

СОЮЗ КИНЕМАТОГРАФИСТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ЗАПИСЬ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ
ОБЪЁМНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ
В КИНЕМАТОГРАФЕ, НАУКЕ, ОБРАЗОВАНИИ,
МЕДИА И В ДРУГИХ ОБЛАСТЯХ**

ХVII МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

(Москва, 7–11 апреля 2025 года)

МАТЕРИАЛЫ И ДОКЛАДЫ

МОСКВА
ИПП «КУНА»
2025

УДК 778.534.1 (038)

ББК 37.95

3-32

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор *Тихомирова Г. В.*

доктор технических наук, профессор *Башарин С. А.*

3-32 Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе, науке, образовании, медиа и в других областях: XVII Международная научно-практическая конференция, Москва, 7–11 апреля 2025 г.: Материалы и доклады / под общей редакцией О. Н. Раева. — Москва : ИПП «КУНА», 2025. — 400 с.

ISBN 978-5-98547-154-0

В сборник вошли статьи, подготовленные по зачитанным и обсуждённым докладам и выступлениям на XVII Международной научно-практической конференции «Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе, науке, образовании, медиа и в других областях», состоявшейся 7–11 апреля 2025 г. в г. Москве, а также материалы VI Международного фестиваля молодёжных экспериментальных фильмов.

Для кинематографистов всех специальностей, студентов вузов, аспирантов, инженеров и других специалистов, в сферу интересов которых входят аудиовизуальные технологии, формирующие, преобразующие и воспроизводящие объёмные изображения.

УДК 778.534.1 (038)

ББК 37.95

ISBN 978-5-98547-154-0

© Коллектив авторов, 2025

УДК 778.534.1

ББК 37.95

Кувшинов С. В., Пронин М. А., Раев О. Н.

17 ЛЕТ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ ОБЪЁМНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Кувшинов Сергей Викторович, кандидат технических наук, доцент
SPIN-код: 9259-5287

E-mail: kuvshinov@rsuh.ru

Международный институт новых образовательных технологий
Российского государственного гуманитарного университета

Пронин Михаил Анатольевич, кандидат медицинских наук

SPIN-код: 3114-0112, ORCID: 0000-0003-0594-6500

E-mail: pronin@iph.ras.ru

Институт философии Российской академии наук

Раев Олег Николаевич, кандидат технических наук, доцент

SPIN-код: 8199-6814, ORCID: 0009-0002-5863-0091

E-mail: ncenter@list.ru

Технологический университет имени дважды Героя Советского
Союза, лётчика-космонавта А. А. Леонова,

Сергиево-Посадский филиал Всероссийского государственного
университета кинематографии имени С. А. Герасимова,

Институт философии Российской академии наук

В статье подведены итоги XVII Международной научно-практической
конференции «Запись и воспроизведение объёмных изображений в кине-

матографе, науке, образовании, медиа и в других областях», состоявшейся 7–11 апреля 2025 года. Конференция была структурирована по четырём секциям: визуальное восприятие, технические инновации, гуманитарные инновации и молодёжная секция «Технологии кинематографа и других видов визуализаций».

Представлены материалы прошедших в рамках конференции двух круглых столов «Изображения и образы в виртуальных реальностях» и «Визуализации: исследования и опыт применения в практике образования».

Ключевые слова: объёмные изображения, стереокино, виртуальная реальность, дополненная реальность, иммерсивный кинематограф, изображение, образ, визуальное восприятие.

Международная научно-практическая конференция «Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе, науке, образовании, медиа и в других областях» традиционно проходит ежегодно в апреле месяце. Очередная XVII конференция состоялась 7–11 апреля 2025 года [1, 2].

XVII конференция проведена при официальной поддержке Союза кинематографистов Российской Федерации.

Организаторами конференции в 2025 году выступили:

— Гильдия кинотехников Союза кинематографистов Российской Федерации;

— Международный институт новых образовательных технологий Российского государственного гуманитарного университета;

— Технологический университет имени дважды Героя Советского Союза, лётчика-космонавта А. А. Леонова;

— Сергиево-Посадский филиал Всероссийского государственного университета кинематографии им. С. А. Герасимова;

— Лига образования Российской Федерации;

— Институт философии Российской академии наук (Постоянно действующий семинар «Виртуалистика» / «Философские проблемы Виртуалистики», сектор гуманитарных экспертиз и биоэтики);

— Секция «Виртуалистика» / «Философские проблемы Виртуалистики» Российского философского общества;

— НОТК «Просвещение».

Программа XVII конференции была структурирована по трём секциям:

- секция «Визуальное восприятие»,
- секция «Технические инновации»,
- секция «Гуманитарные инновации».

Как и в прошлые годы организаторы конференции большое внимание уделили просветительской и образовательной деятельности среди молодёжи. В 2025 году в соответствии с идеологией и программой конференции была организована Молодёжная секция «Технологии кинематографа и других видов визуализаций».

Все секции конференции проводились в Международном институте новых образовательных технологий Российского государственного гуманитарного университета в г. Москва.

Кроме секций в рамках конференции были организованы два круглых стола:

— «Изображения и образы в виртуальных реальностях» (сопредседатели *Раев О. Н.* и *Пронин М. А.* : <https://iphras.ru/virtual.htm>, секретарь *Чаусова О. В.*);

— «Визуализации: исследования и опыт применения в практике образования» (сопредседатели *Бугай И. В.*, *Раев О. Н.*, секретарь *Чаусова О. В.*).

Круглые столы проходили на площадках Технологического университета имени дважды Героя Советского Союза, лётчика-космонавта А. А. Леонова в г. Королёв Московской области.

Участие во всех мероприятиях XVII конференции было организовано как в очном, так и в дистанционном форматах.

Международный уровень конференции подтверждается докладами на ней учёных, специалистов и преподавателей из Республики Беларусь, Республики Казахстан, Российской Федерации, Соединённых Штатов Америки, Республики Узбекистан.

Предлагаемый вниманию читателей сборник содержит статьи, подготовленные авторами докладов, зачитанными ими и активно и заинтересованно обсуждёнными участниками XVII Международной научно-практической конференции «Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе, науке, образовании, медиа и в других областях».

Сборники конференции с 2019 года по 2024 год постатейно представлены в электронной научной библиотеке eLibrary.

Все сборники можно прочитать и скачать на сайте МИНОТ РГГУ https://www.rsuh.ru/education/minot/conf_3d.php.

Заседания семинара «Виртуалистика» представлены на странице Института философии РАН (<https://iphras.ru/virtual.htm>) и сайта www.virtualistika.ru, www.виртуалистика.ру.

СЕКЦИЯ «ВИЗУАЛЬНОЕ ВОСПРИЯТИЕ»

Секция «Визуальное восприятие» проходила 8 апреля 2025 года. На секции были зачитаны и обсуждены следующие актуальные доклады:

— *Белокопытов Александр Викторович*; доктор биологических наук, профессор *Рожкова Галина Ивановна*; *Кузнецова Ирина Николаевна*; Институт проблем передачи информации имени А. А. Харкевича Российской академии наук; «Парадоксальное видимое расчленение сложных объектов, движущихся по глубине в стереоскопически задаваемой виртуальной реальности».

— Кандидат технических наук, доцент *Раев Олег Николаевич*, Технологический университет имени дважды Героя Советского Союза, лётчика-космонавта А. А. Леонова, Сергиево-Посадский филиал Всероссийского государственного университета кинематографии имени С. А. Герасимова, «Размеры объектов и их изображений как характеристика восприятия субъектом глубины пространства».

— Доктор биологических наук, профессор *Рожкова Галина Ивановна*; доктор биологических наук *Васильева Надежда Николаевна*; *Белокопытов Александр Викторович*; Институт проблем передачи информации имени А. А. Харкевича Российской академии наук; «Индивидуальные особенности формирования виртуальных стереообъектов, выявляемые при различных условиях измерения фузионных резервов».

СЕКЦИЯ «ТЕХНИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ»

Секция «Технические инновации» работала 9 апреля 2025 года. На секции были зачитаны доклады:

— Кандидат физико-математических наук, профессор *Бирючинский Сергей Борисович*, Vigitex Inc. (США); кандидат технических наук *Чураев Сергей Олегович*, R&D Group OPTICA4D (Республика Казахстан); «Методы и приборы для 3D-спектроскопии, опыт разработки и практические результаты».

— Кандидат технических наук *Елфимова Галина Сергеевна*, Российская государственная библиотека для слепых; кандидат тех-

нических наук; доцент *Кувшинов Сергей Викторович*, Международный институт новых образовательных технологий Российского государственного гуманитарного университета; *Харин Константин Викторович*, Центр технологической поддержки образования Российского государственного гуманитарного университета, «Создание моделей многогранников по материалам трактата Луки Пачоли “Divina Proportione” и адаптация их для невизуального восприятия».

— Кандидат технических наук, доцент *Каршакова Лидия Борисовна*, Российский государственный университет имени А. Н. Косыгина, «Разработка архитектурники показа средствами редактора Blender 3D».

— Кандидат физико-математических наук, доцент *Лаврёнов Александр Николаевич*, Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка (Республика Беларусь), «Визуализация терминологического поля иммерсивных технологий».

— Кандидат физико-математических наук *Матвеев Сергей Владимирович*, ООО «ЭлигоВижн», «Конструктор интерактивного сценария в реальном времени».

— Доктор технических наук *Пряничников Валентин Евгеньевич*; кандидат технических наук *Ястребов Вячеслав Вячеславович*; Институт прикладной математики имени М. В. Келдыша Российской академии наук, Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», Международный институт новых образовательных технологий Российского государственного гуманитарного университета; «Технология улучшения распознавания человеком трёхмерных объектов при тесном взаимодействии с роботами».

— Кандидат технических наук, доцент *Раев Олег Николаевич*, Технологический университет имени дважды Героя Советского Союза, лётчика-космонавта А. А. Леонова, Сергиево-Посадский филиал Всероссийского государственного университета кинематографии имени С. А. Герасимова; *Рыжков Валерий Павлович*, Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана, «Возможность применения генеративных текстовых нейронных сетей при изучении теории создания и преобразования изображений».

— *Сологубов Андрей Николаевич*, Всероссийский государственный университет кинематографии имени С. А. Герасимова, «Поиски продолжаются. Ленточные микрофоны “Октава” 1950–1970-х годов».

— *Татаренков Дмитрий Александрович*, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций имени профессора М. А. Бонч-Бруевича, «Методы оценки качества синтезируемых виртуальных ракурсов».

— *Тележкин Дмитрий Сергеевич*, Институт прикладной математики имени М. В. Келдыша Российской академии наук, Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», «Создание среды для удалённой разработки программного обеспечения коллаборативных роботов».

— *Федотов Дмитрий Константинович*, Институт прикладной математики имени М. В. Келдыша Российской академии наук, Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», «Ускорители нейронных сетей на базе микроконтроллеров в приложении к мобильным коллаборативным роботам».

— Кандидат технических наук *Чураев Сергей Олегович*, R&D Group OPTISA4D (Республика Казахстан); кандидат физико-математических наук, профессор *Бирючинский Сергей Борисович*, Vitek Inc. (США), «Импульсные нейронные сети в задачах 3D-визуализации».

СЕКЦИЯ «ГУМАНИТАРНЫЕ ИННОВАЦИИ»

8 апреля 2025 г. работала секция «Гуманитарные инновации»:

— Кандидат искусствоведения, доцент *Александров Евгений Васильевич*, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, «Последний белокаменный храм XIII века. Видеоинтродукция объёмной реконструкции».

— Кандидат культурологии *Бохоров Константин Юльевич*, Московский государственный психолого-педагогический университет, «Технологии 3D-визуализации в проектах-исследованиях современных восточно-азиатских художников (Фудзикара Асако, Ким Аюнг, Сюй Чиа-Вэй и др.)».

— Доктор философских наук *Майленова Фарида Габделхаковна*, Институт философии Российской академии наук, «Образы умных роботов с искусственным интеллектом и эτικο-психологические проблемы современного общества».

— Кандидат экономических наук *Полонеева Виктория Евгеньевна*, Школа «Логос М» (г. Мытищи, Московская область), «Пространственное мышление в математическом образовании: эффективные стратегии, методы и практика обучения».

— Кандидат культурологии *Попова Лиана Владимировна*, Государственный университет управления, Российский государственный социальный университет, «Пространство света и тени в фильмах немецких экспрессионистов».

КРУГЛЫЙ СТОЛ «ИЗОБРАЖЕНИЯ И ОБРАЗЫ В ВИРТУАЛЬНЫХ РЕАЛЬНОСТЯХ»

Круглый стол «Изображения и образы в виртуальных реальностях» (сопредседатели *Пронин М. А.* и *Раев О. Н.*) состоялся 7 апреля 2025 года. На круглом столе выступили:

— Кандидат философских наук, доцент *Воропаев Дмитрий Николаевич*, Оренбургский институт (филиал) Университета имени О. Е. Кутафина, «Феномены удвоения психологических реальностей у студентов: проявления и теоретизация».

— Кандидат биологических наук *Искандарян Рубен Александрович*, «Новые модели пространства и времени в виртуальной реальности».

— Кандидат философских наук *Королёв Андрей Дмитриевич*, Институт философии Российской академии наук, «Пора возвращаться на Землю» (к вопросу о том, является ли математика виртуальной реальностью)».

— Кандидат медицинских наук *Пронин Михаил Анатольевич*, Институт философии Российской академии наук, «Философская экспертиза “теории ошибок” в разработках П. М. Эрдниева в дидактике арифметики — виртуальный подход».

— Кандидат технических наук, доцент *Раев Олег Николаевич*, Технологический университет имени дважды Героя Советского Союза, лётчика-космонавта А. А. Леонова, Сергиево-Посадский филиал Всероссийского государственного университета кинематографии имени С. А. Герасимова, «О терминах “виртуальная реальность”, “изображение” и “образ”».

— Кандидат философских наук, доцент *Ярославцева Елена Ивановна*, Институт философии Российской академии наук, «Восприятие человека как диалог в формате цифрового следа».

КРУГЛЫЙ СТОЛ «ВИЗУАЛИЗАЦИИ: ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРАКТИКЕ ОБРАЗОВАНИЯ»

10 апреля 2025 г. работали участники круглого стола «Визуализации: исследования и опыт применения в практике образования» (сопредседатели *Бугай И. В.*, *Раев О. Н.*, секретарь *Чаусова О. В.*):

— *Артеменко Мария Владимировна*, Всероссийский государственный университет кинематографии имени С. А. Герасимова, ООО «Слон», «Идеальные временные интервалы и структуры в основе модели формирования мифологии современного киноискусства».

— Кандидат искусствоведения *Беляков Виктор Константинович*, Сергиево-Посадский филиал Всероссийского государственного университета кинематографии имени С. А. Герасимова, «Визуализация жизни в кинематографе».

— *Лащенкова Анна Сергеевна*, Школа «Логос М» (г. Мытищи, Московская область), «Актуальность развития наглядно-образного мышления у детей 3–7 лет».

— Кандидат философских наук, доцент *Назаров Равшан Ринатович*; кандидат философских наук *Алиева Вилюят Ренатовна*; Ташкентский филиал Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова (Узбекистан), «Визуальные образы в системе межэтнических и межконфессиональных коммуникаций».

— Кандидат технических наук, доцент *Раев Олег Николаевич*, Технологический университет имени дважды Героя Советского Союза, лётчика-космонавта А. А. Леонова, Сергиево-Посадский филиал Всероссийского государственного университета кинематографии имени С. А. Герасимова, «Знаково-символьная, русскоязычная и графическая основа математического языка».

— Доцент *Соболев Евгений Альбертович*, Санкт-Петербургская государственная художественно-промышленная академия имени А. Л. Штиглица, «Влияние ментальных установок и вербальных конструкций на формирование зрительных образов, их отражение в работах художников».

— Кандидат педагогических наук *Харланова Юлия Викторовна*, Тульский государственный педагогический университет имени Л. Н. Толстого, «Визуал городской среды как важная часть визуальной коммуникации».

— Кандидат физико-математических наук *Чаусова Ольга Владимировна*, Технологический университет имени дважды Героя Советского Союза, лётчика-космонавта А. А. Леонова, «Использование нейросетей для визуализации героев литературных произведений».

— *Шевцова Татьяна Васильевна*, Юго-Западный государственный университет, «Визуализация алгебраических фактов».

— *Ягудина Наталия Витальевна*, Российская государственная библиотека для слепых, «Комплексный подход к воспроизведению научно-популярной информации в формате аудио-слайд фильма и рельефно-графического альбома “Дмитрий Иванович Менделеев”».

МОЛОДЁЖНАЯ СЕКЦИЯ «ТЕХНОЛОГИИ КИНЕМАТОГРАФА И ДРУГИХ ВИДОВ ВИЗУАЛИЗАЦИЙ»

На молодёжной секции, проходившей 11 апреля 2025 г., с докладами выступали студенты и старшеклассники. Возраст докладчиков в молодёжной секции ограничен — не старше 25 лет.

Во время работы молодёжной секции докладчики зачитывали доклады, отвечали на многочисленные вопросы участников секции, участвовали в обсуждениях и выслушивали замечания и рекомендации от учёных и специалистов.

На молодёжной секции прозвучали следующие доклады:

— *Бездыга Варвара Сергеевна*, 3 курс, Иркутский филиал Всероссийского государственного университета кинематографии имени С. А. Герасимова, научный руководитель кандидат социологических наук *Седых Ирина Сергеевна*, «Приёмы имитации объёма пространства в 2D-графике современных инди-игр».

— *Горохова Полина Сергеевна*, 4 курс, Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», научные руководители *Федотова Елена Леонидовна*, *Матвеев Сергей Владимирович*, «Интерактивность в цифровом мире: распознавание жестов для взаимодействия с AR/VR объектами».

— *Данилкина Елизавета Денисовна*, 4 курс, Национальный исследовательский университет «Московский институт электрон-

ной техники», научный руководитель *Евграфова Екатерина Евгеньевна*, «Применение дополненной реальности в образовательных музейных проектах: создание цифровой энциклопедии экспонатов музея Мирового океана с использованием EV Toolbox».

— *Журавлева Мария Александровна*, 4 курс, Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», научный руководитель *Евграфова Екатерина Евгеньевна*, «Использование интерактивных трёхмерных моделей для обучения агрохимии и ботанике».

— *Игнатъева Алина Вячеславовна*, 4 курс, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций имени профессора М. А. Бонч-Бруевича, научный руководитель *Туманова Евгения Ивановна*, «Применение технологии дополненной и виртуальной реальности в системе подготовки специалистов связи».

— *Казакова Дарья Павловна*, 4 курс, Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», научный руководитель *Евграфова Екатерина Евгеньевна*, «Практическое применение объёмных изображений в образовании: создание AR-приложения “Албазинский острог” в конструкторе EV Toolbox».

— *Кокурина Татьяна Андреевна*, 4 курс, Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», научный руководитель *Дорогова Екатерина Георгиевна*, «Программный модуль оптического трекинга рук с помощью одной камеры для интеграции в AR/VR-приложения».

— *Ларионова Анастасия Алексеевна*, 2 курс, Московский финансово-промышленный университет «Синергия», научный руководитель *Артёмов Владимир Александрович*, «Создание объёмного светового шоу, спектакля с помощью приборов Dedolight».

— *Луна Эмилия Сергеевна*, Предуниверсарий Российского государственного гуманитарного университета, научный руководитель *Кувшинов Сергей Викторович*, «Ономастикон российской авиационной терминологии».

— *Михайлова Алеся Михайловна*, Предуниверсарий Российского государственного гуманитарного университета, научный руководитель *Талалян Генрих Викторович*, «Создание исторической настольной игры на тему феодальной раздробленности Руси в XII веке».

— *Петрище Карина Сергеевна*, 2 курс, Московский финансово-промышленный университет «Синергия», научный руководитель *Артёмов Владимир Александрович*, «Создание объёмных изображений с помощью использования 3D-Gobo и приборов Dedolight».

— *Хасанов Павел Радикович*, 2 курс, Московский финансово-промышленный университет «Синергия», научный руководитель *Артёмов Владимир Александрович*, «Совмещение 3D-графики и снятых 3D-изображений».

— *Шабетник Варвара Сергеевна*, *Климова Дарья Сергеевна*, Предуниверсарий Российского государственного гуманитарного университета, научный руководитель *Казацких Никита Вячеславович*, «Аудиогид “Москва всё помнит” по московским памятникам, посвящённым Великой Отечественной войне».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Доклады и их обсуждение на мероприятиях XVII Международной научно-практической конференции «Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе, науке, образовании, медиа и в других областях» показали:

1. Учёные продолжают актуальные исследования механизмов восприятия глубины пространства человеком в реальном мире и в изображениях, открывающие новые знания и уточняющие уже известные.

2. В области отечественных технических инноваций наблюдаются раздробленные инициативные частные исследования энтузиастов и разработки при отсутствии стратегической государственной программы развития.

3. В области теории и технологий виртуальной реальности нарастают терминологические проблемы. Сегодня недостаёт современных монографий, последовательно и системно излагающих актуальные аспекты виртуальных реальностей различной природы и технологий, их создающих.

4. Технологии и методы визуализации в образовательной сфере требуют дальнейшего развития и осмысления, коих, как показали обсуждения на круглом столе по визуализациям, сегодня недостаточно.

5. Рекомендуется продолжать активную научно-просветительскую и образовательную деятельность среди молодёжи.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. XVII ежегодная конференция «Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе, науке, образовании, медиа и в других областях» пройдет в МИНОТ с 7 по 11 апреля 2025 года. URL: <https://www.rsuh.ru/news/detail.php?ID=1196909> (дата обращения: 15.04.2025).

2. XVII ежегодная конференция «Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе, науке, образовании, медиа и в других областях». URL: <https://clck.ru/3LT9Sr> (дата обращения: 15.04.2025).

Sergey V. Kuvshinov, Mikhail A. Pronin, Oleg N. Raev

17 YEARS OF ANALYZING RESEARCH RESULTS AND PRACTICAL APPLICATIONS OF VOLUMETRIC IMAGES

Sergey V. Kuvshinov, PhD (Engineering)

E-mail: kuvshinov@rggu.ru

International Institute of the New Educational Technologies,
Russian State University for the Humanities

Mikhail A. Pronin, PhD (Medicine)

E-mail: pronin@iph.ras.ru

Institute of Philosophy, Russian Academy of Sciences

Oleg N. Raev, PhD (Engineering), assistant professor

E-mail: ncenter@list.ru

Leonov University of Technology,
Sergiev Posad branch of the All-Russian State University
of Cinematography named after S. A. Gerasimov
Institute of Philosophy, Russian Academy of Sciences

The article summarizes the results of the XVII International Scientific and Practical Conference “Recording and Reproduction of Volumetric Images in Cinematography, Science, Education, Media and Other Fields” held on April 7–11, 2025. The conference was structured in four sections: visual

perception, technical innovations, humanitarian innovations and youth section “Technologies of cinematography and other types of visualizations”.

The materials of two round tables “Images and Images in Virtual Realities” and “Visualizations: Research and Experience of Application in Educational Practice” held within the framework of the conference are presented.

Key words: volumetric images, stereo cinema, virtual reality, augmented reality, immersive cinema, image, visual perception.

REFERENCES

1. XVII ezhegodnaya konferentsiya “Zapis’ i vosproizvedenie ob”emnykh izobrazhenii v kinematografe, nauke, obrazovanii, media i v drugikh oblastiakh” proidet v MINOT s 7 po 11 April 2025 goda. URL: <https://www.rsuh.ru/news/detail.php?ID=1196909> (data obrashcheniya: 15.04.2025).

2. XVII ezhegodnaya konferentsiya “Zapis’ i vosproizvedenie ob”emnykh izobrazhenii v kinematografe, nauke, obrazovanii, media i v drugikh oblastiakh”. URL: <https://clck.ru/3LT9Sr> (data obrashcheniya: 15.04.2025).

УДК 778.534.19

ББК 85.37

Кувшинов С. В., Раев О. Н.

VI МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФЕСТИВАЛЬ МОЛОДЁЖНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ФИЛЬМОВ

Кувшинов Сергей Викторович, кандидат технических наук
SPIN-код: 9259-5287

E-mail: kuvshinov@rsuh.ru

Международный институт новых образовательных технологий
Российского государственного гуманитарного университета

Раев Олег Николаевич, кандидат технических наук, доцент
SPIN-код: 8199-6814, ORCID: 0009-0002-5863-0091

E-mail: ncenter@list.ru

Технологический университет имени дважды Героя Советского
Союза, лётчика-космонавта А. А. Леонова,
Сергиево-Посадский филиал Всероссийского государственного
университета кинематографии имени С. А. Герасимова,
Институт философии Российской академии наук

В статье приведены итоги VI Международного фестиваля молодёжных экспериментальных фильмов, состоявшегося 9–11 декабря 2024 года в городе Москва. В программе VI фестиваля было 34 молодёжных фильма в номинациях: анимационные молодёжные фильмы, документальные молодёжные фильмы и игровые молодёжные фильмы.

Ключевые слова: кинофестиваль, экспериментальное кино, молодёжное кино.

VI Международный фестиваль молодёжных экспериментальных фильмов проходил 9–11 декабря 2024 года в г. Москва в Международном институте новых образовательных технологий Российского государственного гуманитарного университета [1, 2].

За шесть лет существования фестиваля в нём были представлено 197 молодёжных фильмов из 40 стран: Австралия, Азербайджан, Арабские Эмираты, Аргентина, Армения, Бангладеш, Беларусь, Бенин, Бразилия, Великобритания, Германия, Гон Конг, Израиль, Индия, Индонезия, Ирак, Иран, Испания, Италия, Казахстан, Китай, Колумбия, Конго, Корея, Марокко, Мексика, Нигерия, Норвегия, Российская Федерация, Руанда, Сирия, США, Тайвань, Турция, Узбекистан, Филиппины, Франция, Хорватия, Чили, Шри-Ланка.

Фестиваль организован и проводится согласно решению двух ежегодных международных научно-практических конференций («Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе, науке, образовании, медиа и в других областях», «Инновационные технологии в кинематографе, медиаиндустрии и образовании») и ежегодного Международного 3D-стерео кинофестиваля.

В 2024 году фестиваль состоялся при официальной поддержке Союза кинематографистов Российской Федерации.

Организаторами VI Международного фестиваля молодёжных экспериментальных фильмов выступили:

— Гильдия кинотехников Союза кинематографистов Российской Федерации;

— Международный институт новых образовательных технологий Российского государственного гуманитарного университета;

— Центр технологической поддержки образования Российского государственного гуманитарного университета;

— Технологический университет имени дважды Героя Советского Союза, лётчика-космонавта А. А. Леонова;

— Сергиево-Посадский филиал Всероссийского государственного университета кинематографии имени С. А. Герасимова;

— Исследовательская группа «Виртуалистика» сектора гуманитарных экспертиз и биоэтики Института философии РАН;

— Телеканал «Просвещение»;

— Лига образования Российской Федерации.

Партнёром фестиваля в 2024 году стала компания Romanoff.

В жюри VI Международного фестиваля молодёжных экспериментальных фильмов вошли:

— *Антипов Алексей Владимирович*, кандидат философских наук, сектор гуманитарных экспертиз и биоэтики Института философии Российской академии наук;

— *Беляков Виктор Константинович*, доктор искусствоведения, доцент Сергиево-Посадского филиала Всероссийского государственного университета кинематографии имени С. А. Герасимова, член Союза кинематографистов Российской Федерации;

— *Боровиков Владимир Павлович*, кандидат физико-математических наук, аналитик, писатель;

— *Комарова Елена Викторовна*, продюсер, лауреат Всероссийских телевизионных конкурсов, преподаватель Ростовского-на-Дону филиала Всероссийского государственного университета кинематографии имени С. А. Герасимова;

— *Кувшинов Сергей Викторович*, кандидат технических наук, доцент, директор Международного института новых образовательных технологий Российского государственного гуманитарного университета;

— *Масуренков Дмитрий Иванович*, кинооператор, доцент Всероссийского государственного университета кинематографии имени С. А. Герасимова, член Союза кинематографистов Российской Федерации;

— *Пронин Михаил Анатольевич*, кандидат медицинских наук, руководитель исследовательской группы «Виртуалистика», старший научный сотрудник сектора гуманитарных экспертиз и биоэтики Института философии Российской академии наук;

— *Раев Олег Николаевич*, кандидат технических наук, доцент, доцент Технологического университета имени дважды Героя Советского Союза, лётчика-космонавта А. А. Леонова, доцент Сергиево-Посадского филиала Всероссийского государственного университета кинематографии имени С. А. Герасимова, президент Гильдии кинотехников Союза кинематографистов Российской Федерации;

— *Соловьева Мария Викторовна*, режиссёр, сценарист, искусствовед, Школа искусств, Пантеон-Сорбонна, (Франция, Париж);

— *Фолиянц Каринэ Альбертовна*, кандидат искусствоведения, режиссёр-постановщик игрового кино, сценарист, писатель,

заведующий кафедрой теле-, кино- и фотоискусств Московского государственного института культуры, член Союза кинематографистов Российской Федерации, лауреат национальной телевизионной премии ТЭФИ;

— *Харин Константин Викторович*, директор Международного учебно-научного центра перспективных медиатехнологий Российского государственного гуманитарного университета.

В VI Международном фестивале молодёжных экспериментальных фильмов были организованы три номинации:

- анимационные фильмы;
- документальные фильмы;
- игровые фильмы.

МОЛОДЁЖНЫЕ АНИМАЦИОННЫЕ ФИЛЬМЫ

В номинации «Молодёжные анимационные фильмы» было 24 фильма.

1. Фильм «Абсурд. Квадрат» (Колледж кино, телевидения и мультимедиа ВГИК, Российская Федерация).

Авторы сценария: Мария Черныш, Дарья Чоботарь, Вероника Титова, Михаэлла Джурджич, Анастасия Михайлова, Ирина Смирнова, Руслана Шворень, Павел Рогов, Александра Питеева.

Режиссёр: Мария Черныш.

Художественный руководитель: Елена Барина.

Абсурдная история. Простой квадрат вдруг проявляет странные, загадочные, паранормальные свойства.

Эксперимент заключается в том, что простой квадрат делается сюрреалистичным. Он оживает. В фильме квадрат играет главную роль, он — живой актёр.

