью контроля закрытия замков автосцепок всех вагонов состава.

Цифровая система обрабатывает прерывистые, импульсные, дискретные электрические сигналы.

Спектр-диапазон частот, пропускаемых и воспроизводимых системой передачи сигналов изображений.

Полносоставность, целостность движущихся поездов - отсутствие оставшихся вагонов-отцепов на перегонах магистральных путей.

Стоп-кадр-режим останова движения ленты видеомэгнитофона с целью анализа оператором изображения железнодорожных объектов на ВКУ.

Преобразователь «Свет-сигнал» преобразует оптическое изображение железнодорожного объекта в электрический сигнал.

Хребтовая балка вагона - боковая часть рамы, к которой крепится вагон.

Защитный фоновый щит исключает попадание прямого солнечного света в объектив передающей камеры при прохождении перед ней междувагонных пространств (щит располагается на противоположной от камеры стороне пути).

Дискрета-мера значения сигнала на коротком интервале времени, в пределах которого сигнал изменяется на пренебрежимо малую величину.

Список источников и использованной литературы

Источники

1. МИИТ МПС СССР образован в 1896 г. Ф.406, 5236д., 1917 – 1975 гг. Лосиноостровский электромеханический завод им. Ф.Э. Дзержинского МПС СССР образован в 1918 г. Ф.601, 486д., 1932, 1937 – 1938 гг., 1940 г., 1942 – 1970 гг.
2. Центральные архивы. Путеводитель по фондам. Выпуск 4. Связь. Московский радиотехнический завод МРП СССР образован в 1911 г. Ф. 927, 1376д., 1941 – 1970 гг.
Мощная искровая радиостанция пущена в работу 19 декабря 1914 г. на Ходынском поле Москвы.
Московский радиозавод МРП СССР образован 1918 г. Ф. 857, 451 д., 1942–1967гг.
Телеграф при административном отделе Моссовета (1922 - 1926 гг.). С. 108 – 110.
Октябрьская радиостанция (1922 – 1936 гг.).
Московский опытный завод счётно-аналитических машин «САМ» МРП СССР образован 1928 г. Ф.427, 726д., 1928 – 1970 гг.
Производственное объединение по монтажу и наладке систем автоматизации «Мосспецавтоматика» Министерства приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР образовано в 1931 г. Ф 2000, 625д., 1971 – 1978 гг.
Московский Октябрьский радиоцентр (1931 – 1946 гг.).
Московский завод радиодеталей №2 МЭП СССР образован 1942 г. Ф. 846, 353 д., 1942 – 1969 гг.
Производственно-экспериментальное предприятие радиофикации Московской Пресненской радиотрансляционной сети (с 1942 г.).

Московский Октябрьский передающий радиочастотный центр Московской дирекции радиосвязи и радиовещания (1942 – 1960 гг.).

Завод «Энергоприбор» Минприборостроения СССР образован в 1943 г. Ф.36, 529д., 1943 – 1981 гг.

3. Телевизионная связь. Экспериментальный завод телевизионной аппаратуры ВНИИ – телевидения и радиовещания (1945 – 1983 гг.).

Московская дирекция радиосвязи и радиовещания (1946 – 1960 гг.).

Московский завод измерительной аппаратуры МРП СССР образован в 1947 г. Ф.1809, 592д., 1947 – 1972 гг.

МНИРТИ МРП СССР – Московский научно-исследовательский радиотехнический институт (с 1950 г.) Ф. 2170, 63д., 1964 – 1970 гг. Ф.804, 318 д., 1951 – 1972 гг.

Московский научно-исследовательский телевизионный институт (МНИТИ) основан по постановлению Правительства СССР 4 марта 1950 г.

Московский завод радиодеталей №1 с ОКБ образован в 1951 г. Ф. 877, 693 д., 1946 – 1973 гг.

ПО «Рубин» и Московский телевизионный завод с ОКБ МПСС СССР образован в 1954 г. Ф.837, 1808 д., 1952 – 1980 гг.

4. Московская радиопередающая станция телевидения (с 1960 г.) осуществляла передачи телевизионного вещания на ультракоротких волнах с помощью радиовещательного передатчика.

НИИ точного машиностроения электронной промышленности СССР (образован в 1962 г.). Ф. 1586, 514 д., 1962 – 1978 гг.

НИИ точной механики и завод «Ангстрем» МЭП СССР образован в 1963 г. Ф.2270, 237д., 1963 – 1970 гг.

Центральный архив. Справочник по фондам. Ч. 1. НИИ молекулярной электроники и завод «Микрон» (с 1964 г.) Министерства электронной промышленности СССР. С.108.

5. Государственная Публичная Историческая библиотека.

- Горохов, П.К. Б.Л. Розинг-основоположник электронного телевидения [Текст] / П.К. Горохов - М.: Наука, 1964.- 120 с.
6. Конарев, Н.С. Большая Российская энциклопедия [Текст] / Н.С. Конарев - М.: Научн. изд-во, 1994.- 427 с.
7. Железнодорожный транспорт: научное издательство. Главный редактор Н.С. Конарев // - Москва: Научн. изд-во, 1994. - С. 427.
8. Железнодорожный транспорт. Косилов, Р.А. Применение телевидения на железнодорожном транспорте. // – М.: Научн. изд – во, 1994. – С. 428.
9. Государственная Публичная Историческая библиотека. Большая Российская энциклопедия. Герасимов Ю.П. Государственная программа: ход реализации. Железнодорожный транспорт // – М.: Научн. Изд-во, 2000. - № 9. – С. 6 – 10.
10. Лакин, И.К. Автоматизированная система управления локомотивным хозяйством АСУТ [Текст] / Под редакцией д.т.н., профессора И.К. Лакина. – М.: ОЦВ, 2002. – 516 с.
11. Министерство культуры Российской Федерации. Политехнический музей. История техники. Библиографический указатель. 2003 – 2005 гг.
12. Симоненко, О.Д. Сотворение техносферы: осмысление истории техники [Текст] / О.Д. Симоненко. – М.: Аргус, 2003. – 121 с. – Библиограф.: С. 107 – 110.
13. Гвоздецкий, В.Л. О проведении комплексного исследования «Русская техника в описаниях и иллюстрациях». В.Л. Гвоздецкий Вопр. истории естествознания и техники. 2003. № 3. С. 90 – 94. // – Библиограф.: 7 назв. О проекте многотомного научно – художественного издания просветительского характера.
- Транспортная стратегия России [Текст] / Материалы Всероссийской научно – практической конференции. – М.: Министерство транспорта. – 2003. – 24с.
14. Стратегическая программа технического совершенствования и развития железных дорог // Железнодорожный транспорт . – 2004. - №9. – С. 1 -7.
15. Белая книга «РЖД» // Железнодорожный транспорт.–2007.- №8. – С.2.

16. ЕХРО 1520// Железнодорожный транспорт. – 2007. - № 11. – С. 2 – 8.
17. Семенюта, Н.Ф. / История электросвязи на железнодорожном транспорте. Стратегическая программа развития железных дорог РФ до 2010 г. // Н.Ф. Семенюта, И.А. Здоровцев. – М.: Транспортная книга. – 2007. – С. 291.
18. Железнодорожный съезд. Развитие – 2030. Информационно – аналитический сборник. // – М.: ОАО «РЖД». 2007. – 48с.

а) Монографии:

19. Михайлов, В.В. Средства отображения информации коллективного пользования: монография[Электронный ресурс] / В.В. Михайлов, В.Ю. Горелик. // – Москва: РОАТ МИИТ, 2010. – 198 с. (в т. ч. 24,75. п.л.). Регистрационное свидетельство № 20701 от 11 ноября 2010г. Издание зарегистрировано 11 ноября 2010 г. с номером Государственной регистрации 0321002338.ISBN 978-5-9905491-0-4.
20. Ньютон, И. «Оптика», «Начала»[Текст] / И. Ньютон. – Монография. – 1704.
21. Зубарев, Ю.Б. Видеоинформационные технологии телевидения: монография [Текст] / Ю.Б Зубарев, Ю.С. Сагдуллаев, Т.Ю. Сагдуллаев // - М.: Издательство «Спутник», 2011, - 296с.: ил.ISBN978-5-9973-1448-4.
22. Коптева, Л.Г. Основы моделирования, визуализации и технологии компактной передачи растровых объёмных изображений в информационных сетях [Текст]: монография. Л.Г. Коптева // – М.: Изд– воРУДН, 2005. – 94с.ISBN 5-209-04126-3.
23. Матвеев, С.И., Коугия В.А. Высокоточные цифровые модели пути и спутниковая навигация железнодорожного транспорта [Текст]: Монография. – М.: Маршрут, 2005. – 290с.ISBN589035-227-X.
24. Камбулов, В.Ф.Распределённые автоколебательные системы в радиотехнике: монография [Текст]/Книга 1. В.Ф. Камбулов, А.С. Прудниченко. - Ярославль: Ньюанс, 2000. – 120 с., ил.ISBN 5-88610-053-9.

