

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Власова Евгения Владимировича на тему:

«Методы повышения качества формируемого пространства в наголовных мультифокальных системах объемного отображения визуальной информации», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.6 – «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы».

Актуальность темы диссертации

Актуальность исследования обусловлена фундаментальной проблемой традиционных стереодисплеев — конфликтом между аккомодацией и конвергенцией глаза, что приводит к зрительному утомлению, искажению восприятия глубины и потенциальным рискам искажения зрительного восприятия объёма и даже нарушениям зрения при их длительном использовании.

Существующие системы, применяемые в тренажерах и симуляторах, формируют перцептивные навыки и могут формировать как правильные, так и ложные перцептивные навыки, в случае формирования не совсем корректных стимулов для аккомодационного рефлекса. Снятием этих проблем может являться переход к мультифокальным дисплеям, способным формировать изображение с протяженностью по глубине, где каждый пиксель формирует изображение 3D объекта на своей глубине, тем самым обеспечивая физиологически корректные прямые признаки глубины. Разработка методов повышения качества такого объемного пространства является очередным важным шагом для создания эффективных и безопасных систем виртуальной и дополненной реальности в области тренажёроостроения и дистанционного управления удалёнными робототехническими комплексами.

Оценка содержания работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, одного приложения.

Во введении определены актуальность, цель, задачи, научная новизна, практическая значимость работы и положения, выносимые на защиту.

В первой главе изложены основы известных методов формирования 3D-изображения и проведён анализ схем наголовных дисплеев для VR, оценены их возможности по обеспечению визуального комфорта, технические характеристики, а также преимущества и ограничения.

Вторая глава содержит численный анализ аксиального распределения интенсивности изображений и расчёт количественных характеристик дифракционной глубины в зависимости от остроты зрения и диаметра зрачка. Расчётами автор показывает, что дифракционная глубина фокуса увеличивается от 0,28 до 0,83 дптр. при изменении разрешения от 1 до 3 угл. мин., что впоследствии будет использовано для определения необходимого для наблюдения дискретного количества планов глубины.

В третьей главе выявлены причины потери контраста и нелинейности аккомодационного стимула в 3D-дисплеях и предложены методы их исправления для повышения качества изображения для формирования естественной аккомодации. Интересным представляется экспериментально обнаруженный в процессе работы эффект потери контраста на средней глубине наблюдаемого 3D пространства при сохранении константой суммарной интенсивности по глубине видимого пространства. Эффектен и результат, показанный на рисунках (19-22). Жаль только, что материал на страницах 46-49 очень трудно читается, как будто он был написан в спешке. Но результаты, приведённые на рис. 21, 22 впечатляют. Конечно, не хватает ясности речи в объяснении полученных результатов, приведённых на рис. 23-29.

В четвёртой главе исследованы способы формирования 3D-изображения, создающие корректный стимул для аккомодации глаза. Описаны ранее полученные результаты по разработке бифокальных объемных

стереоскопических дисплеев в сравнении с многофокальными дисплеями, использующими активные оптические элементы с жидкими линзами. Автор предлагает использовать для создания многофокального дисплея двулучепреломляющие кристаллы, у которых в зависимости от поворота поляризации меняется эффективный показатель поляризации. На примере кальцита (CaCO_3) автором подробно рассчитан дисплей с одним оптико-механическим переключателем глубины в два крайних положения, условно названным «близь-даль», и возможностью подстройки в каждом из положений поворотом поляризации с помощью устройств – ротаторов. Расчёт поля зрения, разрешения, пятен рассеяния и кривизны поля зрения убедительно показывают возможность реализации хорошего 3D дисплея всего лишь с двумя микродисплеями формирования крайних (близь-даль) изображений пространства. Даже подобрана элементная база для их приборной реализации.

Пятая глава представляет экспериментальное исследование влияния мультифокального 3D-дисплея на восприятие пользователем глубины и размеров объектов. В ней, на основе полученных в предыдущих главах результатов, произведены расчёты параметров и основных допусков бифокального стереоокуляра для двух планов 1 м (1 дптр) и 4 м (0,25 дптр). На его основе был сконструирован стереодисплей так, чтобы, при перефокусировке с одного плана на другой, не появлялось видимое смещение наблюдаемых в поле зрения объектов. Экспериментально, по методу Холуэя-Боринга, показано, что зрительное восприятие удалённости реального предмета в реальном пространстве практически совпадает с восприятием удалённости в разработанном, на основе проведённых расчётов, мультифокальном дисплее.