2. Фильм «Вас ничего не радует?» (Сергиево-Посадский филиал ВГИК, Российская Федерация).

Авторы сценария, режиссёры: Руслан Шакиров, Надежда Грудусова.

Оператор: Алексей Второй.

Аниматоры: Арина Прыгункова, Надежда Грудусова, Мария Микулич, Анна Вершинина.

Роли озвучивали: Руслан Шакиров, Мария Микулич, Александр Коврижных.

Актёр: Владимир Наливайко.

Если скучаете за любимым сериалом, уже две недели не выходили из дома, даже вкус любимого кофе уже не радует, то решение есть! Четвероногий друг не позволит скучать!

Фильм сделан в рамках конкурса «Хорошая история» для фонда помощи животным «Ника».

Эксперимент заключается, прежде всего, в совмещении анимационной части и игровой в одну историю, а также сам подход к созданию социального ролика для приюта собак: попробовать отойти от привычной концепции социальных роликов и представить его не как рекламу «бедных» животных, а как рекламу человека для скучающих в приюте животных.

3. Фильм «Волки в стенах» (Колледж кино, телевидения и мультимедиа ВГИК, Российская Федерация).

Автор сценария, режиссёр, оператор: Анастасия Кутузова.

Художественный руководитель: Ольга Веселова.

В основе фильма сказка Нила Геймана «Волки в стенах». История о том, как маленькая девочка Люси живёт со своей семьёй в большом доме, но однажды она начинает слышать странные звуки, исходящие из стен, ей кажется, что это волки. Затем начинают развиваться странные события.

Эксперимент в совмещении бумажных, отрисованных вручную марионеток с декорациями из коллажей и вырезок из журнала, в попытке реализации гармонии реалистичного окружения с простыми марионетками.

4. Фильм «Дерево сказок» (Колледж кино, телевидения и мультимедиа ВГИК, Российская Федерация).

Автор сценария, режиссёр: Марина Быкова.

Художественный руководитель: Елена Барина.

Консультант: Вера Добросмыслова.

Композитор: Григорий Лунин.

Фильм создан по отрывку из одноименной сказки Б. Сергункова.

Эксперимент в совмещении таких анимационных техник как живопись по стеклу, рисованная 2D-анимация, использование тотальной мультипликации.

5. Фильм «Жил был пёс» (Сергиево-Посадский филиал ВГИК, Российская Федерация).

Авторы сценария: Маргарита Паршина, Екатерина Копрова.

Режиссёр: Маргарита Паршина.

В этой истории рассказывается о некоем паренёке и его гиперактивной чихуахуа. Жизнь хозяина переворачивается с ног на голову после знакомства с безбашенной собакой, которая приносит хаос во всё, к чему прикасается. Приключения не заканчиваются даже тогда, когда парень случайно встречает богатого джентльмена, мечтающего о такой собаке.

Эксперимент в попытке создать анимационный фильм на определённую тему в короткий срок.

6. Фильм «Йога» (Колледж кино, телевидения и мультимедиа ВГИК, Российская Федерация).

Автор сценария, режиссёр, оператор: Светлана Журавлева.

Озвучивание: Анастасия Журавлева.

Художественный руководитель: Ольга Веселова.

За основу мультфильма взято стихотворение «Йога» Олега Григорьева из сборника «Стихи для детей». В мультфильме рассказывается история про весёлого и очень активного, озорного мальчика, получившего в школе замечание, которое привело его папу в восторг, а маму в отчаяние.

Эксперимент — в сочетании покадровой пластилиновой анимации с цифровыми рисованными анимированными минималистичными фонами без использования хромакея.

7. Фильм «Как? У Вас собаки нет?» (Мультстудия «Звёздочка» Школы № 7 г. Чусовой, Российская Федерация).

Автор сценария: Дарья Индюкова.

Режиссёр: Михаил Осипов.

Операторы: Анна Исупова, Софья Стерлягова, Сергей Капустин.

Монтаж: Павел Хорошь, Никита Уткин.

Мультфильм создан на стихотворение детской поэтессы Натальи Карповой. Фильм посвящён самым преданным и верным, умным и чрезвычайно отзывчивым, самым чутким и добрым существам — собакам. Фильм задумывался ребятами, как весёлый и озорной, но в процессе работы перерос в нечто большее. Фильм призывает людей быть ответственными, милосердными и помогать всем, кто попал в беду.

Эксперимент в том, что в работе над фильмом работали дети разных возрастов с 1 по 9 класс студии «Звёздочка». Дети приоб-

пцали к фильму своих родителей, бабушек и дедушек, братьев и сестёр, друзей и, конечно же, своих любимых питомцев, которые с удовольствием озвучивали, помогали и воодушевляли ребят на создание мультфильма.

8. Фильм «Маленькая звёздочка» (Колледж кино, телевидения и мультимедиа ВГИК, Российская Федерация).

Авторы сценария, режиссёры: Михаэлла Джурджич, Вероника Титова.

Композитор: Дмитрий Добровольский.

Озвучивание: Ольга Григорьева.

Художественный руководитель: Ольга Веселова.

Фильм выполнен по мотивам повести-сказки Антуана де Сент-Экзюпери «Маленький принц».

В фильме волшебный астроном, создающий созвездия, ищет потерянную звезду.

Эксперимент в объединении разных техник и материалов, таких как: бумажная перекладка, кукольная анимация, сыпучие материалы на стекле, компьютерная графика.

9. Фильм «Мартовские коты» (Колледж кино, телевидения и мультимедиа ВГИК, Российская Федерация).

Автор сценария, режиссёр: Елена Фофанова.

Художественный руководитель: Ольга Веселова.

В один холодный город приходит весна. Коты, почувствовав тепло солнечных лучей, устраивают субботник, чтобы ускорить пробуждение природы от зимней спячки.

Эксперимент в применении новой технологии — работа с фетром.

10. Фильм «МедвеААА!» (Сергиево-Посадский филиал ВГИК, Российская Федерация).

Автор сценария, режиссёр, оператор: Максим Краус.

Главный герой, дед-браконьер, настигнут врасплох страшным чёрным монстром во время ремонта лесного дома.

Эксперимент в создании анимации в стилистике коллажа (фоны с использованием фотографий и прочих графических материалов).

11. Фильм «Мозаика» (Сергиево-Посадский филиал ВГИК, Российская Федерация).

Автор сценария, режиссёр: Ева Самойлова.

Актёр для ротоскопа: Ульяна Маслова.

Анимационный экспериментальный фильм о том, как важно помнить о поддержке родных и близких в любых ситуациях.

Технологический эксперимент: рисованная анимация с использованием ротоскопа, проделанная за короткие сроки. Смысловой эксперимент: кино задумано так, что зритель должен найти свой смысл, самостоятельно решить, о чём данное произведение. Изобразительный эксперимент: простое, но эстетическое изобразительное решение. Драматургический эксперимент: в фильме присутствует игра с цветом. Цвет выступает в качестве главной сюжетной развязки.

12. Фильм «Она опять рушится...» (Сергиево-Посадский филиал ВГИК, Российская Федерация).

Автор сценария, режиссёр: Роман Оюн.

Пиксельная фантазия на тему шаткости положения, в котором находится большинство людей.

Мультфильм выполнен в стилистике пиксель-арта — каждый кадр нарисован попиксельно. Такая выверенность, вместе с использованием ограниченного количества цветов позволила придать мультфильму флёр старых видеоигр, сохранив свободу в движениях на экране.

13. Фильм «Павел Назим. Инженерная графика» (ВГИК, Российская Федерация).

Автор сценария, режиссёр: Анна Мильченко.

Художник: Павел Назим.

Озвучание: Данил Костромин.

Анимационный фильм на основе рисунков современного Санкт-Петербургского художника Павла Назима. Каламбурно-абсурдистский анимационный скетч о том, что увидел один человек, засмотревшись в зеркало в общественной уборной.

Эксперимент заключается в попытке оживить творчество художника средствами анимации, монтажа и режиссуры, в поиске новых смыслов его картин. Также этот фильм — попытка исследовать культурный код, сформировавшийся у русского человека за последние 50 лет существования телевидения. В звуках телепередач, использованных в фильме, заложены смыслы, которые русский человек считывает бессознательно. Фильм выводит наружу влияние информационного шума на человека.

14. Фильм «Прорвало» (Сергиево-Посадский филиал ВГИК, Российская Федерация).

Авторы сценария, режиссёры: Анастасия Некрасова, Анна Рыбина, Светлана Мочижова, Тимур Шакиров.

Композитор: Никита Маньшин.

Аниматоры: Ева Самойлова, Полина Коротченкова.

Озвучивание: Георгий Ковалёв, Константин Филатов.

Неуклюжий бобёр по имени Федя чуть не сломал плотину, которую долго строили его товарищи-бобры. Но случилось чудо, и Федя обрёл способность отменять любое событие, с которым он не согласен. Что же выберет Федя, обретя такую способность: помогать окружающими или возвышаться над ними?

Эксперимент заключается в использовании фактур и текстур, как главенствующего художественного решения. Фоны в мультфильме специально лишены цветов и натуралистичной детализации. Вместо этого с помощью паттерна текстуры изображена древесина, трава, вода. Так минимальными средствами и широкими мазками достигается выразительность. Мир фильма приобретает характер, становится материальным и живым.

15. Фильм «Разыскивается: Я» (Сергиево-Посадский филиал ВГИК, Российская Федерация).

Авторы сценария, режиссёры: Анастасия Некрасова, Анна Рыбина, Светлана Мочижова, Тимур Шакиров.

Операторы: Анастасия Некрасова, Светлана Мочижова, Тимур Шакиров.

Композиторы: Илья Груздев, Константин Филатов, Никита Маньшин, Светлана Мочижова.

Аниматоры: Екатерина Копрова, Алёна Шекурова.

Актёр: Илья Груздев.

Мальчик по имени Фанзиль находится в поисках себя. Его родители — музыканты, как бы это ни было парадоксально, не желают, чтобы сын повторил их судьбу. Они помогают сыну и наставляют его, но сможет ли Фанзиль отказаться от детских выдумок и стать кем-то серьёзным?

Эксперимент в соединении нескольких анимационных технологий и видеосъёмки, что обусловлено режиссёрской задумкой. Персонажи-родители изображены с помощью ротоскопирования, чтобы показать их реалистичность и приземлённость. Рисованный

главный герой подвижен, карикатурен и пластичен, является ребёнком-фантазёром. Позже, когда Фанзиль становится музыкантом, а его мечта реализуется, он, подобно Пиноккио, становится «настоящим» мальчиком и анимационный мир сменяется кадрами реальной съёмки. При этом видеосъёмка клипа выстроена таким образом, чтобы нарисованные фантазии из детства Фанзиля сплетались с реальностью выросшего музыканта.

16. Фильм «Рам-рам» (Ростовский-на-Дону филиал ВГИК, Российская Федерация).

Автор сценария, режиссёр: Алина Козенко.

Композитор: Артем Фьюжинов.

Удручённый жизнью мужчина набредает на возникший в темноте ночи шатёр, манящий его словно портал к счастью. Оказавшись внутри, герой невольно становится зрителем невероятного представления восточных артистов, обретая истинную радость и блага. Но всё ли так прекрасно и завораживающе, как кажется на первый взгляд?

Эксперимент в усилении нарративного контраста в фильме путём создания контраста в изобразительном решении (противопоставление чёрно-белой палитры в первой половине фильма и яркой цветной во второй половине).

17. Фильм «Речка» (Ростовский-на-Дону филиал ВГИК, Российская Федерация).

Автор сценария, режиссёр, аниматор: Юлия Задарко.

Молодая семья приезжает на отдых к реке. По просьбе детей отец надувает матрас, который позже случайно уплывает по течению реки. Глава семейства бросается за ним в воду и почти тонет, но внезапно оказывается спасённым рыбаком на моторной лодке.

Эксперимент в том, что фильм создан в рамках режиссёрского интензива «Energy Injection».

18. Фильм «Слёток» (Сергиево-Посадский филиал ВГИК, Российская Федерация).

Автор сценария, режиссёр, художник: Светлана Мочижова.

Композиторы: Никита Маньшин, Константин Филатов.

Аниматоры: Светлана Мочижова, Алена Шекурова, Анна Рыбина, Алиса Захарова.

В мире с тонкой гранью между силой и слабостью, молодой сокол, уверенный в своей непобедимости, пренебрегает всякими законами, за что в скором времени поплатится.

Фильм создан по большей части с помощью мобильных устройств, музыка для фильма написана таким же образом. Опробованы программы Procreate и Procreate Dreams, не являющиеся профессиональным программным обеспечением для анимации.

Внутри анимационного фильма создано пространство, не отсылающее к реально существующим локациям. Несмотря на то, что история разворачивается в мире птиц, большинство действий происходит на земле.

19. Фильм «Спасибо, мама» (Ростовский-на-Дону филиал ВГИК, Российская Федерация).

Автор сценария, режиссёр, аниматор: Анна Хорошко.

Фильм — размышления о подростковых комплексах, отношениях с мамой и любви.

Экспериментом является то, что фильм выполнен в жанре аниматока.

20. Фильм «Судак» (Колледж кино, телевидения и мультимедиа ВГИК, Российская Федерация).

Автор сценария, режиссёр, оператор: Полина Радченко.

Художественный руководитель: Ольга Веселова.

Мультфильм-этиюд создан по мотивам произведения С. Довлатова «Соло на ундервуде». История о том, как один писатель поймал судака, попросил приготовить его, но остался недоволен результатом.

Эксперимент в использовании всевозможных подручных материалов при создании фильма.

21. Фильм «Тепло» (Студия «УНАКАРМ», Российская Федерация).

Авторы сценария: Ульяна Маслова, Мария Микулич.

Режиссёры: Ульяна Маслова, Анна Вершинина.

Оператор: Руслан Шакиров.

Аниматоры: Мария Миулич, Арина Прыгункова, Надежда Градусова, Анна Вершинина, Руслан Шакиров.

Оформление титров: Ксения Волчкова.

Мультфильм «Тепло», созданный из ткани и элементов одежды, является социальной рекламой проекта «Подари вещам вторую жизнь» благотворительного фонда «Второе дыхание». Иногда одежды в шкафу становится так много, что невольно думаешь: может, пришла пора поделиться ею с кем-то ещё?

Эксперимент в том, что фильм полностью создан из ткани и элементов одежды, за исключением крылышек насекомых, созданных с помощью компьютерной покадровой анимации.

22. Фильм «Ужас красоты» (Сергиево-Посадский филиал ВГИК, Российская Федерация).

Автор сценария, режиссёр, оператор: Ольга Бардина.

Фильм-размышление о феномене красоты и о том, есть ли у красоты зеркало в феномене ужаса.

Эксперимент в работе со сканером как способом съёмки фильма.

23. Фильм «Швея» (Сергиево-Посадский филиал ВГИК, Российская Федерация).

Автор сценария, режиссёр: Мария Гизатулина.

Минималистичная лирическая история о человеческих отношениях.

Эксперимент в отказе от декоративной проработки видеоряда и звукового сопровождения, использован минимум визуальных и аудиосредств. Фильм построен исключительно на драматургически необходимых элементах.

24. Фильм «Signum: миссия 4 “Найти Юлю”» (Сергиево-Посадский филиал ВГИК, Российская Федерация).

Автор сценария, режиссёр, аниматор: Юлия Оглова.

Озвучивание: Филипп Вырский.

Главный герой визуальной новеллы выполняет квест по поиску Юлии.

Эксперимент в визуальной подаче через игровой процесс новеллы, интерпретированной для кино.

МОЛОДЁЖНЫЕ ДОКУМЕНТАЛЬНЫЕ ФИЛЬМЫ

Для участия в конкурсной программе в номинации «Молодёжные документальные фильмы» было подано две заявки.

1. Фильм «Окно» (Учебная киностудия ВГИК, Российская Федерация).

Режиссёр, оператор: Иван Николаев.

Киноэссе о пределах человеческого сознания, подобного киноэкрану с проецируемым на него изображением мира, и роли искусства как способа преодоления барьера восприятия для познания окружающей реальности.

Эксперимент заключается в перенесении зрительского внимания с видимого на невидимое. Белый цвет на экране — попытка приблизиться к пустотности, изобразить видимый мир как иллюзорный и относительный, занимающий только часть экрана, белый же цвет — пространство истинной реальности, недоступной рациональному восприятию.

2. Фильм «Робототехническая одиссея» (Школа «Логос М» г. Мытищи Московской области, Российская Федерация).

Автор сценария: Никита Осипенко.

Режиссёр, оператор: Николай Васильев.

Актёр: Елена Соловьёва.

Жизнь маленьких детей и их родителей кардинально меняется после знакомства с тренерами сборной робототехники частной школы «Логос М», в результате чего они становятся участниками международного сообщества увлечённых робототехникой людей разного возраста. Кажется, всё начинается с простой игры, но постепенно новые знания и компетенции, полученные ребятами, позволяют им делать реальные пробные шаги в будущее.

Эксперимент заключается в интеграции в документальное повествование элементов игрового кино: постановочные сцены, разнообразные цветовые схемы света. Фильм основан на всеобъемлющем взгляде на робототехнику — в максимально ёмком формате.

МОЛОДЁЖНЫЕ ИГРОВЫЕ ФИЛЬМЫ

В конкурсной программе молодёжных игровых фильмов участвовало 7 фильмов.

1. Фильм «Благодарите» (Сергиево-Посадский филиал ВГИК, Российская Федерация).

Автор сценария, режиссёр: Мария Смелая.

Операторы: Мария Смелая, Екатерина Чурикова.

Актёр: Екатерина Чурикова.

Всю жизнь мы бежим от чего-то. Нам кажется, что на новом месте нам будет легче, и все проблемы останутся в «прежней жизни». Мы рвём с прошлым, не осознавая, что оно определяет наше будущее. Иногда стоит просто остановиться и задуматься, за что мы можем поблагодарить окружающих нас людей и место, из которого мы стремимся выпорхнуть.

Эксперимент в применении анимационных техник (ротоскопирования и др. эффектов) в игровом кино.

2. Фильм «В память о тебе» (Киносудия D, Российская Федерация).

Автор сценария: Диана Смирнова.

Режиссёр, оператор: Даниил Михальцов.

Актёр: Карина Резонова.

В фильме эльфийка Аврора пытается воскресить давно умершего любимого человека. Но ритуал идёт не по плану, и вместо любимого человека появляется тёмная оболочка, которая угрожает всему живому. Перед Авророй встаёт выбор: отпустить прошлое, либо расплачиваться за содеянное.

Эксперимент в создании визуальных эффектов, используя для этого видеоигру «Ведьмак 3» (как источник готовых локаций для фильма) и программный продукт Unity для создания «магии» в фильме.

3. Фильм «Ларра» (ГИТР, Российская Федерация).

Автор сценария, оператор, монтаж, продюсер: Алексей Горлачев.

Режиссёры: Алексей Горлачев, Максим Бондаренко.

Художник: Максим Бондаренко.

Звукорежиссёры: Максим Шубин, Дмитрий Чернов.

Актёры: Иннокентий Лобач, Алексей Енин, Елена Енина, Алина Гулиян, Агния Коваленко.

Ларра — это вольная интерпретация части рассказа Максима Горького «Старуха Изергиль».

Фильм — попытка экранизировать классическое произведение в театральной форме, не опираясь на рамки изначального текста, а выстраивая аудиовизуальное повествование.

Эксперимент заключался в форме подачи материала и попытке переплести мир Максима Горького с ландшафтом Северного Кавказа, а также создать оммаж Сергею Параджанову.

4. Фильм «Общажные упыри» (Сергиево-Посадский филиал ВГИК, Российская Федерация).

Автор идеи: Алёна Головачева.

Сценарий: Анастасия Авакова.

Режиссёр, оператор, монтаж: Полина Коротченкова.

Художники: Арина Мартынова, Арслана Гумерова.

Художник 2D-графики: Кирилл Бутырин.

Продюсер: Арслана Гумерова.

Актёры: Алёна Головачева, Арслана Гумерова, Арина Мартынова.

Озвучивание: Георгий Ковалев.

Последние несколько лет неким тайным обществом устраивается празднество под названием «День рождения Вовы Наливайко». За считанные часы до мероприятия несколько членов общества впервые подпустили к себе группу документалистов, чтобы рассказать общественности о событии. Однако виновника торжества на месте не оказалось...

Созданный фильм — пародия на картину «Реальные Упыри».

Экспериментальный метод — отсутствие главного героя в кадре. Поиски именинника проходят без его прямого участия. Подобный экспериментальный приём влияет на восприятие зрителем картины, его вовлечение в окружающую среду фильма.

5. Фильм «Петля» (ГИТР, Российская Федерация).

Автор сценария, режиссёр: Кирилл Буланов.

Оператор, монтаж: Матвей Сафин.

Художник: Евгений Малин.

Композиторы: Лев Дмитроца, Арам Даллакян.

Продюсер: Константин Гришаев.

Актёры: Данила Дробиков, Павел Шинкаренко, Андрей Истомин, Владимир Котов, Иван Горячев.

Анатолий Копытин — жалкий офисный клерк, потерявший всякое желание жить. Устав от экзистенциальных мучений, он решает покончить с собой, однако, попав в загробный мир, Анатолий быстро осознаёт, какую страшную ошибку он совершил, ведь самоубийством он не избавил себя от мучений, а лишь приумножил их.

Эксперимент в попытке высмеивания и исследования табуированных в обществе тем.

6. Фильм «Суета сует — всё суета!» (АНО содействия развитию культуры в области популярной музыки и кинематографа «Студия Волкова Артемова», Российская Федерация).

Авторы сценария: Карина Петрище, Павел Хасанов.

Режиссёр, оператор: Анастасия Ларионова.

Звукорежиссёр: Александр Бережных.

Актёр: Анна Бутмалай.

Фильм по мотивам рассказа А. П. Чехова «Переполох». Текст рассказа переведён в закадровый текст и адаптирован к современному русскому языку. В фильме соединены гуляющая по улицам героиня, картины художников-передвижников и пьесы П. И. Чайковского «Времена года». История-воспоминания девушки о событиях, произошедших с ней некоторое время назад и изменивших её жизнь.

Эксперимент в соединении в фильме двух эпох — дореволюционной и современной. Гувернантки в богатых семьях царской России и домашние учителя для новых русских богачей. В фильме причудливо переплетаются современная девушка в Москве, проза А. П. Чехова, картины художников-передвижников и музыка П. И. Чайковского.

7. Фильм «Танцуй, Полумесяц!» (Колледж кино, телевидения и мультимедиа ВГИК, Российская Федерация).

Автор сценария, режиссёр: Дарья Семенова.

Оператор: Станислав Фамицкий.

Художественный руководитель: Рустам Корнаушкин.

Помощник режиссёра: Ксения Беспалова.

Ассистент оператора: Артем Жилинский.

Продюсеры: Глеб Козлов, Сергей Прокофьев.

Художник-постановщик: Илья Тихомиров.

Художники анимации: Лилия Гегерт, Снежана Должникова, Сергей Лоскутов, Василиса Болдырева, Марина Попеленская, Елизавета Петрова.

Дизайн титров: Арсений Визжачий.

Актёры: Незван Павлов, София Грацианская, Алиса Ахметшина, Ксения Беспалова.

Парень спустя много лет приезжает в родное село, чтобы дать волю творчеству и поймать вдохновение. Отдыхая от городских проблем, во время прогулки он внезапно видит девушку, после встречи с которой он не может найти себе места. Мистическая история с символикой старой легенды разворачивается на пороге зимнего дня.

Эксперимент заключается в попытке комбинировать две классические основы: традиционная съёмка и 2D-анимация (ротоскопинг), что позволяет подчеркнуть драматургию истории.

ВНЕКОНКУРСНЫЙ ФИЛЬМ ФЕСТИВАЛЯ

В рамках VI Международного фестиваля молодёжных экспериментальных фильмов вне конкурсной программы был организован показ игрового фильма «Семья» (Ташкентский филиал ВГИК, Узбекистан).

Автор сценария: Алексей Гольцев.

Режиссёр: Анвар Нурматов.

Операторы: Мирислом Мирсалихов, Камила Мансурова.

Художник-постановщик: Юсуп Шапохиддинов.

Композитор: Ихтиер Раджабов.

Музыка: Румиль Вилданов.

Звукооператор: Фуркат Хасанов.

Директор картины: Самидхон Лутфуллаев.

Актёры: Самид Хан, Шахноза Хаджимуродова, Феруза Мелибоева, Сардорбек Хайиткулов.

Фильм о ценности семьи, которая не может существовать без детей.

ЭХО ФЕСТИВАЛЯ

Организаторы VI Международного фестиваля молодёжных экспериментальных фильмов продолжили практику проведения образовательных и просветительских мероприятий, начатую при создании фестиваля. Так, в первые три месяца, прошедшие после VI Международного фестиваля молодёжных экспериментальных фильмов, уже дважды состоялось Эхо ежегодного международного фестиваля молодёжных экспериментальных фильмов:

— 19 февраля 2025 г. в Технологическом университете имени дважды Героя Советского Союза, лётчика-космонавта А. А. Леонова [4];

— 26 февраля 2025 г. в Сергиево-Посадском филиале Всероссийского государственного университета кинематографии имени С. А. Герасимова [3].

Во время проведения Эха осуществлялась демонстрация конкурсных фильмов и их активное обсуждение участниками мероприятия.

Организаторы фестиваля принимают заявки на проведение Эха фестиваля от организаций и образовательных учреждений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Решением жюри лауреатом VI Международного фестиваля молодёжных экспериментальных фильмов признан анимационный фильм «Абсурд. Квадрат». Авторы фильма получили диплом лауреата фестиваля и приз фестиваля.

Остальные фильмы получили дипломы участников фестиваля.

Оргкомитет фестиваля дополнительно отметил:

— за актуальность темы и многоплановость смыслов анимационный фильм «Мозаика»;

— за тщательное исполнение и философско-нравственный смысл анимационный фильм «Слёток»;

— за достойную режиссуру и исполнение анимационный фильм «Швея»;

— за оригинальность решения и философский смысл документальный фильм «Окно»;

— за профессионализм и актуальность темы игровой фильм «Семья».

Остальные фильмы получили дипломы участников.

Приглашаем молодёжь к участию в очередном VII Международном фестивале молодёжных экспериментальных фильмов, который запланирован на декабрь 2025 года.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. VI Международный фестиваль молодёжных экспериментальных фильмов. URL: https://iphras.ru/uplfile/root/news/archive_events/2024/Catalog.pdf (дата обращения: 15.04.2025).

2. VI Международный фестиваль молодёжных экспериментальных фильмов. URL: <https://www.rsu.ru/news/detail.php?ID=1153004> (дата обращения: 15.04.2025).

3. 27 февраля в актовом зале состоялся показ конкурсных работ VI Международного Фестиваля молодёжных экспериментальных фильмов. URL: <https://clck.ru/3LT9BC> (дата обращения: 15.04.2025).

4. Эхо международного фестиваля молодёжных экспериментальных фильмов. URL: <https://unitech-mo.ru/news/23175/> (дата обращения: 15.04.2025).

Sergey V. Kuvshinov, Oleg N. Raev

V INTERNATIONAL FESTIVAL OF YOUTH EXPERIMENTAL FILMS

Sergey V. Kuvshinov, PhD (Engineering)

E-mail: kuvshinov@rggu.ru

International Institute of the New Educational Technologies, Russian State University for the Humanities

Oleg N. Raev, PhD (Engineering), assistant professor

E-mail: ncenter@list.ru

Leonov University of Technology,

Sergiev Posad branch of the All-Russian State Institute

of Cinematography named after S. A. Gerasimov

Institute of Philosophy, Russian Academy of Sciences

The article presents the results of the VI International Festival of Youth Experimental Films, held on December 9–11, 2024 in Moscow. The competition program of the VI festival included 34 youth films in the nominations: animated youth films, documentary youth films, fiction youth films.

Key words: film festival, experimental cinema, youth cinema.

REFERENCES

1. VI Mezhdunarodnyi festival' molodezhnykh eksperimental'nykh fil'mov. URL: https://iphras.ru/uplfile/root/news/archive_events/2024/Catalog.pdf (data obrashcheniya: 15.04.2025).

2. VI Mezhdunarodnyi festival' molodezhnykh eksperimental'nykh fil'mov. URL: <https://www.rsu.ru/news/detail.php?ID=1153004> (data obrashcheniya: 15.04.2025).

3. 27 fevralya v aktovom zale sostoyalsya pokaz konkursnykh rabot VI Mezhdunarodnogo Festivalya molodezhnykh eksperimental'nykh fil'mov. URL: <https://clck.ru/3LT9BC> (data obrashcheniya: 15.04.2025).

4. Ekho mezhdunarodnogo festivalya molodezhnykh eksperimental'nykh fil'mov. URL: <https://unitech-mo.ru/news/23175/> (data obrashcheniya: 15.04.2025).

Часть I. ВИЗУАЛЬНОЕ ВОСПРИЯТИЕ

УДК 778.534.1+612.843.721

ББК 28.707.392.224

Рожкова Г. И., Васильева Н. Н., Белокопытов А. В.

**ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ
ФОРМИРОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ
СТЕРЕООБЪЕКТОВ, ВЫЯВЛЯЕМЫЕ
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ИЗМЕРЕНИЯ
ФУЗИОННЫХ РЕЗЕРВОВ**

Рожкова Галина Ивановна, доктор биологических наук, кандидат физико-математических наук, профессор

SPIN-код: 9628-8695, ORCID: 0000-0002-3233-7965

E-mail: gir@iitp.ru

Институт проблем передачи информации им. А. А. Харкевича
Российской Академии наук

Васильева Надежда Николаевна, доктор биологических наук,
доцент

SPIN-код: 6229-5381, ORCID: 0000-0002-8919-3069

E-mail: nn_vasilyeva@mail.ru

Институт проблем передачи информации им. А. А. Харкевича
Российской Академии наук,

Чувашский республиканский институт образования
Минобразования Чувашии, г. Чебоксары

Белокопытов Александр Викторович

SPIN-код: 9432-0645, ORCID: 0000-0001-9698-7206

E-mail: abelokopytov@gmail.com

Институт проблем передачи информации им. А. А. Харкевича
Российской Академии наук

Ранее на основании общего вида, размера и характера движения виртуальных стереообъектов, формирующихся при компьютерном измерении конвергентных фузионных резервов (ФР) в условиях предъявления динамических стереограмм из случайных точек (СТС), было выявлено 4 принципиально различающихся типа стереоскопического зрительного восприятия (СЗВ). Из них только один тип, СЗВ-I, точно соответствовал стереографии тестовых изображений, имитирующих выход стереообъекта из экрана и его движение к наблюдателю, а наиболее распространённым оказался другой тип — СЗВ-II, характеризующийся «привязкой» стереообраза к экрану дисплея. Результаты повторных измерений показали, что у каждого испытуемого тип СЗВ стабилен, и было высказано предположение, что по особенностям СЗВ людей можно соответственно разделить на типы I, II, III и IV. Чтобы оценить валидность этой типологии с точки зрения прогнозирования дискомфорта при просмотре стереофильмов, нужно было проверить её робастность, варьируя условия тестирования. В настоящем пилотном исследовании получены предварительные данные для малой выборки испытуемых (20 взрослых), относящихся к двум основным типам (I и II). У этих испытуемых в условиях измерения конвергентных ФР особенности восприятия, в целом, хорошо воспроизводились при изменении расстояния наблюдения и при смене метода сепарации левого и правого изображений с поляризационного на цветовой. В условиях измерения дивергентных ФР (имитация удаления стереообъекта за экран) ситуация была менее однозначной: у некоторых испытуемых типа II обнаруживались признаки СЗВ типа I, коррелирующие с расстоянием наблюдения. Возможно, такие случаи объясняются научением или недостаточно хорошей оптической коррекцией зрения при определении типа СЗВ.

Ключевые слова: стереоскопическое зрение, виртуальные стереообъекты, индивидуальная вариабельность, восприятие стереофильмов, зрительный дискомфорт.

ВВЕДЕНИЕ

В психофизиологии бинокулярного зрения термин «фузия» означает способность человека объединять информацию от двух глаз, создавая единый бинокулярный трёхмерный видимый образ. При его формировании зрительная система использует три основных источника информации:

- 1) нейронные сигналы, поступающие в мозг по двум зрительным нервам от ганглиозных клеток сетчаток двух глаз из областей, на которые попадают двумерные проекции рассматриваемого объекта;
- 2) сигналы, поступающие от глазодвигательного аппарата;
- 3) сигналы, поступающие от механизмов аккомодации.

Один из базовых показателей функционирования бинокулярной зрительной системы человека — это пространственный диапазон фузии, характеризуемый угловыми размерами той области конвергенции и дивергенции зрительных осей при рассмотрении объекта, в пределах которой видимый образ не двоится. На практике соответствующие числовые данные получают, медленно сдвигая левую и правую части стереопары от центра поля зрения в противоположные стороны и тем самым заставляя наблюдателя увеличивать конвергенцию / дивергенцию зрительных осей, чтобы определить предельные углы, позволяющие сохранить единство бинокулярного образа. Эти углы называют конвергентными и дивергентными фузионными резервами (ФР).

Несколько лет назад, измеряя конвергентные ФР у большого количества взрослых испытуемых посредством интерактивной компьютерной программы «Фузия» [2], использующей в качестве тестовых изображений случайно-точечные стереограммы (СТС), мы обратили внимание на то, что динамические виртуальные трёхмерные видимые образы, формирующиеся у разных людей в одних и тех же условиях, могут существенно различаться. На основании принципиальных особенностей этих образов было выделено 4 типа феноменологии [4, 6]. При этом у каждого испытуемого особенности феноменологии оказались достаточно устойчивыми, т. е. воспроизводимость результатов была высокой, что позволило говорить о четырёх типах восприятия стереообъектов у взрослых, которых отбирали для экспериментов, проверяя наличие у них стереоскопического восприятия при помощи статических СТС. Наиболее интересным было то, что только у одного типа испытуемых, составляющих менее половины всей обследованной выборки, параметры формирующихся виртуальных стереообъектов (общий вид, размеры, характер движения) оказались соответствующими стереографии предъявляемых на экране тестовых изображений. Такой результат имеет непосредственное отношение к восприятию стереофильмов, поскольку процедура измерения конвергентных и дивергентных ФР фактически имитирует движение наблюдаемого объекта от плоскости экрана к зрителю (выход из экрана в зал) и от него (удаление за плоскость экрана). Из полученных данных следует, что только у части взрослых людей бинокулярная система исходно (без тренировки) интерпретирует экранные стереоизо-

бражения так, как задумано создателями, что ограничивает число потенциально успешных зрителей стереокинофильмов. Этот факт представляет особый интерес в связи с противоречивостью мнений о роли вергентных движений глаз в формировании видимых образов [8, 9].

Индивидуальные особенности феноменологии восприятия стереоизображений у разных людей, естественно объясняются в рамках концепции множественности механизмов бинокулярного синтеза видимых стереообразов в предположении, что у разных людей доминируют разные механизмы. Но при этом встаёт вопрос о том, насколько разделение людей на типы, выявленные в конкретных условиях тестирования, сохраняется в других условиях восприятия стереоизображений. Ответить на этот вопрос можно только путём проведения соответствующих экспериментальных исследований.

В настоящем сообщении излагаются результаты пилотных экспериментов, предпринятых для оценки валидности разделения людей на типы на основании особенностей стереовосприятия, выявляемых при измерении конвергентных ФР посредством интерактивной компьютерной программы с использованием тестовых стимулов в виде СТС. Задачей данного исследования было сопоставление феноменов, наблюдаемых в режимах измерения конвергентных и дивергентных ФР при двух расстояниях наблюдения и двух методах сепарации левого и правого изображений.

МЕТОДИКА

При проведении экспериментов использовали ту же интерактивную компьютерную программу «Фузия», разработанную в ИППИ РАН [2] и ту же экспериментальную установку, что и в предыдущих сериях аналогичных экспериментов [1, 3, 5, 7, 10]. Программа обеспечивала генерацию на дисплее раздвигающихся стереограмм, имитирующих движение виртуального стереообъекта по направлению к наблюдателю или от него. В качестве тестовых зрительных стимулов использовали случайно-точечные стереограммы (СТС), содержащие закодированные диспаратностью циклопические метки (чисто бинокулярные, не воспринимаемые монокулярно знаки), которые слегка выступали из фоновой плоскости при успешной фузии и служили критерием её наличия.



Рис. 1. Вид экспериментальной установки сверху (а) и спереди (б) и пример сфузирванного тестового стимула с циклопической контрольной меткой в виде креста (в)

Экспериментальная установка (рис. 1) включала 3D-монитор фирмы LG для предъявления тестовых изображений (модель D2342P, диагональ 23", ширина экрана 51 см, размер пикселя 0,265 мм, противоположная круговая поляризация чётных и нечётных строк), и подставку-подбородник для фиксации головы испытуемого. Программа «Фузия» позволяла реализовать 2 метода сепарации левого и правого изображений — поляризационный и цветовой, для чего испытуемый должен был использовать соответствующие разделительные очки (с поляризационными или цветными фильтрами).

СТС имели размеры $5 \times 5^\circ$. Размер отдельных «точек» — элементов СТС — составлял 5×5 пикселей.

Этапы проведения тестирования иллюстрирует рис. 2.

В начале измерений в центре экрана появлялась СТС (рис. 2, кадр 1), при фузировании которой испытуемый видел квадрат со случайно-точечной текстурой и циклопической меткой, отделившейся от фона (пример приведен на рис. 1, в). Затем испытуемого знакомили с полным набором меток, использованных в эксперименте (рис. 2, кадр 2). Когда испытуемый сообщал о своей готовности, экспериментатор запускал программу медленного движения левой и правой частей СТС в противоположных направлениях от центра. Для стимуляции конвергенции правый стимул двигался влево, а левый — вправо (рис. 2, кадры 3 и 4); усилия испытуемого фиксировать каждым глазом центр «своего» стимула вызывали постепенное увеличение угла конвергенции. Для стимуляции дивергенции правый стимул двигался вправо, а левый — влево. Скорость движения стимулов по экрану составляла 0,2 мм/с, мак-

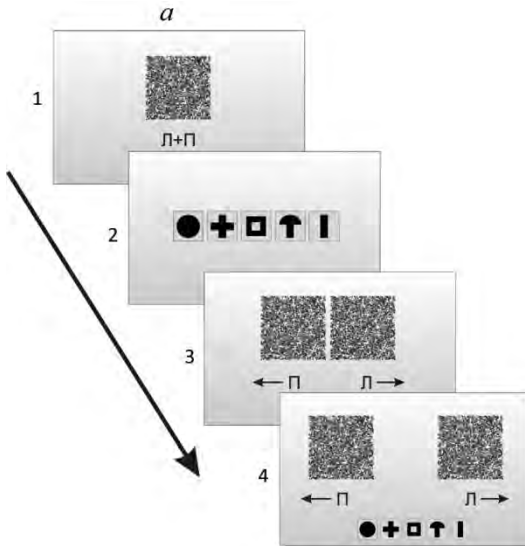


Рис. 2. Этапы экспериментальной процедуры при исследовании конвергентных ФР: правая составляющая СТС движется влево, левая — вправо

симальное общее время одного испытания — 2 мин. В процессе движения квадратов циклопические метки на них сменялись в случайном порядке каждые 4 секунды, а в конце процедуры весь их набор появлялся в нижней части экрана.

Преыдушие данные по исследованию индивидуальных особенностей феноменологии восприятия виртуальных стереообъектов [4, 6] были получены при следующих условиях: поляризационный метод сепарации; расстояние наблюдения 50 см; стимулы — СТС в виде квадратов с циклопическими метками; размер стимулов 5° , (нахождение в пределах фовеальной зоны); имитация выхода стереообъекта из экрана (режим измерения конвергентных ФР); скорость движения частей стереопары по экрану 1 мм/с.

В настоящем пилотном исследовании использовали следующие варианты условий наблюдения:

- 2 задаваемых стереографически направления движения виртуальных стереообъектов по глубине (в режимах измерения конвергентных и дивергентных ФР);
- 2 расстояния наблюдения (50 и 150 см);
- 2 метода сепарации (поляризационный и цветовой).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Краткие итоги наших предыдущих исследований типологии стереоскопического зрительного восприятия (СЗВ), которые были использованы для сравнения при анализе новых данных, приведены в таблице 1 и на рис. 3.

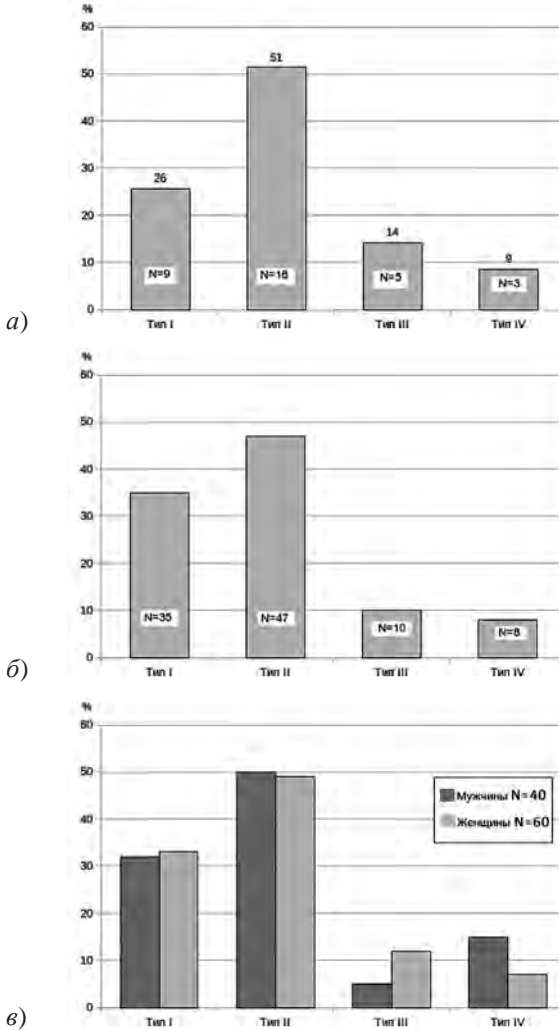


Рис. 3. Результаты первого рекогносцировочного исследования типов СЗВ на малом числе испытуемых (а) и последующего расширенного исследования на большем числе испытуемых (б) с разделением данных для лиц разного пола (в)

Таблица 1

Типы стереобразов, возникавших при оценке конвергентных ФР



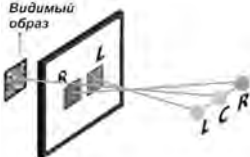
Тип	Описание виртуального стереобъекта и его движения	Комментарии	Иллюстрации
I	Положение видимого стереобраза совпадает с точкой пересечения зрительных осей; по мере приближения к наблюдателю величина виртуального стереобъекта уменьшается.	Доминируют бинокулярные механизмы формирования образа. Механизмы фузии работают в соответствии с правилами стереографии.	
II	Стереобраз сохраняет исходные размеры и позицию на экране, не отделяясь от него. Но циклопические метки хорошо видны, что говорит об успешной фузии.	Механизмы стереопсиса на основе диспаратности работают, но информация о движении зрительных осей не принимается во внимание (игнорируется мозгом).	
III	Стереобраз удаляется за экран вопреки правилам стереографии. При этом циклопические метки хорошо видны, что говорит об успешной фузии.	Доминируют влияния со стороны монокулярных подсистем, передающих аккомодационные сигналы об увеличении расстояния до наблюдаемого объекта. Информация о движении осей глаз игнорируется.	
IV	Наблюдается динамическая конкуренция в виде смены интерпретации входных сигналов, проявляющейся в трансформациях виртуальных стереобразов.	Явное доминирование какого-либо из механизмов формирования бинокулярного образа отсутствует; мозг перебирает одну гипотезу за другой, не находя оснований для предпочтения и окончательно решения.	Наблюдается смена видимых образов, которую трудно отразить.

Таблица 1 даёт общее представление об основных четырёх типах виртуальных стереообразов, наблюдавшихся взрослыми испытуемыми в наших предыдущих экспериментах по измерению конвергентных ФР. В центральном столбце приведены предположительные объяснения особенностей СЗВ испытуемых соответствующего типа.

Тип I — самый понятный стереообраз, он хорошо соответствует стереографии предъявляемых стимулов, имитирующих движение стереообъекта к наблюдателю, так что данный тип можно назвать стереографическим.

Тип II отличается тем, что сформированный стереообъект не движется по глубине при расхождении частей стереограммы в стороны (как это требует стереография), а остаётся на месте в центре дисплея и не меняет видимых размеров. Это можно объяснить тем, что информация о движении зрительных осей не принимается во внимание (игнорируется мозгом), так как нет аккомодационных и геометрических признаков отделения объекта от экрана.

Тип III удивляет инверсией задаваемого тестовыми изображениями направления движения моделируемого стереообраза по глубине: вместо выхода виртуального стереообъекта из экрана и приближения к наблюдателю, испытуемый видит удаление стереообъекта за экран. Такая парадоксальная ситуация может возникнуть, если при оценке движения стереообъекта по глубине мозг будет опираться на аккомодационные и геометрические монокулярные признаки, которые говорят об увеличении расстояния объекта от глаз наблюдателя, и о некотором уменьшении видимых угловых размеров тестовых изображений для наблюдателя при их движении от центра к краям дисплея.

Тип IV (неустойчивое восприятие) включает разные случаи формирования сменяющихся динамических образов, свидетельствующие о том, что мозг не может найти удовлетворительной интерпретации для комбинации сигналов, поступающих из зрительной сенсорной, глазодвигательной и аккомодационной систем, и перебирает разные гипотезы, визуализируя их по очереди. Например, сначала виртуальный стереообъект может выступить из экрана и начать движение в сторону наблюдателя, а затем попятиться назад к экрану и застыть на нём, проявляя по очереди признаки типов I, III и II.

Комбинированный рис. 3 объединяет данные двух наших предыдущих публикаций по частоте встречаемости разных типов СЗВ. Верхняя гистограмма (*a*) отражает результаты первого рекогносцировочного исследования, в котором участвовали всего 35 взрослых разного возраста (от 18 до 79 лет) [6], а две другие гистограммы (*b* и *в*) включают результаты следующего расширенного исследования (100 чел.), позволившего оценить общую воспроизводимость статистических данных и сравнить результаты, полученные для мужчин и женщин [4].

Полученные в рекогносцировочном и расширенном исследованиях гистограммы оказались похожими. Это говорит о том, что они достаточно хорошо отражают реально существующее соотношение людей с разными типами СЗВ.

Поскольку из представленных данных следует, что число людей со стереографическим типом восприятия (тип I), гарантирующим отсутствие дискомфорта при восприятии стереоизображений без предварительного обучения, составляет меньше половины населения (около 30%), возникает естественная задача наладить соответствующее тестирование людей, желающих смотреть стереофильмы или работать с применением стереотехнологий, чтобы исключить неудачи и разочарования, а также создать систему упражнений для тех людей, которые могут изменить свой тип СЗВ благодаря тренировкам.

Если для соответствующего тестирования взять за основу описанную нами методику, необходимо убедиться в валидности выявленной типологии СЗВ с точки зрения прогнозирования зрительного дискомфорта при просмотре стереофильмов и выполнении специфических стереографических работ. А для этого нужно проверить робастность этой типологии, варьируя условия тестирования, чтобы охватить предполагаемый круг стереозадач.

В связи с такими требованиями в настоящем пилотном исследовании мы провели оценку устойчивости типологии на небольшой выборке испытуемых, используя 2 стереографически задаваемых направления движения объектов по глубине (т. е. режимы измерения конвергентных и дивергентных ФР), 2 расстояния наблюдения (50 и 150 см) и 2 метода сепарации левого и правого изображений (поляризационный и цветовой).

Таблица 2

Показательные результаты исследования индивидуальных особенностей СЗВ испытуемых в пилотных экспериментах с варьированием условий тестирования (8 вариантов)

РАССТОЯНИЕ НАБЛЮДЕНИЯ, см	Условия конвергенции				Условия дивергенции			
	50	50	150	150	50	50	150	150
СЕПАРАЦИЯ ИСПЫТУЕМЫЕ	П	Ц	П	Ц	П	Ц	П	Ц
1, м, с/о	I	I	I	I	I	I	I	I
2, ж, б/о	I	I	I	I	I	I	I	I
3, ж, с/о	I	I	I	I	I	I	I	I
4, ж, с/о	П	П	П	П	П	П	П	П
5, ж, с/о	П	П	П	П	П	П	П	П
6, ж, б/о	П	П	П	П	П	П	П	П
7, м, б/о	П	П	П	П	П	П	П	П
8, ж, б/о	П	П	I	I	I	I	I	I
9, ж, б/о	П	П	П	П	I	I	П	П → I
10, ж, б/о	П	П	П	I → П	П	П	П	I → П

Обозначения в таблице 2:

П — поляризационный метод сепарации;

Ц — цветовой метод сепарации;

с/о — испытуемый имел опыт работы с программой «Фузия»;

б/о — испытуемый не имел опыта работы с программой «Фузия».

Соответственно, для каждого человека было запланировано по 8 вариантов тестирования (2×2×2), а большинство испытуемых участвовали в подобных экспериментах впервые, и им требовались подробные разъяснения, поэтому общее число испытуемых, обследованных по полной программе, пока невелико (20 чел.), и среди них не оказалось типов III и IV, так что о статистике говорить преждевременно. Но общая картина уже вырисовывается, поскольку суммарная встречаемость типов I и II превысила 80%.

Примеры типов СЗВ, зарегистрированных у испытуемых в различных условиях наблюдения, представлены в таблице 2, где приведены оценки типа СЗВ по предложенным ранее критериям. В таблицу 2 включены результаты как опытных испытуемых, так и проходивших тестирование впервые.

Приведённые в таблице 2 примеры показывают, что для большинства испытуемых оценки СЗВ во всех условиях совпадали, причём это было характерно как для опытных испытуемых, так и для тех, которые впервые принимали участие в подобных исследованиях.

В трёх нижних строках показаны исключения из этого правила. У испытуемого № 8 феноменология СЗВ в шести ситуациях соответствовала типу I и только в двух ситуациях — типу II. Обращает на себя внимание, что в этих двух ситуациях расстояние наблюдения было равно 50 см, так что тут не исключено возможное влияние сниженной остроты зрения для близи. В случае других исключений также можно подозревать влияние сниженной остроты зрения. К сожалению, в данной пилотной серии экспериментов проверка качества оптической коррекции не проводилась.

Представленные результаты и аналогичные данные, оставшиеся «за кадром», позволяют сделать предварительный вывод, что предложенная ранее типология испытуемых на основе особенностей СЗВ, в целом, достаточно робастна. При проведении уточняющих серий экспериментов необходимо обеспечить контроль оптической коррекции зрения испытуемых и предусмотреть повторное тестирование в случае неопределённых результатов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведено пилотное исследование валидности выявленного ранее разделения людей на 4 типа на основании особенностей стереоскопического зрительного восприятия при компьютерном измерении конвергентных фузионных резервов с использованием в качестве тестовых стимулов случайно-точечных стереограмм. Согласно этой типологии, число людей со стереографическим типом восприятия (тип I), гарантирующим отсутствие дискомфорта при восприятии стереоизображений без предварительного обучения, составляет меньше половины населения (около 30%). В связи с этим был поставлен вопрос о возможности использования данной типологии для тестирования людей, желающих смотреть стереофильмы или работать с применением стереотехнологий. Для этого было необходимо проверить, насколько предложенное разделение на типы пригодно для разных условий восприятия стереоизображений. Результаты настоящего исследования, в целом, подтверждают

перспективность использования обсуждаемой типологии для проверки особенностей стереоскопического восприятия и прогнозирования дискомфорта и позволяют сформулировать требования к условиям тестирования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Большаков А. С., Васильева Н. Н., Рожкова Г. И.* Обеспечение воспроизводимости и объективного контроля при компьютерном измерении фузионных резервов // Сенсорные системы. 2023. Т. 37. № 3. С. 218–234.

2. *Большаков А. С., Рожкова Г. И.* Интерактивная тестовая программа для оценки состояния и тренировки фузионных механизмов бинокулярного зрения — «ФУЗИЯ». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013610975. Дата регистрации в Реестре программ для ЭВМ 9 января 2013 г.

3. *Васильева Н. Н., Рожкова Г. И.* Возрастная динамика фузионных резервов, измеренных при помощи циклопических тест-объектов с маркерами // Сенсорные системы. 2009. Т. 23. № 1. С. 40–50.

4. *Васильева Н. Н., Рожкова Г. И.* Восприятие виртуальных стереообъектов: особенности взаимодействия зрительных механизмов и пространственные перцептивные эффекты // Экспериментальная психология. 2021. Т. 14. № 3. С. 79–90. DOI: 10.17759/exrpsy.2021140306.

5. *Васильева Н. Н., Рожкова Г. И., Грачева М. А., Большаков А. С.* Зависимость результатов оценки фузионных резервов от метода измерения, инструментария и параметров тестовых стимулов // Сенсорные системы. 2022. Т. 36. № 3. С. 199–217.

6. *Васильева Н. Н., Рожкова Г. И., Грачева М. А.* Неоднозначное восприятие величины и позиции виртуальных стереообъектов // Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе и других областях: X Международная научно-практическая конференция, Москва, 16–18 апреля 2018 г.: Материалы и доклады / под общей редакцией О. Н. Раева. Москва : ВГИК, 2019. С. 62–72.

7. *Рожкова Г. И., Васильева Н. Н.* Компьютерный метод оценки фузионных резервов с объективным контролем нарушения фузии // Физиология человека. 2010. № 3. С. 135–137.

8. *Erkelens C. J., Van Der Steen J., Steinman R. M., Collewijn H.* Ocular vergence under natural conditions. I. Continuous changes of target distance along the median plane // Proc. R. Soc. Lond. B 1989. Vol. 236. P. 417–440.

9. *Logvinenko A., Epelboim J., Steinman R.* The role of vergence in the perception of distance: a fair test of Bishop Berkley's claim // Spatial Vision. 2001. Vol. 15. No 1. P. 77–97.

10. *Vasiljeva N., Rozhkova G.* Age dynamics of fusion capabilities assessed by means of RDS with markers for objective control of binocular image splitting // 31st European Conference on Visual Perception. Perception. 2008. Vol. 37. Suppl. P. 102.

Galina I. Rozhkova, Nadezhda N. Vasilyeva, Alexander V. Belokopytov

INDIVIDUAL CHARACTERISTICS OF VIRTUAL STEREO OBJECTS OBSERVED IN DIFFERENT CONDITIONS OF MEASURING FUSION RESERVES

Galina I. Rozhkova, PhD, DSci, Professor

E-mail: gir@iitp.ru

Institute for Information Transmission Problems (Kharkevich Institute),
Russian Academy of Sciences

Nadezhda N. Vasilyeva, D. Sci in Biology, PhD, Assistant professor

E-mail: nn_vasilyeva@mail.ru

Institute for Information Transmission Problems (Kharkevich Institute),
Russian Academy of Sciences

Chuvash Republican Institute of Education, Cheboksary

Alexander V. Belokopytov

E-mail: abelokopytov@gmail.com

Institute for Information Transmission Problems (Kharkevich Institute),
Russian Academy of Sciences

Previously, based on the general appearance, size, and movement of virtual stereo objects perceived in conditions of computer measuring convergent fusion reserves (FR) by means of dynamic random dot stereograms (RDS), four fundamentally different types of stereoscopic visual percepts (SVP) were identified. Of these, only one type of the perceived virtual stereo object behavior (I) exactly corresponded to the stereography of the test images which simulated stereo object movement from the screen to the

observer, while the most common was another type (II), characterized by the “binding” of the stereo image to the display screen. The results of repeated measurements showed that the type of SVP was stable in each subject, and it was suggested that, based on the characteristics of SVP, people could be divided into types I, II, III, and IV. To assess the validity of this typology in terms of predicting discomfort when viewing stereoscopic films, it was necessary to test its robustness by varying the testing conditions. This pilot study provides preliminary data for a small sample of subjects (20 adults) belonging to the two main types (I and II). In conditions of convergent FR measuring, the previously identified characteristic features of perception were, in general, well reproduced despite changing the viewing distance and using different methods of the left and right image separation (based on polarization and color technologies).

Under conditions of divergent FR measuring (simulation of a stereo object movement from the observer), the situation was less clear: some type II subjects showed signs of type I SVP, correlating with the observation distance. It is possible that such cases are explained by learning or insufficient optical correction of vision when determining the type of SVP.

Key words: stereoscopic vision, virtual stereo objects, individual variability, perception of stereo films, visual discomfort.

REFERENCES

1. Bol'shakov A. S., Vasil'eva N. N., Rozhkova G. I. Obespechenie vosproizvodimosti i ob'ektivnogo kontrolya pri komp'yuternom izmerenii fuzionnykh rezervov // *Sensornye sistemy*. 2023. T. 37. No 3. P. 218–234.

2. Bol'shakov A. S., Rozhkova G. I. Interaktivnaya testovaya programma dlya otsenki sostoyaniya i trenirovki fuzionnykh mekhanizmov binokulyarnogo zreniya — “FUZIYA”. Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii programmy dlya EVM No 2013610975. Data registratsii v Reestre programm dlya EVM 9 January 2013.

3. Vasil'eva N. N., Rozhkova G. I. Vozrastnaya dinamika fuzionnykh rezervov, izmerennykh pri pomoshchi tsiklopticheskikh test-ob»ektov s markerami // *Sensornye sistemy*. 2009. T. 23. No 1. P. 40–50.

4. Vasil'eva N. N., Rozhkova G. I. Vospriyatie virtual'nykh stereoob»ektov: osobennosti vzaimodeistviya zritel'nykh mekhanizmov i prostranstvennye pertseptivnye efekty // *Ekspperimental'naya psikhologiya*. 2021. T. 14. No 3. P. 79–90. DOI: 10.17759/expsty.2021140306.

5. Vasil'eva N. N., Rozhkova G. I., Gracheva M. A., Bol'shakov A. S. Zavisimost' rezul'tatov otsenki fuzionnykh rezervov ot metoda izmereniya, instrumentariya i parametrov testovykh stimulov // *Sensornye sistemy*. 2022. T. 36. No 3. P. 199–217.

6. Vasil'eva N. N., Rozhkova G. I., Gracheva M. A. Neodnoznachnoe vospriyatie velichiny i pozitsii virtual'nykh stereoob"ektov // *Zapis' i vosproizvedenie ob"emnykh izobrazhenii v kinematografe i drugikh oblastiakh: X Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, Moscow, 16–18 April 2018: Materialy i doklady / pod obshchei redaktsiei O. N. Raeva. Moscow : VGIK, 2019. P. 62–72.*

7. Rozhkova G. I., Vasil'eva N. N. Komp'yuternyi metod otsenki fuzionnykh rezervov s ob"ektivnym kontrolem narusheniya fuzii // *Fiziologiya cheloveka*. 2010. No 3. P. 135–137.

8. Erkelens C. J., Van Der Steen J., Steinman R. M., Collewijn H. Ocular vergence under natural conditions. I. Continuous changes of target distance along the median plane // *Proc. R. Soc. Lond. B* 1989. Vol. 236. P. 417–440.

9. Logvinenko A., Epelboim J., Steinman R. The role of vergence in the perception of distance: a fair test of Bishop Berkley's claim // *Spatial Vision*. 2001. Vol. 15. No 1. P. 77–97.

10. Vasiljeva N., Rozhkova G. Age dynamics of fusion capabilities assessed by means of RDS with markers for objective control of binocular image splitting // *31st European Conference on Visual Perception. Perception*. 2008. Vol. 37. Suppl. P. 102.

УДК 778.534.1+612.843.721

ББК 28.707.392.224

Белокопытов А. В., Рожкова Г. И., Кузнецова И. Н.