б) Публикации в ведущих научных рецензируемых журналах и изданиях, включённых в перечень ВАК Минобрнауки России:

25. Михайлов, В.В. Телевидению - 100 лет. В.В. Михайлов, В.А. Козлов // Автоматика, связь, информатика. 2008. № 2. С. 46 - 48. (в т.ч. авт. 0,375 п. л.)- ISSN 978 -5-9973-1448-4.
26. Михайлов, В.В. К развитию цифровых систем передачи, приёма, обработки, отображения сигналов изображений / В.В. Михайлов, А.А. Волков // Наука и техника транспорта. 2009. № 1. С. 83 - 85. (в т.ч. авт. 0,375 п. л.)-ISSN 2222-9396.
27. Волков, А.А. Физико-математические основы передачи изображений /А.А. Волков, В.В. Михайлов // Наука и техника транспорта. 2009. № 3. С. 41 - 45 (в т.ч. авт. 0,625 п. л.)-ISSN 2222-9396.
28. Михайлов, В.В. Приборы с зарядовой связью // Автоматика, связь, информатика. 2009. № 10. С. 22-24. (в т.ч. авт. 0,375 п. л.)-ISSN 0005-2329.
29. Михайлов, В.В. Цветное телевидение: открытие, развитие, применение // Автоматика, связь, информатика. 2010. № 3. С. 45-47. (в т.ч. авт. 0,375 п. л.)- ISSN 0005-28-29.
30. Иньков, Ю.М. К истории создания оптико-электронных систем для повышения безопасности движения поездов / Ю.М. Иньков, В.В. Михайлов, И.В. Овчаров // Электроника и электрооборудование транспорта. Москва: Изд-во общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственное предприятие "Томилинский электронный завод". 2013. № 5. С. 11 – 13. (в т. ч. 0,375 п. л.) - ISBN 5-256-00382-8.
31. Михайлов, В.В. Из истории развития систем передачи изображений подвижного состава // Локомотив. 2013. № 12. С. 43- 45 (в т.ч. авт. 0,375 п.л.)-ISSN 0869-0147.
32. Михайлов, В.В. Телевизионные установки на железных дорогах // М.: МИИТ, - Мир транспорта, № 1. 2014. С. 194 - 197. (в т. ч. 0,5 п. л.). - ISSN 1992 – 3252.
33. Михайлов, В.В. История применения телевидения на железнодорожном транспорте (1936 – 2013 гг.) // М.:МИИТ, - Наука и техника транспорта.2014. №2. С. 41 – 47. (в т. ч. 0,875 п. л.)- ISSN 20749325.

34. Иньков, Ю.М. К истории создания оптико-электронных систем для повышения безопасности движения поездов / Ю.М. Иньков, В.В. Михайлов, И.В. Овчаров // Безопасность движения поездов: труды XIV-ой научно – практич. конф.; МГУПС (МИИТ), ОАО «Российские железные дороги», Министерство транспорта Российской Федерации и др. – М.: МИИТ, 2013, - С. II – 55 – II – 56 (в т. ч. 0,25 п. л.). -ISBN 978-5-7876-0217-3.

в) Публикации в других изданиях:

35. Михайлов, В.В. Применение телевидения на железнодорожном транспорте // Проблемы железнодорожного транспорта: сб. научн. тр. Выпуск 64. - Москва: ВЗИИТ, 1973.- С.21 - 25. (в т. ч. 0,625 п. л.). - ISBN5-89538-070-4.

36. Михайлов, В.В. Применение телевидения для контроля вагонного парка при централизованной обработке информации о вагонах // Совершенствование устройств автоматики, телемеханики и связи: сб. научн. тр. Выпуск 84. -Москва: ВЗИИТ, 1976. - С. 25 – 27. (в т.ч. 0,375 п. л.). - ISBN5-89538-070-4.

37. Косилов, Р.А. Преобразование видеосигнала считанного номера транспортного средства для ввода в ЭВМ / Р.А. Косилов, В.В. Михайлов // Сборник научных трудов ВЗИИТ (выпуск 84). – М.: ВЗИИТ, 1976г. – С. 31 – 34. (в т. ч. 0,5 п. л.). - ISBN5-89538-070-4.

38. Дмитренко, И.Е. О применении GSM-R в транспортных системах измерений параметров / И.Е. Дмитренко, В.В. Михайлов // Вестник Самарской государственной академии путей сообщения. Научно – технический журнал. Выпуск 6 (10). - Самара: СамГАПС, - 2006. - С. 29-33.(в т. ч. 0,625 п. л.). - ISSN 1819-4613.

39. Михайлов, В.В. О функциональной безопасности программных средств и систем путём их оперативного контроля и восстановления // Межвузовский Сб. науч. тр. «Применение новых математических и программных средств». - Москва: РГОТУПС,-2006.-т.1.-С. 62-65. (в т. ч. 0,5 п. л.). ISBN5-89538-070-4.

40. Михайлов, В.В. История создания и применения теории и техники

передачи сигналов изображений на железнодорожном транспорте с учётом вклада учёных МИИТ / Наука и техника транспорта. -Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта: межвузовский сборник научных трудов // В.В. Михайлов, под ред. д.т.н., проф. В.А. Бугреева. - М.: РОАТ, - 2011. - С. 208 - 211.(в т. ч. авт. 0,5 п. л.). - ISBN5-89538-070-4.

41. Михайлов, В.В. Повышение надёжности программных систем с помощью контроля и восстановления // Применение программных средств: межвузовский сб. науч. Трудов-М.: Изд-во РГОТУПС.-2007.- С. 53-57 (в т.ч. авт. 0,75 п. л.).

42. Иньков, Ю.М. К истории создания оптико-электронных систем для повышения безопасности движения поездов / Ю.М. Иньков, В.В. Михайлов, И.В. Овчаров // Безопасность движения поездов: труды XIV-ой научно - практич. конф.; МГУПС (МИИТ), ОАО «Российские железные дороги», Министерство транспорта Российской Федерации и др.-М.: МИИТ, 24-25. 10. 2013, - С. 35 - 36 (в т. ч. 0,25 п. л.). - ISBN 978-5-7876-0217-3.

з) Свидетельства

43. Коробков, Л.А. Способ передачи электрических сигналов. Авторское свидетельство № 106036 (362169 от 26 февраля 1948 г.). «Бюллетень изобретений», 1957, № 4.

44. А. С. С приоритетом на изобретение № 424754 СССР. Устройство контроля проследования поезда / В.В. Михайлов, Р.А. Косилов. Приоритет от 28. 12. 1972г. – С. – 1 – 7 (в т. ч. 0,875 п. л.).

45. А. С. С приоритетом на изобретение № 477878 СССР. Устройство для считывания информации с транспортного средства/ В.В. Михайлов, Р.А.Косилов. Приоритет от 24.12. 1973 г. – С. – 1 – 7 (в т. ч. 0,875 п. л.).

46. А.С. С приоритетом на изобретение № 753705 СССР. Устройство считывания номеров вагонов на ст. Ленинград-Московская-Сортировочная Октябрьской ж. д. / Р.А. Косилов, В.В. Ориховский, Ф.П. Сардыка. Приоритет от 07. 08. 80г.

47. Розинг, Б.Л. Способ электрической передачи изображения на расстояние / Привилегия на изобретение № 18076 от 25.07.1907г., С.–Пб:Технологический институт.
48. Косилов, Р.А. и другие/ Авторское свидетельство СССР № 753705М. Кл.В61 1 25/02 БИ №29 от 07. 08. 1980 г. на изобретение.
49. Волков, А.А., Тихонов Е.П. Дельта-модулятор / Авторское свидетельство РФ №64834 от 15.12.2006г. на изобретение.
50. Волков, А.А. Преобразователь аналогового сигнала в цифровой / Авторское свидетельство РФ №236097 от 07.02.2007г. на изобретение.
51. Зубарев, Ю.Б., Сагдуллаев В.Ю., Безруков В.Н., Сагдуллаев Ю.С. Способ формирования и передачи сигналов цифрового телевидения /Заявка в РОСПАТЕНТ от 14. 05. 2010 г. №2010119470 на изобретение. Решение о выдаче от 06.04.2011г.
52. Волков, А.А. Патент РФ на изобретение №2464193. Система железнодорожной радиосвязи. / А.А. Волков. Приоритет от 24. 10. 2010 г. Опубликовано в БИ №29 за 2012 г.
53. Волков, А.А. Патент на ПМ №139093. Восстановление огибающей у клипированного радиосигнала. / А.А. Волков. Приоритет от 13. 08. 2014 г. Опубликовано в БИ №1 от 10. 04. 2014 г.

