

Общество с ограниченной ответственностью "ЗД-тек"

УДК: 001.894:347.771

Регистрационный №АААА-А17-117111450026-3

Инв. №02



УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

Комолов А. В.

_____ 201_ г.

И.П.

ОТЧЕТ

о выполнении НИОКР по теме:

"Разработка опытного образца средств отображения на основе оптической интерполяции"
(договор №2160ГС2/6363 от 21.09.2017)

(заключительный)

Руководитель работ

Комолов А. В.

подпись, дата

Москва, 2018



1. Реферат заключительного отчета по НИОКР.

Отчет о Научно исследовательской работе: страниц 71; формулы:5; рисунков 8; приложение 1 (включает 8 рисунков).

Объект исследования: “Средства отображения на основе оптической интерполяции”.

Вид исследования: исследование возможностей создания и создание пилотного опытного образца интерполяционного проекционного экрана мультимедийного применения. Изготовление опытного образца экрана, проведение испытаний опытного образца, проведение исследования эргономического эффекта просмотра на экране 2D и 3D контента для трех возрастных групп.

Ключевые слова: проекция изображений, прямая и обратная проекция, оцифровка изображения, пиксель, интерполяция, оптическая интерполяция, видеостены, психофизиология восприятия, информационные образы, органолептические пороги восприятия различий информационных сигналов, телесный одномоментный угол восприятия всего изображения зрителем,.

1. Наименование НИОКР: “Разработка опытного образца средств отображения на основе оптической интерполяции”

2. Основание для проведения НИОКР:

Протокол заседания Дирекции Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере №6 от «26» июля 2017 г.

3. Цель выполнения НИОКР:

Разработка и создание опытного пилотного образца средств отображения на основе оптической интерполяции для последующей широкой апробации (в рамках дальнейшего развития темы «Оптической Интерполяции») в различных условиях реальной эксплуатации, устранения выявленных недостатков для последующего учёта особенностей применения в различных целевых приложениях, подготовки производства и исследования маркетинговых перспектив.

4. Назначение научно-технического продукта:

Просмотр цифрового видеоконтента любого формата в повышенном качестве на проекционном экране размером не менее 100 дюймов по диагонали в незатемненном помещении.

5. Основные области применения:

Бытовое использование в узкоспециализированных (домашние кинотеатры) и мультимедийных комплексах (игровых, информационных, любительских студийных, тренажёрных, образовательных и так далее), системах дистанционного контроля и управления.

Профессиональные: образование, выставочная и музейная деятельность, удаленные видео-коммуникации, различного назначения, студийная и аппаратура контроля качества и монтажа видео части аудио-видео фильмов и выпускаемых программ.

Разрабатываемая и подготавливаемая к освоению конструкция опытного образца проекционного модуля, использующего инновационный «Принцип Оптической

Интерполяции», предназначена для зрительного восприятия видео контента всех стандартизованных форматов с существенным повышением эргономики просмотра. Существенной частью повышения эргономики просмотра является появление возможности просмотра в широком телесном угле одномоментного восприятия. В том числе повышение эргономики просмотра должно обеспечиваться с разных зрительских позиций, и в условиях умеренной внешней засветки проекционного экрана, необходимой в реальных условиях использования в подавляющем большинстве административных, общественных, учебных, тренировочных, игровых, спортивных, развлекательных, театральных, культурных, праздничных, духовных, профессиональных студий и других возможных предназначений.

Оглавление

1. Реферат заключительного отчета по НИОКР.....	1
2. Введение.....	4
2.1.Цели и задачи этапа исследований, их место в выполнении НИОКР в целом.	8
3. Основная часть.....	10
3. 1. Анализ проблем и их состояния на момент начала данной работы. Теоретические изыскания.....	10
3.2. Математическая оценка характерных размеров волокнистых структур и их дискриминационной эффективности.....	17
3.3. Обобщающие сведения по возможностям исполнения рефракционного микролинзового слоя интерполяционных экранов.....	18
3.4. Пояснения к рисункам 1-4.....	22
3.5. Возможные варианты исполнения.....	28
3.6. Обоснование выбора конструктивных особенностей разрабатываемого стенда:	32
3.6.1. Выбор конструкции силовой рамы стенда.....	32
3.6.2.Выбор основ построения конструкции полотна интерполяционного экрана мультимедийного применения с микро-линзовым растром для опытного стенда; уточнение технологии изготовления конструкции полотна интерполяционного экрана.....	35
3.7.Проведение испытаний с использованием различных источников света проекторов (плазменных и металлогалогенных ламп).....	50
3.8.Исследование эргономического эффекта просмотра 2D и 3D контента для трёх возрастных групп.....	54
4.Заключение.....	56
5. Выводы.....	57
6.Используемая литература и нормативные документы.....	61
7. Приложения. Рисунки.....	64

2. Введение.

Оценка современного состояния решаемой научно- технической задачи.

Настоящее время характеризуется резким повышением потребительских требований к технике воспроизведения видео изображений, особенно 3D объёмных форматов для максимизации достоверности воспроизводимой информации, вплоть до «Эффекта Присутствия». Стремление к повышению качества изображений, вполне естественное в бытовых, культурных и досуговых назначениях, становятся совершенно необходимым в системах удалённого доступа, контроля и управления, как например, в системах управления беспилотными аппаратами, а также в обучающих, симулирующих и игровых тренажерах самого широкого спектра мультимедийных компьютерных приложений. Современное состояние проекционной техники для обеспечения удалённого просмотра видео контента в условиях максимального приближения к реальности, характеризуется целым рядом принципиальных проблем.

Главной из этих проблем является потеря существенно важной части индивидуальных распознавательных признаков реальных визуальных образов, неизбежно утрачиваемой при цифровой выборке информации и дополняемой систематическими артефактами и ошибками, возникающими за счёт используемых цифровых пиксельных представлений. Данный круг задач современная проекционная техника решает преимущественно путём интенсификации информационных устройств и потоков преобразуемых данных: за счёт многократного увеличения числа пикселей изображений, что значительно усложняет и удорожает электронную технику регистрации, хранения, передачи и воспроизведения информации. Более того, соответствующее увеличение объёмов информации за единицу времени резко снижает надёжность и защищённость коммуникационных трактов от помех и несанкционированного вмешательства. Тем не менее, даже при предельно высоком в бытовых приложениях разрешении, соответствующем формату 4К, в реальных условиях работы оператора удалённым устройством, находящегося перед экраном с естественно широким углом одномоментного обзора в горизонтальной плоскости около 90° , обеспечиваемым только при дистанциях просмотра до двух раз меньших ширины экрана, цифровая природа проецируемого изображения становится столь заметной, что осложняет восприятие существенно важных деталей полезной информации. И именно поэтому все изготовители видеопроекторов рекомендуют соблюдать дистанцию просмотра - не менее двух размеров экрана по ширине.

Этот недостаток и сопутствующие ему факторы явились основанием для проведения предыдущего этапа работы выполнения НИОКР.

Отчет о выполнении НИОКР по теме: «Разработка микролинзовой структуры внутри проекционного Интерполяционного экрана для Оптической Интерполяции изображения от нескольких проекторов» УДК: 001.894:347.771, Регистрационный № 115100950003, Инв. № 01. (Договор № 98ГС/6363 от 11.12.2014).

Вторым, не менее важным недостатком существующих проекционных систем воспроизведения видео контента на обычных проекционных экранах с поверхностным отображающим слоем белого цвета, возвращающим свет проектора в сторону зрителей, является потеря фотографической широты изображений в условиях даже умеренной боковой засветки экрана. В подавляющем большинстве реальных применений, особенно во всё более широко используемых в настоящее время случаях виртуальных дополнений наблюдаемой реальности, такая засветка принципиально неустранима.

Тема исходной разработки по теме Старт 1 относится к конструкциям экранов, преимущественно для цифровой проекционной техники, более конкретно, - к лицевой оптической части проекционных экранов, формирующей видимое зрителями изображение. А сама разработка относится преимущественно к пассивным оптическим устройствам световозвращающих экранов прямой проекции в мультимедийных системах видеопросмотра, формирующих изображения из световых импульсов от проекционных источников видимой части спектра на стадии их финишной подготовки к органолептическому зрительному восприятию конечными потребителями видеoinформации в стандартизованных 2D и 3D форматах, как в системах с поляризационным разделением одновременно воспроизводимых кадров стереопар 3D изображений двумя проекторами, так и в системах со светоклапанными очками для последовательно воспроизводимых кадров стереопар объёмных 3D изображений.

Данная работа по развитию темы проекта Старт 1 в проекте Старт 2 представляет собой дальнейшее развитие предыдущей пионерской работы по интерполяционным экранам (Старт 1), впервые направленной на решение комплекса научно-технических проблем по оптическому способу воссоздания индивидуальных распознавательных признаков информационных видео образов через восстановление аналогового характера исходных изображений реальных объектов съёмки, существенная часть информации о которых неизбежно теряется при по-пиксельной выборке условно репрезентативных

значений яркости и цветности, неизбежно происходящей при оцифровке изображений во всех современных цифровых устройствах регистрации видео контента.

Основным преимуществом Интерполяционных Экранов перед уже имеющимися на рынке, как и потенциально возможными конкурентами - является использование принципиально новой авторизованной технологии, научно-технической сутью которой авторами Патента на изобретение «ПРОЕКЦИОННЫЙ ЭКРАН» № 2 574 413, авторы: Корнев Денис Викторович, Гайдаров Александр Сергеевич. Правообладатель: ООО «ЗД-тек». Приоритеты: подача заявки: 19.07.2013; публикация патента: 10.02.2016

задекларировано нижеследующее:

«Привлечение оптических средств для воссоздания промежуточных значений попиксельно оцифрованных сигналов в областях их границ с соседними пикселями изображения согласно «Принципу Оптической Интерполяции» в его комплексе приложений, состоящем из геометрического и временного доменов представлений, заключающемся в дозированном увеличении непосредственно на экране эффективных размеров пятна от каждого пикселя и длительности свечения воспроизводимого изображения или его частей — на видимые промежутки геометрической «сетки» между соседними пикселями изображений в пространственном домене их представлений, промежутков времени между следующими друг за другом импульсами засветки каждого из пикселей изображений во временном домене представления изображений, как и частичной дозированной засветки соседних пикселей изображений в обоих доменах их представлений. При этом спадание эффективной заметности яркости в геометрическом и временном доменах представлений пиксельных пятен — должно быть плавным, то есть — должно представляться гладкой плавно спадающей однозначной функцией логарифмического уровня спектрально - яркостного параметра места и (или) времени при заданном размере пикселя используемой в проекторе матрицы - на экране заданных размеров».

В рамках поиска решения по второй проблеме проекционных экранов: снижения заметности боковой засветки, для повышения комфортности просмотра в не затемнённых помещениях и на открытых площадках, оптические свойства самих экранов, - должны быть существенно разными для полезных и мешающих лучей света, падающих на экран в различных направлениях. Полезный свет проектора должен претерпевать дозированное интерполяционное перераспределение по месту и времени его преобразования в элементы видимого изображения, а мешающий свет побочной засветки должен преимущественно

претерпевать поглощение, либо иное воздействие, уменьшающее его заметность при просмотре на экране воспроизводимого содержания.

Первая часть уже проделанной работы (тема Старт 1) была преимущественно направлена:

а) на воссоздание части информации, утерянной при регулярной выборке в процессе оцифровки, и

б) на снижение заметности дополнения оцифрованной реальной информации - исходно отсутствовавшей и сюжетно не связанной с изображениями информацией, связанной с общими недостатками существующих алгоритмов дискретизации аналоговой информации, как и с ограничениями конкретных цифровых форматов.

В результате предыдущих работ ООО «3Д-тек» и был проведен глубокий патентный поиск возможных технических решений, обеспечивающих оптическую интерполяцию. А в результате выполнения НИОКР по теме Старт 1 была создана интеллектуальная собственность: НОУ-ХАУ: «Технология изготовления натяжного полотна Интерполяционного экрана для видеостен». Приказ о ноу-хау №7 от 07 декабря 2016г. Правообладатель ООО «3Д-тек». С «08» декабря 2016г используется в производственном процессе. Объект интеллектуальной собственности, использующий новый «Принцип Оптической Интерполяции».

Достигнутое улучшение эргономики просмотра видео контента заключалось в существенном уменьшении заметности, как межпиксельной сетки, так и пиксельной структуры воспроизводимых оцифрованных изображений, вплоть до достижения граничных значений их органолептической заметности, в свою очередь обусловленной психофизиологией восприятия и распознавания визуальных образов реальных движущихся объектов зрением субъектов восприятия фото и видео информации (зрением человека). А уменьшение заметности цифрового форматирования воспроизводимых изображений, в свою очередь, создало возможность комфортного восприятия изображений со значительно (до 4 раз) уменьшенных относительных дистанций (по сравнению с шириной экрана), что соответствует существенному (вплоть до оптимального значения в 90^0 в горизонтальной плоскости) расширению телесного угла одномоментного восприятия всего изображения каждым из зрителей изображений проецируемых на экран, в том числе и находящихся в разных зрительских позициях по отношению к оси экрана больших размеров (видеостен).

После решения вышеуказанного круга проблем воспроизведения видео контента на больших экранах в широком телесном угле восприятия, перед разработчиками в свою очередь встали проблемы иного плана, связанного уже не только с проблемами заметности пиксельной структуры оцифрованных изображений. На первый план вышли проблемы расширения возможностей полноценного использования проекционной техники в незатемнённых помещениях. Проекционные системы, мониторная видео часть которых состоит из цифрового проектора и пассивного экрана большой площади и (или) большого угла обзора изображения зрителями, обладают заметными преимуществами перед светоизлучающими плазменными, светодиодными (LED) и жидкокристаллическими (LCD) панелями за счёт лучшего соотношения цена-качество. Однако все обычные экраны, несмотря на явные экономические преимущества, теряют свою привлекательность в условиях умеренной боковой засветки экрана. Дело тут в том, что обычные световозвращающие проекционные экраны, помимо переизлучения света пиксельных кадровых импульсов проектора, переизлучают в сторону зрителей и свет всех иных источников света, присутствующих во всех не специализированных и в специально незатемнённых помещениях просмотра. А переизлучение боковой засветки фронтальной поверхностью обычных экранов, резко ограничивает уровень чёрного на экранах, тем самым существенно снижая контрастность воспроизводимых изображений, ограничивая информационную полноту ощущений, регистрируемых органами зрения, как и связанную с ней эргономику в части полноценности и комфортности просмотра.

Поэтому для радикального расширения возможностей применения проекционной видеотехники в незатемнённых помещениях, в рамках дальнейшего развития и внедрения оптических средств интерполяции оцифрованных изображений, назрела острая необходимость разработки специальных мер по снижению заметности умеренной боковой засветки интерполяционных экранов, воспринимаемой зрителями в качестве негативного фактора, значительно ограничивающего полноту воспринимаемого зрителями контента, как и ухудшающую комфортность просмотра.

2.1. Цели и задачи этапа исследований, их место в выполнении НИОКР в целом.

И именно этой частной подтеме из всего комплекса задач по воссозданию визуальных частей информационных образов, главным образом и пришлось посвятить теоретико – технологическую часть данной работы, направленной на конкретизацию конструктивно технологических особенностей полотна интерполяционных экранов для опытного стенда, в первую очередь предназначенного для оптимизации конструктивно-технологических

особенностей экрана, а после этого, - на создание опытного образца стенда мультимедийного назначения и на проведение на нём дальнейших перспективных исследований. Та часть разработки, что посвящена интерполяционному экрану опытного проекционного стенда мультимедийного назначения, посвящена исследованиям возможностей создания интерполяционных экранов с микролинзовым интерполирующим слоем, изображение на которых не столь критично к влиянию внешней боковой засветки умеренной интенсивности, необходимой в помещениях для обеспечения безопасности, ориентирования в стандартных, неожиданных и чрезвычайных ситуациях, как и иных насущных потребностей, безусловно необходимых в учебных классах и аудиториях, на брифингах и конференциях, в тренировочных залах, в музеях и на экспозициях, в залах и помещениях публичных заведений: ресторанов, кафе, спортивных баров, общественных, транспортных, публично-общественных, клубных, административных и иных помещений, площадок и мероприятий, и так далее и тому подобное.

Особое внимание в работе пришлось уделить весьма непростой и чрезвычайно важной проблеме оценки потребительского качества воспроизводимых изображений, так как с ней тесно связана проблема достоверного представления тактико-технических требований к технической продукции данного вида и сегмента рынка. Суть этой проблемы, как показывает многолетний опыт исследователей со всего мира, заключается в следующем. Все существующие системы объективного (инструментального) контроля качества воспроизведения информационного контента социального общения, включая аудио и видео, созданные для исключения влияния субъективизма мнений и морально-физических состояний экспертов, несмотря на превосходную точность измеряемых величин параметров, к сожалению, оказались не способными претендовать на закономерно ожидаемую исчерпывающую оценку этого качества. И поэтому разработанные системы параметров качества воспроизведения информационных сигналов - не способны гарантировать уровень этих качеств, воспринимаемый конечными субъектами восприятия (потребителями) исключительно субъективно через индивидуальное органолептическое восприятие. В связи с этой проблемой недостаточности соответствия системы объективных параметров качества – результатам субъективной экспертизы этого же качества, все инструментальные метрологические средства измерений оказались способными дать только предпосылки требуемого в данной работе уровня качества изображений, а для гарантированной оценки необходимо использование субъективной экспертизы, проводимой в унифицированных условиях. Поэтому заведомый приоритет в

контроле потребительского качества в информационных технологиях и устройствах, следует отдавать субъективной экспертизе. Результаты же объективных инструментальных измерений должны рассматриваться как справочные контрольные данные, необходимые для технических регламентов.

3. Основная часть.

3. 1. Анализ проблем и их состояния на момент начала данной работы.

Теоретические изыскания.

Как обосновано во введении, основные теоретические изыскания в данной работе, посвящённой созданию опытного образца проекционного стенда мультимедийного назначения с интерполяционным экраном, в первую очередь были направлены на поиск доступных, функционально эффективных и экономически оправданных конструктивно-технологических решений полотна интерполяционного экрана многослойной конструкции с микролинзовым интерполяционным слоем, обеспечивающих снижение заметности боковой засветки.

Для предварительного отсеивания заведомо неприемлемых частных решений проблемы снижения заметности боковой засветки проекционных экранов и стендов с такими экранами, следует отметить, что подобные условия, хотя и не в такой полной мере, как в данной разработке, характерны для профессиональных кинотеатров, как и для студий режиссуры и формирования теле, видео и киноматериалов, где подобные задачи решаются за счёт одновременного применения двух мер:

1. Предотвращение попадания света боковой засветки на экран за счёт отгораживания экрана дополнительными козырьками, каше и ставнями, поглощающими свет боковых источников освещения, мешающий на экране.
2. Создание локального освещения рабочих мест кино и звукорежиссёров и монтажёров с отдельной подсветкой регулировочных элементов режиссёрских пультов и так далее.