**ПАРАДОКСАЛЬНОЕ ВИДИМОЕ РАСЧЛЕНЕНИЕ
СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ, ДВИЖУЩИХСЯ
ПО ГЛУБИНЕ В СТЕРЕОСКОПИЧЕСКИ
ЗАДАВАЕМОЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ**

Белокопытов Александр Викторович

E-mail: abelokopytov@gmail.com

SPIN-код: 9432-0645, ORCID: 0000-0001-9698-7206

Институт проблем передачи информации имени А. А. Харкевича
Российской академии наук

Рожкова Галина Ивановна, доктор биологических наук, кандидат
физико-математических наук, профессор

E-mail: gir@iitp.ru

SPIN-код: 9628-8695, ORCID: 0000-0002-3233-7965

Институт проблем передачи информации имени А. А. Харкевича
Российской академии наук

Кузнецова Ирина Николаевна

E-mail: irkuz77819@gmail.com

Институт проблем передачи информации имени А. А. Харкевича
Российской академии наук

Ранее у взрослых испытуемых было выявлено 4 типа стереоскопического зрительного восприятия в условиях компьютерной имитации движения стереобъектов, задаваемых стереограммами из случайных точек (СТС), от экрана к наблюдателю. При замене СТС на стереопару для сли-

яния стимула «Кошка», аналогичного классическому из комплекта для синоптофора, было обнаружено парадоксальное расчленение стимула при его движении по глубине: уши отставали от тела кошки. Из 17 обследованных испытуемых эффект был обнаружен у большинства испытуемых, относившихся к типу I (7 из 9), и у некоторых, относившихся к типу II (2 из 7). Предположительное объяснение обнаруженного эффекта парадоксального расчленения сложного объекта мы связываем с механизмом оценки расстояния на основе конвергентных движений глаз. Обнаруженный эффект — ещё один возможный источник зрительного дискомфорта в динамических сценах стереокино.

Ключевые слова: стереоскопическое зрение, бинокулярная фузия, виртуальные стереообъекты, индивидуальная вариабельность, восприятие стереофильмов, зрительный дискомфорт.

ВВЕДЕНИЕ

В предыдущих работах нашей лаборатории [2, 3] было выявлено 4 типа стереоскопического зрительного восприятия, наблюдаемых в экспериментальных условиях компьютерной имитации движения стереообъектов, задаваемых стереограммами из случайных точек (СТС), от экрана к наблюдателю. Для краткости они были обозначены как тип I (стереографический), если стереообъект располагался в точке пересечения зрительных осей наблюдателя, как тип II, если стереообъект оставался в плоскости экрана, как тип III, если стереообъект находился за экраном, и как тип IV, если восприятие стереообъекта было неустойчивым.

Вопрос, зависит ли выявленная типизация от условий наблюдения (знака вергенции, скорости движения, типа стереообъектов и др.) остаётся неясным. Результаты первой части исследования этого вопроса изложены в [8].

Для вышеописанной типизации использовали СТС-стереообъекты двойной структуры: на квадратном поле СТС диспаратностью была закодирована циклопическая метка (стереорельеф) простой геометрической формы. Наблюдатель мог воспринимать расстояние до объекта и стереорельеф. Наблюдатели всех типов воспринимали стереорельеф, но наблюдатели типа I также воспринимали движение стереообъекта от плоскости экрана, а для наблюдателей типа II весь стереообъект был как бы привязан к плоскости экрана. Таким образом, все типы наблюдателей воспринимали стереорельеф на основе бинокулярной диспаратности, но у наблюдателей

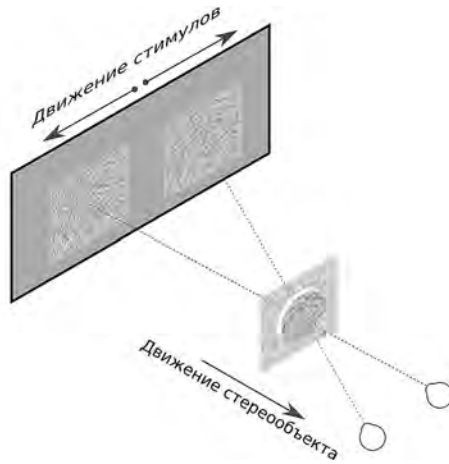


Рис. 1 Схема восприятия движущегося СТС-стереобъекта с циклопической меткой в виде круга наблюдателем типа I в условиях конвергентного движения зрительных осей

типа I весь стереобъект отделялся от экрана за счёт бинокулярной конвергенции (рис. 1).

В настоящем сообщении изложены результаты второй части исследования. Представляет интерес вопрос о сохранении типизации при восприятии монокулярно узнаваемых простых объектов, аналогичных традиционным объектам для слияния, используемым

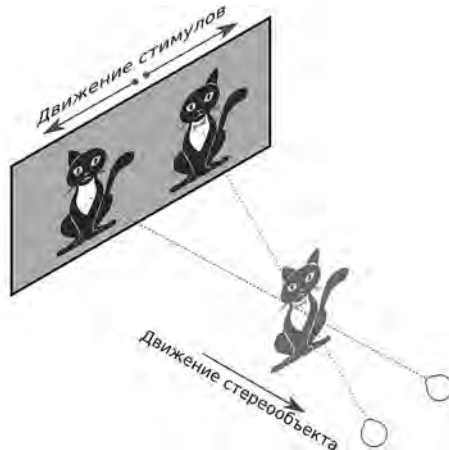


Рис. 2. Ожидаемое восприятие движущегося традиционного стимула наблюдателем типа I в условиях конвергентного движения зрительных осей

в синоптофоре: объекты для левого и правого глаз отличаются малыми деталями. Ожидалось, что восприятие таких стимулов наблюдателями типа I будет аналогично восприятию СТС-стереообъекта, как показано на рис. 2.

Однако обнаружилось парадоксальное расчленение таких объектов при компьютерной имитации движения стереообъекта от экрана к наблюдателю. Анализ этого эффекта посвящена данная работа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Испытуемые

В экспериментах участвовали 17 человек (8 женского пола, 9 мужского). Организация исследования соответствовала принципам биомедицинской этики, представленным в Хельсинкской декларации 1964 г. и её последующих обновлениях [11]. Эксперименты проводились в условиях привычной оптической коррекции зрения испытуемого.

Стимулы

Стимулы предъявляли на 3D-дисплее и на синоптофоре СИНФ-1.

С помощью программы «Фузия», разработанной в ИППИ РАН [1, 7], на поляризационном 3D-дисплее (LG 2342P) на сером фоне экрана предъявляли СТС — 2 варианта стимула «Кошка» и стимул «Диски». На рис. 3 показан вариант стимула «Кошка-0», аналогичный одному из традиционных стимулов для слияния, входящих в комплект синоптофора. Расстояние наблюдения было 0,5 м, скорость движения стимулов составляла 0,2 или 0,4 °/с.

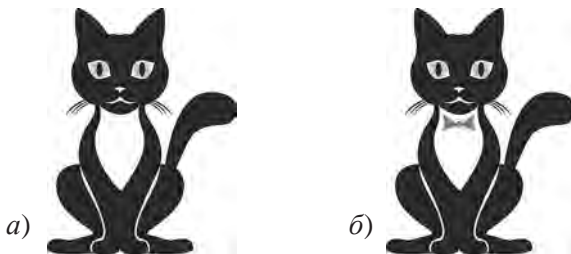


Рис. 3. Стимул «Кошка-0» для левого (а) и правого (б) глаза



Рис. 4. Увеличенные фрагменты стимулов «Кошка-0» (а) и «Кошка-1» (б) в области соприкосновения левого уха с головой

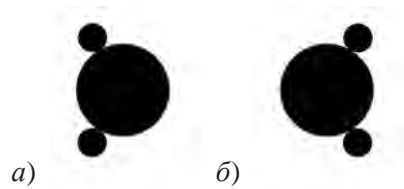


Рис. 5. Стимул «Диски» для левого (а) и правого (б) глаза

Для предъявления на синоптофоре левый и правый стимулы «Кошка-0» были напечатаны на прозрачной плёнке фирмы 3М артикул CG3700 на лазерном принтере и вставлены в рамки для слайдов 6×6 см.

Стимул «Кошка-1» отличался от стимула «Кошка-0» отсутствием зазора между ушами и головой, как показано на рис. 4.

Для изучения условий парадоксального расчленения также был добавлен стимул «Диски», показанный на рис. 5.

Процедура

Сначала определяли тип восприятия испытуемого по первоначальному критерию с помощью СТС в режиме конвергенции.

Затем предъявляли стимул «Кошка-0» и просили испытуемого обратить внимание на видимое расстояние до стереообъекта и на положение ушей относительно туловища. Запускали движение частей стимула «Кошка-0», вызывающее конвергенцию зрительных осей. В протокол заносили отчёт испытуемого о восприятии стимула — его движении к испытуемому или от него, изменении размеров.

На нескольких испытуемых типа I проверили восприятие в других условиях:

- 1) предъявляли модифицированный стимул «Кошка-1», у которого была удалена щель между ушами и головой;
- 2) исследовали восприятие стимула «Кошка-0» на синоптофоре;
- 3) исследовали восприятие стимула «Диски» при конвергенции зрительных осей.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При тестировании с помощью СТС из общего числа испытуемых (17 чел.) было выявлено 9 испытуемых типа I (5 мужского

пола, 4 женского), 7 испытуемых типа II (3 мужского пола, 4 женского) и один испытуемый типа IV мужского пола.

При конвергентном движении частей стимула у испытуемых типа I стереобраз стимула «Кошка-0» двигался по направлению к испытуемому, у испытуемых типа II — оставался в плоскости экрана. У двух испытуемых (одного типа II и одного типа IV) фузия разрушалась почти сразу после начала движения.

У 10 испытуемых (7 типа I, 2 типа II и один типа IV) восприятие стимула «Кошка-0» в режиме конвергенции было парадоксальным: при общем движении стереобраза по направлению к испытуемому уши отставали и оказывались заметно позади головы кошки (примерно на размер головы). Эта ситуация схематически показана на рис. 6.

У нескольких испытуемых типа I с парадоксальным восприятием уши не только отставали, но и сливались в одно, другие испытуемые сообщали, что «уши колеблются по горизонтали».

На нескольких испытуемых типа I с парадоксальным восприятием стимула «Кошка-0» было проверено восприятие ими стимула «Кошка-1» — восприятие оставалось таким же парадоксальным.

Также на этих испытуемых было проверено восприятие стимула «Кошка-0» на синоптофоре — эффект парадоксального расчленения был едва заметным.

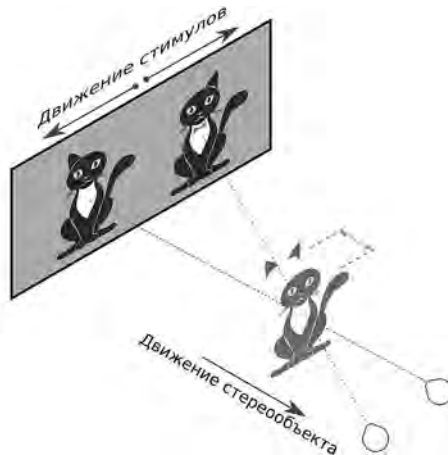


Рис. 6. Парадоксальное восприятие движущегося стимула «Кошка-0»

ОБСУЖДЕНИЕ

Замена СТС-стереообъектов более простым монокулярно узнаваемым стимулом на слияние привело к обнаружению парадоксального восприятия такого стимула.

Эффект парадоксального восприятия наблюдался не у всех испытуемых типа I, но у большинства из них (7 из 10). В отличие от них, эффект наблюдался только у некоторых испытуемых типа II (2 из 7). Таким образом, наличие эффекта связано с типом испытуемого, но нет жёсткой привязки к типу.

Было выяснено, что причиной парадоксального эффекта не является наличие зазора между ушами и головой у стимула «Кошка0»: для нескольких испытуемых типа I эффект сохранялся со стимулом «Кошка-1» (без зазора между ушами и головой).

Нескольким испытуемым типа I предъявляли стимул «Кошка-0» на синоптофоре, при этом эффект почти исчезал. Впрочем, на синоптофоре практически невозможно обеспечить равномерное движение стимулов с заданной скоростью.

Из полученных данных естественно следует предположение, что эффект связан с механизмом оценки расстояния на основе бинокулярной конвергенции.

В литературе многократно обсуждалось влияние конвергентного движения зрительных осей на стереопсис, единого мнения нет, как указано в обзорах [6, 9, 10]. В наших условиях наблюдения у многих испытуемых этот механизм оценки расстояния проявлялся, на основании чего они были отнесены к типу I. Отметим, что использованные скорости движения стимулов (0,2 и 0,4 °/с) попадали в диапазон скоростей, при которых воспринималось перемещение точки по глубине по данным работы [4].

Известно, что зрительная система может фузировать частично совпадающие стимулы, однако чем больше различий, тем труднее фузировать. Левое и правое уши стимула «Кошка-0» различаются достаточно сильно, поэтому у большинства испытуемых они не сливались.

Для дальнейшего изучения парадоксального эффекта было желательно использовать стимул на слияние с одинаковыми малыми частями для облегчения фузирования. Параллельно решили уменьшить когнитивную составляющую стимула (его узнаваемость), сделав его более абстрактным. Исходя из этих соображений, был предложен стимул «Диски», показанный на рис. 5.

Восприятие стимула «Диски» было проверено на нескольких испытуемых типа I в условиях конвергентного движения. Оказалось, что для такого стимула зрительная система предлагает два варианта восприятия. Если внимание испытуемого направлено на большой центральный диск, то он видит пару маленьких дисков снизу и сверху, удалённых от центрального на некоторое расстояние. Если внимание испытуемого направлено на маленькие диски, например, верхние, то верхние и нижние маленькие диски сливаются, оставаясь позади центрального диска, который раздваивается.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предположительное объяснение обнаруженного эффекта парадоксального расчленения сложного объекта мы связываем с механизмом оценки расстояния на основе конвергентных движений глаз, который проявляется у людей со стереографическим типом восприятия стереообъектов.

Бинокулярная диспаратность в отличие от оценки расстояния с помощью конвергенции зрительных осей не может создать большого по глубине стереоэффекта (пространственного диапазона). Поэтому в стереокино используется в основном «горизонтальный параллакс» (профессиональный термин, эквивалентный оценке расстояния на основе конвергентных движений глаз) [5]. То есть, стереокино ориентируется на «стереографических» зрителей типа I.

Обнаруженное парадоксальное расчленение сложного динамического стереообъекта для стереографических зрителей может быть ещё одним источником дискомфорта в динамических сценах стереокино.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Большаков А. С., Рожкова Г. И.* Интерактивная тестовая программа для оценки состояния и тренировки фузионных механизмов бинокулярного зрения — ФУЗИЯ. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013610975. Дата регистрации в Реестре программ для ЭВМ 9 января 2013 г.

2. *Васильева Н. Н., Рожкова Г. И.* Восприятие виртуальных стереообъектов: особенности взаимодействия зрительных механизмов и пространственные перцептивные эффекты // Экспери-

ментальная психология. 2021. Т. 14. № 3. С. 79–90. DOI: 10.17759/expsy.2021140306.

3. *Васильева Н. Н., Рожкова Г. И., Грачева М. А.* Неоднозначное восприятие величины и позиции виртуальных стереообъектов // Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе и других областях: X Международная научно-практическая конференция, Москва, 16–18 апреля 2018 г.: Материалы и доклады / под общей редакцией О. Н. Раева. Москва : ВГИК, 2019. С. 62–72.

4. *Коган А. И., Бурый Г. В., Остроухов М. З.* К теории зрительного восприятия движения объекта // ДАН СССР, 1973. Т. 211. № 4. С. 966–969.

5. *Мелкумов А. С.* Основы стереографии // Мир техники кино. 2010. № 4(18). С. 30–38.

6. *Рожкова Г. И.* Бинокулярное зрение // Физиология зрения / ред. А. Л. Бызов. Москва : Наука, 1992.

7. *Рожкова Г. И., Васильева Н. Н.* Компьютерный метод оценки фузионных резервов с объективным контролем нарушения фузии // Физиология человека. 2010. № 3. С. 135–137.

8. *Рожкова Г. И., Васильева Н. Н., Белокопытов А. В.* Индивидуальные особенности формирования виртуальных стереообъектов, выявляемые при различных условиях измерения фузионных резервов // Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе, науке, образовании, медиа и в других областях: XVII Международная научно-практическая конференция, Москва, 7–11 апреля 2025 г.: Материалы и доклады / под общей редакцией О. Н. Раева. Москва : ИПП «КУНА», 2025. С. 37–52.

9. *Howard I. P.* Perceiving in Depth: Volume 3 Other Mechanisms of Depth Perception. Oxford University Press. 2012. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780199764167.001.0001.

10. *Tyler C. W.* Binocular Vision / Duane's Foundations of Clinical Ophthalmology. Vol. 2. Tasman W., Jaeger E. A. (Eds.), J. B. Lippincott Co.: Philadelphia, 2004.

11. World Medical Association. declaration of Helsinki ethical principles for medical research involving human subjects. JAMA. 2013. Vol. 310(20). P. 2191–2194. DOI: 10.1001/jama.2013.281053 (дата обращения: 25.04.2025).

Alexander V. Belokopytov, Galina I. Rozhkova, Irina N. Kuznetsova

PARADOXICAL VISIBLE DISSECTION OF COMPLEX OBJECTS MOVING IN DEPTH IN STEREOSCOPICALLY DEFINED VIRTUAL REALITY

Alexander V. Belokopytov

E-mail: abelokopytov@gmail.com

Institute for Information Transmission Problems (Kharkevich Institute),
Russian Academy of Sciences

Galina I. Rozhkova, PhD, DSci, Professor

E-mail: gir@iitp.ru

Institute for Information Transmission Problems (Kharkevich Institute),
Russian Academy of Sciences

Irina N. Kuznetsova

E-mail: irkuz77819@gmail.com

Institute for Information Transmission Problems (Kharkevich Institute),
Russian Academy of Sciences

Previously, 4 types of stereoscopic visual perception were identified in adult subjects in computer simulation of the stereo objects movement, set by random dot stereograms (RDS), from the screen to the observer. When replacing the RDS with a stereo pair “Cat” for the fusion similar to the classic one from the synoptophore kit, a paradoxical dissection of the stimulus was found during its movement in depth: the ears lagged behind the cat’s body.

Of the 17 subjects examined, the effect was found in the majority of type I subjects (7 out of 9) and in some type II subjects (2 out of 7). We associate the proposed explanation of the discovered effect of paradoxical dissection of a complex object with the mechanism of depth perception based on convergent eye movements. The discovered effect is another possible source of visual discomfort in dynamic scenes of the stereo films.

Key words: stereo vision, binocular fusion, virtual stereo objects, individual variability, perception of stereo films, visual discomfort.

REFERENCES

1. Bol’shakov A. S., Rozhkova G. I. Interaktivnaya testovaya programma dlya otsenki sostoyaniya i trenirovki fuzionnykh mekhanizmov binokulyarnogo zreniya — FUZIYA. Svidetel’stvo o gosudarstvennoi registratsii programmy dlya EVM No 2013610975. Data registratsii v Reestre programm dlya EVM 9 January 2013.

2. Vasil'eva N. N., Rozhkova G. I. Vospriyatie virtual'nykh stereoob'ektov: osobennosti vzaimodeistviya zritel'nykh mekhanizmov i prostranstvennye pertseptivnye efekty // Eksperimental'naya psikhologiya. 2021. T. 14. No 3. P. 79–90. DOI: 10.17759/expPsy.2021140306.

3. Vasil'eva N. N., Rozhkova G. I., Gracheva M. A. Neodnoznachnoe vospriyatie velichiny i pozitsii virtual'nykh stereoob'ektov // Zapis' i vosproizvedenie ob'emnykh izobrazhenii v kinematografe i drugih oblastiakh: X Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, Moscow, 16–18 April 2018: Materialy i doklady / pod obshchei redaktsiei O. N. Raeva. Moscow : VGIK, 2019. P. 62–72.

4. Kogan A. I., Buryi G. V., Ostroukhoe M. Z. K teorii zritel'nogo vospriyatiya dvizheniya ob'ekta // DAN SSSR, 1973. T. 211. No 4. P. 966–969.

5. Melkumov A. S. Osnovy stereografii // Mir tekhniki kino. 2010. No 4(18). P. 30–38.

6. Rozhkova G. I. Binokulyarnoe zrenie // Fiziologiya zreniya / red. A. L. Byzov. Moscow : Nauka, 1992.

7. Rozhkova G. I., Vasil'eva N. N. Komp'yuternyi metod otsenki fuzionnykh rezervov s ob'ektivnym kontrolem narusheniya fuzii // Fiziologiya cheloveka. 2010. No 3. P. 135–137.

8. Rozhkova G. I., Vasil'eva N. N., Belokopytov A. V. Individual'nye osobennosti formirovaniya virtual'nykh stereoob'ektov, vyyavlyaemye pri razlichnykh usloviyakh izmereniya fuzionnykh rezervov // Zapis' i vosproizvedenie ob'emnykh izobrazhenii v kinematografe, nauke, obrazovanii, media i v drugih oblastiakh: XVII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, Moscow, 7–11 April 2025: Materialy i doklady / pod obshchei redaktsiei O. N. Raeva. Moscow : IPP "KUNA", 2025. P. 37–52.

9. Howard I. P. Perceiving in Depth: Volume 3 Other Mechanisms of Depth Perception. Oxford University Press. 2012. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780199764167.001.0001.

10. Tyler C. W. Binocular Vision / Duane's Foundations of Clinical Ophthalmology. Vol. 2. Tasman W., Jaeger E. A. (Eds.), J. B. Lippincott Co.: Philadelphia, 2004.

11. World Medical Association. declaration of Helsinki ethical principles for medical research involving human subjects. JAMA. 2013. Vol. 310(20). P. 2191–2194. DOI: 10.1001/jama.2013.281053 (data obrashcheniya: 25.04.2025).

УДК 778.53:535:628.91+778.534.1
ББК 22.34+37.95

Раев О. Н.

РАЗМЕРЫ ОБЪЕКТОВ И ИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ КАК ХАРАКТЕРИСТИКА ВОСПРИЯТИЯ СУБЪЕКТОМ ГЛУБИНЫ ПРОСТРАНСТВА

Раев Олег Николаевич, кандидат технических наук, доцент
SPIN-код: 8199-6814, ORCID: 0009-0002-5863-0091
E-mail: ncenter@list.ru

Технологический университет имени дважды Героя Советского
Союза, лётчика-космонавта А. А. Леонова,
Сергиево-Посадский филиал Всероссийского государственного
университета кинематографии имени С. А. Герасимова,
Институт философии Российской академии наук

В статье приведены результаты пилотного исследования, показавшего, что хотя оптическое изображение при съёмке формируется объективом трёхмерным, но при записи преобразуется в двумерное, в нём сохраняются признаки глубины пространства в виде окклюзии объектов; пространственных перспективных изменений размеров объектов при разном их удалении от объектива; удаления изображений объектов от горизонта в кадре; степени разноудалённости объектов, изображения которых попали в кадр при съёмке.

Показано, что зритель воспринимает виртуальное пространство в изображении находящимся в физическом заэкранном пространстве, причём виртуальное пространство в изображении отодвинуто от экрана, зритель смотрит на него как бы через окно, границы которого составляют края кадра на экране.

Ключевые слова: зрительное восприятие, размеры объектов в их изображении, расстояния между объектами в изображении, съёмка, линейное увеличение, глубина пространства в изображении, трёхмерное восприятие изображений зрителем, окклюзия, линейная перспектива.

ПЕРЦЕПЦИЯ РАЗМЕРОВ ОБЪЕКТОВ

Объекты, наблюдаемые человеком, находятся на разных расстояниях от него в разные моменты времени. Восприятие размеров объектов зависит от величины зрительного угла φ каждого объекта (см., например, [8, 9]), причём чем дальше объект от человека, тем меньше зрительный угол наблюдения этого объекта (рис. 1).

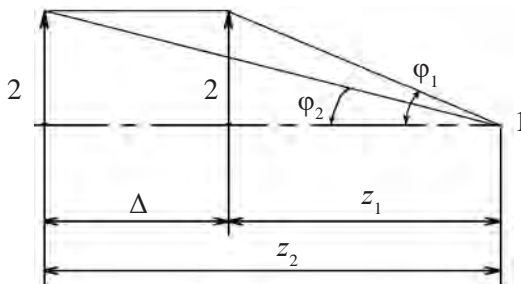


Рис. 1. Изменение зрительного угла φ наблюдения объекта 2 при изменении его расстояния до наблюдателя 1

Очевидно, что один и тот же зрительный угол может оказаться одинаковым у объектов разного размера, но находящихся на разных расстояниях от человека (рис. 2), т. е., размер изображения, формируемого оптической системой глаза на поверхности сетчатки, зависит от отношения размера объекта к расстоянию до объекта. Пусть l — размер объекта, а z_1 — расстояние до него от наблюдателя, тогда зрительный угол равен

$$\varphi_1 = \arctg \frac{l}{z_1}. \quad (1)$$

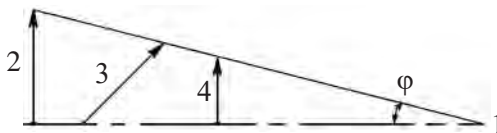


Рис. 2. Одинаковый зрительный угол φ объектов 2, 3 и 4, расположенных на разных расстояниях и с разным наклоном относительно наблюдателя 1

Если объект удалится от наблюдателя (или наблюдатель удалится от объекта) на расстояние Δ относительно первоначального положения, то зрительный угол изменится:

$$\varphi_2 = \operatorname{arctg} \frac{l}{z_1 + \Delta}. \quad (2)$$

Из формул (1) и (2) следует, что зрительный угол не позволяет одновременно оценить размер объекта и расстояние до него.

Проблема восприятия размеров объектов дополнительно усложняется константностью восприятия человеком размеров объектов. Например, угловой размер читаемого Вами сборника уменьшится в 15 раз, когда Вы будете смотреть на сборник, лежащий на столе на расстоянии 5 м от Вас, по сравнению с тем, когда Вы держите сборник в руках на расстоянии 30 см от глаз. Это объясняется тем, что зрительный аппарат человека при анализе сетчаточных изображений не измеряет размеры изображения, построенного оптической системой глаза на сетчатке, а выполняет поиск и анализ ключевых признаков в элементах изображения и последующий синтез из них образов объектов на основе хранящихся в памяти зрительных ключевых признаков, выявленных и зафиксированных ранее в памяти. При этом ключевые признаки не зависят от размеров изображений объектов, поскольку иначе задача создания образов объектов становится невыполнимой. А для выстраивания трёхмерного представления окружающего мира важно не столько точное измерение размеров объектов, сколько оценка расстояний до них.

Известно (см., например, [8, 9]), что дополнительную информацию о расстоянии до объекта мозг получает из состояния мышц, управляющих сжатием хрусталика и вергенцией зрительных осей левого и правого глаза. Однако точность определения расстояния до объекта по этим параметрам низкая и данная информация может быть только второстепенной.

Полезную информацию о том, какие объекты ближе к человеку, а какие дальше, даёт окклюзия — ближний к человеку объект частично или полностью перегораживает объекты, находящиеся в том же направлении, но дальше. Окклюзия обрабатывается мозгом одновременно с синтезом мозгом образов объектов, даже если они видны только частично. Для точного формирования мозгом образа объекта весьма действенным является изменение ракурса наблю-

дения (изменение окклюзии и оглядывание объекта с разных направлений).

Человек — житель поверхности земли. Подавляющее большинство объектов, подвижных или нет, которые видит человек, находится на ней. Земля, как объект простирающийся во всех направлениях относительно человека, является связующим объектом между человеком и другими объектами.

В искусственно созданной среде обитания человека землю заменяют различные изготовленные им объекты, например: дороги, тротуары, мосты, настилы, полы в зданиях и т. д. Все они выполняют ту же роль для человека при пространственном восприятии им окружающей его действительности. Поэтому обработка окклюзии объектов является основным механизмом определения расстояний до объектов.

Стереоскопическое зрение при нормально функционирующем бинокулярном зрительном аппарате за счёт диспарации сетчаточных изображений позволяет точнее определять расстояния до объектов в пределах зоны Панума, а при перебрасывании взора с одного объекта на другой объект — выстраивать более точное пространственное представление окружающего видимого мира. Однако в данной статье стереоскопическое зрение не рассматривается, поскольку основная задача статьи — анализ восприятия зрителем глубины пространства в световых изображениях, изначально формируемых по одноракурсной технологии.

Теперь рассмотрим объекты, находящиеся не на земле, а, например, в воздухе. Рассмотренная выше связь объектов сохраняется, если эти объекты перекрывают или перекрываются объектами, находящимися на земле, но по высоте поднимающимися выше горизонта, например, деревья частично перекрывают наблюдателю летящих птиц или идущий на посадку самолёт. Если же человек смотрит на птицу, летящую высоко в безоблачном небе, то единственный способ определить расстояние до неё, это когнитивная оценка предполагаемых размеров птицы и учёт закона линейной перспективы. Такая оценка оказывается очень приблизительной и к тому же требующей наличия навыков устного счёта. Поэтому в большинстве таких случаев оценка расстояний до объектов делается на качественном уровне — далеко или близко находится птица.

Итак, размеры объекта определяют совместно с расстоянием до него зрительный угол и, следовательно, размеры изображения объекта на сетчатке. Для точного представления пространственного расположения объектов мозгу важны не сами размеры объектов, а правильные соотношения масштабов разноудалённых объектов в их сетчаточных изображениях.

РАЗМЕРЫ ОБЪЕКТОВ В ОПТИЧЕСКОМ ИЗОБРАЖЕНИИ

Оставив за пределами рассмотрения разнообразные технологии создания изображений (интересующимся рекомендуем посмотреть, например, [6]), рассмотрим только световые изображения, создаваемые для демонстрации зрителям (например, фотографии, кинофильмы, телефильмы, видеофильмы и т. д.).

Из теории оптических систем (см., например, базовые книги [1–3, 10, 11]) известно, что размер изображения l' объекта съёмки может быть определён формулой:

$$l' = \frac{lx'}{f'}, \quad (3)$$

где l — размер объекта съёмки, f' — фокусное расстояние объектива, x' — расстояние от задней фокальной точки объектива вдоль оптической оси до плоскости, в которой объектив формирует изображение этого объекта съёмки.