д) Отчёты по научно – исследовательским работам

54. Применение телевидения на железнодорожном транспорте: отчёт о НИР / Михайлов В.В., Косилов Р.А. – Москва: Всесоюзный заочный институт инженеров железнодорожного транспорта. 1976. - (УДК 656.254.17.001.42. Государственная регистрация № 71077379 от 03. 02. 1976г.).
55. Применение телевидения для контроля вагонного парка при централизованной обработке информации о вагонах: отчёт о НИР /Михайлов В.В., Косилов Р.А. – Москва: Всесоюзный заочный институт инженеров железнодорожного транспорта. 1976. – (УДК 656.254.17. 001.42. Государственная регистрация № 7400448266, инвентарный № Б488806, тема № 205/73/19 от 03.02. 1976г.).

56. Технический проект. Комплексные системы измерений параметров рельсовой колеи: отчёт о НИОКР / Шилин, В.А., Иноземцев В.Г. – Москва: Московский институт инженеров железнодорожного транспорта. 2000. –24с.

Стандарты

57. ГОСТ 18471 – 83. Государственный стандарт Союза ССР. Тракт передачи изображения вещательного телевидения. Звенья тракта и измерительные сигналы

/ Издание официальное. - М.: Издательство стандартов. – 1984. – 50с.

58. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. – М.: 2000.

59. СНиП 2.04.09-84. Пожарная автоматика зданий и сооружений. Ю.Нормы пожарной безопасности НПБ 88. – М.: 2001.

Книги

60. Котельников, В.А. К теории потенциальной помехоустойчивости[Текст] / В.А. Котельников. - М.: Госэнергоиздат, 1933.- 211с.

61. Конфедератов, И.Я. Техника и закономерности её развития. История энергетической техники[Текст] /И.Я. Конфедератов. - М.; Л.: Госэнергоиздат, 1960, С. 5 – 67.

62. Эфрусси,Я.И. Импульсные методы телевизионных измерений [Текст] / Сборник статей под ред. Я.И. Эфрусси – М.: Изд. иностранной литературы, 1961. – 120с.

63. Зворыкин, А.А. История техники [Текст] / А.А. Зворыкин, Н. Осьмова, В.И. Чернышов, С.В.Шухардин. – М.: Соцэкгиз, – 1962. – 772с.

64. Хромой, Б.П.Расчёт и проектирование телевизионной аппаратуры [Текст] / Б.П. Хромой, В.Г. Маковеев и др. – М.: Связь, – 1967. – 168с.

65. Левит, А.Б. Введение в общую теорию телевидения [Текст] / А.Б. Левит. – М.: Советское радио, 1967. – 116 с.

66. Кондратьев, А.Г. Техника промышленного телевидения [Текст] / А.Г. Кондратьев, М.И. Лукин. - Лениздательство, 1970. – 502 с.
67. Гуревич, С.Б. Теория и расчёт не вещательных систем телевидения [Текст] / С.Б. Гуревич. - Ленинград: Энергия, -1970.- 236с.
68. Гончаров, А.В. Техника магнитной записи [Текст] / А.В. Гончаров. - М.: - Энергия. – 1970. – 328с., ил.
69. Лазарев, В.И. Бытовые видеоманитофоны [Текст] / В.И. Лазарев, Л.Г. Лишин и др. - М.: - Энергия. – 1971. – 72с., ил.
70. Золотарёв, В.Ф. Безвакуумные аналоги телевизионных трубок [Текст] / В.Ф. Золотарёв. – М.: Энергия, 1972. – 216с., ил.
71. Новаковский, С.В. Техника цветного телевидения [Текст] / Под ред. С.В. Новаковского. - М.: «Связь», 1976. – 496 с. ил.
72. Аксентов, Ю.В. Телевидение [Текст]: учебник для вузов 4 – е изд., перераб. и доп. / Ю.В. Аксентов, П.В. Шмаков и др. // Под ред. П.В. Шмакова. – М.: Связь, 1979. – 432с. ил.
73. Никольский, В.В. Электродинамика и распространение радиоволн [Текст] / В.В. Никольский, Б.М. Петров, Г.П. Грудинская.– М.: Советское радио, 1979. – 397 с.
74. Петров, И.И. Телевидение на железнодорожном транспорте [Текст]: учебник для вузов железнодорожного транспорта / И.И. Петров, Р.А. Косилов, С.В. Новиков // - М.: Транспорт, 1979. – 208 с.
75. Горелик, С.Л. Телевизионные измерительные системы [Текст] / С.Л. Горелик, В.И. Киврин и др. – М.: Связь. – 1980. – 168с., ил.
76. Барба, Д.Ф. Приборы с зарядовой связью [Текст] / под ред. Д.Ф. Барба. - М.: Мир, 1982, 240с.
77. Рамлау, П.Н. Радиосвязь на железнодорожном транспорте [Текст]: учебник для вузов железнодорожного транспорта, – 6 – е изд., перераб. и доп. / П.Н. Рамлау, И.И. Петров и др. // Под ред. П.Н. Рамлау. – М.: Транспорт, 1983. – 366с.

78. Финк, Л.М. Сигналы, помехи, ошибки. Заметки о некоторых неожиданных, парадоксах и заблуждениях в теории связи [Текст] / Л.М. Финк. – 2 – е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1984. – 256 с., ил.
79. Гвоздецкий, В.Л. Иван Яковлевич Конфедератов [Текст] / В.Л. Гвоздецкий. - М.: Наука, 1984. – 287 с.
80. Соломатин, В.А. Фазовые оптико-электронные преобразователи [Текст] / В.А. Соломатин, В.А. Шилин. - М.: Машиностроение, 1986. – 144 с., ил.
81. Косилов, Р.А. Применение устройств промышленного телевидения и видеозаписи на железнодорожных станциях [Текст] / Р.А. Косилов и др. – М.: Транспорт, 1986. – 284 с.
82. Симоненко, О.Д. Электротехническая наука в первой половине XX века [Текст] / О.Д. Симоненко. - М.: Наука, 1988. – 357 с.
83. Вебер, Ю.Г. Вторник, 7 мая (История одного изобретения)[Текст] / Ю.Г. Вебер. – М.: Детская литература, - 1988. – 290 с.
84. Урвалов, В.А. Очерки истории телевидения [Текст] / В.А. Урвалов. - М.: Наука, 1990. – 216 с. ISBN 5-02-000101-5.
85. Алексеев, Г.Н. Технический прогресс: комплексные закономерности, проблемы, перспективы [Текст] / Г.Н. Алексеев. - Тбилиси, Мецниереба, 1991. – 287 с.
86. Ваванов, Ю.В. Радиотехнические системы железнодорожного транспорта [Текст]: учебное пособие для вузов железнодорожного транспорта / Ю.В. Ваванов, А.А. Танцюра и др. - М.: Транспорт, 1991. – 303 с. ISBN 5-277-01085-8.
87. Росадо, Б. Физическая электроника и микроэлектроника [Текст] / Б. Росадо. - М.: Высшая школа, 1991, - 351 с.
88. Росадо, Б. Электроника и микроэлектроника [Текст] / Б. Росадо. - М.: Высшая школа, 1997, - 413 с.
89. Хоуза, М. Приборы с зарядовой связью [Текст] / Под редакцией М. Хоуза, Д. Моргана. - М.: Энергоатомиздат, 1991. – 376 с.

90. Петров, И.И. Телевидение на железнодорожном транспорте [Текст]: учебник для вузов железнодорожного транспорта, – 2 - е изд., перераб. и доп. / И.И. Петров, Р.А. Косилов. – М.: Транспорт, 1991. – 200 с. ISBN 5-277-00946-9.
91. Борисов, В.П. Российские учёные и инженеры в эмиграции [Текст] / Под ред. В.П. Борисова. - М.: - ПО «Перспектива», 1993. – 125 с.
92. Шелухин, В.И. Телевидение и радиолокация на железнодорожном транспорте [Текст]: учебное пособие для техникумов железнодорожного транспорта / В.И. Шелухин, О.И. Шелухин, Р.А. Косилов. - М.: Транспорт, 1994. – 176 с.
93. Левин, В. Защита информации в информационно-вычислительных системах и сетях [Текст] / В. Левин. - М.: – «Программирование», 1994. 257 с.
94. Половинкин, А.И. Законы строения и развития техники (постановка проблемы и гипотезы) [Текст] / А.И. Половинкин. - Волгоград, 1995. – 235 с.
95. Половинкин, А.И. Законы развития науки [Текст] / А.И. Половинкин. - Волгоград, 2003. – 315 с.
96. Артющенко, В.М. Индивидуальный и коллективный приём спутникового телевидения [Текст]: учебник для вузов / В.М. Артющенко, В.А. Бахарев, О.И. Шелухин и др. - М.: Легпромбытиздат, 1995. – 338 с. : ил. ISBN 5-7088-0655-9.
97. Носов, Ю.Р. Основы физики приборов с зарядовой связью [Текст] / Ю.Р. Носов, В.А. Шилин. - М.: Наука, 1996. – 320 с.
98. Шахгильдян, В.В. Радиопередающие устройства [Текст] / Под редакцией В.В. Шахгильдяна. – М.: Радио и связь, 1996. – 327 с.
99. Щука, А.А. Функциональная электроника [Текст]: учебник для вузов / А.А. Щука. - М.: МИРЭА, 1998. – 413 с.
100. Левченко, В.Н. Спутниковое телевидение [Текст] / В.Н. Левченко. - СПб.: БХВ – Санкт – Петербург, 1999. – 288 с., ил.
101. Викторов, И.А. Звуковые поверхностные волны в твёрдых телах [Текст] / И.А. Викторов и др. - М.: Радио и связь, 1999. – 278 с.