Такие конструкции могут быть вполне приемлемыми в ряде условий использования, преимущественно профессиональной направленности, однако они принципиально не соответствуют условиям, свойственным, например - учебным и культурно-массовым заведениям и мероприятиям. Кроме того, конструкции боковых щитов, выполняющих роль своеобразных ставен и коллиматоров, неизбежно ограничивают угол обзора экрана с боковых сторон, что заведомо сужает часть аудитории или экспозиции. А в

случае видеостен, крайне актуальном, например, в сменяемых, временных и передвижных музейных экспозициях, проводимых в помещениях общественного назначения с самым широким спектром проводимых мероприятий, -такие меры зачастую вообще неприменимы.

В любом случае, действенность данной совокупности мер недостаточна для получения удовлетворительной степени снижения заметности и негативного влияния боковой засветки в помещениях, стены которых не имеют светопоглощающего покрытия, как в специализированных кинозалах и в кинотеатрах. Дело в том, что преобразование всех световых лучей, падающих на обычные экраны, как от проектора, так и от других источников света, - происходит не путём их зеркального отражения, при котором зрители увидели бы не проецируемое изображение, а расцвеченное изображение лампы проектора. Преобразование же светового потока проектора в видимое изображение происходит за счёт его поглощения белыми пигментными частицами поверхностного слоя обычных экранов, и последующего немедленного переизлучения, но не по закону зеркального отражения, а в неопределённо широком телесном угле в соответствии с законом Гюйгенса. Известны и довольно эффективны попытки применения мер, направленных на концентрацию диаграммы направленности пере-излучения проекционных экранов в направлении оси проекции. Данная мера до недавних пор была основным средством концентрации света к оси проекции, в основном предназначенным для проекторов с относительно небольшой поверхностной плотностью мощности светового потока на экранах большой площади. Однако получающееся при этом резкое сужение диаграммы направленности светового потока, переизлучаемого такими экранами, резко сужает и телесный угол обзора таких экранов, концентрируя его к оси проекции и просмотра, что практически полностью уничтожает главное достоинство Интерполяционных Экранов – возможность просмотра с малых дистанций в существенно расширенном телесном угле одномоментного восприятия всей площади экрана. Кроме концентрации излучения к оси проекции и просмотра, целый ряд проекционных экранов за наружным слоем, переизлучающим свет, дополнительно имеют зеркально отражающий слой. Эти экраны предназначены, в том числе и для совместного применения с наиболее доступными по цене, и поэтому – наиболее распространёнными, - одноматричными проекторами 3D проекции. В таких проекторах проекция происходит с последовательно перемежающейся передачей во

времени, как цветовых составляющих каждого кадра, так и самих кадров стереопар, снятых под разными соответствующими углами и предназначенных для последовательного восприятия правым и левым глазом каждого зрителя. Воспроизводимые такими проекторами изображения предназначены для восприятия через светоклапанные очки, которые синхронизировано с проектором поочередно открывают пропускание света на тот глаз, на который в данный момент времени производится проекция соответствующего кадра воспроизводимой стерео пары очередного кадра изображения. Применение зеркального слоя в экранах обратной проекции, расположенного непосредственно за переизлучающим слоем, является вынужденной мерой для сохранения значений усреднённого по времени эффективного уровня освещённости. Снижение усреднённого уровня освещённости в такой технологии воссоздания объёмных (3D) изображений обусловлено малым временем использования светового потока лампы проектора каждым глазом в отдельности за каждый кадр воспроизводимого стереоизображения. При последовательной передаче изображений левого и правого кадров стереопары, для независимого восприятия информации, предназначенной для разных глаз зрителя, каждый глаз может видеть предназначенное для него изображение только поочередно, то есть - не более половины времени просмотра всего кадра 3D изображения. А вторую половину времени просмотра, изображение происходит проекция другого изображения стереопары данного кадра, предназначенного исключительно для другого глаза. Этот результат кратного деления эффективного значения яркости изображения проектора, ещё более ограничивается конечностью времени полного срабатывания светоклапанных устройств (затворов) в самих проекторах, особенно в построенных на базе жидкокристаллических (LCD) матриц, как и в самих светоклапанных очках, где эта технология является единственно возможной. А ещё более значительное снижение значения воспринимаемого светового потока проектора происходит, когда с целью повышения комфортности просмотра за счёт снижения заметности мерцания изображения, используется интерполяционное удвоение частоты следования кадров: с 30 кадров (стереопар для каждого глаза) в секунду – до 60 кадров в секунду, то есть, сама частота следования кадровых импульсов каждого из изображений стереопар составляет уже не 60 отдельных кадров в секунду, а 120 отдельных кадров в секунду. Даже без учёта характерного времени срабатывания LCD затворов светоклапанных устройств, при этой частоте следования кадровых импульсов, на длительность

засветки кадровых импульсов отдельного глаза остаётся только 8 миллисекунд. А время срабатывания жидкокристаллических (LCD) затворов тоже измеряется временами порядка нескольких миллисекунд. Поэтому сама форма прямоугольных импульсов засветки кадровых изображений превращается в трапецию с исчезающе малой длительностью полки, обеспечивающей максимум пропускания света. Следует отметить, что в отличие от светоклапанных очков, для проекторов существует гораздо более быстродействующая микро-зеркальная технология светоклапанных матриц (DLP), скорость срабатывания которой примерно в 1000 раз выше, а время срабатывания измеряется тоже единицами, но уже не миллисекунд, как у LCD, а микросекунд. Это в корне снимает указанное выше дополнительное ограничение, обусловленное особенностями технологий формирования изображений в проекторах. Тем не менее, влияние времени срабатывания светоклапанных устройств в очках, в системах с последовательной во времени передачей кадров стереопар, остаётся главным фактором снижения эффективной яркости воспринимаемых изображений, с которым следует считаться при проектировании и создании интерполяционных экранов, специально предназначенных для работы в помещениях с умеренной боковой засветкой.

Для уточнения задачи различной реакции проекционных экранов на полезный и мешающий свет, приходящие под существенно разными углами, необходимо обеспечить избирательное поглощение мешающего света, приходящего под малыми углами к плоскости экрана, при этом обеспечивая максимально возможное использование полезного света проектора, падающего под большими углами к плоскости экрана, но переизлучающему рассеянный свет обратно так, чтобы его было возможно воспринимать зрителям в естественно широком угле одномоментного восприятия всего изображения. Данный комплекс взаимно противоречивых требований изначально представляется вообще не имеющим решений. Однако, это не совсем так.

Разрабатываемые оптические конструкции должны обеспечивать различное взаимодействие с лучами света, падающими на экран под разными углами, а именно:

- лучи, падающие на него в направлениях оптической оси проекции и просмотра экрана, преимущественно перпендикулярно к его поверхности, должны по возможности сохранять свою интенсивность для последующего переизлучения и рассеяния;

а лучи побочной боковой засветки, падающие на экран преимущественно вскользь под малыми углами к плоскости его поверхности, должны подвергаться преимущественному поглощению.

Таким образом, поиск путей решения частной задачи дискриминации световых лучей и потоков в зависимости от их углов падения на экран, решаемой в дополнительных условиях осуществления оптической интерполяции, приводит к выводу о рациональности последовательного разделения функций и соответствующих функциональных зон, которые в обычных экранах были объединены и сосредоточены в области поверхностного слоя проекционных экранов, имеющих характерную толщину порядка десятых долей миллиметра.

В интерполяционных экранах в этой зоне перехода световых потоков и лучей из геометрически бесформенной воздушно-газовой среды, в геометрически устойчивую форму полотна экрана, целесообразно осуществлять только две функции: недопущения бликов от любых источников света, и дискриминации полезных и побочных световых потоков в зависимости от их углов падения на полотно экрана. Задачи этих двух функций, при всём своём функциональном различии, на деле могут решаться за счёт применения очень похожих, а зачастую, даже, и одних и тех же мер.

А именно: для устранения бликов или для снижения их заметности, поверхность прозрачных формоустойчивых материалов, чаще всего их подвергают специальной обработке – сатинированию. Физическая суть эффективности этих обработок заключается в том, что оптически гладкую исходную поверхность материала преимущественно прозрачной матрицы экрана – механическими, химическими, плазменными или иными методами, или их совокупностью, деформируют, образуя на ней спорадические микронеровности округлой или призматической формы с характерными поперечными размерами проекции этих неровностей на плоскость фронтальной поверхности - порядка наиболее короткой длины волны световых составляющих преобразуемого света. Так как коэффициент преломления диэлектрического материала матрицы существенно больше коэффициента преломления окружающего воздуха, то и эффективная длина пути световых лучей в материале выступов – не совпадает с длиной их пути вне данного выступа. Поэтому в областях выступов и промежутков между ними будут наблюдаться интенсивные интерференционные и дифракционные явления, приводящие лучи, падающие вскользь к поверхности, - к интенсификации фазового разбиения фронтов электромагнитных

возмущений с наблюдаемым преобразованием их спектров в суммарно-разностные составляющие боковых полос. А так как длины волн фотонов видимого света различается относительно незначительно, почти все суммарно-разностные составляющие выходят из этого диапазона, делая блики незаметными для глаз наблюдателя. Для лучей света проектора, падающих на экран под углами близкими к нормали, эти преобразования, во-первых, - однократны, а во-вторых, площадь впадин всегда существенно больше площади плоских вершин выступов, что приводит лишь к частичному рассеянию света, которое к тому же частично компенсируется преломлением света при его входе из среды с меньшим показателем преломления – в среду с большим значением этого показателя. В силу совместного влияния этих факторов, входящие под малыми углами к нормали к поверхности лучи света проектора, и выходящие потоки переизлучённого света, практически сохраняют свою интенсивность.

А развитие высоты этих неровностей, позволяет существенно повысить эффективность подавления света боковой засветки. Этому же может способствовать и нанесение на внешнюю поверхность экрана или в толщу его материала – поглощающих свет пигментов. Эффективная оптическая плотность этих мер, зависящая: и от размеров, и от формы, и от ориентации этих частиц, и с учётом толщины слоя распределения пигмента и концентрации этих частиц по глубине этого слоя, - выбирается из соображений разумного компромисса между степенью пропускания полезных лучей, и степенью поглощения побочной засветки.

Обобщая, следует констатировать, что все указанные выше меры, направленные на дискриминацию лучей света, падающих на поверхность экрана под разными углами, в разной терминологии и с различными технологиями представляют собою совокупность конструктивных мер по созданию материалов с различными вариантами получения одного и того же общего физического свойства. А именно: выраженной анизотропии оптических свойств, присущих им в различных направлениях падения световых потоков.

Технологически же, в наиболее обобщённом виде, все эти меры соответствуют задаче создания метаматериалов с новыми заданными анизотропными оптическими свойствами, что может представлять собой и тематику специальных поисковых научных исследований, и основанных на их результатах – НОУ-ХАУ, как и иных предметов интеллектуальной собственности.

Подробно не останавливаясь на рассмотрении конструктивно-технологических возможностей создания подобных мета-материалов за ограниченностью задачи данного исследования, приведём самые общие направления возможного развития этой тематики:

рассмотрение ещё более эффективных, но и более сложных и дорогих вариантов конструктивного исполнения дискриминирующего слоя с искусственными анизотропными мета-материалами со специальными оптическими потребительскими свойствами и соответствующими параметрами представленными в нужном месте, в нужное время и в необходимой мере в концепциях:

- а) Трёхмерные 3D «жалюзи», которые могут быть выполнены в виде слоя матрицы, поверхность которого составлена из множества торцов световодов с диаметром порядка долей ширины межпиксельных промежутков,
- б) Задание преимущественной направленности осей линейных молекул полимеров с большим молекулярным весом в матрице экрана.
- в) Оптоволоконный слой для поглощения света нитевидными структурами, полимерными нитями с иным показателем преломления, ориентирование молекул прозрачных полимеров в изотропном связующем с иным показателем преломления.

Обоснованное ранее разделение зон преимущественной функциональности в соответствии с направлениями хода лучей света проектора, далее должно быть продолжено на преимущественно прозрачную зону, первая задача которого, как матрицы экрана – конкретна, проста и понятна. Она заключается в обеспечении относительной конструктивной устойчивости формы экрана. В случае твёрдого экрана, относительность устойчивости формы экрана должна означать его жёсткость и прочность, достаточные для обеспечения требуемой плоской или эллиптической формы поверхности экрана, учитывая при этом при необходимости и жёсткость поддерживающей рамы. В случае рулонного или натяжного экрана, изготовленного из эластичных материалов, под относительной устойчивостью формы экранного полотна следует понимать постоянство толщины эластичного несущего слоя экрана при и гладкой топологии формы его огибающей.

Вторая, менее очевидная, но более ответственная задача этой функциональной части интерполяционных экранов заключается в обеспечении дистанции для дозированного перераспределения света, переизлучённого от последующего слоя (или от последующих слоёв), для получения интерполяционного перекрытия светом

каждого пикселя изображения – межпиксельной решётки и заданной части области засветки соседних пикселей, прилегающих к рассматриваемому пикселю.

Поэтому толщина этого слоя, который в жёстких конструкциях экранов можно назвать «несущим», выбирается с учётом рассеивания падающего и переизлучённого далее света – микролинзовой структурой интерполяционного экрана.

В свою очередь, на расположенный преимущественно за этим слоем дистанции распределения переизлучаемого света пикселей изображения – микролинзовый слой, возлагается выполнение задачи по интерполяционному (для всего изображения), но – экстраполяционному для межпиксельных и пограничных областей пиксельных элементов оцифрованных изображений, - пространственному перераспределению падающих световых потоков. Исходя из этих соображений, с учётом толщины межпиксельных промежутков, соотношения показателей преломления материала матрицы и материала микролинз, поперечные размеры каждого из оптических элементов, выполняющих роль микролинз следует выбирать – не более ширины межпиксельных промежутков. А так как этот размер всегда много (в десятки раз) меньше характерных размеров самого пикселя, требование Технического Задания на минимальное количество микролинзовых элементов на единицу площади каждого пикселя – заведомо выполняется.

3.2. Математическая оценка характерных размеров волокнистых структур и их дискриминационной эффективности.

Анизотропия оптических свойств слоистого композита и степень рассеяния лучей проектора при выбранной поверхностной плотности концентрации светопоглощающих волокон или полимерно-молекулярных структур с анизотропной рефракцией определяются отношением диаметра волокон к их длине и соотношением их длины к среднему расстоянию между волокнами. Удельная оптическая плотность такого слоя композита для лучей, падающих вдоль волокон, фактически не будет зависеть от толщины слоя и будет пропорциональна удельной сумме поперечных сечений волокон на единицу площади экрана ($n \cdot \pi r^2$), где n - удельная плотность волокон на единицу площади поверхности экрана, а r - радиус волокна. А удельная на единицу площади и глубины проникновения оптическая плотность слоя для лучей, падающих под острым углом к плоскости поверхности экрана, при прочих равных условиях будет пропорциональна уже

удельной суммарной площади продольных габаритных сечений волокон ($n \cdot 2r \cdot L \cdot \cos\varphi$), где L - длина волокна, а φ - угол падения луча света сторонней засветки.

Соотношение удельных оптических плотностей такой оптической системы для лучей стороннего света и проектора на единицу длины пробега луча составит

$2L \cdot \cos\varphi / \pi r$, то есть около $2/3 \cdot (L/r)$. Так, при соотношении длины волокон к их диаметру не менее 100, соотношение удельных оптических плотностей будет составлять около 120.

Эта оценка не учитывает ещё и многократную разницу длины путей, преодолеваемых полезными и сторонними лучами в листовой основе интерполяционного экрана до выхода из него в сторону восприятия.

Расчётное дозирование плавного перекрытия световых потоков соседних пикселей в геометрическом плане базируется на средней величине угла рассеяния света проектора, проходящего между поглощающими волокнами к светоотражающим и рассеивающим частицам экрана. Этот угол ψ определяется по формуле $\operatorname{tg}\psi = \Delta/L$, где Δ - среднее расстояние между волокнами. Принимая ориентировочно, что величина перекрытия пиксельных пятен должна составить около 15% от их длины. Тогда для формата FullHD, при дистанции просмотра равной половине ширины экрана, угловой размер пикселя составит $0,06^\circ$, а угол перекрытия составит $0,004^\circ$. Отсюда следует, что среднее расстояние между волокнами должно составлять примерно 15% от их длины, а средняя поверхностная плотность ρ ориентированных волокон длиной L должна составить примерно $\rho \approx 1/\Delta^2$, что при длине волокон в 1 мм, составит примерно 50 волокон на квадратный миллиметр, отстоящих друг от друга в среднем примерно на 150 микрометров. Даже при относительно большом диаметре волокон, составляющем примерно 10 микрометров, полная удельная оптическая плотность их торцевых поверхностей для полезного света проектора составит примерно 0,4% от поверхности экрана, в то время как удельная оптическая плотность этой структуры для лучей стороннего света достигнет примерно 50% при той же длине пробега лучей.

3.3. Обобщающие сведения по возможностям исполнения рефракционного микролинзового слоя интерполяционных экранов.

Возможная форма, материал и конструктивное исполнение микролинзового слоя - допускают широкие вариации его исполнения. Главным отличительным конструктивно-функциональным признаком таких оптических элементов, обладающих рефракционными свойствами, является наличие выпуклых или вогнутых поверхностей границ раздела двух компонент прозрачных для света сред с разным показателем преломления. Получение

такой геометрии границы раздела сред с различным показателем преломления возможно самыми различными технологическими средствами и конструктивными решениями. Так, если микролинзовая структура формируется непосредственно на поверхности матрицы за счёт её деформации, эта деформация может быть выполнена за счёт формы подложки или прессформы на этапе формирования формоустойчивого листа матрицы экрана. Если же использовать уже имеющиеся на рынке листы, их поверхность может быть деформирована любыми способами и их совокупностями: механической обработкой, термическими воздействиями, химическими травлениями, лазерными и плазменными испарениями и так далее и тому подобное. Если же микролинзовый слой выполнен в виде дополнительного покрытия формоустойчивой матрицы экрана, наполнителями его связующего могут быть оптические рефракционные элементы в виде сфер, пустотелых сферул, оптических волокон и так далее, как это показано ниже.

Общие результаты исследования возможностей создания специализированных интерполяционных экранов.

Для выполнения основных задач создания интерполяционных экранов, предназначенных для использования в условиях умеренной боковой засветки, необходимо выполнение нижеперечисленных условий:

1) обеспечение комфорта при просмотре видеоматериалов современных 3D форматов объёмного изображения;

2) обеспечение воспринимаемого контраста изображений для обеспечения реализации фотографической широты отснятых материалов при их воспроизведении в условиях умеренной боковой засветки экрана сторонними источниками света.

Решение указанных основной и дополнительных задач достигается в настоящем случае тем, что проекционный экран для воспроизведения всех видов кино- и видеоматериалов всех форматов, включая 3D с последовательной и параллельной демонстрацией кадров стереопар, с возможностью группового просмотра в широком угле восприятия и в условиях боковой засветки,

должен быть выполнен в виде объёмного слоя композита с матрицей из прозрачного или полупрозрачного материала и с распределёнными по толщине слоя матрицы функциональными неоднородностями, имеющими заданные оптические свойства, включая и анизотропию этих свойств самих включений, и анизотропию свойств конструкций композитной матрицы экранов. Причем преобразование излучения в изображение, предназначенное для непосредственного восприятия зрением, должно быть распределено в объёме полупрозрачного материала преобразующей среды экрана в

пределах границ этой среды суммарной по толщине слоя её матрицы совместно с поверхностными слоями дополнительных покрытий.