В результате несложных преобразований формулы (3), учитывая формулу Ньютона

$$xx' = f'^2 \quad (4)$$

и пренебрегая в расстоянии L_c от объекта съёмки до светочувствительного слоя плёнки или матрицы величиной x' поскольку $x' \ll L_c$, получаем

$$l' = \frac{lf'}{L_c - 2f' - x'} \approx \frac{lf'}{L_c - 2f'}. \quad (5)$$

Если тот же объект съёмки будет дальше от объектива на расстоянии Δ относительно первоначального положения, то его изображение будет меньше

$$l' = \frac{lf'}{L_c + \Delta - 2f'}. \quad (6)$$

Важно, что зрительный угол φ_1 фотографа или кинооператора при наблюдении за объектом съёмки будет таким же, как и у объектива, формирующего изображение этого объекта во время съёмки.

Согласно формулы Ньютона (4) объектив строит оптические изображения объектов в пространстве изображений, начиная от задней фокальной плоскости до бесконечности. Чтобы сократить габаритные размеры регистрирующего аппарата до разумных пределов, вводят ограничение на допустимое нахождение объектов съёмки относительно объектива. Чаще всего объекты недопустимо размещать к объективу ближе $10f'$. Тогда глубина пространства изображений сужается до $x' = [0, 0, 1f']$.

Поскольку регистрация оптического изображения осуществляется плоским светочувствительным слоем плёнки или матрицы, то на поверхности светочувствительного слоя происходит преобразование трёхмерного оптического изображения в двумерное [7]. В результате резко и без искажения масштаба записываются только те изображения, которые совпадают с поверхностью светочувствительного слоя. Изображения всех остальных объектов съёмки будут записаны с той или иной нерезкостью и с изменением их масштаба. Причём объекты, находящиеся в пространстве объектов съёмки дальше плоскости фокусировки, запишутся с большим размером, а объекты, расположенные ближе плоскости фокусировки, — с меньшим размером по сравнению с тем, которое строит объектив. Однако эти изменения размеров изображений объектов незначительны и в данном исследовании ими можно пренебречь.

Дополнительно отметим, что поскольку изображение фиксируется плоским светочувствительным слоем плёнки или матрицы, то его часто ошибочно называют плоским. В действительности изображение, получаемое по рассматриваемой технологии, не является плоским, о чём написано ниже.

ВОСПРИЯТИЕ ЗРИТЕЛЕМ РАЗМЕРОВ ОБЪЕКТОВ ПРИ ПРОСМОТРЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Для демонстрации зрителям фотографии её распечатывают или показывают на экранах мониторов, а фильмы и различные видео демонстрируют на экранах мониторов или на проекционных экранах. При этом размеры $l_{\text{дем}}$ демонстрируемых изображений объектов съёмки увеличивают в $\beta_{\text{пр}}$ раз:

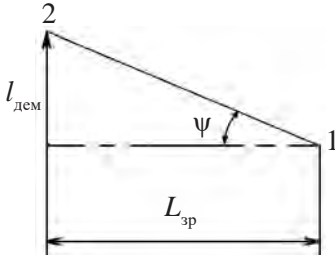


Рис. 3. Схема наблюдения зрителем 1 изображения, проецируемого на экран 2

$$l_{\text{дем}} = l' \beta_{\text{пр}} \quad (7)$$

Коэффициент увеличения $\beta_{\text{пр}}$ удобно определять как отношение ширины $b_{\text{экр}}$ изображения при его демонстрации к ширине $b_{\text{кадр}}$ кадра при съёмке:

$$\beta_{\text{пр}} = \frac{b_{\text{экр}}}{b_{\text{кадр}}}, \quad (8)$$

Подставляя (5) в (7), получаем зависимость размера $l_{\text{дем}}$ изображения объекта на экране при его демонстрации от размеров объекта l :

$$l_{\text{дем}} = \frac{l f' \beta_{\text{пр}}}{L_{\text{с}} - 2 f'} \quad (9)$$

Если глаза зрителя находятся на расстоянии $L_{\text{зр}}$ от фотографии или экрана, то аккомодация и конвергенция зрительных осей глаз производятся на расстояние $L_{\text{зр}}$ и зрительный угол наблюдения изображения объекта составит ψ (рис. 3).

Однако зритель воспринимает изображения объектов не в плоскости экрана, а в заэкранном пространстве.

Для проверки данного тезиса автором статьи проведены пилотные эксперименты, в которых приняли участие четыре группы студентов общим количеством 41 человек в возрасте от 18 до 22 лет. В ходе экспериментов студентам демонстрировали цветные изображения с помощью проектора на экране шириной 1 м. Эксперименты проводились в аудитории университета. Студенты сидели за столами на расстоянии от 2 до 6 м от экрана и письменно, без обсуждений отвечали на задаваемые им вопросы.

В первом эксперименте 41-му студенту была продемонстрирована фотография «Снежная прелестница» (рис. 4) и задан вопрос: «На каком расстоянии от плоскости экрана находится ёлка?».

Ни один из участников эксперимента не ответил, что изображение ёлки находится в плоскости экрана. Их численные ответы были разные — от 1 до 30 м. Важно, что все студенты восприняли ёлку в изображении находящейся в заэкранном пространстве. Среднее значение видимого расстояния от экрана до изображения ёлки составило 4 м. Таким образом, зритель воспринимает демон-

стрируемое ему изображение не на поверхности экрана, а в заэкранном пространстве. При этом демонстрируемое изображение зритель воспринимает как бы через окно, которым являются границы кадра, воспринимаемым им в плоскости экрана.

Значительный разброс названных испытуемыми расстояний от экрана до ёлки в её изображении объясняется несколькими причинами.

1. Как показано ранее, зрительный аппарат человека не измеряет расстояния до объектов.

2. Для человека фактор расстояния при выстраивании пространственного представления расположения в пространстве объектов является вторичным, производным.

3. Большинство людей не научено по зрительному восприятию объектов оценивать расстояния до них, они делают это очень приблизительно, чаще всего на качественном уровне — ближе, дальше.

Существенное отличие восприятия размеров и расстояний в изображениях объектов от восприятия реальных объектов заключается в том, что при рассматривании изображения, сформированного одним объективом, аккомодация и конвергенция зрительных осей не изменяются и определяются расстоянием $L_{зр}$. Только взор постоянно перемещается по рассматриваемому изображению.

В изображении глубину пространства зритель воспринимает* по таким признакам как окклюзия, линейная перспектива,



Рис. 4. Фотография «Снежная престелница»

* Подчеркнём, что зритель воспринимает трёхмерное пространство в изображении, но оно отличается от того, как видел объекты съёмки фотограф или кинооператор в момент съёмки. Различие вызвано разными причинами, среди которых константность восприятия формы и размеров объектов. С одной из гипотез объяснения константности восприятия формы объектов можно познакомиться в [4, 5].

*а)**б)*

Рис. 5. Фотография улицы Симановского города Костромы: *а* — исходная фотография, *б* — фотография улицы с добавлением справа автомобиля, скопированного с автомобиля вдали в центре улицы

расположение объектов относительно горизонта и т. д. Это наглядно иллюстрирует фотография улицы Симановского города Костромы (рис. 5, *а*). Мозг выстраивает представление о размерах и пространственном расположении объектов, согласуя каждый объект с непосредственно окружающими его объектами. На рис. 5, *б* видно как автомобиль в глубине улицы, воспринимаемый зрителем как нормальных размеров, скопированный и размещён-

ный возле правого тротуара на переднем плане, сразу превращается в брошенную игрушку. Именно так увидели добавленный автомобиль на рис. 5, б все студенты, участвовавшие в экспериментах.

Если предположить, что основным фактором восприятия размеров и расстояний в изображении является окклюзия, то в случае не перекрытия двух объектов, когда между ними в изображении будет, например, далёкий фон, зритель не сможет определить, что к нему ближе. Поэтому в следующем эксперименте 27 студентам была продемонстрирована фотография, приведённая на рис. 6, и задан вопрос «Что к Вам ближе: ветви дерева в левом верхнем углу фотографии или трава на берегу реки в правом нижнем углу?».

11 студентов из 27 ответили, что ветви дерева ближе, чем трава на берегу реки; 12 студентов — ветви дерева дальше, чем трава; 4 студента были уверены, что трава и ветви дерева находятся на одинаковом расстоянии от проекционного экрана (в статье — от бумаги страницы сборника, на котором напечатана фотография). Полученный результат в данном исследовании может быть объяснён не только отсутствием окклюзии, но и тем, что ветви и трава одновременно не попадают в зрительный угол, определяемый угловыми размерами фовеа, и для того, чтобы ответить на вопрос, испытуемые постоянно перебрасывали свой взор на разные участки демонстрируемого им изображения, т. е. рассматривали их не одновременно, а последовательно.

Для того, чтобы оценить как влияет окружение объекта в изображении на восприятие зрителем расстояния до него, 41 студенту была продемонстрирована фотография часовни, приведён-



Рис. 6. Фотография «Закат»



а)

б)

Рис. 7. Фотография часовни: *а* — исходная фотография, *б* — фрагмент фотографии, увеличенный до размеров исходной фотографии

ная на рис. 7, *а*. Разброс ответов студентов неожиданно оказался значительным — от 3 м до 1,5 км. Средняя оценка расстояния от плоскости экрана до часовни из ответов испытуемых составила 175 м.

После этого часовня была вырезана из фотографии и увеличена до размеров фотографии на рис. 7, *а*, при этом линейные размеры изображения часовни увеличились в 2,5 раза по сравнению с исходными. Из кадра ушли изображения объектов, расположенных ближе часовни (сравни рис. 7, *а* с рис. 7, *б*). Испытуемые при демонстрации им рис. 7, *б* оценили расстояние от плоскости экрана до часовни по-разному: от 1 до 500 м. Среднее значение составило 29 м, что в 6 раз меньше среднего воспринимаемого расстояния в предыдущей фотографии на рис. 7, *а*.

Причина визуального приближения часовни к зрителю может быть не только в отсутствии объектов переднего плана, но и в увеличении размеров изображения часовни.

Поэтому был проведён дополнительный эксперимент. 17 студентам был показан цветок «белокрыльник» с передним и задним планом (рис. 8). Затем им были продемонстрированы без изменения масштаба фрагмент цветка с задним планом (рис. 9, *а*) и фрагмент цветка с ближним планом (рис. 9, *б*). Студентам предлагалось

указать видимое ими расстояние от плоскости экрана, на котором им демонстрировались изображения, до цветка.

В ходе обработки ответов студентов получены следующие результаты:

— все 17 студентов указали на наличие в восприятии ими расстояния от плоскости экрана до цветка;

— 3 студента (18% от участвовавших в эксперименте) не увидели разницы в расстояниях до цветка в трёх демонстрируемых им фотографиях;

— 7 студентов (50% из студентов, воспринявших разницу в расстояниях) уверенно указали, что цветок виден ближе во фрагменте на рис. 9, а;

— 3 студента (21% из 14 студентов) ответили, что видят цветок ближе во фрагменте, показанном на рис. 9, б;

— 4 студента (29% из 14 студентов) посчитали, что цветок ближе к экрану в полном изображении (рис. 8).



Рис. 8. Фотография цветка «белокрыльник»



а)

б)



Рис. 9. Фрагменты фотографии цветка «белокрыльник»: а — с дальним планом, б — с ближним планом

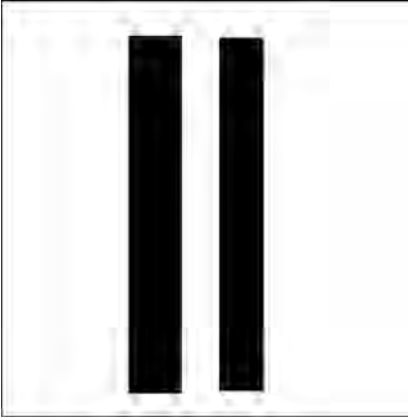


Рис. 10. Две полосы в изображении

пространства, кроме размеров изображений объектов. Для этого было подготовлено изображение двух не пересекающихся чёрных полос на белом фоне (рис. 10). Правая полоса меньше левой по ширине на 20% и по высоте — на 1%. Это изображение было продемонстрировано 41 студенту, которым был задан вопрос: «На каком расстоянии от плоскости экрана Вы воспринимаете демонстрируемые Вам полосы?». На этот вопрос 24 студента (60% от участвовавших в эксперименте) ответили, что левая полоса ближе к экрану, 17 студентов (40%) восприняли полосы на одинаковом расстоянии от экрана. Примечательно, что ни один студент не ответил, что правая полоса ближе.

Тогда изображение было усложнено добавлением третьей полосы (рис. 11): левая и правая полосы одинаковые, а центральная полоса по ширине больше на 30%, но меньше по высоте на 1%.

Изображение с тремя полосами также было продемонстрировано тем же студентам, которые дали следующие ответы:

— видимое расстояние от плоскости экрана до полос одинаковое (17 ответов, 41% от всех ответов);

Таким образом, мнения студентов существенно разделились, только 7 студентов из 17 участвовавших в эксперименте (41%) увидели, что расстояние от экрана до цветка «белокрыльник» меньше на фотографии цветка с дальним планом (см. рис. 9, а).

Для уточнения полученных результатов был проведён эксперимент с изображениями, в которых отсутствуют какие-либо другие признаки глубины

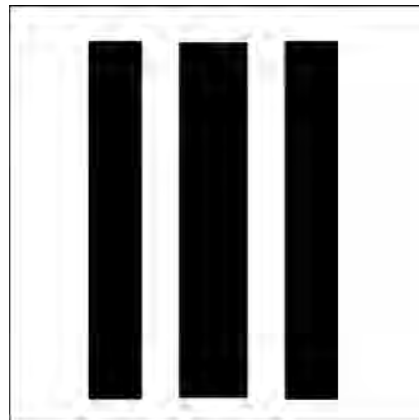


Рис. 11. Три полосы в изображении

- центральная полоса ближе, чем боковые (14 ответов, 34%);
- центральная полоса дальше, чем боковые (8 ответов, 20%);
- центральная полоса и правая полоса на одинаковом расстоянии, левая дальше (1 ответ, 2,5%);
- центральная полоса и левая полоса на одинаковом расстоянии, правая дальше (1 ответ, 2,5%).

Итак, только в двух ответах (5% из 41 ответа) испытуемые восприняли левую и правую полосы на разных расстояниях от плоскости экрана. Возможно, это потому, что студенты в эксперименте сидели на разном расстоянии от экрана и смотрели на экран под разными углами. Во всех остальных ответах (95%) сказано, что левая и правая полосы удалены одинаково от плоскости экрана.

В восприятии расстояния до центральной полосы выявить статистическую определённую не удалось.

Полученные в ходе экспериментов данные и анализ их причин требуют дальнейших исследований, но уже сейчас они позволяют сделать вывод, что зритель воспринимает изображение не в плоскости экрана, а в заэкранном пространстве (рис. 12). При этом информация о величине смещения Δ_B изображения в заэкранное пространство в сетчаточных изображениях отсутствует, она определяется мозгом при формировании им образа окружающего пространства на основе сетчаточных изображений и ключевых признаков объектов, хранящихся в памяти. Как показали проведённые пилотные исследования, величина Δ_B зависит как от содержания кадра, так и от субъективности зрителя, поэтому математически в рамках теории оптических систем описана быть не может. Это работа когнитивных процессов, учитывающих закон линейной

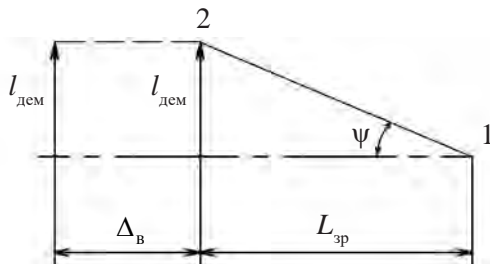


Рис. 12. Схема восприятия зрителем 1 изображения объекта размером $l_{дем}$, проецируемого на экран 2, в заэкранном пространстве

перспективы и окклюзии, позволяющие мозгу выстроить глубину пространства и расположение в нём образов объектов по их сетчаточным изображениям при просмотре зрителем изображений реальных объектов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На вопрос «визуальное изображение двумерное или трёхмерное?» часто следует ответ, что оно двумерное (молодёжь говорит: 2D). Но это не так. Отвечающие путают форму поверхности, на которой демонстрируется изображение зрителю, с размерностью пространства в самом изображении. Форма экрана, с помощью которого показывается изображение (например, лист бумаги, на котором напечатана фотография) чаще всего имеет форму плоскости или близкую к ней. Но это не означает, что изображение плоское. Посмотрите на рис. 4–9. Разве изображения на фотографиях плоское, двумерное? Нет, зритель видит изображённые на фотографиях объекты в трёхмерном пространстве, видит, какие объекты ближе к нему, а какие дальше. Аналогично при просмотре кинофильмов и телефильмов. В этом ему помогают монокулярные признаки глубины пространства.

Главный из них — окклюзия. Поскольку объекты занимают всё пространство объектов, попадающих в кадр, то всегда какие-то из них в разной степени загораживают другие, из чего следует, что загороженные объекты находятся дальше от точки съёмки, а значит и от зрителя, когда он будет рассматривать изображение.

Второй существенный признак, связанный с окклюзией, это расположение объектов относительно горизонта в изображении. Например, листья белокрыльника на поверхности воды находятся ближе к нижнему краю фотографии, т. е. дальше от горизонта, по сравнению с листом, поднимающимся над поверхностью воды, и поэтому листья на поверхности воды воспринимаются зрителем расположенными ближе, чем лист над водой и цветок (см. рис. 8).

Третий признак связан с линейной перспективой, в соответствии с которой чем дальше объект, тем меньше его размер в изображении (см. рис. 5).

Четвёртый — окружение изображения объекта изображениями других объектов в фотографии. Так, часовня на рис. 7, б воспринимается зрителем существенно ближе, чем на рис. 7, а.

Основной результат проведённого исследования — доказательство существования фактологической особенности восприятия зрителем виртуального трёхмерного пространства в изображении, заключающейся в том, что зритель воспринимает виртуальное пространство в изображении находящимся в заэкранном пространстве, причём виртуальное пространство в изображении отодвинуто от экрана, зритель смотрит на него как бы через окно, границы которого составляют края кадра на экране.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Бибчук Л. Г., Богачев Ю. В., Заказнов Н. П., Комраков Б. М., Михайловская Л. И., Шапочкин Б. А.* Прикладная оптика: Учебное пособие / под ред. Н. П. Заказнова. 3-е изд., стер. Санкт-Петербург : Лань, 2009. 320 с.

2. *Бегунов Б. Н., Заказнов Н. П., Кирюшин С. И., Кузичев В. И.* Теория оптических систем. Учебник для вузов / 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Машиностроение, 1981. 432 с.

3. *Волосов Д. С.* Фотографическая оптика: (Теория, основы проектирования, оптические характеристики). Учебное пособие для киновузов / 2-е изд. Москва : Искусство, 1978. 543 с.

4. *Раев О. Н.* Восприятие формы реального объекта и формы объекта в его фотографическом изображении // Инновационные технологии в кинематографе и образовании: VI Международная научно-практическая конференция, Москва, 16–18 октября 2019 г.: Материалы и доклады / под общей редакцией О. Н. Раева. Москва : ИПП «КУНА», 2020. С. 177–188.

5. *Раев О. Н.* Восприятие человеком формы предметов // Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе, науке, образовании и в других областях: XI Международная научно-практическая конференция, Москва, 18–19 апреля 2019 г.: Материалы и доклады / под общей редакцией О. Н. Раева. Москва : ИПП «КУНА», 2019. С. 51–64.

6. *Раев О. Н.* Понятийная область термина «объёмное изображение» // Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе и других областях: IX Международная научно-практическая конференция, Москва, 17–18 апреля 2017 г.: Материалы и доклады. Москва : ВГИК, 2017. С. 29–40.

7. Раев О. Н. Преобразование трёхмерного оптического изображения, формируемого объективом, в двумерное на поверхности светочувствительного слоя при фото- и киносъёмке // Инновационные технологии в кинематографе и образовании: V Международная научно-практическая конференция, Москва, 12–13 ноября 2018 г.: Материалы и доклады / под общей редакцией О. Н. Раева. Москва : ИПП «КУНА», 2019. С. 56–72.

8. Рожкова Г. И., Николаев П. П. Восприятие объёмной формы объектов и их расположения в трёхмерном пространстве // Стереозрение человека и стереотехнологии. Методическое пособие / под ред. Г. И. Рожковой. Москва : КУНА, 2022. С. 9–23.

9. Рок И. Введение в зрительное восприятие: Книга 1 / пер. с англ. / под ред. Б. М. Величковского, В. П. Зинченко. Москва : Педагогика, 1980. 312 с.

10. Слюсарев Г. Г. Методы расчёта оптических систем / изд. 2-е, доп. и перераб. Ленинград : Машиностроение, 1969. 672 с.

11. Турыгин И. А. Прикладная оптика. Геометрическая оптика и методы расчёта оптических схем. Москва : Машиностроение, 1965. 362 с.

Oleg N. Raev

DIMENSIONS OF OBJECTS AND THEIR IMAGES AS A CHARACTERISTIC OF THE SUBJECT'S PERCEPTION OF DEPTH OF SPACE

Oleg N. Raev, PhD (Engineering), assistant professor

E-mail: ncenter@list.ru

Leonov University of Technology,

Sergiev Posad branch of the All-Russian State University

of Cinematography named after S. A. Gerasimov,

Institute of Philosophy, Russian Academy of Sciences

The article presents the results of a pilot study that showed that although the optical image is formed by a three-dimensional lens during shooting, but is converted into a two-dimensional image during recording, it retains attributes of depth of space in the form of occlusion of objects; spatial perspective changes in the sizes of objects at different distances from the lens; removal of images of objects from the horizon in the frame; the degree of different

distances of objects, the images of which were included in the frame during shooting.

It is shown that the viewer perceives the virtual space in the image as being in the physical space behind the screen, and the virtual space in the image is moved away from the screen, the viewer looks at it as if through a window, the boundaries of which are the edges of the frame on the screen.

Key words: visual perception, sizes of objects in their image, distances between objects in the image, shooting, linear magnification, depth of space in the image, three-dimensional perception of images by the viewer, occlusion, linear perspective.

REFERENCES

1. Bebchuk L. G., Bogachev Yu. V., Zakaznov N. P., Komrakov B. M., Mikhailovskaya L. I., Shapochkin B. A. *Prikladnaya optika: Uchebnoe posobie / pod red. N. P. Zakaznova. 3-e izd., ster.* St. Petersburg : Lan', 2009. 320 p.

2. Begunov B. N., Zakaznov N. P., Kiryushin S. I., Kuzichev V. I. *Teoriya opticheskikh sistem. Uchebnik dlya vuzov / 2-e izd., pererab. i dop.* Moscow : Mashinostroenie, 1981. 432 p.

3. Volosov D. S. *Fotograficheskaya optika: (Teoriya, osnovy proektirovaniya, opticheskie kharakteristiki). Uchebnoe posobie dlya kinovuzov / 2-e izd.* Moscow : Iskusstvo, 1978. 543 p.

4. Raev O. N. *Vospriyatie formy real'nogo ob"ekta i formy ob"ekta v ego fotograficheskom izobrazhenii // Innovatsionnye tekhnologii v kinematografe i obrazovanii: VI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, Moscow, 16–18 October 2019 : Materialy i doklady / pod obshchei redaktsiei O. N. Raeva. Moscow : IPP "KUNA", 2020. P. 177–188.*

5. Raev O. N. *Vospriyatie chelovekom formy predmetov // Zapis' i vosproizvedenie ob"emnykh izobrazhenii v kinematografe, nauke, obrazovanii i v drugikh oblastiakh: XI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, Moscow, 18–19 April 2019 : Materialy i doklady / pod obshchei redaktsiei O. N. Raeva. Moscow : IPP "KUNA", 2019. P. 51–64.*

6. Raev O. N. *Ponyatiinaya oblast' termina "ob"emnoe izobrazhenie" // Zapis' i vosproizvedenie ob"emnykh izobrazhenii v kinematografe i drugikh oblastiakh: IX Mezhdunarodnaya nauchno-*

prakticheskaya konferentsiya, Moscow, 17–18 April 2017 : Materialy i doklady. Moscow : VGIK, 2017. P. 29–40.

7. Raev O. N. Preobrazovanie trekhmernogo opticheskogo izobrazheniya, formiruемого ob”ektivom, v dvumernoe na poverkhnosti svetochuvstvitel’nogo sloya pri foto- i kinos”emke // Innovatsionnye tekhnologii v kinematografe i obrazovanii: V Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, Moscow, 12–13 November 2018 : Materialy i doklady / pod obshchei redaktsiei O. N. Raeva. Moscow : IPP “KUNA”, 2019. P. 56–72.

8. Rozhkova G. I., Nikolaev P. P. Vospriyatie ob”emnoi formy ob”ektov i ikh raspolozheniya v trekhmernom prostranstve // Stereozrenie cheloveka i stereotekhnologii. Metodicheskoe posobie / pod red. G. I. Rozhkovoi. Moscow : KUNA, 2022. P. 9–23.

9. Rok I. Vvedenie v zritel’noe vospriyatie: Kniga 1 / per. s angl. / pod red. B. M. Velichkovskogo, V. P. Zinchenko. Moscow : Pedagogika, 1980. 312 p.

10. Slyusarev G. G. Metody rascheta opticheskikh sistem / izd. 2-e, dop. i pererab. Leningrad : Mashinostroenie, 1969. 672 p.

11. Turygin I. A. Prikladnaya optika. Geometricheskaya optika i metody rascheta opticheskikh skhem. Moscow : Mashinostroenie, 1965. 362 p.

Часть II. ТЕХНИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ

УДК 778.534.1+681.7.01

ББК: 22.34+30у

Бирючинский С. Б., Чураев С. О.

МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ ДЛЯ 3D-СПЕКТРОСКОПИИ, ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Бирючинский Сергей Борисович, кандидат физико-математических наук, профессор

SPIN-код: 7898-1485, ORCID: 0000-0001-9889-2438

E-mail: sbiruchinsky@optica4d.com

Vigitek Inc. (США)

Чураев Сергей Олегович, кандидат технических наук

SPIN-код: 4770-7528, ORCID: 0000-0002-7668-4141

E-mail: sergey.churayev.76@gmail.com

R&D Group OPTICA4D (Республика Казахстан)

Рассмотрены и классифицированы некоторые варианты методов и приборов для 3D-спектроскопии. Проведено сравнение различных методик спектроскопии, применяемых на практике. Приведены примеры аппаратного обеспечения 3D-спектроскопии и даны практические рекомендации для достижения наилучших потребительских характеристик приборов. Проведена оценка перспектив развития различных направлений в 3D-спектроскопии, в том числе, в космической отрасли.

Ключевые слова: фотоника, лазер, телекоммуникации, криптография, оптика, телескоп, изобретение, изобретательская задача, оптическая система, спектроскопия, астрономия.

Спектроскопия как наука зародилась в 1671 г. (Isaac Newton. Draft of «A Theory Concerning Light and Colors»), была существенно усилена работами Волластона (1802 г., обнаружение тёмных линий в солнечном спектре), Фурье (1822 г., работа «Аналитическая теория тепла») и окончательно сформировалась к 1860 г. (Gustav Kirchhoff, Robert Bunsen. Chemical Analysis by Observation of Spectra / Engl. translation from Annalen der Physik und der Chemie (Poggendorff). Vol. 110 (1860)). В данной работе мы рассматриваем некоторые виды спектроскопии (показаны на рис. 1) и их аппаратные реализации, причём применительно к термину «3D». В связи с динамичным и нелинейным развитием видов и методов спектроскопии в литературе возник существенный полиморфизм самого термина «3D» применительно к данной отрасли науки. Можно также встретить термины 4D и 5D (например, ультразвуковой аппарат Samsung HS60 + Модуль 5D Heart Color, или технология 5D оптической записи), однако часто (но не всегда) их можно рассматривать как подмножество 3D (т. е. 3D + опции). Применительно



Рис. 1. Виды спектроскопии

к рис. 1 термин 3D также может иметь существенные различия в толковании в зависимости от вида спектроскопии. Существуют и другие виды спектроскопии (например, ультразвуковая, масс и т. д.), рассмотрение которых выходит за рамки данной статьи.

Магнито-резонансная спектроскопия (МРС) позволяет исследовать спектры ядерного магнитного резонанса различных химических элементов. Исследования проводятся на магнитно-резонансных томографах (МРТ), причём желательное применение высокопольных инструментов (3 Тл для рутинных исследований, до 11 Тл для экспериментальных целей). Соответственно, существует классификация по исследуемому химическому элементу (например, ^1H , ^{13}C и т. д.), позволяющая уточнять химический состав среды (в данной точке, плоскости, объёме), в том числе структуры сложных молекул. МРС делится на виды: корреляционную спектроскопию (COSY), J-спектроскопию, обменную спектроскопию (EXSY), ядерную спектроскопию с эффектом Оверхаузера (NOESY) и т. д. Наибольший практический интерес в медицине представляет протонная МРС (см., например, [3]).

3D МРС является логическим продолжением развития технологий одновоксельной МРС (как правило исследуется до 8 см^3 материала), 2D МРС (работает со срезами большой площади до 2 см толщиной). Набор из 2D-срезов МРС с последующей математической обработкой можно представить как 3D, но здесь правильнее говорить о 2D+МРС, так как пропорционально количеству срезов увеличивается общее время сканирования. Под истинным 3D МРС следует понимать метод одновременного (за одно сканирование) получения результата сразу от большого объёма исследуемого материала, причём для этого используются дополнительные градиенты сразу по трём координатным осям для выравнивания поля в зоне исследования.

Развитие данного направления науки неразрывно связано с развитием вычислительной техники, что и позволило в настоящее время создавать многовоксельные (64 и более) томографы для 3D МРС. Некоторые из вычислительных методов и устройств, предложенных авторами данной статьи [1, 4], могут применяться и в разработке как новых 3D МРС, так и в улучшении старых (некоторые схемотехнические решения могут применяться и в спектроскопии электронного парамагнитного резонанса). Так, например нами

предложены некоторые варианты многоканальных катушек (располагаются на пациенте во время исследования), которые позволяют существенно увеличить разрешающую способность методов МРТ (на томографе 1,5 Тл можно получить результат некоторой области сопоставимый с томографом 3 Тл). С возможностью динамической перестройки катушек в реальном времени разрабатываемые нами изделия позволят существенно повысить разрешение в пределах небольших зон исследования, что актуально, например, для исследования патологий гипофиза и других.