102. Левченко, В.Н. Спутниковое телевидение [Текст] / В.Н. Левченко – СПб.: БХВ – Санкт – Петербург, 2005. – 317 с., ил. ISBN 5-8206-0062-2.
103. Мамедов, И.Р. Передача неподвижных и графических телевизионных изображений [Текст] / И.Р. Мамедов и др. – М.: Радио и связь. – 1999. – 128 с.: ил. ISBN 5-256-01454-4.
104. Кравченко, А.Ф. Физические основы функциональной электроники [Текст]: учебное пособие / А.Ф. Кравченко. - Новосибирск: Изд-во Новосибирского ун-та, 2000. – 197 с.
105. Смирнов, А.В. Основы цифрового телевидения [Текст]: учебное пособие / А.В. Смирнов. - М.: Горячая линия - Телеком, 2001.- 224 с.: ил.
106. Разевиг, В.Д. SystemView-средство системного проектирования радиоэлектроники [Текст]/ Под редакцией В.Д. Разевига, Г.В. Лаврентьев и др. - М., Горячая линия - Телеком. 2002. - 352с., ил.
107. Брайс, Р. Руководство по цифровому телевидению [Текст] / Р. Брайс: Пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2002. – 288с., ил. ISBN 5-04074-158-4.
108. Волков, А.А. Радиопередающие устройства [Текст]: учебник для техникумов и колледжей железнодорожного транспорта / А.А. Волков и др. – М.: Маршрут. 2002. – 352 с. ISBN 5-89035-079-X.
109. Призмозонов, А.М. Надёжность, безопасность [Текст] / А.М. Призмозонов, В. И. Сбитнев, М.М. Болотин и др. Под ред. А.М. Призмозонова. – М.: Желдориздат. - 2002. – 428с.
110. Разевиг, В.Д. SystemView-средство системного проектирования радиоэлектроники [Текст]/ - Под редакцией В.Д. Разевига, Г.В. Лаврентьев и др. - М., Горячая линия - Телеком. 2002. – 352с., ил.
111. Цыцулин, А.К. Телевидение и космос [Текст]: учебное пособие. А.К. Цыцулин. – СПб., изд – во СПб. ГЭТУ «ЛЭТИ», 2003. – 228 с. ISBN 5-7628-0496-2
112. Бусаров, В.Г. Без светоча теории [Текст] / В.Г. Бусаров, Б.А. Лёвин. - М.:МИИТ,- 2003,С.38 – 40.

113. Полосин, Л.Л. Цифровые системы вещательного телевидения [Текст] / Л.Л. Полосин. - СПб.: БГТУ, 2004. – 120 с.
114. Борисов, В.П. Владимир Козьмич Зворыкин, 1889-1982 [Текст]. / В.П. Борисов. Отв. ред. Ю.В. Гуляев. - М.: - Наука, 2004. – 147 с.; ил. – (Науч. – биограф. лит.) – ISBN 5-02-032954-1.
115. Камнев, В.Е. Спутниковые системы связи [Текст]: учебное пособие / В.Е. Камнев, В.В. Черкасов и др. – М.: Альпина Паблишер, 2004. – 536с., ил.
116. Нейман, В.И. Цифровые системы железнодорожного транспорта [Текст] / В.И. Нейман и др. - М.: МИИТ, 2005. ISBN 5-89035-270-7.
117. Нейман, В.И. Системы и сети передачи данных на железнодорожном транспорте [Текст]: учебник для вузов ж.-д. транспорта / В.И. Нейман и др. – М.: Маршрут, 2005. – 470с. ISBN 5-89035-270-9.
118. Гедзберг, Ю.М. Охранное телевидение [Текст] / Ю.М. Гедзберг и др. - М.: Горячая линия-Телеком, 2005. - 312 с.: ил. ISBN 5-93517-260-7.
119. Лейтес, Л.С. К 75 – летию Отечественного механического ТВ-вещания в России [Текст] / Л.С. Лейтес. Справочник. - М.: - ИД «Святогор», 2005. 224с.
120. Чепульская, О.В. Оценка параметров видеодисплейных терминалов для целей сертификации [Текст]: учебное пособие / О.В. Чепульская, Ю.Л. Чепульский. – М.: - 2006. – 342 с.
121. Нейман, В.И. Теория передачи сигналов [Текст]: учебное пособие для студентов спец. «Автоматизированные системы обработки информации и управления»; «Информационные системы и технологии» / В.И. Нейман. - МИИТ, 2007. – 48 с.
122. Осипов, Л.А. Моделирование информационных процессов [Текст]: учебное пособие / Л.А. Осипов. – М.: РГОТУПС, 2007. -64 с.: ил. ISBN 978-5-7473-0326-7.
123. Кнышев, И.П. Аналого-цифровое преобразование сигналов в информационных системах [Текст] / И.П. Кнышев и др. // - Уч. пос. – М.: РГОТУПС, 2008. – 223с. ISBN 978-5-7473-0407-9.

124. Семенюта, И.Ф. История электрической связи на железнодорожном транспорте (прошлое, настоящее и будущее) [Текст] / И.Ф. Семенюта, И.А. Здравовцев. Научно-популярное издание. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», ООО «Издательский дом «Транспортная книга», 2008. – 324 с. ISBN 978-5-89035-496-9.
125. Борисов, Ю.И. Динамика радиоэлектроники-3 [Текст] / Под общ. ред. Ю.И. Борисова. – М.: Техносфера, 2009. – 392 с. - ISBN 978-5-94836-227-4.
126. Илларионов, А.В. Труды Департамента информатизации и корпоративных процессов ОАО «РЖД» (ЦКИ ОАО «РЖД») [Текст] / Под редакцией А.В. Илларионова. - М.: Радио Софт, 2012.- 240 с. ISBN 978-593274-52-1.
127. Дамьяновски, Владо. SSTV. Библия охранного телевидения [Текст] / Владо Дамьяновски, перевод с англ. – М.: ООО « Ай – Эс. Пресс», 2003. – 344с., ил.
128. Фомин, А.Ф. Аналоговые и цифровые синхронно-фазовые измерители и демодуляторы [Текст] / А.Ф. Фомин, О.И. Шелухин. - Под ред. А. Ф. Фомина. - М., 1987. – 327 с.
129. Носов, Ю.Р. Математические модели интегральной электроники [Текст] / Ю.Р. Носов, В.А. Шилин. - М.: «Советское радио», 1976. – 304 с., ил.
130. Кузнецов, Ю.А. Микросхемотехника БИС на приборах с зарядовой связью [Текст] / Ю.А. Кузнецов, В.А. Шилин. – М.: Радио и связь. – 1988. – 160с., ил.
131. Соломатин, В.А. Фазовые оптико-электронные преобразователи [Текст] / В.А. Соломатин, В.А. Шилин. - М.: Машиностроение, 1986. – 144 с., ил.
132. Хромов, Л.И. Твёрдотельное телевидение: Телевизионные системы с переменными параметрами на ПЗС и микропроцессорах [Текст] / Л.И. Хромов, Н.В. Лебедев, А.К. Цыцулин, А.Н. Куликов. Под ред. И.А. Росселевича. – М.: Радио и связь. – 1986. – 184с., ил.