В случае прямой проекции изображений с отражением светового потока проектора в направлении просмотра, тыльная сторона преобразующего слоя экрана, задняя сторона которого может быть исполнена в виде совокупности неровностей, выполняющих роль микролинзового покрытия или быть покрытой таким слоем, может иметь светоотражающее покрытие с коэффициентом отражения вплоть до значений, составляющих 0,999, а величина неровностей самой отражающей поверхности должна составлять не более $1/4$ длины волны фиолетового света в прозрачном материале матрицы преобразующего слоя. Светотражающее покрытие может быть выполнено зеркально-матовым, а его задняя сторона может иметь непрозрачное покрытие, поглощающее световое излучение, прошедшее сквозь зеркальное покрытие и создающее дополнительную засветку заэкранной поверхности стены помещения.

Для цифровых источников изображения толщина слоя преобразующей среды от фронтальной поверхности до тыловой - должна находиться в диапазоне от ширины межпиксельной решётки, и до десятикратной величины диагонального размера пикселя оцифрованного изображения проектора на экране.

Наружные поверхности преобразующего слоя композитной матрицы должны иметь антибликовое покрытие, что наиболее существенно для фронтального слоя полотна экрана.

Фронтальная или обе наружные поверхности преобразующего слоя композитной матрицы могут быть выполнены сатинированными с микролинзовой, растровой, призмной или многоострийной структурой со случайным распределением размеров и/или направлений структур, протяжённых в плоскости поверхности и с характерным размером сечений неровностей менее $1/4$ длины волны светового излучения в воздухе в фиолетовом пределе диапазона частот видимого света. Указанная развитость поверхности матрицы экрана может быть исполнена как в виде модификации материала матрицы, так и в виде поверхностного покрытия этой матрицы слоями оптически неоднородных и (или) неизотропных структурных элементов.

В качестве наполнителя для слоя с микролинзовыми свойствами, создающего дозированное рассеивание падающих световых потоков проектора для их интерполяции на светопереизлучающих включениях в матрицу, возможно применение микросфер или пустотелых микросферул из прозрачных материалов с коэффициентом преломления,

максимально отличающимся от коэффициента преломления материала самой матрицы. А так как для обеспечения умеренности веса и уменьшения хрупкости матрицы, самым удобным оказываются полимерные материалы типа органического стекла, оптимальными качествами для изготовления пустотелых микросферул, далее подвергающиеся действию растворителей связующих полимерных материалов, более всего соответствуют минеральные материалы: стёкла, плавленный кварц и иные прозрачные окислы.

Для распределённого дозированного рассеянного переизлучения падающего света проектора, как и в целях геометрической интерполяции, в объём слоя прозрачной основы матрицы должна быть введена мелкодисперсная светорассеивающая компонента в виде аэрогеля, микросферул, микрокристаллитов, пудры и тому подобных компонент или их смесей, из окиси титана, карбонатов кальция или иных пигментов белого цвета с характерным размером не более $1/5$ толщины промежутков между дискретными элементами изображения на экране, а общее количество этих компонент композита в матрице следует выбирать таким, чтобы проекция их габаритов на видимую поверхность экрана суммарно перекрывала не менее 15% площади проецируемого изображения.

Кроме того, для интерполяции во временном домене представлений, в матрицу или в ее рассеивающий краситель может быть введена мелкодисперсная люминесцентная добавка с характерным временем послесвечения от 0,02 до 0,3 секунд, а общее количество этой компоненты выбирается из органолептического критерия незаметности мерцаний изображения при кадровой частоте проекции проектора. В матрицу может быть введена мелкодисперсная смесь люминесцентных добавок с преимущественно резонансной люминесценцией, обладающих частотной избирательностью с максимумами люминесцентной отдачи, соответствующими стандартизованным частотным максимумам пропускания цветоделительной системы используемого проектора.

Для обеспечения контрастности и воспроизведения чёрного цвета в преобразующую среду матрицы следует ввести мелкодисперсную светопоглощающую компоненту в виде волокон, порошка, игольчатых или сфероидных наноструктур (букиболов и/или фуллеренов). При этом общее количество этой компоненты определяется условием сохранения по крайней мере одной трети суммарного полезного светового потока источника. Светопоглощающая компонента может быть выполнена из углеродного волокна, в том числе наноразмерного в поперечных сечениях, причем длина волокон должна составлять от 0,05 до 1,0 от толщины слоя матрицы, а соотношение длины волокон к их толщине должно составлять не менее 10. При этом волокна должны быть

преимущественно ориентированы своей длиной - вдоль по ходу лучей излучения, то есть, преимущественно - поперёк толщины слоя матрицы, а характерное расстояние между волокнами должно составлять не более 1,5 межпиксельных расстояний между пиксельными дискретными элементами изображения проектора на экране.

Матрица может быть выполнена из высокомолекулярных полимерных материалов, в которых полимерные макромолекулы должны быть ориентированы преимущественно вдоль по ходу световых лучей источника воспроизводимого изображения.

Интерполяционный проекционный экран, занимающий большую часть торцевой стены помещения или предназначенный для индивидуального просмотра, либо для просмотра со стационарных зрительских мест, может иметь цилиндрическую или эллипсоидную форму с радиусами закруглений в горизонтальной и вертикальной плоскостях сечений не менее минимальной дистанции просмотра.

Фронтальная поверхность экрана может быть покрыта светопоглощающими волокнами, преимущественно ориентированными перпендикулярно плоскости поверхности экрана. Для интерполяционных экранов прямой проекции, работающих с проекторами внеосевой проекции с короткофокусной оптикой (экраны в тренажёрах, интерактивных досках в классах и аудиториях и так далее), светопоглощающие волокна следует ориентировать длиной по медиане хода прямых и обратных лучей проектора.

Функциональные неоднородности могут быть распределены по толщине матрицы послойно и/или с непрерывно меняющейся концентрацией в пределах слоя или всей толщины матрицы.

Кроме того, проекционный экран может быть снабжен светоклапанным слоем управляемого пропускания светового потока, а также системой автоматической регулировки светопропускания в зависимости от яркости внешней засветки.

3.4. Пояснения к рисункам 1-4.

Рисунок № 1. (Приложение) Представлен схематический вид сбоку на проекционную систему и зону просмотра для прямой и обратной проекций.

Обозначения:

Светоотражающий экран (1)

Прямая проекция (5)

Проектор (2)

Глаза зрителей (3)

Проектор (4)

Светоотражающий экран (1) прямой проекции (5), когда проектор (2) установлен на той же стороне от экрана, что и глаза зрителей (3), а для обратной проекции (светопропускающий экран), когда проектор (4) и глаза зрителей (3) расположены по разные стороны от экрана.

Рисунок № 2. (Приложение) Приведен схематический разрез композитной матрицы проекционного экрана с непрерывным распределением функциональных неоднородностей в пределах толщины матрицы.

Обозначения:

- Светоотражающий экран (1)
- Матрица из композитного материала (6)
- Светопоглощающие частицы (7)
- Светорассеивающие частицы (8)
- Люминесцентные частицы (9)
- Отражающее покрытие (10)
- Непрозрачное покрытие (11)

Экран (1) содержит матрицу из композитного материала (6), по толщине слоя которой распределены функциональные неоднородности (включения) в виде светопоглощающих частиц (7), светорассеивающих частиц (8) и люминесцентных частиц (9). На тыльную сторону матрицы (6) нанесено отражающее покрытие (10), задняя сторона которого имеет непрозрачное покрытие (11).

Частицы (7), (8) и (9) могут быть распределены по толщине матрицы (6) с непрерывно меняющейся концентрацией в пределах всей толщины матрицы.

Рисунок № 3. (Приложение) Приведен схематический разрез композитной матрицы проекционного экрана с послойным распределением функциональных неоднородностей.

Обозначения:

- Светоотражающий экран (1)
- Матрица из композитного материала (6)
- Светопоглощающие частицы (7)
- Светорассеивающие частицы (8)
- Люминесцентные частицы (9)
- Отражающее покрытие (10)
- Непрозрачное покрытие (11)
- Фронтальная поверхность (12)
- Микролинзовый слой неоднородной рефракции (13)

Частицы (7), (8) и (9) могут быть распределены по толщине матрицы (6) с непрерывно меняющейся концентрацией послойно. При послойном распределении концентрация частиц (7), (8) и (9) в слое может быть, как постоянной, так и переменной по толщине соответствующего слоя.

В показанном на рисунке № 3 варианте матрица (6) содержит последовательно расположенные по ее толщине в направлении от фронтальной поверхности (12) к непрозрачному покрытию (11) слой преимущественного анизотропного поглощения и пропускания со светопоглощающими частицами (7), слой преимущественного рассеивания со светорассеивающими частицами (8), слой преимущественной

люминесценции с люминесцентными частицами (9) и микролинзовый слой неоднородной рефракции (13).

Рисунок № 4. (Приложение) представлено сечение матрицы интерполяционного экрана с волоконными светопоглощающими включениями.

Обозначения:

Светоотражающий экран (1)

Матрица из композитного материала (6)

Светопоглощающие частицы (7)

Светорассеивающие частицы (8)

Люминесцентные частицы (9)

Отражающее покрытие (10)

Непрозрачное покрытие (11)

Фронтальная поверхность (12)

Микролинзовый слой неоднородной рефракции (13)

Полимерные макромолекулы матрицы (14)

Светопоглощающая компонента из угольных волокон (15)

Светопоглощающие волокна (16)

Световые лучи проектора (17)

Лучи сторонней засветки (18)

В показанном на рисунке № 4 (приложение Г) варианте полимерные макромолекулы матрицы (14) ориентированы вдоль ее толщины, причем в среду матрицы введена светопоглощающая компонента из угольных волокон (15), ориентированных вдоль по толщине матрицы. Фронтальная поверхность матрицы (12) покрыта светопоглощающими волокнами (16), ориентированными перпендикулярно плоскости поверхности экрана. Световые лучи проектора (17) проходят через толщину матрицы с макромолекулами (14) и светопоглощающими волокнами (16) и возвращаются к зрителю, а лучи сторонней засветки (18) преимущественно поглощаются на боковых поверхностях волокон (15) и (16).

Таким образом, рабочий слой проекционного экрана должен быть выполнен в виде трёхмерной объёмной листовой матрицы, перекрывающей всю площадь рабочей поверхность экрана. Толщина листа матрицы должна находиться в диапазоне от ширины межэлементного (межпиксельного) промежутка до десятикратной величины характерных габаритов дискретного элемента изображения (диагонали пикселя) используемого проектора на экране данного размера. Для устранения отблесков, бликов и отражений предметов на поверхности экрана, по крайней мере, фронтальная поверхность матрицы, (обращённая к зрителям) должна иметь антибликовую обработку поверхности матрицы, и/или покрытие с антибликовыми свойствами. Сама матрица должна быть выполнена из относительно формоустойчивого композита, состоящего из прозрачного материала, в объёме которого равномерно по площади экрана и преимущественно неоднородно по

толщине слоя матрицы и её покрытий должны быть распределены частицы функциональных включений. Относительная устойчивость формы предусматривает возможность изготовления матрицы из эластичного материала, обеспечивающего сохранение его толщины и гладкости поверхности. Такое исполнение функциональной части экрана позволяет распределить функциональные включения по толщине слоя композитной матрицы и её покрытий, обеспечивая анизотропию её оптических свойств и тем самым высокую эффективность взаимодействия полезных лучей света проектора с экраном, дозирование временной между-импульсной и пространственно-геометрической межпиксельной интерполяции, но при этом обеспечивая блокирование и преимущественное поглощение лучей сторонней засветки. Тыльная сторона матрицы световозвращающих экранов может иметь светоотражающее покрытие. Частицы функциональных неоднородностей (включений) композита матрицы должны обеспечивать следующие функциональные свойства:

- а) преимущественное поглощение стороннего света,
- б) преимущественно рассеянное переизлучение,
- в) индуцированное резонансное люминесцентное задержанное по времени переизлучение света проектора с дозированной интерполяцией света соседних пикселей и импульсов их засветки, как по геометрии расположения, так и по времени их поступления.

Функциональные свойства экрана зависят от угла падения света на его поверхность. Для оптимизации интерполяционных и дискриминационных свойств экрана в условиях внешней засветки функциональные микрочастицы композитной матрицы экрана могут быть распределены в матрице по её толщине послойно, непрерывно или в совокупности слоистого и непрерывного распределения с переменной концентрацией и/или оптической плотностью.

В качестве светопоглощающих частиц могут быть использованы частицы с предельно достижимым минимальным альбедо – чёрные красители природного или синтетического происхождения, угольная, графитная или карбоновая пыль, сажа, тушь, карбоновые фуллерены, букиболы, карбоновые волокна и нити, нанотрубки, штапельные отрезки оптических волокон с углеродной оболочкой или покрытием и другие подобные сферически и аксиально симметричные микроразмерные и наноразмерные частицы, в том числе и с развитой поверхностью микрофибры. Для эффективности защиты изображений от внешней засветки максимум оптической плотности светопоглощающих частиц должен быть расположен в области, находящейся от фронтальной поверхности экрана не далее,

чем в матрице расположен максимум концентрации светорассеивающих частиц. Для повышения эффективности интерполяционных свойств экрана и дискриминации полезного света проектора от побочной засветки за счёт дополнительной анизотропии оптических свойств композитной матрицы экрана наиболее целесообразно применение светопоглощающих микрочастиц протяжённой формы, длина которых должна быть много больше их характерного поперечного размера. Для того чтобы поперечные размеры обеспечивали дифракцию во Френелевском приближении, а длина волокон обеспечивала дифракцию в приближении Фраунгофера, размеры поперечного сечения этих частиц рационально выбирать из числа наноразмерных модификаций светопоглощающих материалов, как например, отрезки карбоновых волокон, углеродных нанотрубок, штапельные отрезки оптических волокон с углеродной оболочкой наноразмерной толщины и им подобные. Длина отрезков волокон светопоглощающих включений в композит матрицы должна быть многократно больше длины волны света в материале матрицы в красном пределе диапазона частот видимого света. Для максимального контраста изображений в условиях внешней засветки такие нановолокна или нанотрубки следует ориентировать в композите матрицы вдоль нормали к поверхности слоя, а ещё эффективнее – преимущественно вдоль медианы хода луча света от проектора сквозь матрицу и далее - назад в зону просмотра.

Для обеспечения высокой световой отдачи экрана в качестве светорассеивающих переизлучающих частиц могут применяться преимущественно микроразмерные частицы пигментов белого цвета с высоким значением альбедо (окислы титана, цинка, кальция, а также молотый мел, мрамор, перламутр и так далее), стеклянные и полимерные микросферы, пустотелые микросферулы и т.п. Концентрация светорассеивающих частиц в композите матрицы должна иметь максимум в зоне, расположенной вблизи тыльной стороны матрицы, чтобы лучи проектора, проходящие в матрицу и из неё под малыми углами к нормали по минимальной дистанции, практически определяемой толщиной матрицы экрана, соответственно подвергались и минимальному поглощению на этом пути даже при центрально симметричной форме светопоглощающих частиц. Лучи же света сторонней засветки падают на поверхность экрана под более значительными углами к нормали и вынуждены проходить при этом гораздо большие расстояния, соответственно подвергаясь гораздо большему поглощению. Отношение светопроводимостей для полезного света проектора к светопроводимости для сторонней засветки экрана может быть ещё более усилено ориентированием светопоглощающих частиц протяжённой

формы по нормали к поверхности экрана, а ещё более усилено ориентированием волокон светопоглотителя в соответствии с ходом лучей экранов. Так, для световозвращающих экранов прямой проекции наилучшим является ориентирование светопоглощающих волокон по медиане хода падающих и возвращающихся лучей проектора. При этом конструктивные особенности интерполяционного экрана могут оказаться зависящими от подвида оптики проектора (короткофокусный или длиннофокусный), однако длиннофокусная оптика в световозвращающих интерполяционных экранах зачастую не позволяет реализовать широкий угол просмотра, так как зритель при этом невольно будет вынужден перекрывать луч проектора своей головой. В случае же наиболее распространенной внеосевой прямой проекции с короткофокусной оптикой, острота этой проблемы существенно снижается, и экраны конкретных размеров под проекторы со стандартным разрешением могут иметь унифицированную конструкцию.

Для временной интерполяции, направленной против заметности импульсных мерцаний изображений, в качестве люминесцентных частиц и/или добавок и покрытий светорассеивающих частиц могут применяться материалы с постоянной времени послесвечения в видимом спектре от 0,05 до 0,25 секунд, а для большего эффекта избирательности реакции на полезный свет проектора – «квантовые точки», «квантовые проволоки» или «квантовые ящики» со спектрами люминесцентного индуцированного переизлучения, преимущественно резонансного вида, соответствующими максимумам спектральных окон прозрачности цветоделительных систем проекторов. Концентрация люминесцентных частиц может быть равномерной по толщине слоя композитной матрицы экрана, а при анизотропии оптических свойств по толщине матрицы иметь локальный минимум вблизи фронтальной поверхности композитной матрицы экрана.

Для уменьшения бликов от сторонних источников света фронтальную поверхность матрицы экрана следует выполнить микро- или нанорельефной, например, сатинированной с призматической формой микрорельефных по длине и нанорельефных по глубине поверхностных бороздок со случайной направленностью. В другом варианте сатинирования поверхность матрицы может представлять собой совокупность микролинз, покрывающих всю поверхность матрицы. В третьем варианте антибликовая сатинированная поверхность представляет собой совокупность микроострий, полученных за счёт растравливания материала матрицы или подложки, на которой отформован лист матрицы. Микрополости матрицы в этом случае должны быть заполнены прозрачным материалом с максимально отличающимся значением показателя преломления.

Для возвращения светового потока в световозвращающих экранах прямой проекции на тыльную сторону матрицы экрана нанесено зеркальное покрытие. Для уменьшения эффекта "горячего пятна" при попадании света лампы проектора прямо в глаза зрителей текстура зеркала с тыльной стороны матрицы световозвращающих экранов должна быть преимущественно матовой.

3.5. Возможные варианты исполнения.

Возможность промышленного применения достигнутых результатов теоретического анализа возможностей конструктивного исполнения, поясняется нижеприведенными примерами.