Эффект резонансного излучения или поглощения монохроматических гамма-квантов атомным ядром без отдачи (отсутствие изменений колебательной энергии), открытый в 1958 г. Рудольфом Мёссбауэром, положил начало новому виду спектроскопии, называемому в литературе по имени его первооткрывателя или методом ядерного гамма-резонанса [7]. Эффект Мёссбауэра имеет квантовомеханическую природу, и для его корректной работы необходимы так называемые мёссбауэровские изотопы (известно 87 таких изотопов 46 элементов, соответственно применяемый изотоп и определяет подвид метода). Данный эффект не наблюдается в газах, но широко применяется в биологических исследованиях, минералогии и др. для определения характера химических связей. Метод позволяет исследовать такие сложные структуры как белки (например, железосодержащие группы), что может позволить осуществлять экспресс-диагностику некоторых патологий.

Существуют различные разновидности мёссбауэровских спектрометров (например, абсорбционный метод), но общими для них являются наличие радиоактивного источника (перемещается колебательно к образцу и обратно), системы коллимации, образца и детектора гамма-излучения. И источник, и образец должны содержать один из мёссбауэровских изотопов. Метод является настолько чувствительным, что он позволил в 1960 г. наблюдать и измерить гравитационное красное смещение, предсказанное общей теорией относительности Эйнштейна, на дистанции всего в 22,5 м по вертикали в поле тяготения Земли (эксперимент Паунда и Ребки). В литературе, применительно к спектроскопии можно увидеть термин $3d$ [7], и он не имеет никакого отношения к термину $3D$. $3d$ относится к обозначению электронных орбиталей. Тем не менее, применительно к мёссбауэровской спектроскопии существует воз-

возможность построения приборов для исследований в 3D (3 координаты, либо две пространственные плюс одна временная).

Большую практическую значимость имеет спектроскопия рассеяния (см. рис. 1), особенно такие её подвиды как Рамановская и фотонная корреляционная. Современная Рамановская спектроскопия существует как в 2D-, так и в 3D-вариантах (см., например, [6]).

Фотонная корреляционная спектроскопия основана на анализе временной автокорреляционной функции интенсивности рассеянного излучения и требует когерентного лазерного источника. Соответственно сравнивая различные подвиды спектроскопии рассеяния, можно обнаружить некоторую общность в численно-аналитических методах, применяемых для разработки конкретных видов приборов (разработка лазеров, систем лазерной оптики, разработка алгоритмов и аппаратной части системы обработки сигналов и т. д.). Авторами данной статьи были реализованы некоторые проекты оптико-электронных изделий, применяемых как в 3D Рамановской, так и в фотонная корреляционной спектроскопии.

Фотоэлектронная спектроскопия позволяет получить информацию о строении вещества путём измерения энергетических спектров электронов исследуемого вещества, выбиваемых фотонами (как правило, УФ и рентгеновский диапазон) в процессе фотоэлектронной эмиссии. Данный вид спектроскопии также возможно исполнить в 3D-варианте, однако на практике с этим могут появиться значительные сложности. Необходимо применение высокотехнологичных электронных компонентов и алгоритмо-цифровых решений для достижения хороших результатов. Некоторые из таких решений представлены авторами данной статьи в [1, 4].

Оптическая спектроскопия (см, например, [2, 5, 8–10]) рассматривается в данной работе как единый вид независимо от предмета исследования (эмиссионная, абсорбционная, ИК, УФ и т. д.) и частотного диапазона. Это связано с общностью применяемых методов спектральной селекции излучения, а также процессов решения изобретательской задачи (не путать с ТРИЗ – мошеннической методологией) и разработки изделий.

Основные методы спектральной селекции излучения показаны на рис. 2. По понятным причинам мы не можем показать некоторые другие методы спектральной селекции излучения и разработки на их основе. Применительно к термину «3D» здесь возможен раз-



Рис. 2. Методы спектральной селекции излучения

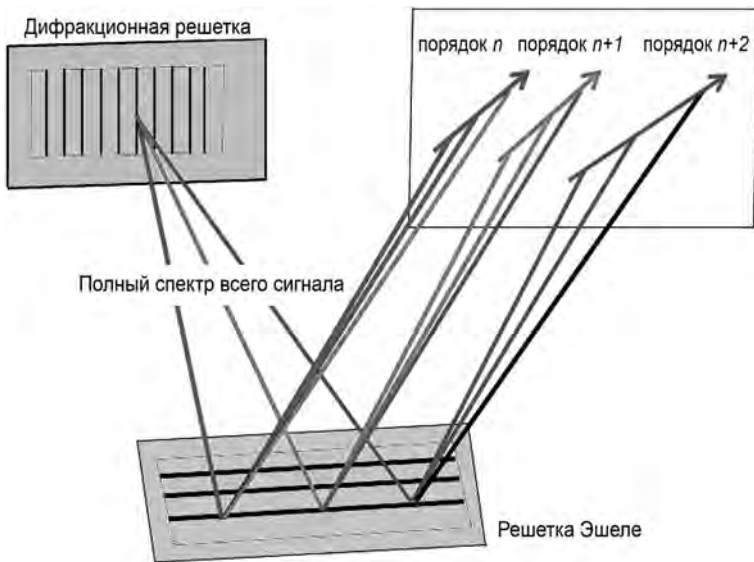


Рис. 3. Схема перекрестной дисперсии дифракционной решётки и решётки Эшелле.

личный полиморфизм. Так, например говорить о 3D не следует в системах с объективной призмой или им подобных (независимо от расположения призмы в параллельном ходе лучей). Однако некоторые системы получения спектра с необходимой несимметричной пространственной ориентацией оптических компонентов могут в своём наименовании включать «3D». Например, схема, показанная на рис. 3 (позволяет получить спектр в виде набора строк) может относиться к 3D-спектроскопии, особенно если под третьей «осью» понимать время.

У каждого из методов рис. 2 есть сильные и слабые стороны (поглощение рабочими оптическими средами, рассеяние света в нерабочие дифракционные порядки и т. д.), область применения и методики расчётов, кроме того, возможны их комбинации в одном приборе. Некоторые из таких комбинаций показаны на рис. 4. На-

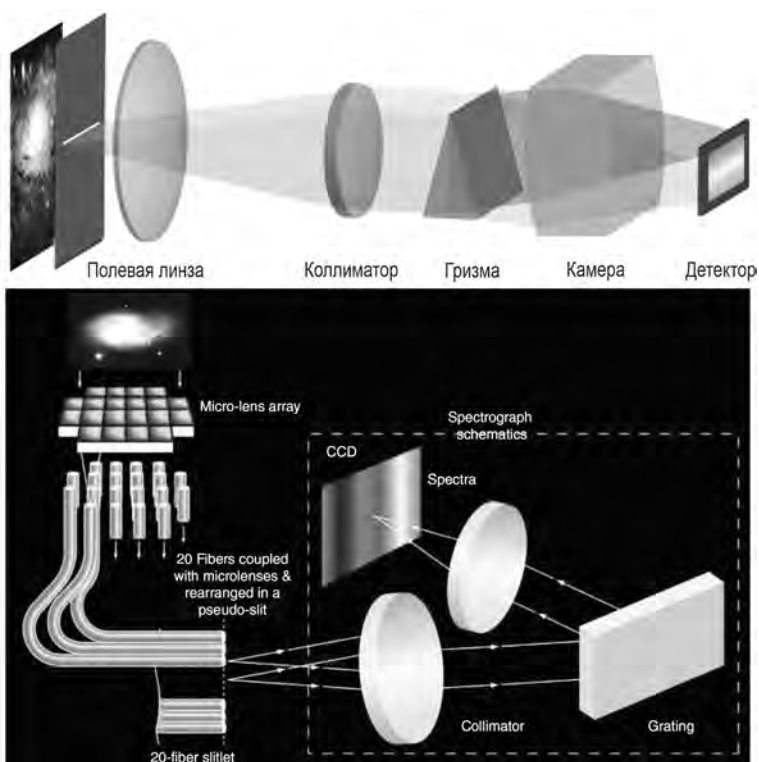


Рис. 4. Некоторые комбинируемые методы спектральной селекции.

пример широко известны призмы, одна из поверхностей которых является дифракционной решеткой (в общем случае с наклонными штрихами), в литературе именуемые «гризмиами». Возможны также комбинации с системами волоконной и матричной оптики, широко применяемые в астрономии [5, 10].

Помимо достижения необходимой спектральной разрешающей способности прибора необходимо оптимизировать также массогабаритные характеристики, баланс между себестоимостью (зависит от многих факторов, в том числе и от серийности) и результативностью (прибыль, надёжность и т. д.), простота и возможность обслуживания, совместимость с другими приборами. Для систем космического применения накладываются дополнительные ограничения по применяемым материалам и технологиям и накладываются новые требования по механической устойчивости, склонности к разъюстировке и т. д. В дополнение к необходимости решения задач оптимизации по абберационным критериям аналогичным задачам разработки объективов, в спектральных приборах могут присутствовать некоторые специфические aberrации, присущие только им и вносящие противоречия в баланс между себестоимостью и разрешающей способностью системы. Авторам данной статьи успешно разрешаются подобные противоречия не только в области построения оптимальных оптических систем, но по части оптико-электронных решений.

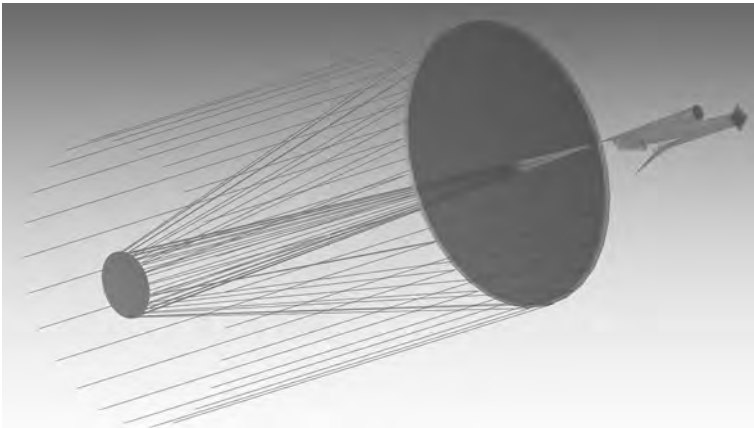


Рис. 5. Эшелле-спектрограф в составе зеркального телескопа

На рис. 5 частично показан ранний вариант Эшелле-спектрографа (часть блока спектрографов) в составе зеркального телескопа, в последствии оптимизированный автором данной статьи. Данный проект является основной частью международной космической обсерватории «Спектр-УФ» (World Space Observatory — Ultraviolet, сокр. WSO-UV), был задуман ещё в начале 1990-х годов, но в силу общего распада и неэффективности (главным образом – неэффективная модель распределения финансов) отечественной оптико-электронной промышленности может быть запущен не ранее 2030 г. Основным компонентом обсерватории является зеркальный телескоп системы Ричи — Кретьена (оптимизированный под заданное поле зрения) с диаметром главного зеркала 1,7 м и фокусным расстоянием 17 м (поле зрения около 30 угловых минут). Заявленный спектральный диапазон работы телескопа составляет 100–900 нм, однако наибольший интерес представляет блок спектрографов УФ диапазона: спектрографы высокого разрешения: 110–176 нм и 174–310 нм (разрешающая сила 50000), а также спектрограф с длинной щелью 102–310 нм (разрешающая сила 1000).

Одними из наиболее светосильных спектральных приборов, применяемых в астрономии, являются устройства с объективной призмой. Метод позволяет получить одновременно спектры всех светил, попадающих в поле зрения телескопа, но с относительно невысоким разрешением (для высокого разрешения необходим переход, например, к системам с микролинзовым растром и волоконной доставкой, как показано на рис. 4). Традиционно спектральная призма имеет малый угол и устанавливается в параллельном ходе лучей телескопа, что часто создаёт проблемы особенно для крупных инструментов (требуется внесение изменения в существующую оптическую схему телескопа и т. д.). Авторами данной статьи был разработан и успешно протестирован вариант устройства с объективной призмой, но не требующий параллельного хода лучей и не требующий внесения изменений в существующую оптическую схему телескопа. Изначально изделие проектировалось для 75-см телескопа системы Ричи — Кретьен астрономической обсерватории Кёнхи (Республика Корея), но может быть легко переконструировано для многих телескопов больших диаметров (например, для 5 м телескопа имени Джорджа

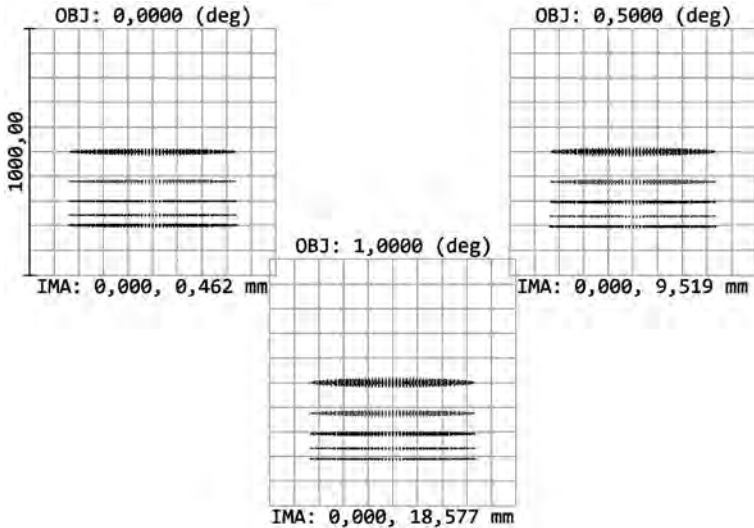


Рис. 6. Результаты расчёта экспериментального 3D-спектрографа для сходящегося пучка лучей

Хейла, США). Рис. 6 иллюстрирует результаты расчёта экспериментального 3D-спектрографа для сходящегося пучка лучей, причём полученное спектральное разрешение является достаточным для определения спектрального класса звёзд и некоторых других приложений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Перспективы развития и внедрения разработок методов и приборов для 3D-спектроскопии неразрывно связаны с динамикой прогресса в смежных отраслях, таких как микроэлектроника, оптико-механическая промышленность, прикладная математика и др. Это накладывает определённые ограничения на развитие данной отрасли в Российской Федерации и несмотря на некоторые точечные достижения, в целом, результат прогностически значительно неблагоприятный. Тем не менее, авторы данной статьи готовы принять участие в разработке некоторых отечественных высокотехнологичных компонентов систем 3D-спектроскопии различных видов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Бирючинский С. Б., Чураев С. О.* Алгоритмы и аппаратная реализация систем искусственного интеллекта для образовательного процесса // Искусственный интеллект и математика в образовании. Москва : ИПП «КУНА», 2024. С. 200–213.
2. Вестник НПО им. С. А. Лавочкина /под ред. д. т. н., проф. К. М. Пичхадзе. 2014. № 5 (26). 124 с.
3. *Тюрина А. Н., Пронин И. Н., Фадеева Л. М., Баталов А. И., Захарова Н. Е., Подопроизгора А. Е., Шульц Е. И., Корниенко В. Н.* Протонная 3D-MР-спектроскопия в диагностике глиальных опухолей головного мозга // Медицинская визуализация. 2019. № (3). С. 8–18. DOI: 10.24835/1607-0763-2019-3-8-18.
4. *Чураев С. О.* Метод реверсивной случайной выборки для измерения с пикосекундным разрешением времени задержки в элементах интегральных схем // Приборостроение. 2012. № 10. С. 84–88.
5. *Bacon R., Monnet G.* Optical 3D-Spectroscopy for Astronomy by. MRS Bulletin. 2018. No 43(10). P. 801-801. DOI: 10.1557/mrs.2018.250.
6. *Czamara K.* Unsaturated lipid bodies as a hallmark of inflammation studied by Raman 2D and 3D microscopy // Sci. Rep. 2017. No 7. P. 40889. DOI: 10.1038/srep40889.
7. *Dale B. W.* 3d Wavefunctions in 57Fe Mössbauer Spectroscopy // J. Chem. Phys. 1 May 1972. No 56 (9). P. 4721. DOI: 10.1063/1.1677929.
8. *Larive M., Jezequel G., Landesman J. P., Solal F., Nagle J., Lépine B., Taleb-Ibrahimi A., Indlekofer G., Marcadet X.* Photoelectron spectroscopy study of Ga 3d and As 3d core levels on MBE-grown GaAs surfaces // Surface Science. 1994. Vol. 304. Issue 3. P. 298–308.
9. *Li J., Xiao C., Dezheng D., Yunshu G., Min L., Genxiang C.* Tunable Fiber Laser with High Tuning Resolution in C-band Based on Echelle Grating and DMD Chip // Micromachines 102019. No 1. P. 37. DOI: 10.3390/mi10010037.
10. *Mediavilla E., Arribas S., Roth M., Cepa-Nogué J., Sánchez F.* 3D Spectroscopy in Astronomy. Cambridge : University Press, 2010.

Biryuchinskiy S. B., Siarhei O. Churayeu

**METHODS AND DEVICES FOR 3D SPECTROSCOPY,
DEVELOPMENT EXPERIENCE AND PRACTICAL
RESULTS**

Biryuchinskiy S. B. Biryuchinskiy, PhD, Prof.

E-mail: sbiruchinsky@optica4d.com

Vigitek Inc. (USA)

Siarhei O. Churayeu, PhD

E-mail: sergey.churayev.76@gmail.com

R&D Group OPTICA4D (Republic of Kazakhstan)

Some variants of methods and devices for 3D spectroscopy are considered and classified. Various spectroscopy methods used in practice are compared. Examples of 3D spectroscopy hardware are given and practical recommendations for achieving the best consumer characteristics of devices are given. An assessment was made of the development prospects of various areas in 3D spectroscopy, including in the space industry.

Key words: photonics, laser, telecommunications, cryptography, optics, telescope, invention, inventive problem, optical system, spectroscopy, astronomy.

REFERENCES

1. Biryuchinskii S. B., Churaev S. O. Algoritmy i apparatnaya realizatsiya sistem iskusstvennogo intellekta dlya obrazovatel'nogo protsessa // *Iskusstvennyi intellekt i matematika v obrazovanii*. Moscow : IPP "KUNA", 2024. P. 200–213.

2. Vestnik NPO im. S. A. Lavochkina /pod red. d. t. n., prof. K. M. Pichkhadze. 2014. No 5 (26). 124 p.

3. Tyurina A. N., Pronin I. N., Fadeeva L. M., Batalov A. I., Zakharova N. E., Podoproigora A. E., Shul'ts E. I., Kornienko V. N. Protonnaya 3D-MR-spektroskopiya v diagnostike glial'nykh opukholei golovnogo mozga // *Meditinskaya vizualizatsiya*. 2019. No (3). P. 8–18. DOI: 10.24835/1607-0763-2019-3-8-18.

4. Churaev S. O. Metod reversivnoi sluchainoi vyborki dlya izmereniya s pikosekundnym razresheniem vremeni zaderzhki v elementakh integral'nykh skhem // *Priborostroenie*. 2012. No 10. P. 84–88.

5. Bacon R., Monnet G. Optical 3D-Spectroscopy for Astronomy by. MRS Bulletin. 2018. No 43(10). P. 801-801. DOI: 10.1557/mrs.2018.250.

6. Czamara K. Unsaturated lipid bodies as a hallmark of inflammation studied by Raman 2D and 3D microscopy // Sci. Rep. 2017. No 7. P. 40889. DOI: 10.1038/srep40889.

7. Dale B. W. 3d Wavefunctions in ^{57}Fe Mössbauer Spectroscopy // J. Chem. Phys. 1 May 1972. No 56 (9). P. 4721. DOI: 10.1063/1.1677929.

8. Larive M., Jezequel G., Landesman J. P., Solal F., Nagle J., Lépine B., Taleb-Ibrahimi A., Indlekofer G., Marcadet X. Photoelectron spectroscopy study of Ga 3d and As 3d core levels on MBE-grown GaAs surfaces // Surface Science. 1994. Vol. 304. Issue 3. P. 298–308.

9. Li J., Xiao C., Dezheng D., Yunshu G., Min L., Genxiang C. Tunable Fiber Laser with High Tuning Resolution in C-band Based on Echelle Grating and DMD Chip // Micromachines 102019. No 1. P. 37. DOI: 10.3390/mi10010037.

10. Mediavilla E., Arribas S., Roth M., Cepa-Nogué J., Sánchez F. 3D Spectroscopy in Astronomy. Cambridge : University Press, 2010.

УДК 778.534.1+778.534.6:621.391
ББК: 32.972.131.2+32.813

Чураев С. О., Бирючинский С. Б.

ИМПУЛЬСНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В ЗАДАЧАХ 3D-ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Чураев Сергей Олегович, кандидат технических наук
SPIN-код: 4770-7528, ORCID: 0000-0002-7668-4141
E-mail: sergey.churayev.76@gmail.com
R&D Group OPTICA4D (Республика Казахстан)

Бирючинский Сергей Борисович, кандидат физико-математических наук, профессор
SPIN-код: 7898-1485, ORCID: 0000-0001-9889-2438
E-mail: sbiruchinsky@optica4d.com
Vigitek Inc. (США)

В данной работе рассматривается концепция нейроморфного рендеринга трёхмерных сцен с использованием спайковых нейронных сетей. Авторами предложен подход к проекции статических 3D-сцен в 2D-пространство экрана на базе событийного кодирования координат и частотно-временной обработки, что обеспечивает энергоэффективную аппаратную реализацию. Рассматриваются методы кодирования пространственных координат в виде спайковых паттернов, а также архитектуры преобразования координат. Предложена модульная архитектура «Нейроморфного графического процессора», реализующая рендеринг через последовательную обработку пирамиды видимости и использование скрытых слоёв, аналогичных фильтрам с конечной и бесконечной импульсной характеристикой. Отдельное внимание уделено вопросам устойчивости, сходимости и возможности использования вейвлет-преобразования вну-

три спайковых нейронных сетей для выделения признаков сцены. Представлены экспериментальные результаты моделирования рендеринга 2D- и 3D-сцен с оценкой точности и архитектурных параметров, демонстрирующие принципиальную реализуемость подхода и потенциал его аппаратной реализации на нейроморфных платформах.

Ключевые слова: интегральные схемы специального назначения, искусственная нейронная сеть, спайковая нейронная сеть, нейроморфные вычисления, нейроморфный графический процессор, нейронная визуализация, нейроморфная визуализация, перспективная проекция, кинематограф, компьютерная графика.

ВВЕДЕНИЕ

В компьютерной графике активно исследуется подход, заключающийся в использовании нейросетей в задачах 3D-визуализации и для ускорения построения изображений или рендеринга (от англ. *rendering*), который получил название нейронного рендеринга. Несмотря на то, что нейронный рендеринг [4–6, 9] относительно хорошо изучен и даёт качественные результаты, в процессе работы должно обрабатываться огромное количество параметров модели и входных данных. Современный прогресс в области графических процессоров (GPU) не вызывает сомнений с точки зрения производительности и широты их применения. Однако дальнейший рост вычислительной мощности при традиционной парадигме параллельных потоков и терафлопной арифметики всё чаще сталкивается с физико-технологическими ограничениями: рост энергопотребления, сложности отведения тепла, ограничения в масштабировании размера транзисторов и топологии межсоединений на кристалле. Подобная ситуация указывает на технологический тупик, когда экстенсивное наращивание числа транзисторов и частоты работы процессоров перестаёт давать ожидаемое увеличение эффективности и производительности.

При более глубоком анализе можно увидеть, что предпосылки к такому положению дел зародились ещё в 1980–1990-е годы (а возможно, и ранее), когда не были востребованы альтернативные подходы к архитектуре вычислений и компьютерной графике. Своевременное развитие идей, близких к нейроморфным методам обработки информации, могли бы послужить катализатором развития нового витка в аппаратной реализации методов рендеринга, не позволяя GPU-технологиям «зайти в тупиковую ветвь развития» [1, 2].

Активное применение авторами публикации специальных методов решения сложных научно-технических и изобретательских задач на стыке технологий, позволили определить ключевые альтернативные направления развития и решить возникающие противоречия путём перехода от решений с использованием традиционных графических процессоров к биологически вдохновлённым архитектурам — спайковым нейронным сетям (СНС), способным реализовывать рендеринг 3D-сцен с кардинально иной энергетической и вычислительной эффективностью. В то время как классические GPU-решения фактически упираются в физические лимиты, нейроморфные системы предлагают асинхронный параллелизм, гибкую масштабируемость и возможность более естественного кодирования трёхмерной информации.

Таким образом, переосмысливая историю развития GPU-технологий, авторы могут утверждать, что в стремлении к всё более мощным вычислительным модулям потенциально упущена возможность раннего разворота к более перспективным и энергоэффективным принципам построения аппаратуры. В сегодняшних условиях этот сдвиг, очевидно, требует комплексных исследований, привлечения междисциплинарных команд и координации с производителями аппаратных решений. Тем не менее, уже сейчас понятно, что дальнейшее совершенствование компьютерной графики и вычислительной техники невозможно без нетрадиционных архитектур и механизмов обработки — тех, что возвращают нас к биологическому принципу спайковых систем, способных вывести индустрию из нынешнего «технологического тупика» и проложить путь к новому поколению систем рендеринга. Эти исследования и разработки послужат, по мнению авторов, мощным катализатором дальнейшего прогресса в направлении изучения механизмов мышления и понимания принципов работы мозга.

1. СНС В ЗАДАЧАХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО РЕНДЕРИНГА

Нейронный рендеринг на основе СНС — это новейшее и очень мало изученное направление, носящее скорее экспериментальный, академический или узко специализированный характер [7, 8]. Несмотря на всю привлекательность идеи, на момент написания публикации, всё ещё нет коммерчески успешных нейроморфных

графических процессоров (НГП), отсутствует обширная теоретическая и практическая база, сравнимая с классическим нейронным рендерингом, выполняемым с использованием GPU.

Недавние работы [8] показали, что нейронные модели рендеринга могут быть переведены на спайковый формат — например, модель SpikingNeRF заменила вычисления по методу нейронных полей излучения (НПИ, от англ. Neural Radiance Fields) на событийные, полностью избегая громоздких умножений, что позволяет СНС реконструировать реальные 3D-сцены, повышая энергоэффективность примерно на 70% при сохранении качества изображения. Это открывает путь к энергоэффективному нейроморфному 3D-рендерингу, хотя переход на новые нейроморфные аппаратные платформы и связанные с этим парадигмы вычислений является не тривиальной задачей.

2. НЕЙРОМОРФНАЯ АРХИТЕКТУРА ДЛЯ 3D→2D-ПРОЕКЦИИ НА БАЗЕ СНС

Проекция 3D-сцены на 2D-плоскость — это задача отображения точек, заданных в пространстве \mathbb{R}^3 , на экранное пространство \mathbb{R}^2 , в соответствии с выбранной моделью перспективы. Авторами предлагается следующая модель аппаратной реализации решения с использованием НГП с использованием СНС (рис. 1).

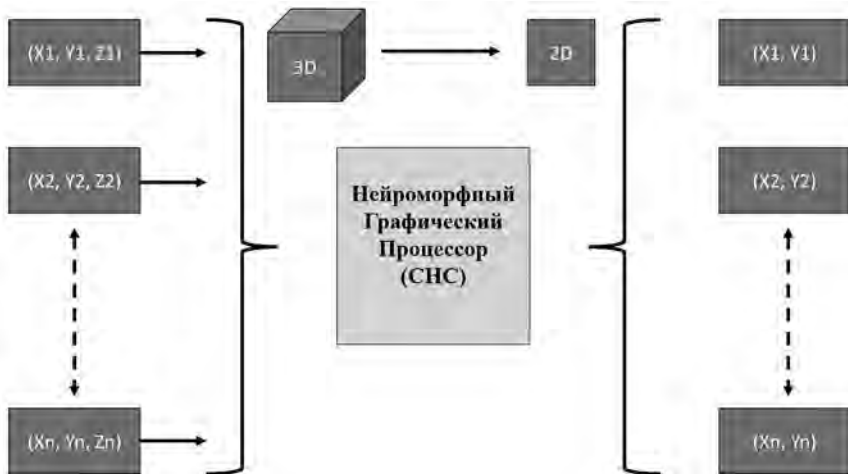


Рис. 1. Задача кодирования 3D-сцены в 2D-проекцию экрана с помощью НГП на базе СНС

В классической компьютерной графике эта задача решается путём линейного преобразования координат с использованием матрицы вида $P = M \cdot V \cdot T$, где T — трансформация объекта, V — видовая матрица камеры, а M — матрица проекции. В случае НГП, обработка координат происходит не через традиционные численные вычисления, а через распределённую временную активность спайковых нейронов, в которых информация кодируется с использованием частотного, временного или популяционного кодирования. Таким образом, НГП выступает в роли преобразующего модуля, который переводит пространственную структуру сцены в экранное изображение через обучение на уровне нейронной активности, в отличие от жёстко заданных матричных преобразований в классических системах.

3. АРХИТЕКТУРА РЕШЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НГП

Один из предлагаемых авторами подходов — использовать частотное кодирование по координатным каналам для внешних слоёв СНС, упрощённая структурная схема общего решения приведена на рис. 2.

В реальности в такой схеме кодирования будут иметь место ограничения, связанные со случайными флюктуациями фронта и

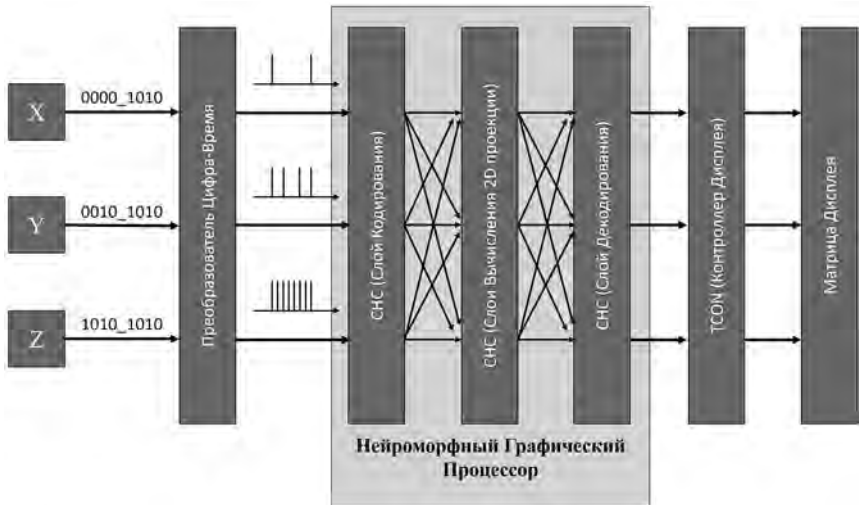


Рис. 2. Частотное кодирование и архитектура предполагаемого решения

спада импульса и его отклонения от идеального положения или так называемым джиттером сигнала (от англ. jitter). Из-за джиттера и прочих шумов аналоговые сигналы не несут бесконечного количества информации, пытаясь увеличить разрешение измерения, в итоге результат измерения начинает отображать лишь случайные вариации, а не полезный сигнал. Чем меньше относительный джиттер, тем больше информации может нести временной интервал.