133. Преснухин, Л.Н. Фотоэлектрические преобразователи информации [Текст] / Л.Н. Преснухин, С.А. Майоров и др. - М.: Машиностроение. – 1974. – 376с.
134. Пресс, Ф.П. Фоточувствительные приборы с зарядовой связью [Текст] / Ф.П. Пресс. – М.: Радио и связь, 1991. – 213 с.
135. Ольховский, Ю.Б. Сжатие данных при телеизмерениях [Текст] / Ю.Б. Ольховский, О.Н. Новосёлов и др. - Под ред. В.В. Чернова. - М.: Советское радио. – 1971. – 304с.
136. Синепол, В.С. Системы компьютерной видеоконференцсвязи [Текст] / В.С. Синепол, И.А. Цикин. – М.: Связь и бизнес, ООО «Мобильные коммуникации», 1999. – 166с.
137. Голяс, Ю.Е. Системы ввода и обработки изображений в ПЭВМ: проектирование технических средств [Текст] / Ю.Е.Голяс, А.В.Бобряков и др. – М.: Машиностроение, 1993. – 224с., ил.ISBN 5-21702549-2.
138. Бутаков, Е.А. Обработка изображений на ЭВМ [Текст] / Е.А. Бутаков, В.И. Островский и др. – М.: Радио и связь, 1987. – 240с., ил.
139. Зубарев, Ю.Б. Передача изображений [Текст]: учебник для вузов связи / Ю.Б. Зубарев, Г.Л. Глориозов. – М.: Радио и связь, 1982. – 224с., ил.ISBN978-5-9973-1448-4.
140. Саямов, Э.А. Средства воспроизведения и отображения информации [Текст]: учебное пособие для вузов / Э.А. Саямов. – М.: Высшая школа, 1982. – 330с., ил.
141. Кловский, Д.Д. Теория передачи сигналов в задачах [Текст]: учебное пособие для вузов / Д.Д. Кловский. – М.: Связь, 1978. – 252с., ил.
142. Пеннин, П.И. Системы передачи цифровой информации [Текст]: учебное пособие для вузов / П.И. Пеннин и др. – М.: Советское радио, 1976. – 368с.
143. Голд, Б. Цифровая обработка сигналов [Текст] / Б. Голд, Ч. Рэйдер. Перевод с английского языка под редакцией А.М. Трахтмана. – М.: Советское радио, 1973.– 368с.

144. Яблонский, Ф.М. Средства отображения информации [Текст] / Ф.М. Яблонский, Ю.В. Троицкий. – М.: Высшая школа, 1988. – 198 с.
145. Ревенко, В.Н. Комплексы средств отображения информации [Текст] / В.Н. Ревенко, В.М. Сегал. – М.: Радио и связь, 1995. – 216 с., ил.
146. Ершов, К.Г. Видеооборудование [Текст] / К.Г. Ершов, С.Б. Дементьев. - Справочное пособие. СПб.: Лениздат, 1993. –271 с., ил. ISBN5-289- 00581- 1.
147. Куприянов, А. И. Очерки истории радиоэлектронной борьбы[Текст] / А.И. Куприянов, А.И. Палий. – М.: Вузовская книга, 2006. – 280с. (в т.ч. 17,5 п.л.).
148. Куприянов, А.И. Радиоэлектронная борьба. История, современность и перспективы [Текст] / А.И. Куприянов. – М.: Информационно-аналитический журнал «Фазотрон», № 1-2 (15), 2011. – 4 с. (в т.ч. 0,25 п.л.)
149. Куприянов, А.И. 110 лет развития и совершенствования радиоэлектронной борьбе. Военно-исторический труд [Текст] / А.И. Куприянов и др. – М.: Вузовская книга, 2014. – 137 с. (в т.ч. 8,56 п.л.).
150. Каменев, А.Ф. Технические системы: закономерности развития [Текст] / А.Ф. Каменев и др. - Л., М.: - 32 с.
151. Лишин, Л.Г. Анализ и проблемы записи, мониторинга и архивирования цифровой информации [Текст] / Л.Г. Лишин. - Воронеж: Изд-во НПО «МОДЭК», 2008. – 448 с.
152. Лецкий, Э.К. Информационные технологии на железнодорожном транспорте [Текст]: учебник для вузов ж.-д. транспорта. / Э.К. Лецкий, В.И. Панкратов, В.В. Яковлев и др. -М.: УМК МПС России, 2001. – 579 с.
153. Кудряшов, В.А. Передача дискретной информации на железнодорожном транспорте [Текст]: учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта. / В.А. Кудряшов, Н.Ф. Семенюта. – М.: Вариант, 1999. – 328с.
154. Камнев, В.Е. Спутниковые системы связи [Текст]: учебное пособие. / В.Е. Камнев, В.В. Черкасов и др. – М.: Альпина Паблишер, 2004. - 536с., ил.

155. Ольховский, Ю.Б. Сжатие данных при телеизмерениях [Текст] / Ю.Б. Ольховский, О. Н. Новосёлов и др. Под ред. В.В. Чернова. - М.: Советское радио. – 1971. – 304с.
156. Разевиг, В.Д. SystemView - средство системного проектирования радиоэлектронных устройств [Текст] / Под редакцией В.Д. Разевига. – М., Горячая линия - Телеком. 2002. – 352с., ил.
157. Левченко, В.Н. Спутниковое телевидение[Текст] / В.Н. Левченко. – СПб.: БХВ – Санкт – Петербург, 1999. – 288с., ил.
158. Левит, А.Б. Введение в общую теорию телевидения [Текст] / А.Б. Левит. – М.: Советское радио, 1967. – 116 с.
159. Борисов, В.П. Из истории отечественной радиоэлектроники [Текст] / В.П. Борисов. - М.: Молодая гвардия, 2010. – 208 с.
160. Борисов, В.П. Зворыкин.[Текст] / - М.: Молодая гвардия, сер. ЖЗЛ, 2013. – 221 с.

Внедрения

161. Михайлов, В.В. Разработка принципиальной электрической схемы цветокорректора для передающей стороны системы передачи сигналов изображений и совершенствование канала цветности приёмников сигналов цветных изображений типа Рубин - Ц 401, Рекорд - 101. Рационализаторские предложения. Удостоверения №№ 3068, 3069, 3072, 3074 от февраля 1968г.
162. Михайлов, В.В. Акт внедрения телевизионной системы на станции Брянск - Орловский Московской железной дороги от 15.06.2010г.
163. Михайлов, В.В. Акт внедрения телевизионной системы в эксплуатационном вагонном депо станции Смоленск Московской железной дороги 25. 07.2010г.
164. Акт сдачи - приёмки телевизионной системы передачи сигналов изображений на станции Перерва Московской железной дороги (ООО НТЦ «Трансвидео» от февраля 2010г.).

Апробация результатов работы

165. Михайлов, В.В. Средства отображения информации. Научно – техническая конференция в Поволжском филиале МИИТ (г. Саратов, 23.04.2009 г.).

166. Михайлов, В.В. Средства отображения информации коллективного пользования. Научно – техническая конференция в Нижегородском филиале МИИТ (г. Нижний Новгород, 25. 05. 2009 г.).

167. Михайлов, В.В. Системы отображения информации. Научно – техническая конференция в РОАТ МИИТ (г. Москва, 17. 04. 2011 г.).

Электронные ресурсы

168. Компьютеризированная система безопасности личности, помещений и бизнеса. GOALv 8. Руководство пользователя. М.: СПЕЦЛАБ, 2005.

169. Охранный аппаратно-программный комплекс VideoInspectorGlobal. <http://www.iss.Ru> (2012 г.).

170. Видеонаблюдение переходит на IP. <http://www.cnews.ru> системы видеонаблюдения и безопасности. <http://www.aktivsb.ru> (2014 г.).

Статьи

171. Бахметьев, П.И. Новый телефотограф [Текст] // «Электричество». М., 1885. №1. С. 2 - 7.

172. Применение телевидения на Белорусском вокзале Москвы. Газета «Киногазета». М., 1936. № 36. С. 3.

173. Марков, В.В. Малоканальные радиорелейные линии [Текст] / В.В. Марков. – М.: Связь, 1963. – С. 12 – 14.

174. Матвеев, А.Н. Квантовая механика и строение атома [Текст] / А.Н. Матвеев. Высшая школа. М., 1965. С. 5 – 9.

175. Величкин, А.И. Теория дискретной передачи непрерывных сообщений [Текст] / А.И. Величкин. - М.: Советское радио. 1970. – С. 277 - 278.

176. Косилов, Р.А. Применение телевидения на железнодорожном транспорте [Текст] / Р.А. Косилов, В.В. Михайлов. Сборник научных трудов ВЗИИТ (выпуск 64). М., 1973. С. 21 – 25. (в т. ч. 0,625 п. л.).

177. Косилов, Р.А., В.В. Михайлов. Повышение чёткости видеоинформации с

движущегося поезда [Текст] /Р.А. Косилов, В.В. Михайлов.Автоматика, телемеханика и связь. М., 1975. №10. С. 16 - 17. (в т. ч. 0,25 п. л.).

178. Косилов, Р.А. Телевизионный контроль прохождения поездов через промежуточные станции. / Р.А. Косилов.Железнодорожный транспорт. М., 1975. №12. С.32-33.

179. Михайлов, В.В. Разработка и исследование блока импульсного источника света [Текст] /В.В. Михайлов. Сборник научных трудов ВЗИИТ (выпуск 84). М., 1976. С. 21 – 23. (в т. ч. 0.375 п. л.).