Пример 1. В простейшем случае матрица экрана с диагональным размером рабочей поверхности от 100 дюймов до 150 дюймов, рассчитанная на работу с проектором премиум класса, разрешение которого соответствует стандартам от HD-ready до FullHD, выполнена в виде плоского листа минерального, синтетического или органического стекла, прозрачного или тонированного на поверхности или в объёме в нейтральный серый цвет микрочастицами из поглощающего свет видимого спектра вещества на основе сажи, графита, анилинового или иного красителя. Толщина листа может составлять от 0,2 до 8 мм. Фронтальная поверхность листа подвергнута антибликовой обработке, например, в виде сатинирования. Тыльная сторона листа покрыта слоем связующего в виде прозрачного лака, с добавленными в него микролинзами из стеклянных полых микросферул, широко используемых в качестве световозвращающих наполнителей в автодорожной разметке, в красках для катафотов и в одежде для дорожных рабочих, и с частицами переизлучающего вещества с люминесцентным эффектом, в качестве которого использован молотый перламутр. Для эффективного рассеивания и переизлучения света проектора, характерные размеры этих функциональных частиц должны составлять от 5 до 25 микрон. Относительная площадь перекрытия поверхности матрицы светопоглощающими частицами составляет не более 50% этой поверхности. За слоем поглощения и переизлучения в световозвращающих экранах находится слой матового зеркального покрытия из алюминиевой пудры в прозрачном минеральном или органическом связующем, или металлизация сатинированной поверхности, а за этим слоем — непрозрачный слой чёрной краски или непрозрачной для света плёнки.

Пример 2. Интерполяционный экран с композитной матрицей из органического стекла. Тыльная сторона слоя с общей толщиной листа 2-6 мм из серийно производимого и

поставляемого на рынок сатинированного полупрозрачного материала матрицы интерполяционного экрана из блочного органического стекла, тонированного в нейтральный серый цвет с коэффициентом пропускания не менее 25% для световозвращающего экрана прямой проекции и с включениями люминесцентных частиц в объёме листа, технологически обработана для получения микрорельефа, соответствующего рефракционному микролинзовому слою. Далее следует слой из органического связующего с распределёнными в его толщине световозвращающими частицами, слой светоотражения и непрозрачное покрытие, как в примере 1. В отличие от первого примера, рефракционный микролинзовый слой здесь выполнен путём соответствующей деформации тыльной поверхности слоя матрицы.

Пример 3. Интерполяционный экран с композитной матрицей из органического стекла. На тыльную сторону слоя с минимальной общей толщиной листа порядка 2 мм из серийно производимого и поставляемого на рынок сатинированного полупрозрачного материала матрицы интерполяционного экрана из блочного органического стекла, прозрачного или тонированного в нейтральный серый цвет с коэффициентом поглощения света не более 25% и с включениями люминесцентных частиц в объёме листа, с тыльной стороны листа нанесены слои толщиной от 0,1 мм до 2 мм из прозрачного связующего с распределёнными в нём поглощающими свет волокнами из углерода или карбоновыми нанотрубками с соотношением характерной длины отрезков волокон к их диаметру не менее 100 и с плотностью $(2-7) D/(P \cdot L \cdot d)$ волокон на единицу площади рабочей поверхности матрицы экрана, преимущественно ориентированными при нанесении вдоль толщины слоя матрицы, или вдоль медианы между направлениями (прямого и обратного, в случае экрана прямой проекции) распространения луча проектора в область просмотра в данном месте матрицы, где:

D - толщина слоя с волокнами;

d – диаметр волокон;

L – длина отрезков волокон,

P — размер диагонали пикселя используемого проектора на экране.

За этим слоем направленного распространения полезных и поглощения побочных лучей света, нанесён слой со светорассеивающими и переизлучающими частицами, а за ним — матово зеркальное покрытие и далее за ним — сплошное светопоглощающее покрытие, как в Примере 1.

Пример 4. Интерполяционный экран с композитной матрицей как в Примере 2, но с послойно и/или непрерывно распределёнными функциональными частицами непосредственно в слое материала матрицы.

Пример 5. Интерполяционный экран с композитной матрицей, в которой концентрация светопоглощающих волокон по толщине слоя матрицы имеет локальные максимумы вблизи фронтальной и тыльной сторон, а концентрация светорассеивающих и люминесцентных функциональных частиц достигает максимума за областью максимума концентрации светопоглощающих волокон, расположенного у фронтальной стороны матрицы.

Проекционный экран в наиболее простом и доступном случае его исполнения по Примеру 1 работает следующим образом. Падающий свет каждой цветовой составляющей цветоделительной системы проектора на каждом отдельном пикселе данного кадра проекции падает на антибликовую поверхность матрицы, разбиваясь при этом на множество частичных лучей, вновь образующих волновой фронт за счёт взаимной интерференции согласно принципу Гюйгенса, затем проходит через толщу матрицы к её тыльной поверхности раздела со следующим слоем, отклоняясь в сторону нормали к поверхности экрана по закону Снеллиуса. Попадая на люминесцентные частицы материала переизлучения в следующем слое напрямую и/или отражаясь от зеркальной задней поверхности в световозвращающих экранах, свет источника претерпевает резонансно-индуцированное и спонтанное переизлучение с преимущественными максимумами в полосах частот прозрачности фильтров цветоделительной системы проектора. Поглощаясь в люминофорах, это излучение возбуждает метастабильные уровни молекул люминофоров, вследствие чего переизлучаемый ими отклик на импульсное возбуждение задерживается на характерное время постоянной метастабильных уровней, выбранное примерно равным периоду повторения кадров в 2D проекции и 3D проекции с поляризационным разделением стереоизображений для каждого глаза, или половине этого времени в 3D проекции со светоклапанным временным разделением, совершенно аналогично временной интерполяции, широко применявшейся в электронно-лучевых кинескопах (CRT) телевизионной аппаратуры. Рассеяние переизлучённого света проектора на светорассеивающих микрочастицах композита матрицы также происходит по принципу Гюйгенса. При этом из множества точечных микроисточников переизлучения образуется фронт излучения, движущийся

преимущественно в направлении фронтальной стороны экрана. Тем самым обеспечивается дозированное сглаживание импульсных пульсаций составляющих кадровых изображений во времени и избирательное спектральное переизлучение света источника изображения одновременно с преимущественным поглощением света побочных источников, падающих на матрицу под значительно большими углами к нормали и не попадающих в полосы спектров переизлучения люминесцентных частиц. Полученное таким образом рассеянное переизлучение каждого пикселя изображения на каждом кадре в светоотражающих экранах проходит обратно сквозь матрицу в сторону обзора и становится видимым в плавно расширенной зоне облучения каждого пикселя изображения, перекрывающей межпиксельные границы с соседними пикселями и накрывающей от 10% до половины минимального размера соседних пикселей, тем самым интерполяционно сглаживая цветояркие цифровые геометрические особенности дискретизованных изображений в дополнение к вышеуказанной временной интерполяции за счёт межкадровой задержки люминесцентного переизлучения. В более сложной конструкции по Примерам 3, 4 и 5 происходит дополнительное разделение преимущественно сохраняемого полезного света проектора и преимущественно поглощаемого света боковой засветки. Оптическая анизотропия матрицы за счёт использования светопоглощающих частиц в форме волокон, ориентированных преимущественно вдоль толщины матрицы экрана по Примеру 2, а оптимальнее - по направлению медианы между углом падения лучей проектора и направлением на область просмотра по Примерам 4 и 5, приводит при работе экрана к тому, что полезный свет источника, падающий на экран под малым углом к нормали и/или к направлению ориентирования светопоглощающих волокон или покрытий оптических волокон, преимущественно дифрагирует на волокнах, лишь слегка поглощаясь только торцевой частью их поверхности, и распространяется сквозь матрицу, испытывая полное внутреннее отражение на границах прозрачного материала матрицы с волокнами, имеющими иной показатель преломления. Расчётная концентрация плотности распределения волокон в матрице при выбранном соотношении длины волокон к их диаметру, используется при этом в качестве дозатора величины геометрической интерполяции, ограничивая расходимость переизлучённого света в матрице в указанных выше пределах. Свет побочных источников засветки, падающий под острыми углами к поверхности, напротив, во-первых, слабее преломляется в матрицу, не вызывая при этом отразившейся частью потока бликов за счёт рефракции на микро неоднородностях

выходов волокон на фронтальную поверхность матрицы, дополнительной к сатинированию формы её поверхности или иным антибликовым покрытиям или обработкам. А во-вторых, свету боковой засветки, вошедшему в матрицу под большими углами к нормали, приходится преодолевать в матрице до выхода из неё соответственно гораздо большие дистанции, чем удвоенная толщина матрицы, встречаясь при этом с боковыми поверхностями волокон под малыми углами к нормали к их длине, и испытывая поэтому преимущественное поглощение. Усилению этого эффекта дискриминации света проектора от боковой засветки дополнительно способствуют:

а) наноразмерность диаметра светопоглощающих волокон, и

б) дополнительное к ориентированию светопоглощающих волокон преимущественное ориентирование линейных макромолекул полимерного материала матрицы вдоль толщины её слоя согласно Примеру 3, и ещё более эффективно — по направлению медианы между направлениями преломлённых падающих лучей проектора в объёме слоя данной области матрицы экрана, и возвращающихся лучей света перед их преломлением на фронтальной поверхности раздела матрицы для дальнейшего распространения в направлении на зону просмотра, согласно Примеру №4.

3.6. Обоснование выбора конструктивных особенностей разрабатываемого стенда:

3.6.1. Выбор конструкции силовой рамы стенда.

Вопросы выбора конструкции силовой рамы стенда, во-первых связаны с учётом потребностей для её использования во всех видах запланированных на данном этапе исследований. К данным работам в первую очередь относится совокупная итеративная последовательность экспертиз сравнения качества изображений для подбора, уточнения и оптимизации параметров конструкции полотна экрана.

Испытания проводятся при заданных и неизменных в процессе исследований условиях: размер экрана 100 дюймов по ширине экрана (по Техническому заданию - не менее 100 дюймов по ширине экрана), при использовании наиболее доступного и репрезентативного формата представления мультимедийного контента (Full- HD), соответствующей разрешающей способности проектора выбранного вида (DLP), в условиях типовой боковой засветки (соответствующей нормам освещения в учебно-лекционной аудитории) и так далее.

К числу варьируемых параметров при уточнении конструкции полотна экрана по выбранному из числа реализуемых в рамках сроков данной работы варианту №1 из первого этапа, в данной работе, были отнесены:

- толщина матрицы экранного полотна (из доступной номенклатуры),
- степень поглощения света матрицей экранного полотна (из доступных на рынке)
- характерный диаметр микросферул, выполняющих роль световозвращающих микролинз
- общая толщина микролинзового слоя, наносимого на тыльную сторону формоустойчивой матрицы экрана прямой проекции.
- объёмная плотность микросферул в микролинзовом слое.

Данные исследования влияния конструктивно – технологических параметров экрана на качество изображения должны обеспечиваться конструктивно-технологической возможностью составления всего экрана его частичными фрагментами. Каждый из этих фрагментов экрана должен представлять собою кратную долю его полной площади и размера, но с варьируемыми параметрами для выявления предпочтительности, и быстрой замены его фрагментов или всего экранного полотна в процессе проведения экспертизы сравнения.

Во-вторых, конструкция рамы экрана должна соответствовать и возможностям последующих дополнительных исследований, к числу которых относится сравнение качества изображения проектора при замене обычно используемых металогалогенных ламп на их перспективную модификацию под условным названием плазменных ламп.

Для этого, как и для исследования работы экранов в 3D режиме объёмного видео с одновременной передачей ортогонально поляризованных стереопар каждого из кадров изображений, предназначенных для каждого из глаз зрителей и совпадающих на экране пиксель в пиксель, необходимо надежное и жёсткое конструктивное сопряжение экранного полотна с креплением сразу двух проекторов. Проектора могут располагаться как на одном расстоянии от экрана, так и на слегка разных расстояниях, быть одного типа, или разных, располагаться друг над другом или рядом друг с другом. Таким образом, общая конструкция механической рамы держателя экрана должна предусматривать сопряжение с юстируемым креплением одного или двух проекторов.

Кроме того, использование экранов для просмотра мультимедийного контента любых видов, в любых инсталляциях и условиях, предполагает универсальность этого

сопряжения экран – проекторная часть, как и устойчивость этой конструкции даже без опоры на окружающие стены и перекрытия.

Поэтому конструкция рамы держателя экранного полотна должна предусматривать и возможность крепления к ней дополнительных опций из поставляемых элементов, обеспечивающих прочность, самостоятельную устойчивость, точность и оперативность установки и перестановки сравниваемых позиций и их сочетаний. Так, в процессе всесторонних исследований смене и переустановке могут подвергаться фрагменты экранного полотна, проекторы и их подвесы, тестовые фрагменты контента, поступающего их различных мультимедиа носителей и медиа центров, цвето-яркостные и временные настройки программного обеспечения видеотракта, 2D и 3D- форматы двух и трёхмерных изображений, и так далее и тому подобное.

Кроме этих требований, обусловленных - поиском оптимальных компромиссов в используемых технических решениях, базовая конструкция должна отвечать и требованиям её дальнейшего использования - в качестве конструктивной основы для промышленного образца, предваряющего выпуск серийной продукции.

Поэтому в качестве несущей рамы полотна экрана была выбрана простая и легко модернизируемая сборно-сварная конструкция из металлического профиля с поддерживающими сзади экранное полотно перемычками по периметру всего экрана и в местах возможных стыков его экспериментальных фрагментов. Крепёж быстросменяемого экранного полотна интерполяционного экрана или его фрагментов к раме в процессе исследований может осуществляться с помощью двухстороннего скотча или на герметик. В конечной конструкции предусматривается возможность установки краевого накладного декоративного уголка или задвижного штапика, аналогично тому, как этот элемент крепежа используется в пластиковых окнах.

Кроме того, конструкция несущей рамы экранного полотна предусматривает сборное крепление заднего подвеса на стену и (или) на потолок помещения, или опорных конструкций для свободно стоящего экрана. Возможно также крепление рамы экрана к общей раме автономной конструкции стенда (например - тренажёра) с элементами крепления проекторов, зрительских сидений с имитацией эффектов движений, размещения блоков компьютерного обеспечения просмотра, получения, хранения и обработки воспроизводимого контента, в том числе и в условиях совмещения реальной и виртуальной информации.

Общий вид конструкции рамы интерполяционного экрана для стенда эскизно показан на рисунке № 5. (Приложение)

3.6.2.Выбор основ построения конструкции полотна экрана интерполяционного экрана мультимедийного применения с микро-линзовым растром для опытного стенда; уточнение технологии получения конструкции полотна интерполяционного экрана.

Конструкция полотна интерполяционного проекционного экрана для опытного стенда, предназначенного для максимально возможного комфортного воспроизведения мультимедийного видео контента практически всех существующих и перспективных форматов, по существу является главной задачей не только данного этапа, но и всей тематики оптической интерполяции. Как показано в соответствующем разделе промежуточного отчёта по данной теме, совокупное решение задач оптической интерполяции совместно с задачей сохранения фотографической широты изображений на достаточно высоком с позиций эргономики (комфортном) уровне в условиях принципиально неустранимой умеренной боковой засветки проекционного экрана, может быть осуществлено довольно большим числом различных технических решений. Однако большинство из них, как например – использование метаматериалов в виде композитных структур с волоконными структурами, ориентированными в прозрачном связующем материале матрицы полотна экрана – как это и следует из самого наименования таких материалов: метаматериалы, по крайней мере, в неживой природе - не наблюдаются. Поэтому купить заготовки таких материалов на рынке – не представляется возможным ни за какие деньги. Такие материалы с исходно назначенными оптическими свойствами требуют для разработки технологий их изготовления весьма значительных финансовых, временных, технологических и интеллектуальных ресурсов. В силу этих обстоятельств, в рамках данного краткосрочного проекта, выбор конструкции был сознательно ограничен доступностью имеющихся на сегодняшний день возможностей по приобретению исходных листовых заготовок, оптически активных (рефракционных) и лакокрасочных материалов, и по наличию имеющихся, либо доступных технологий их послойного нанесения.

Таким образом, в проекте было решено использовать слоистую структуру на основе имеющегося на рынке тонированного в нейтральный серый цвет и сатинированного листового полиметилметакрилата с толщиной листа порядка единиц миллиметров. В качестве основного объекта оптимизации во второй части проекта «Старт 2» было принято исследование оптических свойств рефракционных материалов, в качестве которых, благодаря доступности и унификации материалов было решено рассматривать микросферулы, которые в Российской Федерации принято называть микростеклошариками. В процессе исследований влияния на качество воспроизводимых изображений, вариациям подвергались следующие параметры микролинзового слоя интерполяционного экрана, выполненного на основе микросферул:

- Характерный размер микросферул
- Степень разброса –характерного диаметра микросферул (дисперсия размеров)
- Эффективная оптическая площадь, перекрываемая микросферулами на экране
- Общая толщина слоя с распределёнными по его объёму микросферулами в - связующем лаке.

Первые две позиции контролируемых параметров микросферул, а именно - характерный диаметр микростеклошариков в поставляемой партии и разброс (дисперсия) этого параметра, регулируются требованиями Государственного стандарта [1] ГОСТ Р 53172-2008. Данный стандарт распространяется на микростеклошарики, предназначенные для применения в качестве световозвращающих элементов для дорожной разметки автомобильных дорог общего пользования по ГОСТ Р 51256 [2], и устанавливает технические требования (ТТ) к ним.

Тактика исследований на этом этапе соответствовала каноническим правилам физического эксперимента [9], используемым для оптимизации какого-либо из параметров методом подбора. При подборе предпочтительных значений варьируемого параметра, следует контролировать степень соответствия конечного результата желаемому эффекту и далее производить уточнения желаемых проявлений через отрицательную обратную связь между варьируемой причиной и отмечаемым экспертизой следствием.

Эти правила требуют фиксации всех остальных условий эксперимента, рассматриваемых в данном случае как прочие равные условия. Варьированию же далее

подвергались значения только одного параметра или одной совокупности параметров, играющих сколь ни будь заметную роль в потребительском функциональном качестве данного продукта, устройства или услуги. В данном случае фиксировалась толщина матрицы экрана, её светопроницаемость в ортогональном направлении к поверхности и светоотражающее покрытие рефракционного слоя, нанесённого с тыльной стороны интерполяционного экрана прямой проекции (когда и проектор и зрители находятся с одной и той же стороны экрана, как показано в отчёте по теме «Старт 1»).

Варьированию и последующей экспертизе сравнения потребительского качества, подвергались только совокупность из трёх параметров: размеры микростеклошариков, и их интегральная поверхностная оптическая плотность в направлении проекции и удельная объёмная плотность микролинзового слоя. Этот алгоритм (технология, представляющая совокупность номенклатуры, порядка и меры действий) использовался для выявления порога и степени заметности вариаций параметров с последующим определением тенденций улучшения качества вплоть до определения оптимальных значений величин варьируемых параметров и оценки степени критичности этого оптимума (возможно и чаще всего – не безусловного, и поэтому требующего компромисса) к значениям варьируемого параметра.

В данной теме рассматривается такая неоднозначно понимаемая категория представлений разума, как качество восприятия воспроизводимого содержания, в данном случае - видео контента.