4. РОЛЬ ВЫСОКОТОЧНЫХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ИНТЕРВАЛОВ В РЕАЛИЗАЦИИ ЧАСТОТНОГО КОДИРОВАНИЯ СНС

В работе [3], посвящённой высокоточным методам измерения временных интервалов в интегральных схемах специального назначения (ИССН) и ПЛИС, авторами было показано и экспериментально подтверждена возможность измерения времени задержки порядка единиц пикосекунд с использованием только цифровых библиотечных элементов реализуя измерительный модуль прямо на кристалле ИССН в непосредственной близости от объекта измерения. Используя подобный подход можно довольно точно восстановить значения пикселей 2D-проекции, точно измеряя временные интервалы, вычисляемые с помощью СНС (рис. 3).

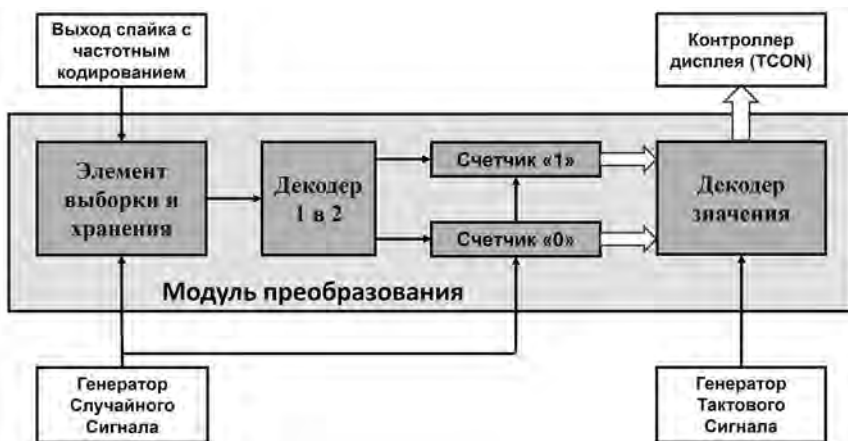


Рис. 3. Схематическое представление модуля декодирования 2D-координат СНС

5. ЧАСТОТНОЕ КОДИРОВАНИЕ И УСТОЙЧИВОСТЬ СНС РЕДЕРИНГА

Помимо основных причин, связанных с точностью и сравнительной простотой представления координат 3D-сцены, выбор частотного кодирования в контексте СНС оказывается существенным с точки зрения устойчивости сети при формировании итогового 2D-изображения. Под «устойчивостью» здесь понимается способность нейронной системы сохранять корректное воспроизведение выходного сигнала (или состояния) при наличии возмущений и внутренних шумовых процессов. Согласно ряду исследований по теории устойчивости рекуррентных сетей (robust neural coding) непрерывно поддерживаемая активность (периодические или квазипериодические сигналы) может снижать вероятность перехода нейронных ансамблей в состояния «молчания» или, напротив, хаотической перегрузки, приводящей к ошибкам при формировании выходного паттерна.

Частотное кодирование в сочетании со спайковым форматом сглаживает подобные возмущения благодаря избыточной событийной активности, при условии, что её уровень и ритмика подобраны оптимально. Периодические паттерны спайков способствуют тому, что ключевые признаки сцены, отражённые в серии «ритмически поступающих» сигналов, не утрачиваются и не нивелируются друг другом при прохождении через сеть. Это особенно важно в ситуациях, когда 3D-сцена «объёмна» или когда сеть вынуждена работать в условиях шума и неполных данных.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА ВХОДНЫХ НЕЙРОНОВ В СНС

В классических полносвязных архитектурах количество входных нейронов обычно напрямую соответствует размеру обрабатываемого изображения ($X \times Y$). Однако в задаче рендеринга статичной 3D-сцены СНС могут быть использованы гораздо эффективнее, если вместо одномоментной загрузки всего массива координат мы применим последовательный ввод данных через относительно небольшое число входных нейронов. Другими словами, сеть будет наполняться новыми порциями спайков итеративно, многократно «переписывая» во внутренние слои актуальную геометрию сцены.

Такой подход позволяет избежать прямой привязки к структуре ($X \times Y$) или тем более к объёмным данным ($X \times Y \times Z$), что зачастую приводит к избыточному количеству нейронов и слишком большим затратам ресурсов при реализации на аппаратном уровне. В случае последовательного ввода достаточно учитывать только координаты тех объектов, которые лежат в «пирамиде видимости» при вычислении интенсивности конкретного пикселя экрана. Это существенно снижает нагрузку на входной слой СНС, так как основной процент сцен может не участвовать в данном шаге и, следовательно, не требует выделения дополнительного объёма аппаратуры.

7. ВОПРОСЫ СХОДИМОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕНДЕРИНГА В СНС

Дополнительным преимуществом использования последовательной подачи данных в условиях статичной сцены является возможность достичь устойчивой сходимости выходного сигнала во внутреннем состоянии сети. Поскольку сцена не меняется со временем, все вводимые порции информации представляют собой согласованные фрагменты одной и той же пространственной структуры. Это означает, что со временем динамика активации СНС начинает стабилизироваться: внутренние мембранные потенциалы нейронов, циркулирующая активность и паттерны активации начинают приближаться к стационарному режиму, при котором выходные значения становятся предсказуемыми и повторяемыми.

Такое поведение делает возможным реализацию итеративной модели визуализации, при которой активации, полученные на ранних этапах, могут быть интерпретированы как приближённый предварительный результат (черновой набросок проекции), а последующие итерации — как уточнение (рендер с более высоким качеством). При этом сеть не начинает вычисления «с нуля» для каждого нового пикселя, а опирается на накапливающееся внутреннее состояние, позволяющее ускорить сходимость выходного сигнала при последующих вычислениях.

8. ВЫБОР ЧИСЛА СКРЫТЫХ СЛОЕВ

Рассмотрим следующую эвристическую процедуру построения слоистой архитектуры. Пусть от точки наблюдателя (камеры) формируется пирамида зрения, направленная в сторону проециру-

емого пикселя экрана. Эта пирамида пересекает множество точек в пространстве, представляющих дискретную форму 3D-сцены. Учтём, что самые дальние точки сцены оказывают меньший вклад в интенсивность пикселя (если речь идёт о непрозрачной среде и частичной окклюзии). Разделим этот объём на слои вдоль оси взгляда (например, по оси Z), используя либо равномерную, либо логарифмически уменьшающуюся шкалу глубины. Каждый такой слой представляет собой пространственный срез пирамиды, содержащий определённое число активных точек сцены.

Для каждого слоя подсчитывается число значимых пространственных точек (например, вокселей, вершин, треугольников), попадающих в его границы. Это число может быть интерпретировано как рекомендуемое количество нейронов в соответствующем скрытом слое СНС, отвечающем за обработку информации, приходящей из данной пространственной глубины. Таким образом, формируется цепочка скрытых слоёв, каждый из которых отвечает за определённый «горизонт глубины» в проецируемом объёме. Чем ближе зона к камере (наблюдателю), тем более детальной должна быть обработка, поскольку вклады ближних объектов значительнее. Соответственно, размер слоя, занимающегося ближней зоной, может быть больше, чтобы охватить все нюансы сцен в фокусе.

9. РЕНДЕРИНГ 3D→2D КАК СВЁРТОЧНАЯ ОПЕРАЦИЯ В СНС

В контексте СНС можно переосмыслить задачу рендеринга как поток событий (спайков) от «сцены» к «экрану» через некоторые «свёрточные» синаптические связи, где каждая связь может моделировать вклад геометрического признака (координаты, глубина, нормаль поверхности и т. д.) в выходной сигнал «яркость пикселя».

Если СНС включает обратные связи, пороговые нейроны могут неоднократно «возбуждать» друг друга, формируя рекуррентную архитектуру. Теперь отклик на входной импульс способен многократно «запускаться» и не гаснуть полностью в течение продолжительного времени, а значит, сеть ведёт себя подобно фильтру с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ, или IIR). В цифровой обработке сигналов (ЦОС) в фильтрах с БИХ используется дополнительная петля обратной связи, позволяющая «подмешивать» выход в систему и тем самым удлинять отклик (порой бесконечно).

Аналогичным образом рекуррентная спайковая нейронная сеть (РСНС) обладает способностью «хранить» информацию о прошлых входах в своём внутреннем состоянии (мембранных потенциалах, задержках и синаптических весах), причём это состояние может сохраняться или даже усиливаться при определённых режимах динамики. Для задач рендеринга 3D→2D это открывает возможность обрабатывать часть сцены последовательно, записывая её «отпечаток» во внутреннем состоянии, а затем комбинировать его с новыми данными о следующих фрагментах, что эквивалентно накоплению информации во времени.

Понимание того, что СНС прямого распространения аналогична КИХ (FIR) фильтру, а рекуррентная — БИХ (IIR) фильтру, даёт возможность применять проверенные методы цифровой обработки сигналов к проектированию и анализу таких сетей.

В итоге, такая «ЦОС-парадигма» для СНС означает, что есть возможность использовать обширный багаж классических методов анализа фильтров при построении и обучении СНС. Это особенно полезно при решении задач преобразования 3D→2D, когда сеть должна интегрировать данные о сцене, учитывать «групповые» всплески входной активности, корректно обрабатывать дальние объекты и достоверно восстанавливать итоговую проекцию на экран. Однако, по мнению авторов публикации, необходимо отметить, что сам по себе переход от КИХ/БИХ решений и методов к СНС/РСНС не будет полностью эквивалентным в силу определённых соображений.

10. РАЗРЕЖЕННОЕ ВЕЙВЛЕТ-КОДИРОВАНИЕ В НЕЙРОМОРФНОМ РЕНДЕРИНГЕ

Несмотря на сложность пространственного расположения элементов сцены, интенсивность (или цветовая компонента) каждого пикселя в проекции всегда лежит в ограниченном числовом диапазоне, определяемом допустимыми значениями визуальных параметров (например, яркостью от 0 до 255 для 8-битного представления RGB-компонент сигнала). Это позволяет трактовать задачу построения 2D-проекции как форму обобщённой классификации, в которой СНС, получая в качестве входа параметры сцены (например, координаты, глубину, материал), должна определить итоговое состояние конкретного пикселя. При этом вся сцена может рассма-

триваться как источник высокоразмерного сигнала, а каждый пиксель — как классифицируемая единица, зависящая от совокупного воздействия пространственно-распределённых признаков. Или, говоря другими словами, задача рендеринга может быть интерпретирована как разновидность задачи классификации или регрессии, где необходимо определить значение отклика (пикселя) на основе сложной, но формализуемой структуры входных данных.

Такой подход открывает возможность использовать методы разреженного вейвлет-кодирования, позволяющие эффективно преобразовывать входное представление в более компактную форму, в которой существенные признаки сцены извлекаются в частотно-локализованных базисах. Интеграция этих преобразований в архитектуру СНС обеспечивает не только энергоэффективную событийную обработку, но и биологически правдоподобный механизм выделения ключевых признаков перед этапом перспективной проекции.

11. ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Авторами публикации был подготовлен ряд моделей с использованием языка Python для оценки принципиальной возможности

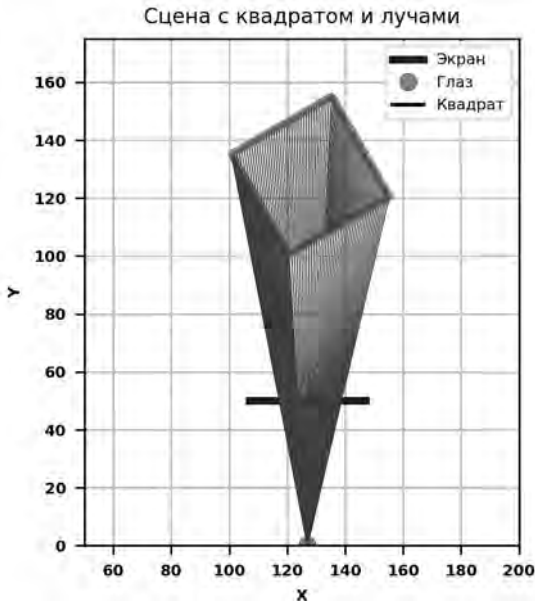


Рис. 4. Проекция 2D-сцены на одномерный экран

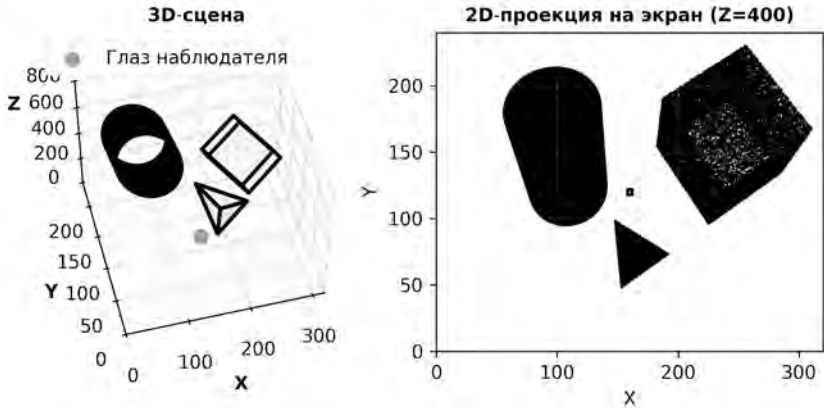


Рис. 6. 3D-сцена и проекция изображений фигур на экран

была увеличена до размеров $X = 320$, $Y = 240$, $Z = 800$, однако число нейронов необходимых для входного слоя было снижено, поскольку сцена была разбита на множество вокселей (объёмных зон 3D-сцены), где отдельный нейрон получал входное значение на основании средне вычисленного значения точек из этой области.

На 3D-сцене были представлены куб, цилиндр, пирамида и с помощью стандартных средств рендеринга было получена 2D-проекция на плоскость экрана для проверки результатов работы СНС (рис. 6).

После чего была создана и обучена СНС на специально созданных примерах и выполнено моделирование, результаты которого представлены на рис. 7.

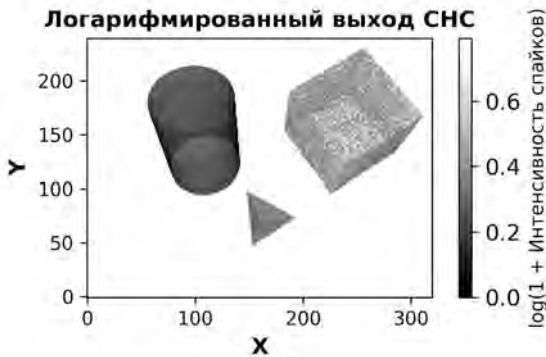


Рис. 7. СНС рендеринг 3D-сцены

На рис. 7 хорошо видна по шкале справа интенсивность отдельных спайков в зависимости от пространственного расположения различных фигур и перекрывающихся поверхностей. Таким образом было представлена одна из возможных реализаций создания 2D-проекций из 3D-сцены с использованием СНС, используя идеи, предложенные авторами выше.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанная схема — гипотетическая и исследовательская: идея сводится к тому, что СНС может быть обучена выполнять перспективную проекцию и создавать изображение на экране, что подтверждается не только теоретическим обоснованием, но и практически значимыми результатами, полученными авторами, а также уже существующими научными публикациями других исследователей [1–9].

Преимущество такого подхода может заключаться в возможной нейроморфной реализации, которая энергоэффективно обрабатывает события (спайки) и умеет адаптироваться. Такое направление пока остаётся экспериментальным, но в будущем спайковый рендеринг или «спайково-свёрточные» архитектуры могут найти применение в нейроморфных устройствах для моментального формирования изображения без полного классического рендеринг-конвейера (или так называемого «пайплайна»), а также при работе с событийными камерами и прочими системами, генерирующими «облака» событий во времени. Однако на данный момент классические алгоритмы рендеринга пока существенно быстрее и точнее при том, что архитектуры СНС для подобных задач только начинают исследоваться.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Бирючинский С. Б.* 3D-киносъёмка камерой с одним объективом // Мир техники кино. 2022. № 2(16). С. 3–10.
2. *Бирючинский С. Б.* Фотоника для нейроморфных вычислителей и их применение в оптических разработках // Мир техники кино. 2023. № 1(17). С. 10–18.
3. *Чураев С. О.* Метод реверсивной случайной выборки для измерения с пикосекундным разрешением времени задержки в элементах интегральных схем // Приборостроение. 2012. № 10. С. 84–88.

4. NeRF: Representing Scenes as Neural Radiance Fields for View Synthesis. URL: <https://arxiv.org/pdf/2003.08934> (дата обращения: 04.04.2024).

5. Neural scene representation and rendering. URL: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aar6170> (дата обращения: 04.04.2024).

6. Neural Volumes: Learning Dynamic Renderable Volumes from Images. URL: <https://arxiv.org/pdf/1906.07751> (дата обращения: 04.04.2024).

7. Spiking Neural Network for Energy-Efficient Neural Rendering. URL: https://www.researchgate.net/publication/350133769_Spiking_Neural_Network_For_Energy_Efficient_Learning_And_Recognition (дата обращения: 04.04.2024).

8. SpikingNeRF: Making Bio-inspired Neural Networks See through the Real World. URL: <https://arxiv.org/abs/2309.10987> (дата обращения: 04.04.2024).

9. State of the Art on Neural Rendering. URL: <https://arxiv.org/pdf/2004.03805> (дата обращения: 04.04.2024).

Sergey O. Churayev, Sergey B. Biryuchinskiy

SPIKING NEURAL NETWORKS IN 3D VISUALIZATION TASKS

Sergey O. Churayev, PhD

E-mail: sergey.churayev.76@gmail.com

R&D Group OPTICA4D (Republic of Kazakhstan)

Sergey B. Biryuchinskiy, PhD, Prof.

E-mail: sbiruchinsky@optica4d.com

Vigitek Inc. (USA)

This paper discusses the concept of neuromorphic rendering of three-dimensional scenes using Spiking Neural Networks (SNNs). The authors propose an approach for projecting static 3D scenes into a 2D screen space based on event-based coordinate encoding and frequency-temporal processing, enabling energy-efficient hardware implementation. Methods for encoding spatial coordinates as spiking patterns, as well as coordinate transformation architectures, are examined. A modular architecture of a “Neuromorphic Graphics Processor Unit” (NGPU) is introduced, which performs rendering through sequential processing of a visibility pyramid and the use of hidden

layers analogous to finite and infinite impulse response filters. Special attention is given to issues of stability, convergence, and the potential use of wavelet transforms within SNNs to extract scene features. Experimental results of rendering 2D and 3D scenes, including accuracy assessments and architectural parameters, are presented, demonstrating both the fundamental feasibility of this approach and its potential for hardware implementation on neuromorphic platforms.

Key words: Application-Specific Integrated Circuit (ASIC), Artificial Neural Network (ANN), Spiking Neural Network (SNN), Neuromorphic Computing, Neuromorphic Graphics Processing Unit (NGPU), Neural Rendering, Neuromorphic Rendering, Perspective Projection, Cinematography, Computer Graphics.

REFERENCES

1. Biryuchinskii S. B. 3D-kinos"emka kameroi s odnim ob"ektivom // Mir tekhniki kino. 2022. No 2(16). P. 3–10.

2. Biryuchinskii S. B. Fotonika dlya neiromorfnykh vychislitelei i ikh primeneniye v opticheskikh razrabotkakh // Mir tekhniki kino. 2023. No 1(17). P. 10–18.

3. Churaev S. O. Metod reversivnoi sluchainoi vyborki dlya izmereniya s pikosekundnym razresheniem vremeni zaderzhki v elementakh integral'nykh skhem // Priborostroenie. 2012. No 10. P. 84–88.

4. NeRF: Representing Scenes as Neural Radiance Fields for View Synthesis. URL: <https://arxiv.org/pdf/2003.08934> (data obrashcheniya: 04.04.2024).

5. Neural scene representation and rendering. URL: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aar6170> (data obrashcheniya: 04.04.2024).

6. Neural Volumes: Learning Dynamic Renderable Volumes from Images. URL: <https://arxiv.org/pdf/1906.07751> (data obrashcheniya: 04.04.2024).

7. Spiking Neural Network for Energy-Efficient Neural Rendering. URL: https://www.researchgate.net/publication/350133769_Spiking_Neural_Network_For_Energy_Efficient_Learning_And_Recognition (data obrashcheniya: 04.04.2024).

8. SpikingNeRF: Making Bio-inspired Neural Networks See through the Real World. URL: <https://arxiv.org/abs/2309.10987> (data obrashcheniya: 04.04.2024).

9. State of the Art on Neural Rendering. URL: <https://arxiv.org/pdf/2004.03805> (data obrashcheniya: 04.04.2024).

УДК 778.534.1+778.534.6:621.391
ББК 32.943+32.973.202

Татаренков Д. А.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СИНТЕЗИРУЕМЫХ ВИРТУАЛЬНЫХ РАКУРСОВ

Татаренков Дмитрий Александрович
SPIN-код: 9833-0723, ORCID: 0000-0001-5751-5169
E-mail: duferob@gmail.com

Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций имени профессора М. А. Бонч-Бруевича

В статье рассматриваются методы оценки качества синтезируемых виртуальных ракурсов, полученных с использованием технологии на основе репроецирования при помощи карты глубины. Для оценки качества применялись объективные метрики и субъективная оценка. Эксперимент проводился с использованием 12 сцен. В качестве исходных данных использованы изображения и соответствующие карты глубины. Анализ корреляции показал степень согласованности объективных метрик с субъективным восприятием. Результаты подчеркивают необходимость разработки новых подходов к заполнению пустот и улучшения объективных метрик для более точного соответствия человеческому восприятию.

Ключевые слова: стереоскопическое изображение, оценка качества, DIBR, виртуальный ракурс.

Развитие технологий иммерсивного видео, в числе которых получение виртуальных ракурсов, может позволить зрителям глубже погружаться в объёмные трёхмерные сцены и получать более реалистичный визуальный опыт. Важным шагом в этом направле-

нии стало принятие в 2020 году стандарта MPEG Immersive Video (MIV), разработанного группой экспертов MPEG. Этот стандарт заложил основу для формализации и унификации процессов создания и обработки объёмного видео, обеспечивая единый подход к кодированию и воспроизведению иммерсивного контента [3]. Однако процесс синтеза виртуальных ракурсов сопряжён с рядом технических сложностей, среди которых особое значение имеет проблема появления пустот на синтезированных изображениях. Эти пустоты, или области отсутствия данных, возникают из-за ограничений исходных ракурсов, таких как окклюзии, недостаточный угол обзора или неполнота информации о сцене. Подобные дефекты могут существенно ухудшить качество визуального восприятия, снижая ощущение реалистичности и целостности сцены.

Традиционные методы заполнения пустот, используемые для восстановления утраченных фрагментов изображения, часто оказываются недостаточно эффективными. Они могут вызывать заметные визуальные искажения, такие как размытость, артефакты или несоответствие текстур, что негативно влияет на общее восприятие синтезированных сцен. В связи с этим возникает острая потребность в разработке новых, более совершенных подходов к заполнению пустот, которые могли бы минимизировать искажения и обеспечивать высокую реалистичность результата. Для оценки эффективности таких методов необходима надёжная система анализа качества синтезированных виртуальных ракурсов, которая играет центральную роль в определении точности воспроизведения сцены и позволяет понять, насколько результат соответствует ожиданиям пользователей. Для обычных двумерных изображений часто применяются объективные метрики, такие как PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) или SSIM (Structural Similarity Index Measure). Однако их применимость к объёмным сценам требует дополнительного исследования, в частности, анализа корреляции между объективными показателями и субъективным восприятием качества зрителями. Это позволит разработать более точные инструменты для оценки иммерсивного видео, учитывающие специфику трёхмерного контента.

В качестве базового подхода для синтеза виртуальных ракурсов в эксперименте был выбран метод рендеринга на основе карты глубины (Depth Image-Based Rendering, DIBR), который обладает

рядом преимуществ, включая относительно низкую вычислительную сложность и возможность работы с трёхмерной геометрией сцены. Процесс обработки данных в рамках этого эксперимента включает три ключевых этапа: предобработку карты глубины, выполнение перспективных преобразований и заполнение областей открытия.

На этапе предобработки карта глубины подвергается фильтрации для устранения шумов, артефактов и ошибок, что позволяет повысить точность представления геометрии сцены. Затем выполняется перепроецирование: с использованием карты глубины пиксели исходного изображения преобразуются в трёхмерное пространство, после чего проецируются на плоскость виртуального ракурса, заданного положением и ориентацией виртуальной камеры. Однако в процессе такого перепроецирования неизбежно возникают области открытия. Эти области требуют тщательной обработки для обеспечения визуальной целостности и высокого качества синтезированного изображения.

Для устранения пустот, возникающих при синтезе виртуальных ракурсов, было протестировано несколько традиционных методов заполнения, каждый из которых имеет свои особенности и ограничения. Среди рассмотренных подходов:

1. Метод ближайшего соседа (*nearest neighbor*) присваивает пикселям пустоты значения ближайших доступных пикселей.

2. Усреднение соседних пикселей (*average*), при котором значения пустот вычисляются как среднее арифметическое значений соседних пикселей.

3. Горизонтальная интерполяция (*horizontal interpolation*) основана на линейной интерполяции значений вдоль горизонтальных линий.

4. Метод с применением уравнения Навье-Стокса (*Navier-Stokes, NS*) для заполнения пустот, имитируя поведение жидкости для распространения текстуры [1].

5. Модифицированный метод, основанный на методе быстрого марша (*fast marching method, FMM*). Этот подход распространяет информацию от границ пустот, минимизируя искажения [5].

6. Метода *Telea* — быстрый алгоритм, основанный на распространении информации от краёв пустот с учётом локальной структуры изображения [9].



Рис. 1. Пример заполнения пустот на виртуальном ракурсе методом Telea

7. Метод на основе бигармонического уравнения (biharmonic) для плавного заполнения пустот [4].

Несмотря на разнообразие подходов, все перечисленные методы имеют ограничения, которые проявляются в виде визуальных артефактов. К наиболее распространённым проблемам относятся «трещины» (видимые швы на границах заполненных областей), ореолы (цветовые искажения вокруг заполненных участков), а также неестественные цвета или текстуры, нарушающие целостность сцены (рис. 1). Эти дефекты особенно заметны в сценах с высокой детализацией или сложной геометрией, что подчёркивает необходимость разработки более совершенных алгоритмов, способных учитывать контекст сцены и обеспечивать реалистичное восстановление утраченных данных.

В качестве тестовых изображений использовались датасеты DIBR, включающие текстурное изображение, соответствующую карту глубины, а также внешние и внутренние параметры камеры, необходимые для синтеза виртуальных ракурсов. Внешние параметры камеры определяют положение и ориентацию камеры в мировом координатном пространстве. Они включают:

— положение камеры в виде вектора $[T_x, T_y, T_z]$, задающего координаты центра проекции камеры в мировой системе координат;

— матрицу вращения, описывающую углы поворота камеры относительно осей мировой системы координат.

Внутренние параметры описывают оптические свойства камеры и процесс формирования изображения на сенсоре. Они включают:

— фокусное расстояние по осям x и y , отражающее масштаб проекции вдоль этих осей;

— координаты главной точки (оптического центра), находящиеся в центре изображения, но в реальных камерах могут быть смещены из-за погрешностей сборки;

— коэффициенты радиальной дисторсии k_1, k_2, k_3 , учитывающие радиальное искажение, вызванное кривизной линз (например, «бочкообразное» или «подушкообразное» искажение);

— коэффициенты тангенциальной дисторсии p_1, p_2 , корректирующие тангенциальные искажения, возникающие из-за несоосности линз и сенсора.

Эти параметры позволяют точно описать процесс проекции 3D-точек на 2D-изображение, что критически важно для DIBR, где синтез новых ракурсов зависит от корректного учёта геометрии сцены и характеристик камеры.

Для оценки качества синтезированных виртуальных ракурсов применялись сцены из 12 различных наборов данных. Некоторые характеристики этих сцен представлены в таблице 1.

Качество синтезированных ракурсов оценивалось с использованием объективных метрик и субъективных тестов. Среди объективных метрик применялись:

1. PSNR — метрика, которая измеряет разницу между оригинальным и искажённым изображением, основана на MSE (mean squared error, среднеквадратичная ошибка), которая вычисляется по формуле:

$$\text{MSE} = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (I_1(i, j) - I_2(i, j))^2,$$

где $I_1(i, j)$ и $I_2(i, j)$ — интенсивности пикселей в оригинальном и тестовом изображениях, M и N — высота и ширина изображения.

PSNR вычисляется по формуле:

$$\text{PSNR} = 10 \lg \left(\frac{\max^2}{\text{MSE}} \right),$$

Перечень используемых датасетов

Название сцены	Разрешение изображений	Описание сцены
BREAKDANCER	1024×768	В помещении, реальная сцена
BALLET	1024×768	В помещении, реальная сцена
KENDO	1024×768	В помещении, реальная сцена
BALLOONS	1024×768	В помещении, реальная сцена
BOOKARRIVAL	1024×768	В помещении, реальная сцена
LOVEBIRD	1024×768	На улице, реальная сцена
NEWSPAPER	1024×768	В помещении, реальная сцена
POZNANSTREET	1920×1080	На улице, реальная сцена
POZNANHALL2	1920×1080	В помещении, реальная сцена
GTFLY	1920×1080	На улице, 3D-рендер
DANCER	1920×1080	На улице, 3D-рендер
SHARK	1920×1080	На улице, 3D-рендер

где \max — максимальное значение интенсивности пикселя.