180.Косилов, Р.А., А.А. Михайлов. Применение телевидения для контроля вагонного парка при централизованной обработке информации о вагонах [Текст] / Сборник научных трудов ВЗИИТ (выпуск 84). М., 1976. С. 25-27. (в т. ч. 0,375 п. л.).

181. Стил, Р. Принцип дельта-модуляции [Текст] / Р. Стил. Перевод с английского М.Д. Венедиктова. Под редакцией В.В. Маркова. – М.: Связь. 1979. – С.17-19.

182. Храмов, Ю. А., А.И. Ахиезера. Физики: Биографический справочникRu. Tracker.org (ex torrents.ru) & raquo; Физика& raquo; Физики: [1983, DjVu, RUS] [Текст] / Под ред. А. И. Ахиезера. — Изд. 2-е, испр. и дополн. — М., Наука. Главная редакция физико-математической литературы. 1983. С. 11, 12-40.

183. Ларионов, С.В. Оптоэлектронный датчик на ПЗС для определения скорости движения изображений [Текст]/ С.В. Ларионов, А.И. Бакланов. Электронная промышленность. – 1993. – Т. 6 – 7. – С. – 78 – 80.

184. Зудков, П.И. 50 лет Российскому научно-техническому обществу радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова [Текст] / П.И. Зудков. Радиотехника. М., 1995. № 4. С. 171-176.

185. Гвоздецкий, В.Л. Становление и перспективы истории техники [Текст] / В.Л. Гвоздецкий. Годичная конференция ИИЕТ РАН. М., 1995. С. 12-18.

186. Артюшенко, В.М. Индивидуальный и коллективный приём спутникового телевидения [Текст] / В.М. Артюшенко, В.А. Бахарев, О.И. Шелухин и др. Легпромбытиздат. М., 1995. – С. 21 - 23.
187. Каменев, А.Ф. Технические системы: закономерности развития [Текст] / А.Ф. Каменев. ИИЕН. Л., М., 1997. С. 32.
188. Борисов, В.П. Эхо будущего, звучащее из прошлого (об изобретателе телевизионной системы Л.С. Термене) / В.П. Борисов. Природа. М., 1999. № 2. С.122-128.
189. Лёвин, Б. А. Видные учёные МИИТ. Историческая серия очерков [Текст] / Б.А. Лёвин. МИИТ. М., 2000. вып. 1. С. 31-34.
190. Видные учёные МИИТ. Историческая серия очерков. – М., МИИТ. 2000. вып. 1. С. 31. librarymiit.ru/scientistsbooks.ph. Список публикаций учёного МИИТ / Лёвин Борис Алексеевич. Книга содержит 9 очерков, объединённых воспоминаниями автора, одного из миитовцев, профессора МИИТ, доктора технических наук.
191. Шилин, В.А. Научное общество ТОПЭК [Текст] / В.А. Шилин. Бюллетень оптического общества. – SPIE. RUS. 2000. №3. С. 81-84. (в т. ч. п. л. 0,5).
192. Шилин, В.А. Научное общество ТОПЭК [Текст] / В.А. Шилин. Бюллетень оптического общества. – SPIERUS. М., 2000. № 3. - С.25-27.
193. Косилов, Р.А. Опыт и перспективы применения телевидения на железнодорожном транспорте. Научные разработки профессорско-преподавательского состава РГОТУПС, предлагаемые для внедрения на предприятиях железнодорожного транспорта [Текст] / Р.А. Косилов. РГОТУПС. М., 2001. С. 21.
194. Косилов, Р.А. Основные направления использования систем видеонаблюдения [Текст] / Р.А. Косилов, Ю.И. Таныгин. Автоматика, связь, информатика. М., 2001. № 7. С. 31-33.
195. Лёвин, Б.А. МИИТ на рубеже веков [Текст] / Под ред. Б.А. Лёвина. МИИТ. М.: 2002. - С.7-12.

196. Волков, А.А. Великим уравнениям Максвелла – 130 лет [Текст] / А.А. Волков. ВКСС connect. М., 2003. № 4. С. 153-157.
197. Казанский, Н.А. Оценка качества передачи информации в оптических системах связи с плотным волновым мультиплексированием DWDM [Текст] / Н.А. Казанский, Д.Е. Еременский. Труды РНТОРЭС им. А.С. Попова, выпуск LIX. М., 2004. С. 2.
198. Алфёров, Ж.И. Полупроводниковая электроника в России. Состояние и перспективы развития [Текст] / Ж.И. Алфёров. Электроника. Наука. Технология. Бизнес. М., 2004. № 5. С. 88-92.
199. Волков, А.А. Радиотехническое наследие А.С. Попова [Текст] / А.А. Волков. ВКСС connect. М., 2005. № 2. С. 19-21.
200. Волков, А.А. 120 лет открытию радиоволн[Текст] / А.А. Волков. ВКСС connect. М., 2008. № 1. С.17-19.
201. Косилов, Р.А. Телевизионная система мониторинга состояний на переездах[Текст] / Р.А. Косилов. Автоматика, связь, информатика. М., 2008. № 1. С. 44-45.
202. Косилов, Р.А. Радиотелевизионная система предотвратит наезд [Текст] /Р.А. Косилов, А.П. Богачёв и др. Локомотив. М., 2008. № 10. С.29.
203. Борисов, В.П. Миткевич Владимир Фёдорович. Учёные Академии наук (1920-е – 1950-е гг.)[Текст] / В.П. Борисов. М. 2010. С. 47-51.
204. Борисов, В.П. Развитие радиолокации в годы Второй мировой и «холодной» войн / В.П. Борисов. Юбилейная научная конференция, посвящённая 65-летию Победы. М. ИИЕТ РАН, 2010. С. 48-53.
205. Борисов, В.П. Изобретение электронного телевидения. / В.П. Борисов. Вестник Российской Академии наук. Т. 80, № 1, 2010, С. 73-78.
206. Борисов, В.П. Берг Аксель Иванович / В.П. Борисов. Учёные Академии наук (1920-е-1950-е гг.). М. 2010. С. 281-284.
207. Борисов, В.П. Чернышев Александр Алексеевич / В.П. Борисов. Учёные Академии наук (1920-е-1950-е гг.). М. 2010. С. 529-534.
208. Сагдуллаев, Ю.С. Развитие видеоинформационных систем

- телевидения[Текст]/ Ю.С. Сагдуллаев. Сборник материалов IX Международной научно-технической конференции «Распознавание – 2010». Курск. 2010. С. 118-120.
209. Бусаров, В.Г. Инновационные методы в историографии[Текст] / В.Г. Бусаров. Мир транспорта. М., МИИТ.2010. № 3. - С.184-186.
210. Дворкович, В.П. Цифровые видеoinформационные системы (теория и практика). Часть 1,2. [Текст] / В.П. Дворкович, А.В. Дворкович. - М.: Изд-во НИИР-КОМ, 2010. - 208 с.
211. Куприянов, А.И. Радиоэлектронная борьба. История, современность и перспективы [Текст] / А.И. Куприянов. М., Информационно-аналитический журнал «Фазотрон». № 1-2 (15). 2011. 4 с. (в т.ч. 0,5 п.л.).
212. Волков, А.А. Истоки и величие уравнений Максвелла [Текст] / Мир транспорта. М., 2011. № 2. С. 176-182.
213. Зубарев, Ю.Б., Ю.С. Сагдуллаев Тенденции развития видеoinформационных технологий и систем телевидения. Часть 1 / Ю.Б. Зубарев, Ю.С. Сагдуллаев. Broadcasting. Телевидение и радиовещание. М., 2011. № 2. С.22-25.
214. Зубарев, Ю.Б., Ю.С. Сагдуллаев. Тенденции развития видеoinформационных технологий и систем телевидения. Часть 2 / Ю.Б. Зубарев, Ю.С. Сагдуллаев. Broadcasting. Телевидение и радиовещание. М., 2011. № 3. С. 49-54.
215. Волков, А.А. Способ восстановления огибающей у клиппированного сигнала [Текст] / А.А. Волков, В.А. Кузнецов, О.Е. Журавлёв. Проектирование и технология электронных средств. М., 2013. № 4. С. - 51-54.
216. Волков, А.А. Повышение качества клиппированного радиосигнала [Текст] / А.А. Волков, В.А. Кузнецов. Мир транспорта. М., 2013. № 5. – С. – 39-41.
217. Борисов, В.П. Электронная промышленность России в условиях социально-экономических реформ / В.П. Борисов. Институт истории

естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН. Годичная научная конференция. М. 2011, С. 207-209.

218. Борисов, В.П. Развитие исследований в области истории техники в ИИЕТ в 1930-х-1970-х гг. / В.П. Борисов. Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН. Годичная научная конференция. М. 2012, 31-37.

219. Борисов, В.П. «Отец телевидения» под колпаком ФБР. 1940-е годы в жизни выдающегося учёного и изобретателя В.К. Зворыкина // В.П. Борисов. Вопросы истории естествознания и техники. 2012, № 2, С. 70-89.