Специфика и особая значимость проблем оценки качества копирования информационных образов при воспроизведении информационных сигналов связаны с тем, что эти представления касаются взаимоотношений двух систем, принципиально разнородного и разнопланового характера. С одной стороны - это проявление неидеальности параметрических свойств технических устройств, синтезируемых на базе представлений точных наук, которую современные концепции стремятся сводить к нелинейности, хотя этим не ограничиваются все возможные виды искажений и деформаций сигналограмм. Эта сторона базируется на концепции представления качества воспроизведения через некий номенклатурный перечень объективных параметров, измеряемых с помощью измерительных средств. Сравнивая эту совокупность параметров сигналов в исходной и воспроизведённой информации по степени их корреляции (похожести) и пользуясь разработанными системами их совокупного влияния на конечное качество

воспроизведения, метрологи получают возможность вынести вердикт о том, насколько хорошо будет работать измеренная техника. При этом все понимают, что техника отнюдь не должна быть совершенно идеальной, так как конечный потребитель способен ощутить различия сигналов, только если величина их различия превосходит абсолютный психофизиологический порог ощущения этого различия. Поэтому степень различия воспроизведённых сигналов должна быть не выше этих пороговых значений. И именно так построены национальные стандарты и международные рекомендации по методикам объективного контроля качества всей аппаратуры информационных (“IT”) технологий.

С другой стороны, конечная и полностью независимая от технических характеристик оценка потребительских качеств любого дублирования, трансляции, интерпретации или воспроизведения информации, вызываемой органолептически воспринимаемыми информационными стимулами, воздействующими на органы чувств живых существ, конечно должна осуществляться самими потребителями. Заведомо не являясь достаточно квалифицированными специалистами в этой тематике, современные потребители доверяют эту экспертную деятельность своим представителям из числа специалистов в области психологии и психофизиологии восприятия информационных сигналов. Это – тоже науки и их подходы к оценке качества работы систем воспроизведения информационных сигналов – столь же научно обоснованны, но относятся все эти науки уже не к неодушевлённым объектам неживой природы и технического прогресса, а к живым системам, являющимся субъектами восприятия тех самых воспроизводимых сигналов.

Само же качество регистрации, хранения, обработки, передачи и воспроизведения видео, как и во всех иных видах “IT” технологий, по сути, однозначно определяется сохранением, если не всей совокупности индивидуальных распознавательных признаков информационных образов, то, по крайней мере, – их существенно важной части. В свою очередь, важность этой части контекстуально определяется предысторией событийного ряда и неординарностью, неожиданностью и непредсказуемостью возникающих событий, чаще всего требующих принятия экстренных мер для устранения возможных нежелательных последствий.

Принципиальное отличие системы представлений разума о контроле качества любой техники воспроизведения реальных информационных сигналов, формирующих

информационные образы, является то, что само качество воспроизведения информационных сигналов, которое в идеале нужно оценивать посредством объективных инструментальных средств, в конечном счёте, должно восприниматься и оцениваться только конечными субъектами восприятия. Но каждый субъект восприятия обладает своими собственными предпочтениями, основанными на своём культурном, образовательном, физическом, психофизиологическом и эмоциональном состоянии, как и на опыте оценки и вербализации оценок такого рода. Поэтому вполне закономерно и понятно устремление к точности и объективности определения объективных показателей качества, делающих субъективную экспертизу только средством контроля достоверности концепции системы представлений о причинно-следственных связях объективных показателей качества – с качеством восприятия этих же сигналов. Проблема объективизации оценки качества техники воспроизведения, в свою очередь, должна была бы помочь разобраться и с проблемами вербализации субъективных ощущений самосовершенствующегося индивида. В ситуации полного отсутствия или неопределённости опорной терминологии – эта невыразимость сути претензий к качеству воспринимаемой информации приводила к своеобразной дислексии. Это происходит тогда, когда человек всё понимает, однако выразить своими словами так, чтобы было понятно другим, и, тем более, было однозначно понято, - он не может. Поэтому субъективная экспертиза качества со временем была вынуждена создать свой собственный тезаурус из обобщённых понятий, связанных с ощущениями субъекта по вопросам качества восприятия воспроизводимой (копируемой) информации, в сравнении с ощущениями от восприятия оригинальных информационных образов. Однако, вынужденное обстоятельствами сравнение языков и тезаурусов объективной и субъективной экспертиз, несмотря на их перманентное развитие, показало полное отсутствие даже малозаметных тенденций к их взаимной ассоциативности, аналогичности, представлению через синонимы или антонимы.

В итоге, и уже не столько из-за дислексии, сколько из-за отсутствия сколь ни будь достоверной и ответственной корреляции системы технических параметров качества с показателями качества, которыми оперирует органолептическая (субъективная) экспертиза, заменить автоматизированными инструментальными измерениями объективных параметров качества, столь сложную в организационном плане, трудоёмкую и нестабильную субъективную оценку потребительского качества воспроизведения,

основанную на статистической обработке больших массивов данных, полученных от нескольких групп экспертов, - так и не удалось.

Для выхода из создавшегося тупикового положения были разработаны унифицированные условия и алгоритмы для проведения субъективных экспертиз сравнения конечного потребительского качества воспроизведения регистрируемой информации. Изначально эти правила, рекомендации и стандарты предназначались для акустических сигналов, так как сами информационные технологии, зародившись в виде телеграфии и техники механической записи звука, далее усовершенствовались в электрические техники: телефонию и далее в электронную технику проводного и беспроводного радиовещания. Фотографическая и кино техника оптической фокусировки и фотохимической фиксации неподвижных изображений развивались отдельно и независимо от электрических и электронных средств фиксации, передачи и воспроизведения информации. Появление телевидения объединило эти техники, а в век цифровых технологий на вопросы достоверности и естественности передаваемой информации наконец-таки стали обращать самое пристальное внимание не только фанаты качества воспроизведения, к которым в аудио индустрии условно относятся меломаны и аудиофилы, но и самые требовательные профессионалы – наблюдатели и операторы, от дистанционной работы которых зависит жизнь людей.

Электроакустика – относительно молодая наука, но её основы восходят к акустике, являющейся одной из древнейших наук, отчётливо выделивших себя в отдельную дисциплину из общего естествознания, называвшегося тогда натурфилософией. Известнейшие натурфилософы и естествоиспытатели доисторических времён – особо выделяли её, как удобную для анализа сферу исследований, полигон развития и витрину достижений разума [3]. И позже, вплоть до новейших времён, даже самые выдающиеся и общепризнанные физики, – считали вполне достойным для себя делом - решение проблем акустики и её преемницы – электроакустики [4]. Увлекательные идеи гармонии сфер, кажущиеся нам современными откровениями, на самом деле теряются в древних веках, вновь и вновь всплывая в умах всё новых поколений, интригуя их своей «квантовой» цельночисленной кратностью, рациональностью, красотой и совершенством математической симметрии её формул. Древние науки, приобретая математическую строгость и становясь «точными», уяснили, что областью их приложения являются только обязательные, объективные закономерности, свойственные в первую очередь - неживой

природе. По определению, объективные закономерности независимы от момента времени и от места проведения наблюдений, как и от субъективных особенностей личности конкретного наблюдателя, производящего измерения. «Настоящая наука начинается с повторяемости проявлений», для которых созданы достаточные условия в виде совокупности существенных отличительных признаков, необходимых и достаточных для проявления закономерности рассматриваемого явления в ряду ему подобных. Именно поэтому в первую очередь в число научно обоснованных явлений – естественно попали периодически повторяющиеся, циклические явления и сигналы. Периодические повторы рассматриваемых отличий параметров движения систем от эталонных, позволяют нам многократно дублировать наблюдения систематических особенностей конкретного тракта. А это позволяет нам с любой степенью точности выявлять ничтожнейшие отклонения от простейших (линейных) модельных приближений математических представлений изучаемых явлений. Периодичность – крайне привлекательна для исследователей. Особенно сильна эта привлекательность - на ранних этапах научного анализа, в свежей области познания, да и при кажущемся отсутствии паритетных альтернатив, способных конкурировать с только что появившимся и необычайно перспективным Фурье анализом. [5]. Хотя целый ряд выдающихся физиков, в том числе и из числа преподавателей, обоснованно предостерегал теоретиков от крайне заманчивого стремления мыслить «синусоидами» [6, 24].

В силу этой совокупности исторически сложившихся обстоятельств и факторов, современные основы представлений акустики об отличительных признаках информационных сигналов – базируются на «слуховом законе Ома», считающемся **“доказанным”** резонансной теорией слуха Гельмгольца. Эта теория провозгласила, что: «Слух является гармоническим анализатором спектра и не чувствует фазовых сдвигов гармоник». Поэтому, современная электроакустика, её метрология и стандартизация, - не просто спектральные, а представляют собой предельно примитивный, гармонический вид Фурье представления периодических сигналов через ряды гармоник.

Для акустических сигналов появившиеся унифицированные требования и рекомендации к проведению субъективных экспертиз получили международный статус практически одновременно во всех областях их профессионального и бытового применения, включая радиовещание, кино, телевидение, звукоусиление в театрах и иных публичных сценических площадках и так далее.

Полученные в результате этих экспертиз оценки, согласно общепринятой спектрально- гармонической концепции, базирующейся на «слуховом законе Ома» и на Гельмгольцевском добавлении к нему резолюции о «Фазовой глухоте слуха», как и на установленных опытным путём - порогах чувствительности слуха к отклонениям технических параметров качества звукопередачи, должны были просто удостоверить результаты объективных измерений. Однако накопленные со временем результаты сопоставления выводов двух видов экспертиз одного и того же качества, которые согласно парадигме действующей концепции – должны были подтвердить совершенную эквивалентность эти двух подходов, практически оказались совершенно самостоятельными и поэтому – непредсказуемо несовпадающими. В практическом итоге положительные результаты объективных измерений оказались всего лишь предпосылками к хорошему субъективному качеству звучания измеренной техники, отнюдь не гарантируя соответствующего функционального качества.

Для выхода из создавшегося положения было предпринято множество самых разнообразных попыток усовершенствования действующей спектрально-гармонической концепции объективных измерений параметров качества звуковоспроизведения. Эти изменения в первую очередь были направлены на расширение номенклатуры параметров качества. Вопреки утверждению Гельмгольца «О фазовой глухоте слуха» сначала был предложен учёт фазовых соотношений гармоник, а затем и учёт дисперсии группового времени задержки сигналов, и так далее. Не добившись успеха на этом пути, в звуковоспроизводящей технике профессионального назначения было официально проведено ужесточение допустимых отклонений уже имеющихся параметров качества в разы за абсолютные пределы чувствительности слуха. Для радикального устранения отклонений амплитудно- частотной характеристики трактов, были предприняты меры компенсации этих отклонений, от двух и многополосных регуляторов тембра и вплоть до электронных многополосных фильтров, выравнивающих отклик трактов звуковоспроизведения во всём диапазоне- звуковых частот и даже с учётом акустики помещения прослушивания с учётом мест расположения громкоговорителей и слушателей. И хотя все эти меры и способствовали некоторому улучшению качества звучания, кардинального решения проблемы корреляции двух видов оценок потребительского функционального качества – так и не состоялось.

Поэтому в стандарт ГОСТ 232 62 на объективные параметры качества электроакустической аппаратуры [7], в качестве третьей меры в конце 80-х годов прошлого века, для комплексного определения функционального качества звучания была введена обязательная субъективная экспертиза. Однако, вопреки ожиданиям, вместо удобного технического средства для оперативной, детальной, объективной и независимой оценки недостатков для их устранения, такой «двухголовый» стандарт полностью обесценил всю свою объективную функциональную часть, оставив за собой только унификацию для надёжного сопряжения громкоговорителей с усилителями и устойчивость к внешним климатическим и механическим воздействиям. Говоря утилитарным языком, стандарт функционального качества аппаратуры звуковоспроизведения, по сути, негласно расписался в своей полной недееспособности по функционально-потребительской части своих компетенций. И потребительский рынок, остро нуждающийся в категориях качества, с некоторым опережением ответил на это событие, объявив о появлении новой категории функционального качества аудио аппаратуры, в которой вообще нет объективно измеряемых параметров, а есть только категорический императив субъективной экспертизы качества звучания. Новая категория качества получила наименование “HI-END”, что должно было бы означать «Нивысший предел **необходимого**». Однако на деле оказалось, что тезаурус языка субъективных ощущений не позволяет однозначно указать на то, что же именно, в каком порядке и в какой мере нужно изменить в аппаратуре, проявившей те или иные недостатки, чтобы приблизиться к полному отсутствию ощущаемых потерь исходной информации, как и привнесённых добавок, которых не было в исходном информационном материале. Поэтому на деле категория “HI-END” стала означать « Предел **возможностей** методики подбора вслепую конкретным разработчиком». Конечно, методика последовательного перебора возможных вариантов трактовок «серых» пятен теории – тоже используется научным подходом, но только при отсутствии теории, однозначно и достоверно объясняющей причинно-следственные связи в наблюдаемых физических проявлениях.

А так как стандарты качества являют собой квинтэссенцию научной концепции, относящуюся к соответствующему комплексу потребительских качеств, науке следует вернуться на исходные позиции, ревизовать основы концепции и выявить пути радикального сдвига парадигмы концепции, способствующие решению возникшей коллизии.

Однако вскрывшийся смысл происходящего остался упорно незамечаемым, ни мировым научным сообществом, ни профессиональными стандартизаторами, ни разработчиками, ни, тем более, не столь квалифицированными потребителями воспроизводимого аудио контента.

Что же касается еще более современных информационных технологий, имеющих дело с техникой высококачественного воспроизведения изображений, тем более – движущихся, и даже трёхмерных (на самом деле речь идёт лишь о стереоизображениях, в которых невозможно зайти за изображаемый объект и заглянуть на него сзади. Такое возможно только в эмуляциях компьютерных игр), то здесь дела обстоят не просто хуже, а хуже просто некуда.

Чтобы не быть голословными, рассмотрим преамбулу международно принятого нормативного документа: РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R ВТ.500-12

Методика субъективной оценки качества телевизионных изображений

(Вопрос МСЭ-R 81/6)

(1974-1978-1982-1986-1990-1992-1994-1995-1998-1998-2000-2002-2009)

«1 Введение

Методы субъективных оценок применяются для **определения качества** телевизионных систем с использованием таких измерений, которые непосредственно выражают реакцию тех, кто мог бы смотреть программу, полученную при помощи испытываемой системы. С этой точки зрения, понятно, что **невозможно** полностью охарактеризовать качество системы путем **объективных** измерений, следовательно, последние необходимо дополнять **субъективными** измерениями» (конец цитаты, в которой жирным шрифтом выделены ключевые слова и утверждения).

Таким образом, во-первых, объективные параметры качества телевизионных движущихся изображений, оцениваются с помощью испытательных тестовых таблиц в статическом режиме. Во-вторых, критерии этих объективных качеств наблюдаются глазами измерителя, выступающего в качестве субъекта восприятия и оценивают всего лишь пределы разрешающей способности яркостной видео части телевизионного тракта и

способности цветопередачи, что «не позволяет охарактеризовать качество этой системы». Следовательно, объективные измерения безусловно «необходимо дополнять **субъективными** измерениями». То есть, объективные измерения что-то характеризуют в качестве воспроизведения изображений в телевизионных трактах, но гарантировать оценку потребительских свойств, тем не менее - не могут. При всём при этом, субъективная органолептическая экспертиза, способная обходиться безо всяких объективных измерений, самостоятельно и без возможности апелляции, - способна определить и относительное предпочтение, и абсолютное качество работы, как фото, так и видеотрактов, включая телевизионные форматы высокой чёткости.

Для иллюстрации и детализации обоснования столь парадоксального вывода на фоне довольно обширного перечня всевозможных вариантов объективной оценки качества [8, 12, 15, 17 - 29] весьма показательны результаты достаточно свежего исследования [30]:

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ОБЪЕКТИВНЫХ И СУБЪЕКТИВНЫХ КРИТЕРИЕВ КАЧЕСТВА МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Косткин И.В.

В статье рассматривается актуальная задача оценки субъективного качества цифровых мультимедийных изображений на основе использования совокупности значений известных количественных метрик качества цифровых снимков. В работе проанализированы существующие количественные (объективные) и субъективные методы оценки качества мультимедийных изображений. Рассмотрена связь субъективных и объективных метрик оценки качества мультимедийных изображений. Проведены экспериментальные исследования метрик на изображениях формата JPEG с различной степенью компрессии. Получено математическое выражение для определения субъективной оценки качества цифровых мультимедийных изображений формата JPEG с использованием совокупности значений объективных оценок без использования классической экспертной оценки. Разработанный подход к оценке качества цифровых изображений позволяет прогнозировать качество визуального восприятия сжатого по методу JPEG цифрового мультимедийного изображения, используя только значение полученного в ходе компрессии коэффициента сжатия.

В этом исследовании для сопоставления приведены графики заметности полноты выборки информации о содержании неподвижных изображений, цифровая информация которых сжата в широко распространённом цифровом формате JPEG. Рассмотрены пять различных систем оценки качества изображений, выбранных из круга широко известных. Их данные

о заметности степени относительной ограниченности выборки существенно важных данных сопоставлены с результатами статистических данных, полученных стандартизированной методикой органолептической субъективной экспертизы. Эти данные приведены на рисунке 6 (Приложение), взятом из источника.

Формула, полученная в цитируемой работе компилятивным путём, позволяет практически полностью исключить субъективную экспертизу, что иллюстрирует график на рисунке 7: (Приложение). Внешне всё выглядит весьма солидно, авторитетно, подлинно, научно, обоснованно и эффективно. Но стоит только обратить внимание на то, что контрольный график зависимости субъективного качества изображений, приведенный в цитируемой работе далее и представленный здесь на рисунке 7 (Приложение) вместе с графиком предлагаемой компиляции, практически повторяет график относительной доли оставшейся информации, то есть, величину $1/k$, обратную коэффициенту сжатия исходной информации k , где k – коэффициент сжатия, как на фоне совершенно необъяснимых величин отклонений графиков всех пяти приведенных в работе способов объективных оценок, тут же проясняется вся наукообразность и вырожденность пустых усилий по замене субъективной экспертизы – компиляцией, использующей результаты сразу пяти одновременно проведенных объективных замеров и последующих расчётов по обработке измеренных значений. Как ни прискорбно констатировать, вся эта высокопарная видимость научной работы может быть успешно заменена на простейшую алгебраическую операцию по вычислению относительной доли информации, оставшейся после сжатия, слегка скорректированной на не представляющих практического интереса конечных участках, примерно 10% неопределённости, вызванной подходам к порогам ощущения различий.

На фоне столь обескураживающих признаний нормативных документов и ещё более показательных примеров никчемного применения научного подхода, не стоящих и потраченных ресурсов, вполне понятен фактический отказ разработчиков высококачественной аппаратуры от любой объективной экспертизы в пользу натурального сравнения, если не с объективной реальностью, то, по крайней мере, - с образцом качества воспроизведения, выбранным из числа возможных методом органолептического сравнения.

А так как в данной работе экспертиза должна выполнять самую утилитарную и одновременно – прагматическую и эргономическую роль средства приближения к

максимально возможной естественности изображений и натуральности их просмотра, вплоть до получения эффекта полного присутствия, то совершенно естественна полная приоритетность субъективной экспертизы.