В заключении содержатся выводы, отражающие основные результаты диссертационной работы и подтверждающие ее актуальность и новизну.

В приложении представлен акт внедрения результатов диссертационной работы.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна.

Степень обоснованности и достоверность научных положений диссертационного исследования Власова Е.В. подтверждается полученными в ходе работ данными, не противоречащими известным теоретическим основам классической оптики, а также корректно проведенными расчётами и серией критически важных в данном исследовании экспериментов.

Научная новизна диссертационного исследования Власова Е.В. состоит в разработке ряда оригинальных методов, использованных автором для создания мультифокальных 3D-дисплеев, ориентированных на физиологически более корректное, более комфортное и более точное восприятие объема человеком.

Достоверность и новизна положений и выводов также подтверждаются проверкой широким кругом специалистов в данной области при:

- апробации результатов на шести научных конференциях, в том числе международных;
- публикации 17 научных работ (включая 2 статьи без соавторов, индексируемые в Scopus);
- разработке доказательной части содержания рукописи диссертации, опирающейся на 63 источника, включая зарубежные публикации.

Основные результаты, полученные в диссертации, соответствуют поставленным задачам.

Диссертационная работа Власова Евгения Владимировича соответствует следующим направлениям исследования по паспорту научной специальности 2.2.6. «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы»:

1 – Исследование и разработка новых методов и процессов, которые могут быть положены в основу создания оптических и оптико-электронных

приборов, систем и комплексов различного назначения, функционирующих в оптическом диапазоне спектра;

3 – Исследование оптических и оптико-электронных приборов и комплексов методами компьютерного моделирования;

4 – Создание и исследование методов расчёта и оптимизации оптических систем, методов оценки качества оптического изображения.

12 – Разработка, совершенствование и исследование характеристик приборов, систем и комплексов с использованием электромагнитного излучения оптического диапазона длин волн, предназначенных для решения задач – передачи, приема и отображения информации; - управления работой технологического оборудования и контроля технологических процессов.

Замечания по диссертации

Поскольку тема восприятия изображений в значительной мере пересекается с медицинскими направлениями, в диссертации активно используется соответствующая медицинская терминология, например: стимул аккомодации, конвергенция, диспарантность, окклюзия, проксимальный и др. Хорошо было бы для облегчения чтения материала добавить в диссертацию глоссарий.

Следует заметить, что текст диссертации содержит некоторые опечатки. Так, в списке литературы под номером [35] указана работа знаменитого русского инженера Виктора Григорьевича Комара с коллегами. Но есть только название статьи, без выходных данных, где и когда она была опубликована. Имеются ссылки без указания страниц, на содержание которых ссылается автор. Допущены и некоторые другие опечатки, вроде тире в прилагательном «двухплановый» на стр. 43, 80. Рисунок 48 повторяет рисунок 14. Иногда неопределённым понятием «изображение» заменяется физическое понятие «интенсивность изображения» (стр.44). Некоторая часть надписей на рисунках 36, 38-40 (стр. 65, 68-70) плохо читается.

В целом в работе видно чрезмерное сжатие в изложении мыслей автора. Это и плохо, поскольку трудно читать, и хорошо, потому что видно, как автор хотел многое сказать. По прочтении материала диссертации Власова Е. В. даже складывается впечатление, что автор не все мысли поместил в представленный на защиту том. Это хорошо, поскольку может послужить заделом на будущее развитие темы, что очень хочется пожелать автору.

Наряду с некоторыми недостатками по оформлению работы следует отметить и ряд достоинств представленной Власовым Е. В. диссертации. Особое внимание обращает на себя продуманность экспериментов и элементов конструкции разрабатываемого прибора до мельчайших деталей, включая не только элементы конструкции, но и некоторые важные допуски. Видимо, это хороший корпоративный стиль Конструкторско-технологического института научного приборостроения СО РАН, единственного в своём роде в СО РАН. Также обращает на себя внимание смелость в постановке задачи и глубина проникновения в проблему восприятия объёма, а также тщательная проверка соответствия показателей работы созданного макета прибора естественным природным стимулам глубины.

По моему мнению, содержание работы находится на достаточно высоком научно-техническом уровне, поскольку известно, что задача изучения 3D изображений, а особенно их искусственного формирования приборами, сложна и многообразна. Достаточно сказать, что теория аббераций, так хорошо развитая для двумерных изображений, практически полностью отсутствует для трёхмерных изображений, не говоря уже о проблемах численного представления 3D сигнала в условиях ограничения критерием Найквиста. Также на таких ведущих конференциях, как «Технологии дополненной и виртуальной реальности», проводимой известным в этой области центром - МГТУ им. Н. Э. Баумана; «Конференции по фотонике и информационной оптике», проводимой университетом МИФИ,

за последние два года результаты исследований, подобные приводимым в диссертации, отсутствуют. Это тоже показывает новизну полученных автором результатов.