220. Борисов, В.П. История техники: хронология изобретательства или шаги научно-технического прогресса // В.П. Борисов. Проблемы и перспективы развития научно-технических музеев. Труды международной конференции. СПб. 2013. С. 34-37.

221. Борисов, В.П. Вернадский о значении научного наследия М.В. Ломоносова / В.П. Борисов. Владимир Иванович Вернадский и история науки. Сборник докладов международной научной конференции. М. 2013, С. 35-37.

222. Борисов, В.П. В.К. Зворыкин и Г.А. Гамов - выдающиеся учёные современности / В.П. Борисов. Петербургская - Ленинградская школа электроники. СПб. Изд-во СПбГЭТУ. 2013, С. 75-85.

223. Борисов, В.П. Электроника СССР и России до и после проведения социально-экономических реформ / В.П. Борисов. Труды международного симпозиума «Отношение общества и государства к науке в условиях современных экономических кризисов: тенденции, модели, поиск путей улучшения взаимодействия». Киев. 2013, С. 88-94.

224. Борисов, В.П. Достижения и злоключения «русского американца» Владимира Зворыкина / В.П. Зворыкин. Вестник Российской Академии наук. Т. 83, № 2, 2013, С. 143-156.

225. Борисов, В.П. Путь к Новой науке. К 450-летию со дня рождения Галилео Галилея / В.П. Борисов. Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН. Годичная научная конференция. М. 2014, С. 26-33.

Авторефераты

226. Косилов, Р.А. Автореферат докторской диссертации на тему: «Автоматизация считывания номеров вагонов и локомотивов движущихся поездов» (специальность 05. 22. 08. Эксплуатация ж.-д. транспорта (включая устройства сигнализации, централизации, блокировки и технологической связи)).

Учебные материалы

227. Михайлов, В.В. Средства отображения информации коллективного пользования. Рабочая программа и задание на контрольную работу с методическими указаниями для студентов 6 курса специальности «Электронные вычислительные машины и системы (ЭВМ)». РОАТ, - М.: - 2008.-104 с. (в т.ч. 13 п.л.) - ISBN 5-89538-070-4.

228. Михайлов, В.В. Средства отображения информации. Рабочая программа и задание на контрольную работу с методическими указаниями для студентов специальности ИСЖ. – М.: МИИТ, — 2009. - 104 с. (в т. ч. 13 п.л.). -ISBN 5-89538-070-4.

Информация об основателе ИМИУ (МИИТ) Н.П. Петрове

Здесь надо отметить вклад основателя Императорского московского инженерного училища (ИМИУ в 1896 г., МИИТ), русского учёного, заслуженного деятеля науки и техники, строителя Транссибирской железнодорожной магистрали Николая Павловича Петрова (1836–1920 гг.). Одной из интересных его работ является выполненный им в 1902 г. перевод с английского на русский язык знаменитого трактата Д. Максвелла об электричестве и магнетизме.

К сожалению, этот перевод не издан и хранится в виде рукописи в городском архиве г. Новороссийск.

Общая хронология истории становления, развития теории и техники передачи сигналов изображений объектов железнодорожного транспорта

Она представляет историю развития физико-математических основ передачи сигналов изображений, основных этапов развития техники систем чёрно-белого и цветного телевидения, внедрения и применения средств передачи сигналов изображений, становления и развития цифровых методов передачи сигналов изображений, развития систем видеонаблюдения стационарных и подвижных объектов с учётом вклада учёных МИИТ (с первой по пятую главы включительно).

Таблица 1

№ п/п	Период времени	Открытия, внедрения	Авторы, страна
1.	1675 - 1721гг.	Исследования в оптике (интерференционные кольца, дисперсия света, дифракция).	И.Ньютон, Англия.
2.	1756г.	Открытие трёхкомпонентной теории зрения RGB.	М.В. Ломоносов, Россия.
3.	1852г.	Развитие трёхкомпонентной теории зрения.	Гельмгольц, Германия.
4.	1872г.	Изобретение электрической лампы накаливания, обеспечившее преобразование электрической энергии в световую энергию.	А.Н. Лодыгин, Россия.

5.	1873г.	Открытие фотопроводимости селена, создавшее возможность преобразования световой энергии в электрическую энергию.	У. Смит, Д. Мэйн, Англия.
6.	1873г.	Открытие теории электромагнитных волн (радиоволн) и структуры света. Эту теорию Д. Максвелл сформулировал в «Трактате по электричеству и магнетизму».	Д. Максвелл, Англия.
7.	1887 – 1888гг.	Г. Герц реализовал теорию Д. Максвелла, разработав впервые излучатель – антенну - электрический диполь. С помощью его Герц получил реальные электромагнитные волны дециметрового диапазона (ДМВ). Открытие явления фотоэффекта.	Г. Герц, Германия.
8.	1887 – 1905гг.	Исследование и дальнейшее развитие учения о фотоэффекте.	А.Г. Столетов, Россия.
9.	1873 - 1888гг.	Х. Гюйгенс установил излучение элемента. Оно направлено в сторону движения фронта волны. Суть принципа Гюйгенса – замена волновой поверхности системой вторичных источников сферических волн. Каждая точка поверхности – источник излучения.	Х. Гюйгенс, Англия.
10.	1873 – 1874гг.	Основатель теоретической физики Н.А. Умов сформулировал теорему – закон Умова. Вывод Максвелла о давлении света – частный случай закона Умова.	Н.А.Умов, Россия.
11.	1879– 1880гг.	Последовательная поэлементная передача изображений (7 – 8 кадров в секунду).	П.И. Бахметьев, Россия.

12.	1887- 1888гг.	Английский физик Пойнтинг развил идеи Н.А. Умова (теорема Умова-Пойнтинга) применительно к электромагнитному полю, хотя вектор $\vec{\Pi} = \left[\vec{E} \times \vec{H} \right]$ называют вектором Пойнтинга.	Пойнтинг, Англия. Н.А. Умов, Россия.
13.	1875г.	Проект телепередачи изображений на фотоэлементах.	Д. Керр, США.
14.	1890г.	Термин «Телевидение».	К.Д. Перский, Россия.
15.	07.05. 1895г.	Изобретение радио.	Профессор А.С. Попов, Россия.
16.	Декабрь 1899г.	ТВ – система передачи сигналов цветных изображений.	А.А. Полумордвинов, Россия.
17.	25. 07. 1907г.	«Способ электрической передачи изображения на расстояние» (привилегия № 18076, в Санкт-Петербургском Технологическом институте). Запатентован ТВ передатчик с механической развёрткой луча, приёмной электронно-лучевой трубкой, люминесцентным экраном.	Б.Л. Розинг, Санкт-Петербург, Россия.
18.	Май 1911г.	Передача движущихся геометрических фигур с оптико-механического передатчика.	Б.Л. Розинг, Санкт – Петербург, Россия.
19.	1911г.	Регистрация солнечного затмения с помощью фотодиода на территории Египта.	Немецкие учёные, Германия.

20.	1925– 1928гг.	Первая полная электронная система чёрно - белого ТВ.	Б.П. Грабовский, г. Ташкент, СССР.
21.	1926г.	Передача движущихся силуэтных изображений.	Л.С.Термен, Физический институт, СССР.
22.	1926г.	Внедрение передающей ТВ трубки типа ортикон.	П.В. Шмаков, П.В. Тимофеев, СССР.
23.	1927г.	Создание трубки мгновенного действия «Диссектор».	Франсуорт, США.
24.	1928г.	Оптико-механическая система передачи сигналов цветных изображений.	Бэр, г.Глазго, Англия.
25.	24.09. 1931г.	Изобретение супериконоскопа.	С.И.Катаев, СССР.
26.	1931г.	Приняты две трёхкомпонентные колориметрические системы: реальных цветов R,G,B и производная от неё – символьных цветов X,Y,Z.	Международное колориметрическое объединение (МКО).
27.	1934г.	Передающая ТВ трубка мгновенного действия – статитрон.	Г. В. Брауде, СССР.
28.	1937г.	Введены в строй ТВ центры.	г. Москва, г. Ленинград. СССР.
29.	1938г.	Начало регулярных широкоэмиттерных ТВ передач.	СССР.

30.	1949г.	Перестройка ТВ передач на стандарт в 625 строк.	СССР.
31.	1954г.	Опытное цветное ТВ вещание.	СССР, Франция.
32.	01.10. 1967г.	Начало регулярного цветного ТВ вещания в системе SECAM.	СССР, Франция.
33.	1970 – 1989гг.	ПЗС детекторы применялись в 97% телевизионных приёмников.	В.А. Шилин, д.т.н., проф. МИИТ; д.т.н., проф. Ю.Р. Носов, НПП «Сапфир», г. Москва, СССР, РФ.
34.	2005г.	Разработка технологических процессов производства ПЗС. Профессор МИИТ В.А. Шилин удостоен премии Правительства РФ.	Профессор МИИТ В.А. Шилин, Россия.
35.	С 2006г. до 2016г.	См. рис. 5.3. Диаграмма развития цифровых систем в Российской Федерации до 2016г.	МНИТИ, Россия.