А учитывая ещё и то, что разрабатываемый проекционный стенд с экраном, использующим оптическую интерполяцию, в первую очередь предназначен для персонального использования, было необходимо разработать основы именно такой специфичной субъективной экспертизы, практически лишенной возможностей статистического подхода. Как главный инструмент для выявления степени эффективности тех или иных нетривиальных идей по улучшению главного интегрального потребительского качества разрабатываемой продукции, эта экспертиза, по умолчанию, и до того практически всегда использовалась в рабочем порядке всеми самостоятельно мыслящими разработчиками инновационной техники. Именно она должна была стать уже не окончательной, коллегиальной и статистической, требующей значительных организационных и временных ресурсов, а - оперативной персональной экспертизой сравнения для осуществления быстродействующей отрицательной обратной связи с конструкторами и технологами. Кроме того, именно эта экспертиза, кроме выявления предпочтительности среди объектов сравнения, должна всегда стремиться к одновременной оценке степени приближения к доверительному порогу ощущения эффекта присутствия, достижение и преодоление которого делает дальнейшие улучшения функциональных свойств и соответствующие затраты – уже неощутимыми и поэтому - нецелесообразными.

Методика органолептической экспертизы качества воспроизведения изображений, обеспечивающая требуемую оперативность, может осуществляться на стенде, оборудованном по разработанной универсальной блок-схеме, изображённой на рисунке № 8 (Приложение), описание которого представлено ниже.

Блок схема, представленная на этом рисунке №8 должна содержать как минимум следующий набор функциональных устройств и их универсального и специального программного обеспечения:

1. программируемое универсальное приёмное устройство связи с переносными и внешними источниками мультимедиа информации, подлежащей воспроизведению (интернет, облачные хранилища, специализированные интернет-сервисы, медиacentры и так далее)

2. мультимедийный интерфейс подключения к возможным источникам воспроизводимой информации и скачивания цифровых файлов в последующие специализированные устройства долговременной памяти
3. устройство долговременной памяти для хранения тестовых файлов
4. набор высококачественных проигрывателей – декодеров и (или) универсальный проигрыватель-декодер для всех мультимедийных форматов записи и (или) эмуляции воспроизводимой видео информации
5. скейлер для сопряжения форматов записанных файлов с разрешающей способностью используемого проекционного оборудования и для обеспечения нужной частоты следования кадров
6. программное устройство для фрагментирования и (или) переключения фрагментов или всего изображения с независимой регулировкой цветоярких параметров для уравнивания общих условий просмотра для разных фрагментов или проекторов.
7. кабельный, интернет, ethernet и (или) радио интерфейсы подключения к проектору или проекторам, с запасом обеспечивающий необходимую скорость передачи данных на проектор(ы), так как высокий битрейт 3D формата высокой чёткости с повышенной частотой следования кадров может потребовать или двух проекторную систему, или параллельное включение двух DVI кабелей на каждый из проекторов.
8. проектор(ы), установленные на общем подвесе (или на совокупности подвесов), получающие сигнал через соответствующую систему кабелей для воспроизводимого сигнала и для управления компьютерной частью
9. интерполяционный экран
10. система управления видами, яркостью, степенью пульсаций и углами падения лучей сторонней боковой засветки экрана.

Использование приведенной выше блок-схемы стенда для проведения оценочной субъективной экспертизы качества воспроизведения изображений и внесения конструктивно-технологических изменений в устройство полотна интерполяционного экрана для его оптимизации, проводилось по разработанному в данной работе технологическому алгоритму, представленному на рисунке № 9. (Приложение) Данный алгоритм представлял собою последовательность следующих действий, проиллюстрированных на рисунке № 9:

1. выбор источников сигналов и набора показательного презентационного материала для данного вида экспертизы, предпочтительного данными субъектами восприятия,
2. подача сигнала на сравниваемые проектора или фрагменты экрана,
3. настройка каждого из объектов сравнения на максимум качества воспроизведения материала с помощью всех программно-регулируемых и программно-аппаратных средств с открытым доступом.
4. выравнивание и оптимизация общей яркости и цветности картинок на каждом из объектов сравнения для исключения необходимости переадаптации органов зрения при смене объекта сравнения или при переводе взгляда с одного фрагмента изображения – на другой.
5. проведение исследований по сравнению общего впечатления от качества воспроизведения тестовых материалов и эргономики просмотра последовательно на всём наборе подготовленного по п. 1 репрезентативного материала с записью степени естественности и предпочтительности, указанием общих недостатков и недостатков конкретных объектов сравнения, выставлением оценки по степени приближения к эффекту присутствия.
6. попытка выправить различия качества воспроизведения на объекте с низкой оценкой за счёт аппаратно-программных возможностей
7. выработка рекомендаций по внесению изменений в конструкцию и технологию для улучшения эргономики и качества функционирования интерполяционного экрана.

Согласно календарному плану, выполнение дальнейших пунктов 3.8 и 3.9 содержания настоящего отчёта было ограничено лишь однократной последовательностью действий по рассмотрению эффективности технического решения, выбранного из теоретических соображений согласно разделу 3.7 данного отчёта. Однако для более полной реализации- потенциала феномена оптической интерполяции и соответствующего уточнения конструктивно- технологических особенностей полотна интерполяционных экранов для последующего серийного выпуска, в процессе работ по второму этапу неоднократно осуществлялись итеративные попытки уточнения параметров конструкции и технологических особенностей изготовления полотна интерполяционного экрана по промежуточным результатам предварительных исследований.

3.7.Проведение испытаний с использованием различных источников света проекторов (плазменных и металлогалогенных ламп).

Изначально в календарном плане было предусмотрено сравнительное исследование работы стенда, в проекторе которого используются два близких, но не тождественных типа плазменно-дуговых источников света. В качестве основного источника света проектора, с которым должен был сравниваться новый, только разрабатываемый вариант плазменной лампы, предусматривались широко используемые в них -металлогалогенные лампы. Различие этих двух типов плазменно-дуговых ламп заключается в том, что металлогалогенные лампы используют электроды для создания плазмы в парах рабочего материала – галогенидов металлов. В источниках света, называемых плазменными лампами, используются пары серы с добавками других элементов. А так как сера, в отличие от металлов - не является проводником и активно взаимодействует со всеми металлами, разрушая их, превращение её в пар с последующим превращением в светоизлучающую плазму, происходит без электродов, что осуществимо в СВЧ поле.

Особое внимание к таким источникам света вызвано их высокими техническими показателями: Плазменные лампы по большинству характеристик превосходят источники света всех других известных типов:

- КПД — 85–90% (у ламп накаливания — 10%, у светодиодных — 30–50%);
- срок службы — в среднем 50000 часов (1000 и 50000 часов соответственно);
- светоотдача — 80–150 лм/Вт (10–15 и 80–170 Лм/Вт соответственно);
- ослабление светоотдачи за время использования — не более 10% (40–60% и 30% соответственно);
- коэффициент цветопередачи — 85–100 (100 и 70–90 соответственно);
- цветовая температура — 4500–7500 К (2000–2800 и 2700–6500 К соответственно).

Среди достоинств плазменных источников света необходимо отметить высочайший КПД, полный спектр излучаемого света, аналогичный солнечному, долговечность, экологичность, большую величину светового потока. Основные недостатки — высокая стоимость и ограниченный ассортимент продукции.

Особенности эксплуатации плазменных ламп напрямую связаны с двумя из перечисленных выше параметров: большой мощностью и полным спектром излучения. Совокупность этих факторов предопределила использование подобных устройств для освещения помещений с большой высотой потолков (более 6 м) и открытых пространств.

Серные светильники и прожекторы с плазменной лампой используются в торговых центрах, складах, аэропортах, на стадионах, вокзалах, нефтяных вышках, в теплицах, оранжереях, для подсветки рекламы, зданий и сооружений.

Более того, плазменная лампа может быть исполнена в виде практически изотропного источника света со сферической центральной симметрией, что является особенно важным достоинством для построения оптических систем прожекторов. Поэтому в последнее время ряд исследований за рубежом и в нашей стране был направлен на разработку таких источников специально для проекционной техники. Однако, несмотря на рекламные анонсы, реальных проекционных устройств, оснащённых плазменными лампами на рынке пока так не появилось. Однако на рынке осветительной техники для тепличных хозяйств и гидропоники компания LG представила и продаёт плазменный светильник 700 W серии PSH по цене около 1000 евро. Эта цена почти вдвое выше цены типового микрозеркального (DLP) проектора высокого разрешения (Full HD) с одной матрицей и со световым потоком 3400 люмен, например – Acer H6517ABD, оптимально подходящего для разработанного и изготовленного стенда, в том числе и для режима 3D с повышенной кадровой частотой и с последовательной передачей кадров стереопар.

Более того, появление проектора с плазменной лампой ожидается в первую очередь в категории проекционной техники, предназначенной для работы на экранах самых больших размеров, с площадью изображения, получаемого от одного проектора от сотни квадратных метров и более, где особо важны вопросы КПД, величины светового потока и цветовой температуры. В данном же проекте размеры экрана существенно меньше и составляют всего единицы квадратных метров, а серийность выпуска мультимедийных проекционных комплексов предполагает использование для комплектации серийно и массово выпускаемой проекционной техники, доступной по цене самому широкому кругу потенциальных пользователей.

При составлении календарного плана исполнители рассчитывали также использовать результаты, накопленные отечественными исследователями в параллельно заявленном

проекте на плазменный источник света для проекторов. Однако этот проект не получил финансирования и не смог вовремя дать ожидавшийся результат.

Следует отметить также, что конкретные результаты запланированного по теме сравнения по показателю предпочтительности, - были заранее известны разработчикам, так как плазменная лампа – конечно предпочтительнее по всем показателям функционального назначения, кроме цены. Главный интерес представляла лишь только степень заметности этой предпочтительности, определяющая возможные перспективы развития техники данного назначения, в том числе и на потребительскую нишу проекторов для стендов персонального назначения, где их возможные конкуренты в виде светодиодных источников, пока не достигли необходимых величин светового потока.

Поэтому сравнительные испытания источников света проекторов сначала было решено ограничить сравнением проекторов с металлогалогенными лампами, - с проектором на светодиодах.

Однако и предпринятые исследования возможности такого сравнения показали принципиальную ограниченность полноценного сравнения качества изображения на интерполяционных экранах во всех режимах на разработанном стенде. Дело в том, что величина светового потока проекторов со светодиодами, достигающая значений 1000 Люмен, как следует из описания новой одноматричной DLP модели LG PF1000U, удовлетворительно достаточна лишь для проекции 2D изображений на экран таких размеров, да и то только на обычный экран. Кроме того проекция этой модели осуществляется под острыми углами к поверхности экрана, так как модель разработана и выпускается только в ультра короткофокусном исполнении со встроенной оптикой, проецируя изображение, отражая его назад вверх через встроенное зеркало. При этом расстояние от задней стенки проектора до плоскости экрана составляет всего 12 сантиметров. То есть, конкретный узкоспециализированный вид устройства данного проектора – выводит его из разряда проекторов унифицированного вида и способа установки, для которых и создавался данный стенд. Кроме того, проецируя изображение под острыми углами к поверхности экрана, такой проектор не соответствует условиям реализации всего комплекса отличительных полезных свойств интерполяционных экранов, по-разному взаимодействующих с лучами света, падающими под разными

углами: интерполируя падающие на него под углами, близкими к нормали, и поглощающая лучи стороннего света, падающие под острыми углами.

Поэтому, упомянутое в календарном плане сравнения обычно используемого источника света проектора, в виде металлогалогенных ламп с возможными перспективными источниками в виде плазменных ламп из числа серийно выпускаемых устройств оказалось невозможным ввиду отсутствия на рынке возможных объектов сравнения. Рассмотрение же возможностей такого сравнения с новейшим проектором, использующим светодиодный источник света, показало недостаточность величины светового потока и отсутствие необходимой унификации выпускаемых устройств для целей данного исследования.

Тем не менее, несмотря на отсутствие на настоящий момент времени на рынке стандартных проекционных систем – проекторов с плазменным источником света (серной лампой), благодаря уже имеющемуся практическому отечественному исследовательскому заделу в этом направлении, оказалось возможным создать нестандартное испытательное средство в виде DLP проектора 3D изображений формата Full HD (1920*1080) фирмы BARCO модели F – 50 со световым потоком 1900 Люмен, приспособив в него вместо металлогалогенной лампы типа R9801309 с мощностью 350 Вт, - опытный образец плазменного источника света в виде серной лампы, возбуждаемой СВЧ генератором с регулируемой выходной мощностью до 400 Вт. Полученный в результате такой компиляции нестандартный проектор на базе оптической проекторной части и плазменного источника света, после тщательной юстировки центра излучения в оптической системе, цветового баланса, яркости и контрастности изображений, в итоге всё же позволил провести запланированное ранее оценочное сравнение качества изображения, получаемого от галогенных и плазменных источников светового потока проекторов.

Сравнение проводилось путём сравнения одинаковых изображений поочередно проецируемых с двух проекторов одного и того же типа BARCO модели F – 50, в одном из которых была штатная металлогалогенная лампа, а в другом была установлена серная лампа.

Проведенное сравнение показало достаточно заметное подтверждение и совпадение с предыдущими теоретическими соображениями во всех аспектах проявления

потребительских эргономических качеств изображений: повышенная естественность, заметное снижение утомляемости, усиление вовлечения в просмотр и повышенный эффект присутствия. Разброс оценок по разным аспектам качества изображений у разных экспертов и из разных возрастных групп составил от 0,5 до 1 балла по пятибалльной системе, и всегда был в пользу плазменной лампы.

Благодаря этим исследованиям была подтверждена явная целесообразность перехода к плазменным источникам светового потока в видеопроекторах, предназначенных для высококачественного просмотра мультимедийных изображений. Естественными ограничениями для такой замены являются: во-первых – вопросы цен, заметное снижение которых возможно лишь в крупносерийной продукции. Во-вторых, имеющиеся на рынке плазменные лампы требуют комплексной адаптации, унификации и сертификации, как в вопросах безопасности используемого для возбуждений источника СВЧ излучения, так и в вопросах уточнения добавок и модификации составляющих возбуждаемой среды для получения необходимого спектра, аналогичного солнечному свету. Эти задачи могли бы стать темой для дальнейшего расширения и углубления исследований в части усовершенствования технических средств визуализации фото и кино изображений, виртуального воссоздания реальности и создания виртуальной реальности.

3.8. Исследование эргономического эффекта просмотра 2D и 3D контента для трёх возрастных групп.

В исследовании эргономики восприятия изображений, как и в восприятии звука, эргономика потребительских качеств техники воспроизведения информационных образов и фактически, и терминологически, и психофизиологически - полностью совпадают с комплексной субъективной оценкой качества восприятия изображений.

Как обосновано и детализировано выше, исследования эргономики просмотра 2D и 3D контента, осуществлялось на стенде, блок-схема которого представлена выше на рисунке № 7 (Приложение).

Методические основы экспертизы сравнения качества воспроизведения информационных образов были систематизированы и алгоритмизированы в последовательность действий, условно проиллюстрированную на рисунке № 8 (Приложение).

Исследования, как правило, проводились в рабочем порядке промежуточных исследований, без процедурных особенностей, применяемых на этапе приёмо-сдаточных испытаний, когда для вынесения окончательного вердикта комиссии необходимо тайное голосование. На испытаниях, как правило, одновременно или последовательно присутствовали представители сразу трёх возрастных групп: до 25 лет, до 55 лет и старше 55 лет. Указанные возрастные группы были выбраны с учётом нормативных и рекомендательных документов [5,8,11, 19 -29] и из соображений возрастных изменений зрения и накопления жизненного и профессионального опыта по выявлению различий, вербализации ощущений и выдвижению новых идей. Просматриваемое изображение одновременно проецировалось на два (или четыре) фрагмента экранного полотна с различными конструктивно- технологическими параметрами. Просматриваемые фрагменты с характерной длительностью от нескольких десятков секунд - до нескольких минут, которые рассматривались без обсуждения и при неопределённости впечатления или сомнениях о заметности различий, повторялись или заменялись на другие, или менялось программное обеспечение «проигрывателя», пока различие не становилось определённо заметным. Затем испытания переводили с 2D формата на 3D формат, настраивали аппаратуру на уравнивание общей яркости, контрастности и цветности фрагментов изображений, проецируемых на разные фрагменты экранного полотна и вновь возвращались к оценке качества воспроизведения изображений. При этом главными критериями качества признавались такие основополагающие и системообразующие критерии эргономичности, как:

1. естественность и узнаваемость формы динамики движений реальных объектов, точность цветопередачи.
2. определённость и узнаваемость формообразующих контуров объектов,
3. натуральность и узнаваемость видео образов реальных объектов съёмки,
4. соответствие эволюций их движений естественным предожиданиям зрителя,
5. степень вовлекаемости в просмотр и степень приближения к эффекту присутствия.
6. свобода и лёгкость адаптации и отсутствие утомления от просмотра, особенно в 3D формате объёмного видео.

По достижении заметности различий, исследователи переходили к обмену мнениями, к выработке возможного консенсуса и к решению о дальнейших действиях по улучшению субъективного качества изображений. Кроме того, параллельно проводились дополнительные исследования заметности побочной засветки в зависимости от её яркости, направленности, вида, мерцаний источников и так далее.

Процесс субъективной экспертизы качества воспринимаемых изображений носил характер высказываний предпочтительности, степени этой предпочтительности на различных материалах и форматах, конкретных свойств варианта исполнения экранного полотна, картинка на котором заслуживает предпочтение

Результатом этих итеративных действий, повторенных более чем на 8 последовательно уточнённых вариантах, стало оформление отработанной конструкции и технологии её изготовления, оформленное в виде НОУ-ХАУ на конструктивно- технологические особенности полотна для опытного образца интерполяционного проекционного экрана мультимедийного применения. Наименование НОУ-ХАУ: «Технология изготовления полотна Интерполяционного экрана с микролинзовым слоем использующим микростеклошарики». Приказ о ноу – хау № 5 от 05.09.2018г. Правообладатель: ООО «ЗД-тек».

4. Заключение.

Для следующего этапа проведения работы по теме «Старт 2», с учётом имеющихся возможностей распределения заказов и получения материалов и полуфабрикатов на стороне, и технологических возможностей опытного участка разработчика: лакокрасочной и механической обработки, - наиболее доступными и достаточно эффективными являются конструкция по примерам №1 и № 2. Как указанные, так и все остальные приведенные выше примеры исполнения экранов, не исчерпывают всей полноты вариантов реализации настоящего комплекса технических решений, и позволяют адаптировать его к условиям и технологиям производства конкретного производителя, как и распределителя заказов для их исполнения на стороне.

Таким образом, все требования, возложенные планом проведения работ по проекту, включая сюда и сравнение с плазменным источником света проектора, несмотря на их отсутствие до сих пор на рынке серийных изделий - выполнены.

Кроме основного назначения интерполяционных экранов для систем цифровой проекции, они с успехом могут использоваться и во всех существующих системах аналоговой и дискретно-аналоговой проекции, придавая проецируемым изображениям и фильмам большую глубину и естественность информационных образов.

Кроме того, такие экраны могут использоваться и в качестве наиболее репрезентативных и высококачественных мониторов для видеомонтажа и редактирования фильмов из отснятого материала, и в качестве накладок к дисплеям и мониторам для компьютерной анимации и графики, повышая эргономику и снижая нагрузку на зрение операторов при длительной работе.