Каждый из уважаемых членов Совета, по своему опыту, знает, как трудно бывает сделать первые шаги в новом направлении. Сегодня, как никогда, каждый новый шаг в развитии отечественных трехмерных систем отображения визуальной информации имеет особое значение. Поэтому с полным основанием считаю, что шаги, предпринятые автором настоящей диссертации в направлении развития 3D технического зрения, необходимо поддержать и даю положительную оценку работе Власова Е. В.

Считаю, что отмеченные выше замечания к тексту диссертации не снижают ценности выполненных исследований и полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку результатов, в ней изложенных, поскольку диссертация Власова Е. В. соответствует следующим критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук, изложенным в Постановлении Правительства РФ № 842 от 24.09.2013. В том числе:

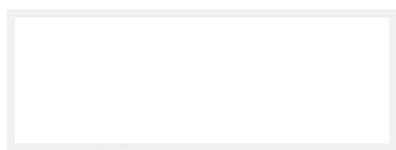
- В диссертации разработаны новые научно обоснованные решения, вносящие вклад в развитие технологий создания 3D-дисплеев.
- Приведены данные о практическом применении полученных научных результатов.
- Диссертация Власова Е. В. содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку
- Основные положения диссертации опубликованы в научных изданиях, в том числе входящих в перечень рецензируемых изданий ВАК, а их количество существенно превышает минимально требуемые ВАК две статьи, включая патенты.

- Содержание автореферата полностью отражает содержание диссертационной работы.

- В диссертации Власова Е. В. решена задача введения стимула глубины в стереоизображение, устраняющая классическое противоречие между аккомодацией и конвергенцией, при сохранении контраста по всей глубине наблюдаемого 3D пространства. Полученное автором техническое решение имеет существенное значение для более точного определения размеров изображаемых объектов и расстояний до них, позволяет точнее манипулировать удалёнными механизмами, что имеет большое значение в системах 3D технического зрения, а также предохраняет от привития ложных навыков при обучении на тренажёрных комплексах.

По своему содержанию и уровню полученных результатов диссертация отвечает требованиям Положения ВАК о присуждении учёных степеней (раздел II., п. п. 9-14), а её автор, Власов Е.В., заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.6 – «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы».

Официальный оппонент, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры Фотоники и приборостроения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Сибирский государственный университет геосистем и технологий «СГУГиТ» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, г. Новосибирск.



____Сергей Александрович Шойдин

19.02.2026

Даю согласие на обработку персональных данных.

Контактные сведения официального оппонента:

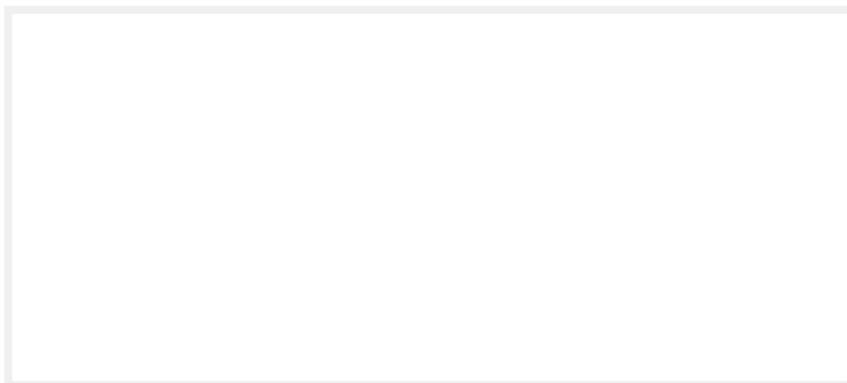
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет геосистем и технологий», 630108, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10

Web: <https://sgugit.ru/>

Телефоны: +7 (383) 343-39-37; +7 (913) 915-00-92

Адрес электронной почты: shoydin@ssga.ru

Подпись доктора физико-математических наук, доцента, профессора кафедры Фотоники и приборостроения, Шойдина Сергея Александровича удостоверяю



Отзыв получен 19.02.2026 *А. Герасимов М.А.*
С отзывом ознакомлен 19.02.2026 *Евдокимов В.А.*