Бортовой номер вагона при движении поезда (скорость более 45км/ч) на мониторе видеоконтрольного устройства промышленной телевизионной установки и экране телевизионного приёмника (а. с. сприоритетом на изобретение № 477878 СССР. Устройство для считывания информации с транспортного средства [Текст] / Р.А.Косилов, В.В. Михайлов // - Приоритет от 28. 12. 1973 г.).

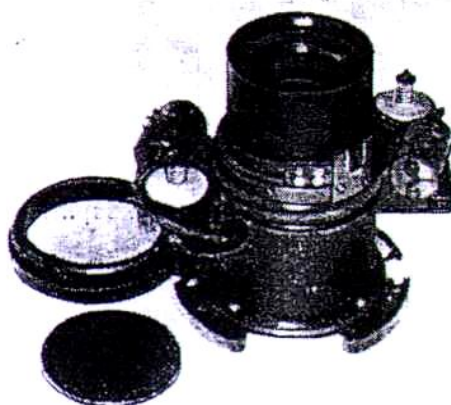


Рисунок 1

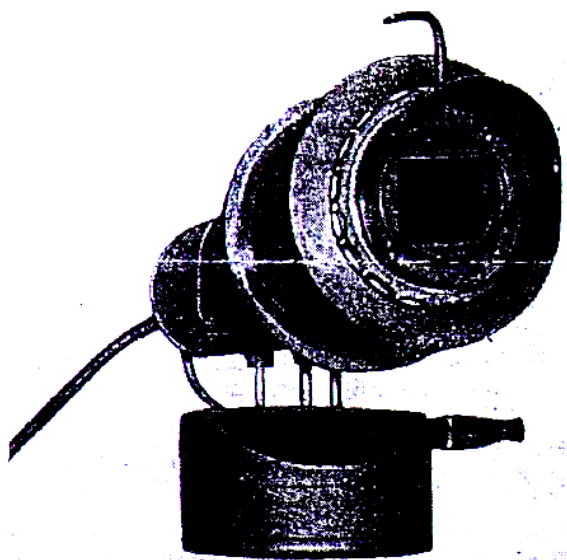
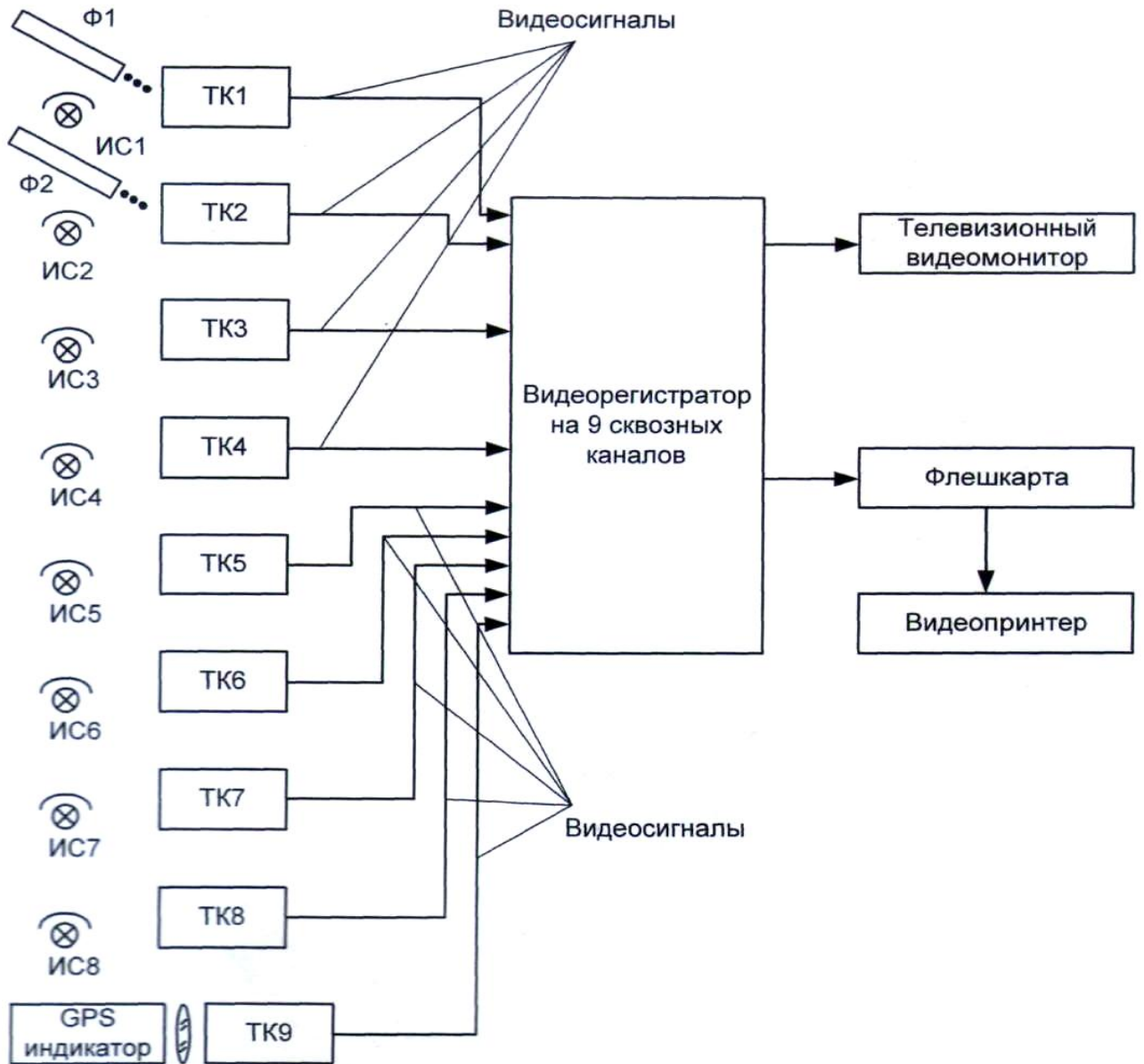


Рисунок 2

Рисунок 1 -Передающая камера промышленной телевизионной установки (ПТУ)с оптической головкой и длиннофокусным объективом МТО – 500(на рисунке 1 слева и справа закреплены двигатели перемещения объектива в направлении наблюдаемого объекта и обратно для изменения фокусного расстояния).

Рисунок 2 - Передающая телевизионная камера ПТУ на поворотном устройстве.

Функциональная схема аппаратуры видеоконтроля и регистрации условий взаимодействия в системе «Колесо-рельс».



Мониторинг состояний строений путей. Контроль костылей в шпалах.

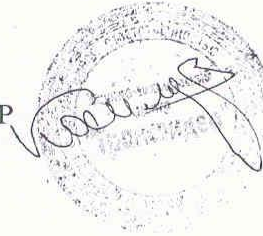
Мониторинг отсутствия отцепов вагонов на перегонах. Кватро.



ОТЗЫВ на диссертацию от ООО НТЦ «ТРАНСВИДЕО»

КОПИЯ

ПРОФЕССОР



УТВЕРЖДАЮ:
 ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР
 ООО НТЦ «ТРАНСВИДЕО», Д.Т.Н.,
 КОСИЛОВ Р.А.

АКТ

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ ДОЦЕНТА
 МИХАЙЛОВА ВЯЧЕСЛАВА ВЛАДИМИРОВИЧА на тему:

« ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ, РАЗВИТИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ
 РОССИЙСКОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ ПЕРЕДАЧ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА
 ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ С УЧЁТОМ ВКЛАДА УЧЁНЫХ
 МИИТа».

НАСТОЯЩИМ АКТОМ КОМИССИЯ В СОСТАВЕ:

- ПРОФЕССОРА КОСЕНКО С.С.;
- ДОЦЕНТА ТАНЫГИНА Ю.И.;
- ВЕДУЩЕГО ИНЖЕНЕРА ТЕРЁШИНА Н.В.

ПОДТВЕРЖДАЕТ, ЧТО РАЗРАБОТАННЫЙ МИХАЙЛОВЫМ В.В.
 СПОСОБ ТЕЛЕВИЗИОННОГО СЧИТЫВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ С
 ПОДВИЖНЫХ ЕДИНИЦ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
 ИСПОЛЬЗУЕТСЯ В РАЗРАБОТКАХ ООО НТЦ «ТРАНСВИДЕО».

ПОДПИСИ:

Профессор *Скаси* (КОСЕНКО С.С.)Доцент *Таныгин* (ТАНЫГИН Ю.И.)Ведущий инженер *Терёшин* (ТЕРЁШИН Н.В.)