5. Выводы.

В процессе формирования и выполнения широко-плановых поисковых исследований, проведенных в данной работе в направлении поиска возможных путей конструктивного исполнения интерполяционных проекционных экранов, которые позволяют применять высокоэкономичную проекционную технологию визуализации кино и видео изображений, незаменимую на экранах относительно больших угловых размеров без существенных потерь качества воспринимаемых изображений, в том числе и в неспециализированных помещениях и площадках просмотра в принципиально неустранимых условиях умеренной боковой засветки, была уточнена и детализирована номенклатура и последовательность необходимых и достаточных функциональных мер, необходимых для решения поставленной задачи в общем случае, вскрыт ряд проблемных тем, оригинальных подходов и технических решений. Главные из них условно можно систематизировать в порядке их важности для получения требуемых потребительских качеств интерполяционных экранов мультимедийного и мультимедийного назначения:

1. Для обеспечения восприятия всей полноты фотографической широты проецируемых изображений на проекционных экранах, работающих в условиях умеренной боковой засветки, необходимо обеспечить дискриминацию падающих на экран световых потоков в зависимости от угла падения. Так, лучи проектора, падающие на поверхность экранного полотна под углами, близкими к нормали, как и переизлученный экраном свет, должны по возможности сохранять свою исходную интенсивность. В то же время лучи побочной и сторонней засветки, падающие на поверхность экрана под малыми углами, должны претерпевать по поглощению вплоть до порога восприятия при стандартной сюжетной средней интегральной яркости изображения, в том числе и за счёт переизлучения в

невидимом (инфракрасном) диапазоне частот. Такая дискриминация требует распределения функциональных свойств проекционных экранов прямой проекции с их фронтальной поверхности – в объём преобразующего слоя композитной матрицы и анизотропии оптических свойств фронтальной стороны этой матрицы.

2. Для обеспечения эффективного использования «Принципа Интерполяции», необходимо последовательное распределение всей совокупности выполняемых оптических функций в следующем порядке: а) дискриминации падающих потоков, б) дозированное рассеяние падающих световых потоков и возвращающихся переизлучённых лучей на дистанции их распространения в объёме матрицы экрана, в) рассеянное индуцируемое переизлучение падающего света с сохранением их спектра, г) отражение света от тыльной стороны формоустойчивой матрицы экранного полотна интерполяционных экранов. Это распределение может быть, как послойным, так и послойно-непрерывным, с частичным или полным перекрытием функциональных зон.
3. Для объединения функций дискриминации и направленного распространения (канализирования) полезных световых лучей в глубинные слои матрицы, наиболее эффективно применение оптически активных длинномерных включений и структур с их пространственным ориентированием в объёме матрицы в направлении хода полезных лучей.
4. Анизотропные структуры, представляющие наибольший интерес в данной проблематике, до сих пор в природе не встречаются и промышленно не выпускаются, являются инновационными метаматериалами, конструкции, технологии изготовления и сферы применения которых представляют собой темы самостоятельных исследований.
5. для последующих исследований, связанных с полнотой реализации принципа оптической интерполяции, наиболее актуальным направлением является разработка акустических систем пространственного звучания, способных создавать кажущиеся пространственные звуковые образы, совпадающие с изображением на интерполяционных экранах в условиях, когда рекомендуемые расстановки акустических систем перед экраном – невозможны, так как мешают восприятию изображений в широком телесном угле обзора.

5.1. Обобщение и оценка результатов исследований.

В результате проведенной работы были проведены подробные теоретические и экспериментальные исследования, направленные на изучение возможностей создания и создание пилотного опытного образца интерполяционного проекционного экрана мультимедийного назначения и применения. А именно:

1. Проведена математическая оценка характерных размеров волокнистых структур и их дискриминационной эффективности для избирательного снижения заметности побочной засветки на интерполяционных экранах
2. Проведено обобщение сведений по возможностям исполнения рефракционного слоя интерполяционных экранов с выявлением вариантов исполнения. Проведено обоснование выбора конструктивно-технологических особенностей полотна интерполяционного экрана разрабатываемого проекционного стенда.
3. Проведено обоснование выбора универсальной конструкции силовой рамы стенда, предусматривающее возможности вариаций при проведении различных исследований. Изготовлены элементы, узлы и сама конструкция опытного образца стенда.
4. Сформированы, уточнены и доработаны принципы и методические основы оценки качества изображений для уточнения и оптимизации конструктивных и технологических особенностей полотна интерполяционного экрана и опытного стенда в оперативном режиме.
5. Обследованы возможности сравнения качества изображений серийных проекторов, использующих различные источники света (металлогалогенные и плазменные лампы. Выявлено отсутствие на данный период времени серийных проекторов с плазменной (серной) лампой. На базе серийного проектора и отечественного научно-технического задела создан опытный образец проектора с серной лампой. Проведены сравнительные испытания двух одинаковых проекторов, отличающихся источником света. Показана перспективность и актуальность разработки плазменных источников света для видео проекторов, работающих с интерполяционными экранами.
6. Проведены исследования эргономического эффекта просмотра 2D и 3D контента для трёх возрастных групп, уточнены и оптимизированы параметры полотна интерполяционного экрана разработанного опытного стенда и методика оперативной субъективной экспертизы качества изображений.

7. В результате по оптимизации конструктивно- технологических параметров изготовления слоистого экранного полотна интерполяционных экранов для подобных стендов оформлено НОУ-ХАУ.

Достоверность результатов, полученных в результате проведенных исследований, была подтверждена результатами целого ряда инсталляций и на международных выставках, проходивших, в том числе и за рубежом. Прямых аналогов интерполяционных экранов в стране и за рубежом – нет, так как «Принцип Оптической Интерполяции» запатентован авторами изобретения и ряда НОУ-ХАУ, как интеллектуальная собственность. В процессе работы сформулировано и оформлено ещё одно НОУ-ХАУ.

Таким образом, программу проекта следует считать успешно выполненной в полном объёме ТЗ и календарного плана, и с проработкой ряда сопутствующих актуальных проблемных подтем.

Рекомендации к дальнейшим направлениям разработок.

По итогам выполненной работы следует:

Во-первых, перейти к дальнейшим целям работ данного направления: к последующей широкой апробации (в рамках дальнейшего развития темы «Оптической Интерполяции») в различных условиях реальной эксплуатации, к устранению выявленных недостатков для последующего учёта особенностей применения в различных целевых приложениях, к подготовке производства и исследованиям маркетинговых перспектив.

Во-вторых, в рамках комплексного сопряжения 3D изображений видео образов с 3D кажущимися (виртуальными) звуковыми образами звукового сопровождения, необходима разработка акустических систем пространственного звучания, способных создавать кажущиеся пространственные звуковые образы, совпадающие с изображением на интерполяционных экранах в условиях, когда рекомендуемые расстановки акустических систем перед экраном – невозможны, так как мешают восприятию изображений в широком телесном угле обозрения.

В-третьих, необходима комплексная проработка проблем создания проекционной видео техники с плазменными источниками света в диапазоне мощностей от ста Ватт до тысяч Ватт.

В-четвёртых, целесообразна разработка по формированию микролинзового слоя матриц интерполяционных экранов непосредственно на поверхности полимерной матрицы экранного полотна, преимущественно прямо в процессе его отливки. Для таких разработок необходимо обеспечить тесное взаимодействие с производственниками и

технологами особо редных крупносерийных производств (Дзержинский Нижегородской области).

6.Используемая литература и нормативные документы

1. Отчет о выполнении НИОКР по теме: «Разработка микролинзовой структуры внутри проекционного Интерполяционного экрана для Оптической Интерполяции изображения от нескольких проекторов» УДК: 001.894:347.771, Регистрационный № 115100950003, Инв. № 01. (Договор № 98ГС/6363 от 11.12.2014).
2. Патента на изобретение «ПРОЕКЦИОННЫЙ ЭКРАН» № 2 574 413, авторы: Коренев Денис Викторович, Гайдаров Александр Сергеевич. Правообладатель: ООО «3Д-тек» Приоритеты: подача заявки: 19.07.2013; публикация патента: 10.02.2016.
3. ГОСТ Р 53172-2018 Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования.
4. ГОСТ Р 51256 ГОСТ Р 53172-2008 Дороги автомобильные общего пользования. Изделия для дорожной разметки. Микростеклошарики. Технические требования
5. Рекомендации ИЕС 581-7, Минимальные требования к параметрам. Часть 7. Громкоговорители, 1986.
6. ГОСТ 16122 – 78. Громкоговорители. Методы электроакустических испытаний. Введён с 01.07.1989г. -53 с.
7. ГОСТ 23262 – 83 «Системы акустические. Общие технические условия». Введён с 01. 07 1984г. - 12с.
8. ГОСТ 23262 - 88 «Системы акустические бытовые. Общие технические условия».
9. ГОСТ 24307 – 80. Изделия бытовой электроники. Системы акустические и громкоговорители высокой верности воспроизведения (Минимальные требования к категории "HI-FI). Введён с 01. 01 1981г
10. IEC 268-5 Sound systems equipment. part 13. Listening test on loudspeakers. Geneva. Switserland. IEC. 1985; Практические рекомендации AES для профессиональной аудиоаппаратуры. Субъективная оценка громкоговорителей, AES 20-1996.
11. Ж. Макс. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях. Москва. «Мир», 1983.

12. Айзинов М.М. Избранные вопросы теории сигналов и теории цепей. Москва, «Связь», 1971. с. 349.
13. Стенли А. Гельфанд С. Слух. Введение в психологическую и психофизиологическую акустику. Москва, «Медицина», 1984
14. Heyser R. The delay plane objective analysis of subjective properties. JAES, 1973, v. 21, N 9, p. 690 – 701.
15. ДЖ. Стретт. (лорд Рэлей). Теория звука в 2-х томах. Том 1. Государственное издательство технико-теоретической литературы. М. 1955. -с 495
16. Я.Ш. Вахитов, Теоретические основы электроакустики и электроакустической аппаратуры, Москва, «Искусство» 1982.
17. Гайдаров А.С. К вопросу о строении слуха. Материалы научно- технического семинара МТУСИ и AES (RU) на 7-й межрегиональной выставке аппаратуры высококачественного звучания «Российский High- End 2001», Москва, МТУСИ. 2001, -с 76.
18. Beranek L. L. Acoustics. Mc. Graw- Hill. New York. 1954.
19. Гайдаров А.С. Перспективы развития информационных технологий. Третья отраслевая научная конференция–форум «*Технологии информационного общества*», посвящённая 150-летию А.С. Попова. Москва, МТУСИ, 2009, 86 с.
20. Гайдаров А.С. Перспективы развития информационных технологий. Третья отраслевая научная конференция–форум «*Технологии информационного общества*», посвящённая 150-летию А.С. Попова. Москва, МТУСИ, 2009, 86 с.
21. Гайдаров А.С. Перспективы развития электроакустики и основы её представлений. Материалы семинара – совещания заведующих кафедрами: «Актуальные вопросы образования современной высшей школы», Москва, МТУСИ, факультет повышения квалификации и переподготовки кадров. 2009
22. Гайдаров А.С. Экологические аспекты восприятия информации. Труды XIII международной научно-технической конференции «*Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии*» «ФРЭМЭ-2008». Владимир – Суздаль, 2008.
23. Рекомендация МСЭ-R bt. 1788 Методика для субъективной оценки качества видеоизображения в мультимедийных приложениях.
24. RECOMMENDATION ITU-R BT.500-11 Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures

25. ГОСТ 26320-84 «Оборудование телевизионное студийное и внестудийное. Методы субъективной оценки качества цветных телевизионных изображений»
26. Смирнов Д.В. К вопросу оценки качества множества восстановленных изображений. - М.: СИНЕРГИЯ, Часть сборника «Прикладная информатика» №4 (16), 2008.
27. Мониц Ю.И., Старовойтов В.В. Оценки качества для анализа цифровых изображений // «Искусственный интеллект». 2008. - №4. – С. 376 - 385.
28. Сидоров Д.В., Осокин А.Н., Марков Н.Г. Оценка качества изображений с использованием вейвлетов // Известия Томского политехнического университета. 2009. - Т.315. № 5. – С. 104 - 107.
29. Subjective Quality Assessment of The Emerging AVC/H.264 Coding Standard, Subjective Quality of Internet Video Codecs.
30. VQEG (Video Quality Experts Group)
31. MSU Perceptual Video Quality tool
32. M.Pinson, S.Wolf, “The Impact of Monitor Resolution and Type on Subjective Video Quality Testing” NTIA TM-04-412
33. Косткин И.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ОБЪЕКТИВНЫХ И СУБЪЕКТИВНЫХ КРИТЕРИЕВ КАЧЕСТВА МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ Электронный научно-практический журнал «МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК» МАЙ 2016 ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
УДК 004.627

7. Приложения. (Рисунки).

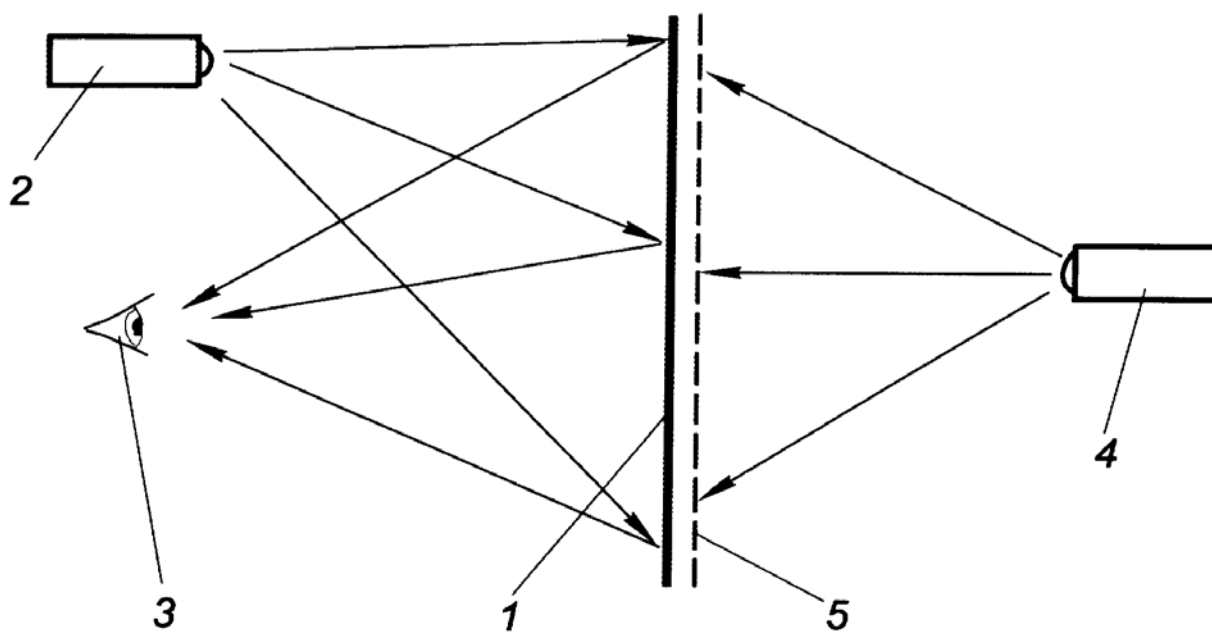


Рисунок № 1. Вид сбоку на проекционную систему и зону просмотра для прямой и обратной проекции.

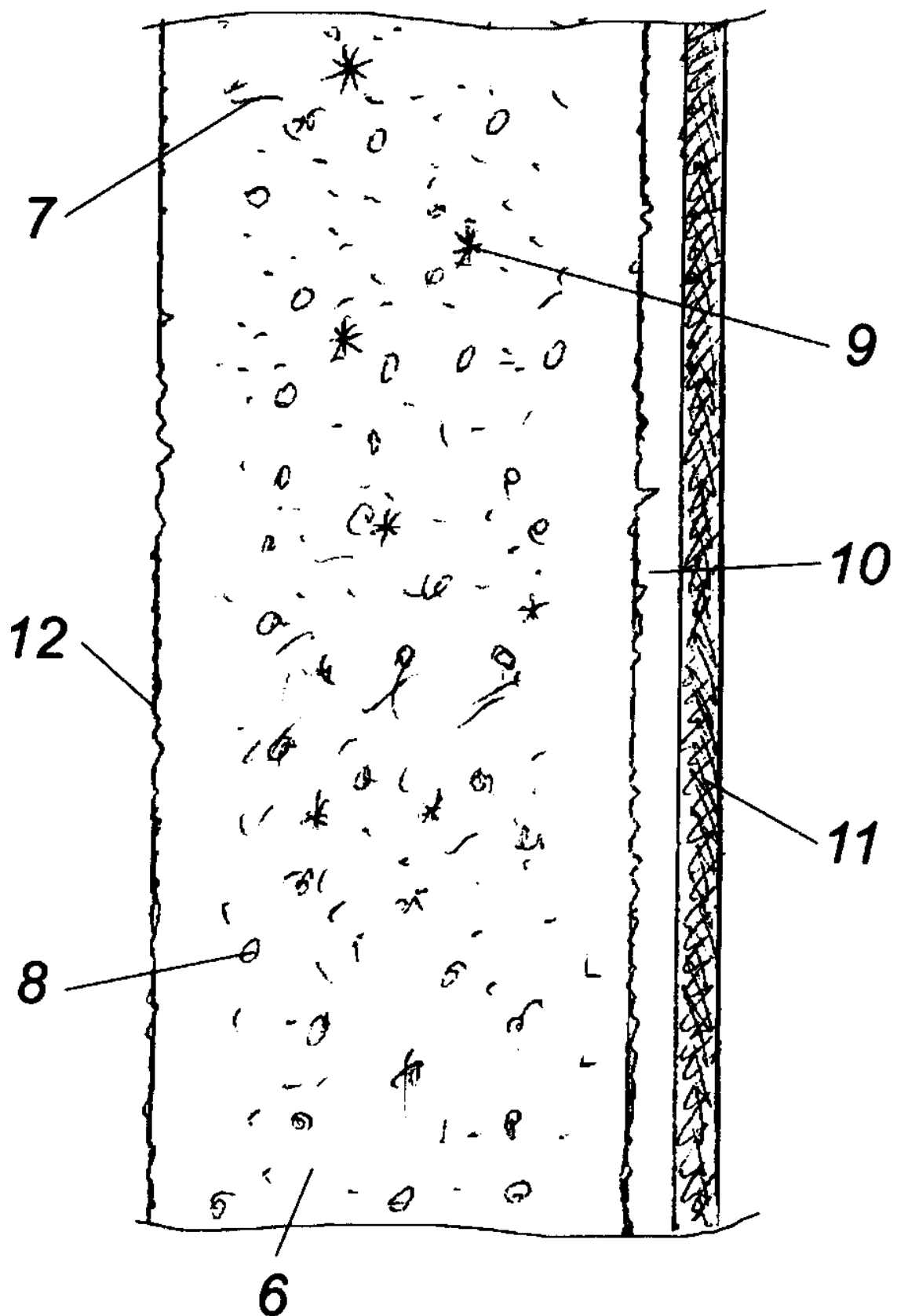


Рисунок № 2. Разрез композитной матрицы проекционного экрана с непрерывным распределением функциональных неоднородностей в пределах толщины матрицы.

ФИГ. 2

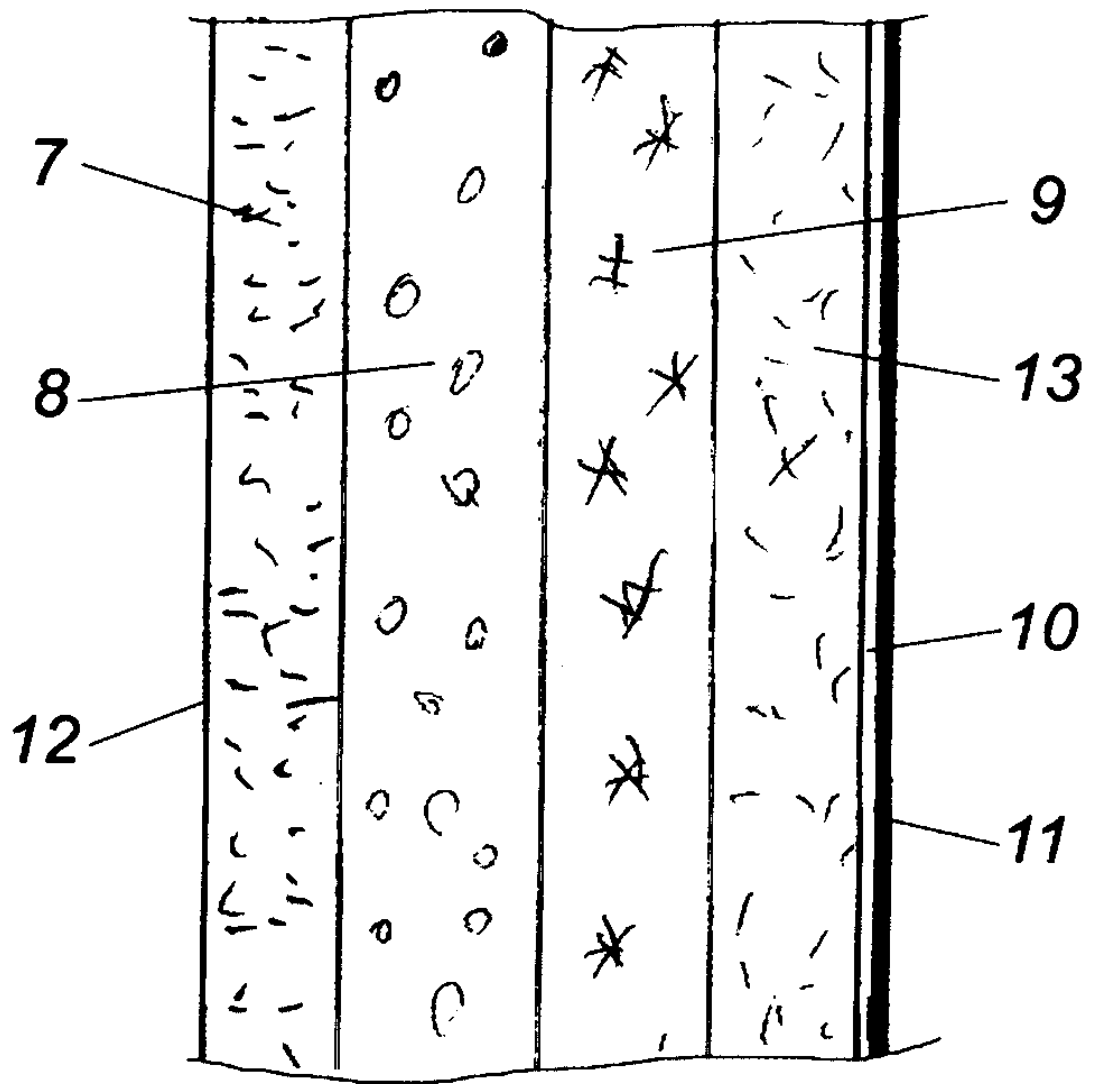


Рисунок № 3. Схематический разрез композитной матрицы проекционного экрана с послойным распределением функциональных неоднородностей.

ФИГ. 3

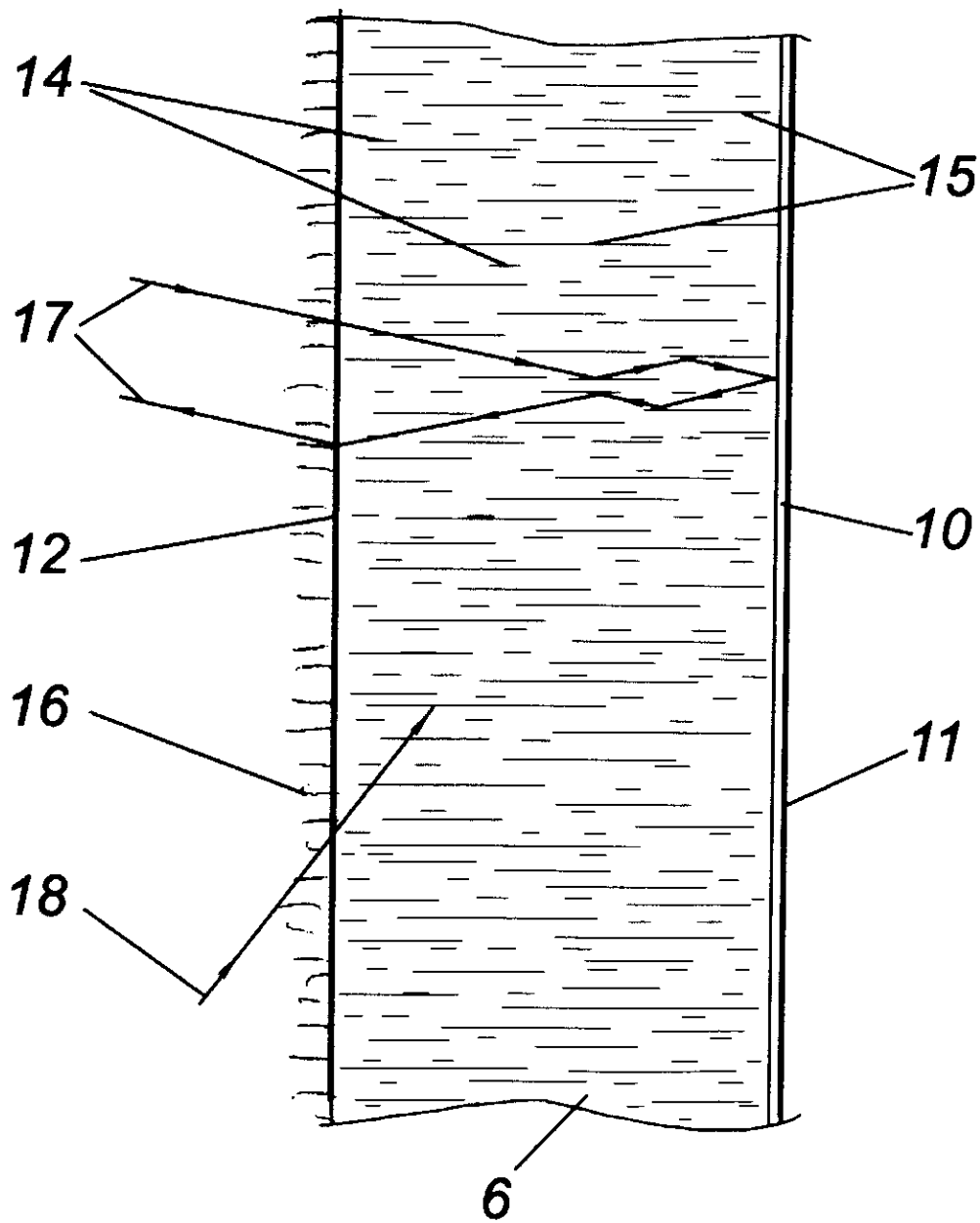


Рисунок № 4. Сечение матрицы интерполяционного экрана с волоконными светопоглощающими включениями.

ФИГ. 4

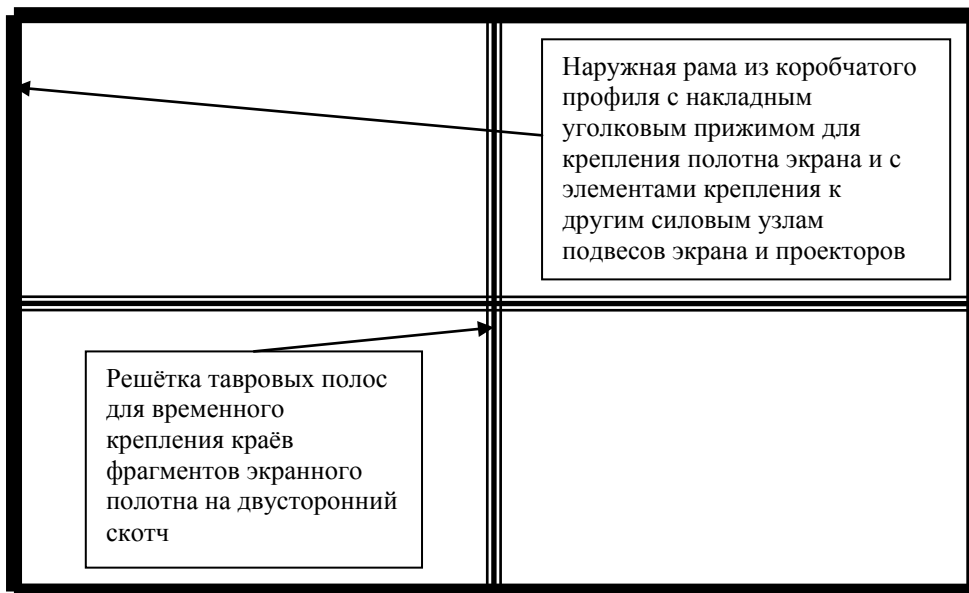


Рисунок 5. Эскиз конструкции рамы интерполяционного экрана для опытного стенда.

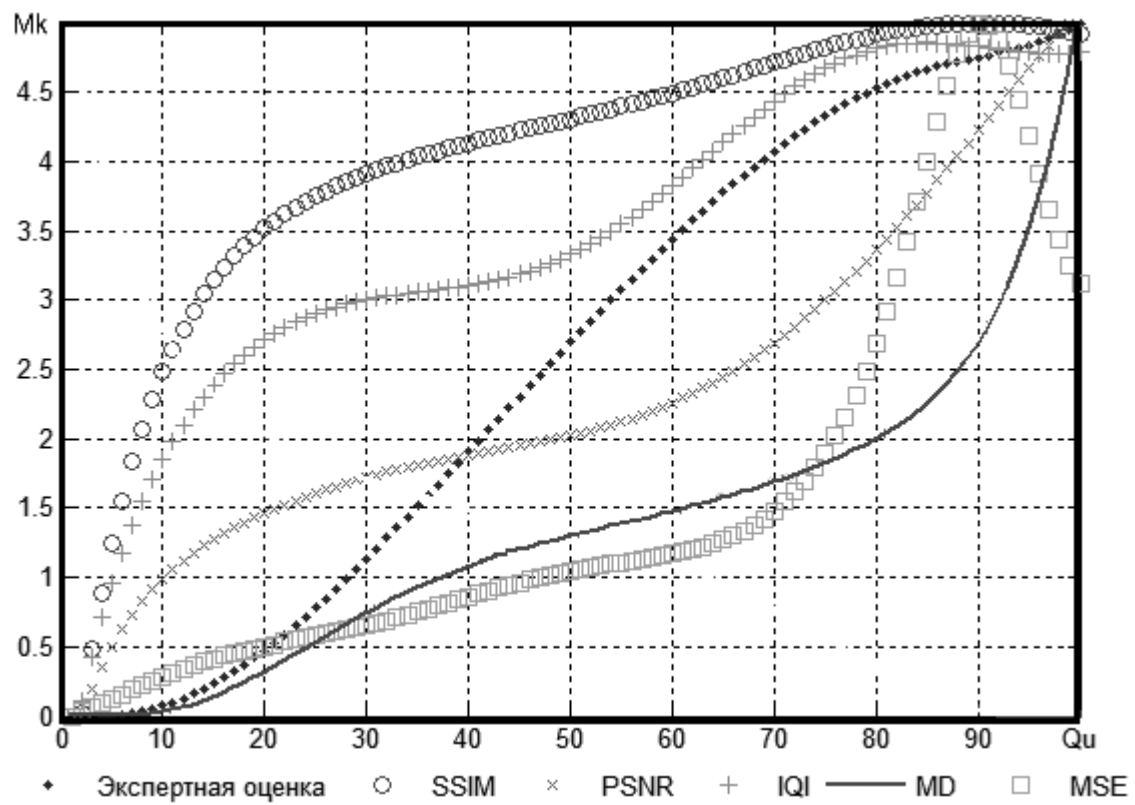


Рисунок 6. Зависимость результатов объективных метрик M_k от качества изображений Q_u , сжатых по методу JPEG и экспертная оценка .

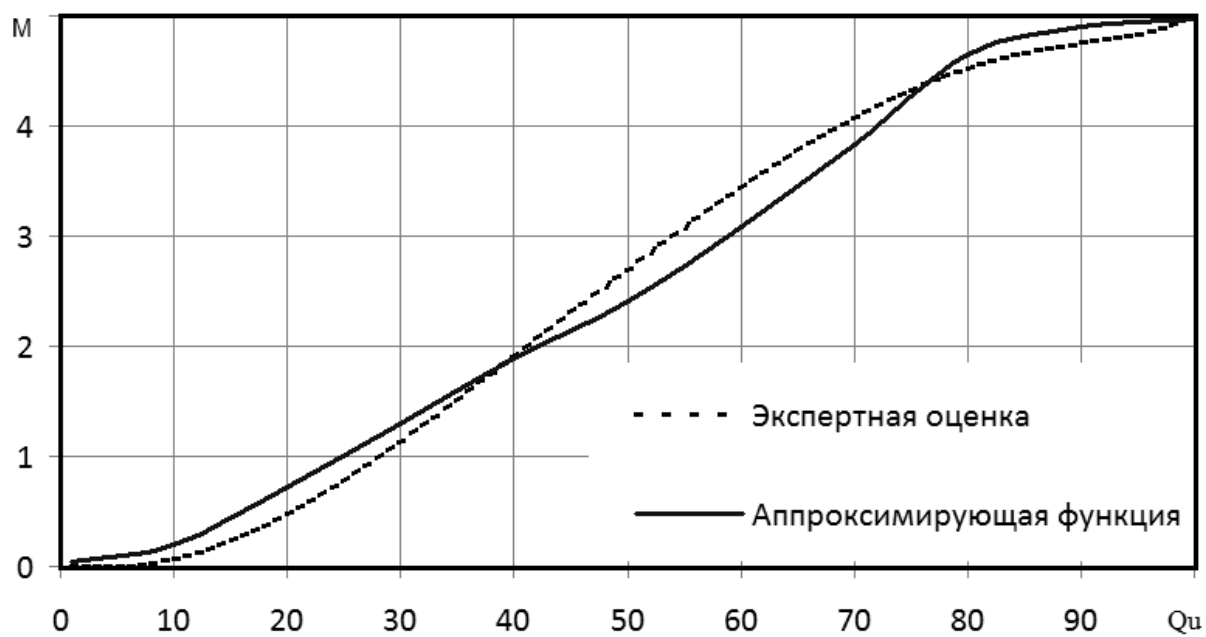


Рисунок 6. Аппроксимирующая функция, полученная алгебраической компиляцией результатов пяти различных видов объективных оценок качества неподвижных изображений, указанных на рисунке 5.



Рисунок 8. Блок-схема проекционного мультимедийного и мультиформатного стенда с интерполяционным экраном, реализующего, в том числе, и персональный режим многофрагментного экрана для непосредственного органолептического субъективного сравнения воспринимаемого качества изображений, с возможностью уравнивания эффективной яркости и цветности на фрагментах экрана со сравниваемыми конструктивно-технологическими особенностями.

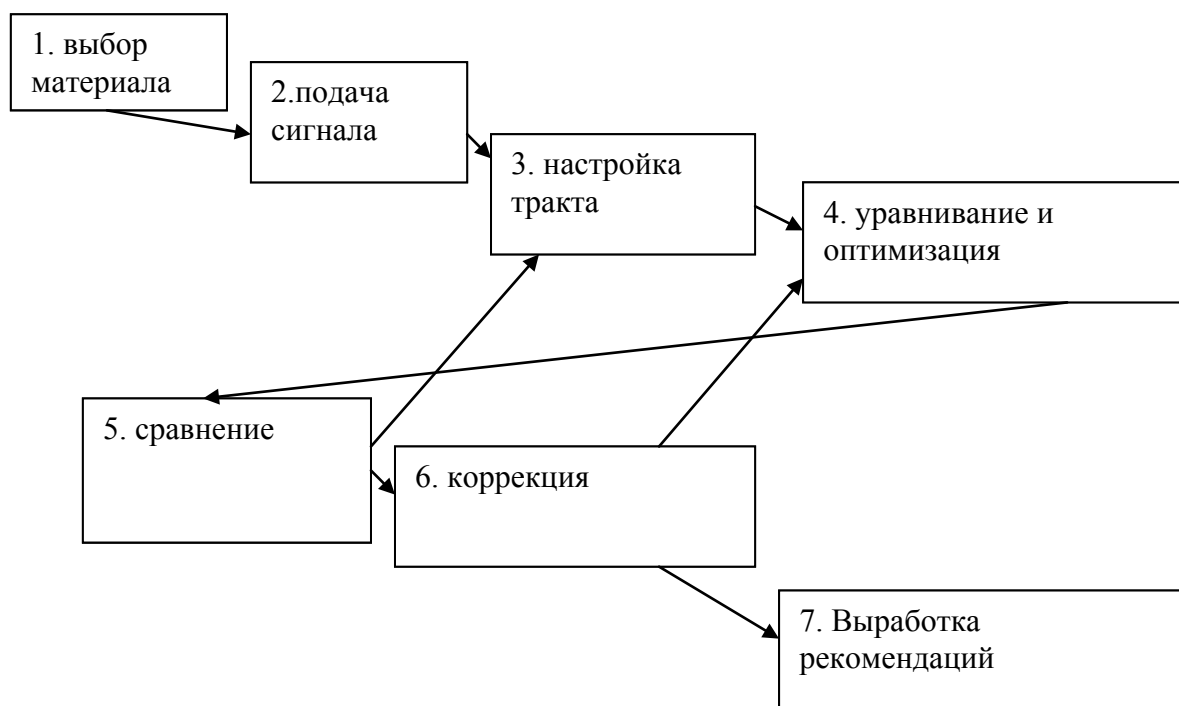


Рисунок 9. Алгоритмическая последовательность действий для оптимизации воспринимаемого качества восприятия изображений в зависимости от конструктивных и технологических особенностей полотна интерполяционного экрана.