2. SSIM — перцептивная метрика качества изображений, которая измеряет различие в структуре, контрасте и яркости между двумя изображениями. В отличие от PSNR, SSIM лучше отражает реальное восприятие человеком, вычисляется следующим образом:

$$SSIM(x, y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + c_1)(2\sigma_{xy} + c_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + c_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + c_2)},$$

где μ_x, μ_y — средняя яркость окон изображения x и y ; σ_x, σ_y — дисперсия яркости (контраст) для каждого изображения; σ_{xy} — ковариация (мера схожести структуры в двух изображениях); C_1, C_2 — константы для стабилизации.

3. IW-SSIM (information weighted structural similarity measure) — это усовершенствованная версия SSIM, которая взвешивает вклад различных областей изображения в зависимости от их информационной значимости. В отличие от обычного SSIM [2], который рассматривает всё изображение равномерно, IW-SSIM даёт более высокий вес тем частям изображения, которые содержат больше визуальной информации:

$$\text{IW-SSIM} = \frac{\sum_{i=1}^N w_i \cdot \text{SSIM}(I_1^i, I_2^i)}{\sum_{i=1}^N w_i},$$

где $\text{SSIM}(I_1^i, I_2^i)$ — обычное SSIM для окна i ; w_i — вес окна i , основанный на информационной значимости; N — общее число окон. Вес w_i зависит от локальной энтропии изображения.

4. MS-SSIM (Multi-Scale SSIM) — это расширенная версия SSIM, которая учитывает различие на нескольких уровнях масштаба (детализации) [10]. Метрика более точно моделирует зрение человека, так как глаза воспринимают детали на разных уровнях размытости.

$$\text{MS-SSIM}(x, y) = [l_M(x, y)]^{\alpha_M} \cdot \prod_{y=1}^M [c_y(x, y)]^{\beta_j} \cdot [s_j(x, y)]^{\gamma_j},$$

где M — количество уровней пирамиды (обычно 5); $l_M(x, y)$ — функция яркости на самом грубом уровне (наибольшем размытии); $c_j(x, y)$ — контраст на масштабе j ; $s_j(x, y)$ — структурное сходство на масштабе j ; $\alpha_M, \beta_j, \gamma_j$ — веса на разных уровнях.

5. LPIPS — перцептивная метрика, которая использует возможности глубоких нейронных сетей (например, AlexNet, VGG) для оценки сходства между изображениями с точки зрения восприятия человеком [8]. Она основана на идее, что нейросети, обученные на больших наборах данных, могут моделировать восприятие человека лучше, чем традиционные метрики. Метод предполагает последовательное извлечение признаков (features) из двух изображений с помощью предварительно обученной нейронной сети, сравнение этих признаков на каждом слое сети, усреднение расстояний между признаками с учётом весов, специфичных для каждого слоя. LPIPS вычисляется по формуле:

$$\text{LPIPS}(I_{ref}, I_{gen}) = \sum_i \frac{1}{H_i W_i} \sum_{h,w} \left| \omega_i \otimes (\phi_i(I_{ref})_{h,w} - \phi_i(I_{gen})_{h,w}) \right|_2^2,$$

где ϕ_i — активации i -го слоя нейронной сети; ω_i — обучаемые веса для i -го слоя; H, W — размеры карты признаков на i -м слое.

6. Feature Matching (ORB / SIFT) — метод, основанный на сравнении ключевых точек (feature points) двух изображений. Используются алгоритмы ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF) и

SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) для извлечения и сопоставления ключевых точек [6]. Алгоритм последовательно извлекает ключевые точки k_1 в первом изображении и k_2 во втором, сопоставляет дескрипторы с учётом перекрёстной проверки для ORB или теста отношения расстояний для SIFT. Метод полезен для оценки геометрической согласованности синтезированных ракурсов, но может быть чувствителен к шуму и окклюзиям.

7. VIF (Visual Information Fidelity) — метрика, которая измеряет, сколько визуальной информации из эталонного изображения передано в синтезированное с учётом искажений, вызванных процессом обработки [7]. Формула вычисления VIF имеет вид:

$$\text{VIF} = \frac{\sum_j I(X_j, Y_j)}{\sum_j I(X_j, X_j + N_j)},$$

где $I(X_j, Y_j)$ — количество информации, переданное от эталонного изображения X к синтезированному Y на уровне разложения j ; $I(X_j, X_j + N_j)$ — общее количество информации, которое может быть извлечено из эталонного изображения X с учётом шума N ; X_j, Y_j, N_j — коэффициенты разложения в волновой области (например, вейвлеты); N_j — шум, вносимый в информацию.

8. GMSD (Gradient Magnitude Similarity Deviation) — метрика качества изображения, основанная на анализе градиентов [11]. Она измеряет локальные изменения градиентов (контраста, текстуры) между эталонным и синтезированным изображениями. Сначала вычисляются карты градиентов (GM) для обоих изображений согласно формуле:

$$\text{GM}(I) = \sqrt{\left(\frac{\partial I}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial I}{\partial y}\right)^2},$$

где I — яркость пикселя.

После чего вычисляется локальное сходство градиентов (GMS):

$$\text{GMS}(x, y) = \frac{2 \cdot \text{GM}_1(x, y) \cdot \text{GM}_2(x, y) + C}{\text{GM}_1(x, y)^2 + \text{GM}_2(x, y)^2 + C},$$

где GM_1, GM_2 — градиенты эталонного и синтезированного изображений; C — малая константа для стабилизации.

9. FSIM (Feature Similarity Index) — перцептивная метрика, которая учитывает фазовые характеристики и градиенты изображения [12]. Для вычисления метрики следует сначала извлечь фазовую информацию S_{pc} с помощью фазовой конгруэнтности (Phase Congruency) — наиболее важной характеристики для зрения. После чего следует извлечение градиентной информации SGM для учёта текстуры и деталей.

$$FSIM = \frac{\sum_i S_{pc}(i) \cdot S_{GM}(i) \cdot W(i)}{\sum_i W(i)},$$

где $W(i)$ — весовой коэффициент (учитывает важность каждого пикселя).

Для оценки качества синтезированных виртуальных ракурсов в ходе эксперимента использовался метод средней субъективной оценки (Mean Opinion Score, MOS), который позволяет количественно выразить восприятие визуального опыта пользователями. В эксперименте приняли участие 15 экспертов, возраст которых варьировался от 22 до 65 лет. Такой широкий возрастной диапазон был выбран намеренно, чтобы учесть возможные различия в восприятии, обусловленные возрастными особенностями зрительной системы, такими как изменения чувствительности к контрасту или восприятию деталей. Острота зрения участников находилась в диапазоне от 0,5 до 1 (по стандартной таблице проверки зрения), что позволило включить в выборку как людей с нормальным зрением, так и тех, у кого имеются умеренные отклонения, обеспечивая тем самым репрезентативность группы и учёт разнообразных зрительных характеристик.

Процедура оценки проводилась в два этапа. На первом этапе каждому эксперту демонстрировались синтезированные виртуальные ракурсы, полученные на основе входных данных с использованием традиционных подходов к заполнению пустот. Вывод изображения осуществлялся на монитор с разрешением 1920×1080 пикселей и матрицей IPS, что обеспечивало высокую чёткость и точность цветопередачи. Участники оценивали качество каждого ракурса по пятибалльной шкале, где 1 означало «очень низкое качество» (заметные артефакты, отсутствие реалистичности), а 5 — «отличное качество» (высокая реалистичность, минимальные искажения). Оценивались такие аспекты, как отсутствие пустот

и артефактов, плавность переходов текстур и общее впечатление от погружения в сцену. После сбора оценок MOS вычислялся как среднее арифметическое значение по формуле:

$$\text{MOS} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R_i,$$

где $N = 15$ — количество экспертов, R_i — индивидуальная оценка i -го участника для конкретного изображения.

Итоговое значение MOS для каждого ракурса находилось в диапазоне от 1 до 5, отражая субъективное восприятие качества синтеза.

На втором этапе эксперимента формировалась стереопара изображений для создания объёмного восприятия. Изображения выводились через программу «sView» на шлем виртуальной реальности Pi 4K с разрешением 1920×1080 на каждый глаз. Стереопара создавала эффект глубины, имитируя межзрачковое расстояние. Эксперт наблюдал через линзы шлема, оценивая качество ракурсов: отсутствие артефактов, плавность текстур и реалистичность сцены. Использование sView и Pi 4K обеспечило точную оценку в условиях VR, так как разрешение тестовых изображений не превышало разрешение выводимого ракурса.

Для каждого синтезированного виртуального ракурса выполнялись объективная и субъективная оценки качества. Результаты сравнительного анализа качества синтезированных ракурсов, от-

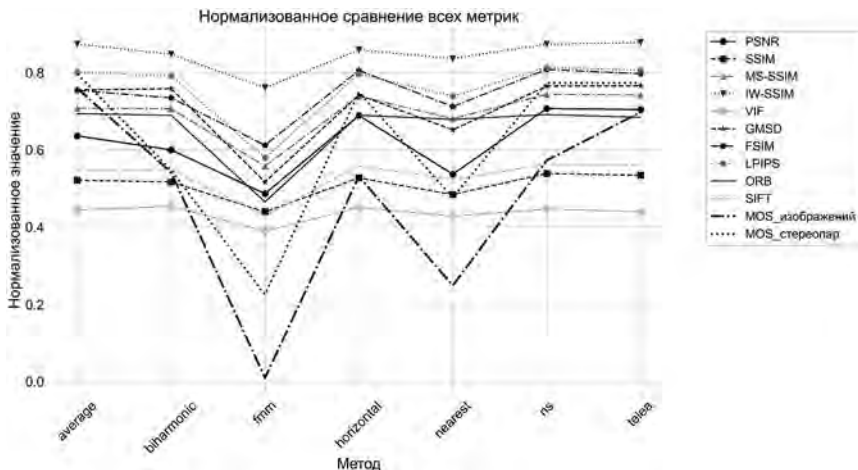


Рис. 2. Результаты оценки качества для объективных методов и MOS

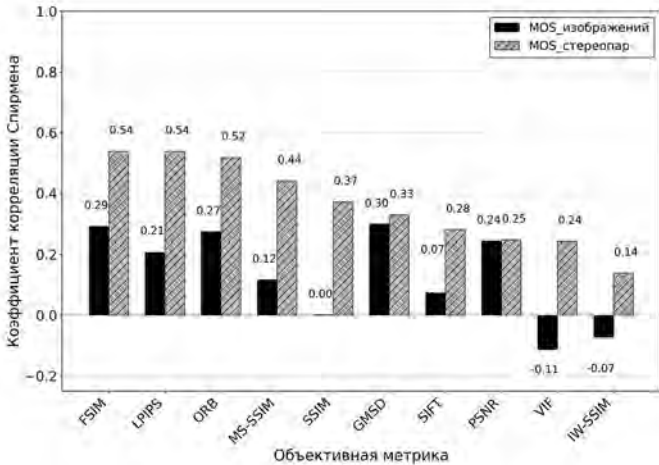


Рис. 3. Оценка корреляции объективных методов оценки и MOS по методу Спирмена

ражающие как объективные, так и субъективные показатели, представлены на графике (рис. 2). График позволяет визуально оценить эффективность различных методов инпейнтинга и их влияние на восприятие качества.

Чтобы оценить степень соответствия между объективными методами оценки качества и субъективной оценкой, проводился анализ корреляции. Для этого применялся коэффициент корреляции Спирмена, который был выбран благодаря его пригодности для работы с ординальными данными, такими как значения MOS. Этот коэффициент устойчив к выбросам и эффективно выявляет монотонные зависимости между переменными, что делает его подходящим для анализа связи между объективными метриками, применяемыми в эксперименте, и субъективными оценками экспертов. Результаты анализа (рис. 3) позволяют определить, насколько хорошо объективные метрики отражают восприятие качества пользователями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье представлен анализ взаимосвязи между объективными метриками качества (PSNR, SSIM, MS-SSIM, IW-SSIM, VIF, GMSD, FSIM, LPIPS, ORB, SIFT) и субъективными оценками

(MOS) для изображений и стереопар. В качестве тестовых данных использовались виртуальные ракурсы, синтезированные с применением метода DIBR.

Для анализа применялся коэффициент корреляции Спирмена. Результаты показали, что метрики FSIM, LPIPS и ORB обладают высокой корреляцией с субъективными оценками экспертов. Это подчёркивает их способность лучше учитывать структурные и перцептивные особенности изображений, значимые для человеческого восприятия при просмотре стереопар, по сравнению с другими метриками.

Метрики IW-SSIM и VIF продемонстрировали отрицательную корреляцию с MOS одиночных виртуальных ракурсов, что противоречит ожидаемой положительной связи. Данный результат может объясняться следующими причинами:

1. IW-SSIM имеет низкую вариативность (значения в диапазоне 0,9990–0,9999), что снижает её чувствительность к изменениям качества, заметным экспертам.

2. VIF ограничено учитывает локальные артефакты, влияющие на субъективное восприятие, несмотря на высокие значения метрики.

Полученные данные подчёркивают важность выбора подходящих метрик для оценки качества виртуальных ракурсов, синтезированных методом DIBR, и необходимость дальнейших исследований для улучшения объективных методов оценки, более точно отражающих субъективное восприятие.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Bertalmio M., Bertozzi A. L., Sapiro G. Navier-stokes, fluid dynamics, and image and video inpainting / 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. CVPR 2001. Kauai, HI, USA: IEEE Comput. Soc, 2001. Vol. 1. P. I-355–I-362. DOI: 10.1109/CVPR.2001.990497.

2. Gu K., Zhai G., Yang X., Zhang W., Liu M. Structural similarity weighting for image quality assessment // 2013 IEEE International Conference on Multimedia and Expo Workshops (ICMEW). 2013. P. 1–6. DOI: 10.1109/ICMEW.2013.6618416.

3. Hamidouche W., Biatek T., Abdoli M., François E., Pescador F., Radosavljević M., Menard D., Raulet M. Versatile

Video Coding Standard: A Review From Coding Tools to Consumers Deployment // IEEE Consumer Electronics Magazine: IEEE Consumer Electronics Magazine. 2022. Vol. 11. No 5. P. 10–24. DOI: 10.1109/MCE.2022.3144545.

4. *Hoffmann S., Plonka G., Weickert J.* Discrete Green's Functions for Harmonic and Biharmonic Inpainting with Sparse Atoms // Energy Minimization Methods in Computer Vision and Pattern Recognition / ed. by X.-C. Tai, E. Bae, T.F. Chan, M. Lysaker. Cham: Springer International Publishing, 2015. P. 169–182. DOI: 10.1007/978-3-319-14612-6_13.

5. *Htay H. H., Oo M. P.* Framework for Image Inpainting by using Fast Marching Method.

6. *Karami E., Prasad S., Shehata M.* Image Matching Using SIFT, SURF, BRIEF and ORB: Performance Comparison for Distorted Images. Website: arXiv, 2017. DOI: 10.48550/arXiv.1710.02726.

7. *Rezazadeh S., Coulombe S.* Low-complexity computation of visual information fidelity in the discrete wavelet domain // 2010 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. 2010. P. 2438–2441. DOI: 10.1109/ICASSP.2010.5496298.

8. *Snell J., Ridgeway K., Liao R., Roads B. D., Mozer M. C., Zemel R. S.* Learning to generate images with perceptual similarity metrics // 2017 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP). 2017. P. 4277–4281. DOI: 10.1109/ICIP.2017.8297089.

9. *Telea A.* An Image Inpainting Technique Based on the Fast Marching Method // Journal of Graphics Tools. 2004. Vol. 9. No 1. P. 23–34. DOI: 10.1080/10867651.2004.10487596.

10. *Wang Z., Simoncelli E. P., Bovik A. C.* Multiscale structural similarity for image quality assessment // The Thirty-Seventh Asilomar Conference on Signals, Systems & Computers, 2003: The Thirty-Seventh Asilomar Conference on Signals, Systems & Computers. 2003. Vol. 2. P. 1398–140. DOI: 10.1109/ACSSC.2003.1292216.

11. *Xue W., Zhang L., Mou X., Bovik A. C.* Gradient Magnitude Similarity Deviation: A Highly Efficient Perceptual Image Quality Index // IEEE Transactions on Image Processing. 2014. Vol. 23. No 2. P. 684–695. DOI: 10.1109/TIP.2013.2293423.

12. *Zhang L., Mou X., Zhang D.* FSIM: A Feature Similarity Index for Image Quality Assessment // IEEE Transactions on Image

Processing. 2011. Vol. 20. No 8. P. 2378–2386. DOI: 10.1109/TIP.2011.2109730.

Dmitry A. Tatarenkov

**METHODS FOR ASSESSING THE QUALITY
OF SYNTHESIZED VIRTUAL PERSPECTIVES**

Dmitry A. Tatarenkov

E-mail: duferob@gmail.com

Prof. M. A. Bonch-Bruevich St. Petersburg State University
of Telecommunications

The article deals with methods of quality assessment of synthesized virtual perspectives obtained using the technology based on reprojection with the help of depth map. Objective metrics and subjective evaluation were used for quality assessment. The experiment was conducted using 12 scenes. Images and corresponding depth maps were used as input data. Correlation analysis showed the degree of agreement between objective metrics and subjective perception. The results emphasize the need to develop new approaches to fill in the blanks and improve the objective metrics to better match human perception.

Key words: stereoscopic image, quality assessment, DIBR, virtual foreshortening.

REFERENCES

1. Bertalmio M., Bertozzi A. L., Sapiro G. Navier-stokes, fluid dynamics, and image and video inpainting / 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. CVPR 2001. Kauai, HI, USA: IEEE Comput. Soc, 2001. Vol. 1. P. I-355–I-362. DOI: 10.1109/CVPR.2001.990497.

2. Gu K., Zhai G., Yang X., Zhang W., Liu M. Structural similarity weighting for image quality assessment // 2013 IEEE International Conference on Multimedia and Expo Workshops (ICMEW). 2013. P. 1–6. DOI: 10.1109/ICMEW.2013.6618416.

3. Hamidouche W., Biatek T., Abdoli M., François E., Pescador F., Radosavljević M., Menard D., Raulet M. Versatile Video Coding Standard: A Review From Coding Tools to Consumers Deployment // IEEE Consumer Electronics Magazine: IEEE Consumer

Electronics Magazine. 2022. Vol. 11. No 5. P. 10–24. DOI: 10.1109/MCE.2022.3144545.

4. Hoffmann S., Plonka G., Weickert J. Discrete Green's Functions for Harmonic and Biharmonic Inpainting with Sparse Atoms // *Energy Minimization Methods in Computer Vision and Pattern Recognition* / ed. by X.-C. Tai, E. Bae, T.F. Chan, M. Lysaker. Cham: Springer International Publishing, 2015. P. 169–182. DOI: 10.1007/978-3-319-14612-6_13.

5. Htay H. H., Oo M. P. Framework for Image Inpainting by using Fast Marching Method.

6. Karami E., Prasad S., Shehata M. Image Matching Using SIFT, SURF, BRIEF and ORB: Performance Comparison for Distorted Images. Website: arXiv, 2017. DOI: 10.48550/arXiv.1710.02726.

7. Rezazadeh S., Coulombe S. Low-complexity computation of visual information fidelity in the discrete wavelet domain // *2010 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*. 2010. P. 2438–2441. DOI: 10.1109/ICASSP.2010.5496298.

8. Snell J., Ridgeway K., Liao R., Roads B. D., Mozer M. C., Zemel R. S. Learning to generate images with perceptual similarity metrics // *2017 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*. 2017. P. 4277–4281. DOI: 10.1109/ICIP.2017.8297089.

9. Telea A. An Image Inpainting Technique Based on the Fast Marching Method // *Journal of Graphics Tools*. 2004. Vol. 9. No 1. P. 23–34. DOI: 10.1080/10867651.2004.10487596.

10. Wang Z., Simoncelli E. P., Bovik A. C. Multiscale structural similarity for image quality assessment // *The Thirty-Seventh Asilomar Conference on Signals, Systems & Computers, 2003: The Thirty-Seventh Asilomar Conference on Signals, Systems & Computers*. 2003. Vol. 2. P. 1398–140. DOI: 10.1109/ACSSC.2003.1292216.

11. Xue W., Zhang L., Mou X., Bovik A. C. Gradient Magnitude Similarity Deviation: A Highly Efficient Perceptual Image Quality Index // *IEEE Transactions on Image Processing*. 2014. Vol. 23. No 2. P. 684–695. DOI: 10.1109/TIP.2013.2293423.

12. Zhang L., Mou X., Zhang D. FSIM: A Feature Similarity Index for Image Quality Assessment // *IEEE Transactions on Image Processing*. 2011. Vol. 20. No 8. P. 2378–2386. DOI: 10.1109/TIP.2011.2109730.

УДК 778.534.1+657

ББК 65.272

Елфимова Г. С., Кувшинов С. В., Харин К. В.

**СОЗДАНИЕ МНОГОГРАННИКОВ
ПО МАТЕРИАЛАМ ТРАКТАТА ЛУКИ ПАЧОЛИ
«DIVINA PROPORZIONE» И АДАПТАЦИЯ
ИХ ДЛЯ НЕВИЗУАЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ
МОДЕЛЕЙ**

Елфимова Галина Сергеевна, кандидат технических наук

SPIN-код: 4603-8602

E-mail: redactor@rgbs.ru

Российская государственная библиотека для слепых

Кувшинов Сергей Викторович, кандидат технических наук, доцент

SPIN-код: 9259-5287

E-mail: kuvshinov@rggu.ru

Международный институт новых образовательных технологий

Российского государственного гуманитарного университета

Харин Константин Викторович

SPIN-код: 5741-6124, ORCID: 0000-0002-9465-5862

E-mail: kharin.k@rggu.ru

Центр технологической поддержки образования

Российского государственного гуманитарного университета

В статье представлен опыт создания многогранников по материалам трактата Луки Пачоли «Divina Proportione» и адаптации их для не визуального восприятия, благодаря которой полученные модели могут ис-

пользоваться в инклюзивных процессах обучения людей с ограниченными возможностями по зрению. Описываются этапы работы, используемое оборудование и программное обеспечение.

Ключевые слова: трёхмерное моделирование, 3D-печать, тактильное восприятие, культурно-образовательный контент, невизуальное восприятие, рельефно-графические изображения.

В образовательной практике Российского государственного гуманитарного университета (РГГУ) используются материалы историко-научных исследований, так как они дают кондиционный, практический и культурно-значимый материал для проведения учебного процесса, как среди школьников, так и среди студентов, по весьма широкому спектру дисциплин [8]. Не стало исключением и изучение трактата «Божественная пропорция» математика эпохи Возрождения итальянца Луки Пачоли. Трактат был издан в 1509 году и по сегодняшний день имеет огромное значение в истории науки и искусства (рис. 1).

Этот труд не только систематизирует математические и геометрические принципы, но и затрагивает философские, эстетические и даже метафизические вопросы, связанные с пропорциями и гармонией в природе и искусстве. Одной из основных тем трактата стало золотое сечение — пропорция, которая, как считается, создаёт наиболее гармоничные и эстетически привлекательные формы. В архитектуре и живописи, начиная с эпохи Ренессанса, этот принцип использовался для достижения гармонии и красоты композиций. Лука Пачоли отмечает, что красота, основанная на математической пропорции, была признана великими мастерами, такими как Леонардо



Рис. 1. Титульная страница трактата «Божественная пропорция» [9]

да Винчи, Микеланджело Буонарроти, что ещё раз подчёркивает важность освоения и созидания посредством интеграции наук и искусств [5]. В гуманитарном вузе уже давно ведётся глубокая подготовка студентов по отдельным разделам высшей математики, и в этом направлении трактат имеет ключевое значение для развития математической теории и практики преподавания. В нём приводятся объяснения и примеры, которые оказывают влияние на дальнейшее изучение геометрии и пропорциональности. Благодаря работам таких авторов, как Пачоли, математика представляется молодому поколению в историко-культурном, а не в абстрактном формате.

Таким образом, «Божественная пропорция» Луки Пачоли актуальна сегодня, поскольку она продолжает вдохновлять студентов, учёных, художников и архитекторов, подчёркивая неразрывную связь между математикой и эстетикой в культурно-историческом аспекте. В современном мире, где междисциплинарные подходы становятся всё более значимыми, понимание принципов, изложенных в этом трактате, остаётся важным для создания гармоничных и красивых объектов, способных привлечь внимание и вызвать эстетическое наслаждение. Однако на этом пути есть и сложности, связанные со спецификой восприятия молодыми людьми историко-культурного контента. Он должен быть поддержан новыми визуальными подходами к освоению на базе новейших технологий. В этом ключе особую роль играют аддитивные технологии и технологии трёхмерной визуализации [2]. Будучи сами по себе привлекательными для молодых людей, они ещё являются и весьма эффективными презентационными инструментами для «доставки» историко-культурного учебного материала [1].

Не менее значимо представление дидактического учебного материала для учащихся с ограниченными возможностями зрения — слабовидящих и слепых. Макеты, модели и рельефно-графические изображения активно используются как в тифлопедагогике, так и в библиотечно-информационной деятельности с целью восполнения предметных представлений незрячих людей об окружающем мире. Особую актуальность эта задача получила с распространением в образовательной сфере принципов инклюзии, требующих формирования мультимодального информационно-ресурсного обеспечения учебного процесса в форматах, доступных для людей с различ-

ными возможностями сенсорного восприятия информации. Одним из направлений работы в этой сфере являются проекты Российской государственной библиотеки для слепых (РГБС) по популяризации математических знаний [4].

В 2025 г. в Международном институте новых образовательных технологий (МИНОТ) РГГУ совместно с РГБС был успешно реализован проект по созданию многогранников по материалам трактата Луки Пачоли «*Divina Proportione*» и адаптации их для не-визуального восприятия людьми с ограниченными возможностями по зрению.

В ходе проектных работ вопросы представления математического контента в доступном для незрительного (тактильного — модели и аудиального — озвученные описания) восприятия решались в сочетании с решением задач представления учащимся культурно-исторического контекста трактата «*Divina Proportione*».

Прежде всего необходимо кратко остановиться на биографии автора трактата Луки Пачоли*. Пачоли родился в 1445 году в малообеспеченной семье Бартоломео Пачоли в маленьком городке Борго Сан-Сеполькро, который находился на реке Тибр, на границе Тосканы и Умбрии, и принадлежал Флорентийской республике. В юные годы Лука начал обучение в ботеге знаменитого художника Пьеро делла Франческа (около 1415–1492), также жившего в этом городе. Хотя время, проведенное в мастерской, не сделало его художником, оно помогло развить его художественный вкус и заинтересовало математикой, которая была важна для его наставника. С Пьеро Лука часто посещал двор герцога Урбинского Федерико де Монтефельтро. Там его заметил известный архитектор Леон Батиста Альберти (1404–1472), который в 1464 году посоветовал богатому венецианскому купцу Антонио де Ромпианзи, чтобы Лука стал домашним учителем для его детей. В Венеции Пачоли обучал сыновей своего покровителя и сам учился, посещая лекции математика Доменико Брагадино в школе Риальто. В 1470 году он написал свой первый учебник по коммерческой арифметике, а затем переехал в Рим, где был принят Альберти и жил в его доме, однако через два года принял монашеский постриг и стал францисканцем. После этого брат Лука некоторое время оставался в

* Материал подготовлен на основе публикации [6].



Рис. 2. Картина Якопо де Барбари с изображением Луки Пачоли

Сан-Сеполькро. С 1477 по 1480 год он преподавал в университете Перуджи. Позднее восемь лет провел в Заре (современный Задар), где занимался теологией и математикой, периодически совершая поездки по Италии для дел ордена. В этот период он начал писать своё главное произведение — энциклопедическую работу «Сумма арифметики, геометрии, отношений и пропорций». В 1487 году его снова пригласили на преподавание в Перуджу, после чего он жил в Риме, Неаполе и Падуе. В 1493 году Пачоли завершает работу над «Суммой». С этой рукописью он возвращается в Венецию, где в ноябре 1494 года его книга, посвященная юному Гвидо Убальдо де Монтефельтро (1472–1508), выходит в свет. В начале 1490-х годов Лука Пачоли проживает в Урбино. К этому периоду относится работа Якопо де Барбари, на которой Пачоли изображён с неизвестным молодым человеком (рис. 2).

Существуют различные предположения о личности этого молодого человека, однако наиболее вероятным считается, что это герцог Гвидо Убальдо, покровитель Пачоли. В 1496 году в Милане была создана кафедра математики, и Пачоли получил предложение возглавить её. Он проводит лекции для студентов и открытые занятия для всех заинтересованных. Именно здесь, при дворе герцога Лодовико Моро Сфорца, он сближается с Леонардо да Винчи. В записях Леонардо присутствуют указания, чтобы он изучал умно-



Рис. 3. Памятник Луки Пачоли в г. Сан-Сеполькро

жение корней у маэстро Луки и получил книгу о весах от брата из Борго.

Пачоли выполнил расчёты веса огромного конного памятника Франческо Сфорца для Леонардо. В Милане он стал работать над трактатом «О божественной пропорции», к которому Леонардо да Винчи сделал иллюстрации, и завершил его 14 декабря 1498 года. После оккупации Милана французскими войсками в 1499 году Пачоли продолжает преподавать в разных городах Италии. В 1508 году он издаёт латинский перевод «Начал» Евклида, но издание не стало популярным из-за выхода более точного перевода в 1505 году.

В 1509 году в Венеции была издана книга Пачоли «*Divina proportione: opera a tutti gli ingegni perspicaci e curiosi necessaria oue ciascun studioso di philosophia: prospettiva pictura sculptura: architectura: musica: e altre mathematiche: suavissima: sotile: e admirabile doctrina consequira: e delecterassi: con varie questione de secretissima scientia*» («Божественная пропорция. Сочинение, весьма полезное всякому проницательному и любознательному уму, из коего каждый изучающий философию, перспективу, живопись, скульптуру, архитектуру, музыку или другие математические предметы извлечёт приятнейшее, остроумное и удивительное учение и развлечёт себя различными вопросами сокровеннейшей науки») [9]. В 1508 году Пачоли становится местоблюстителем монастыря в родном Сан-Сеполькро (рис. 3).

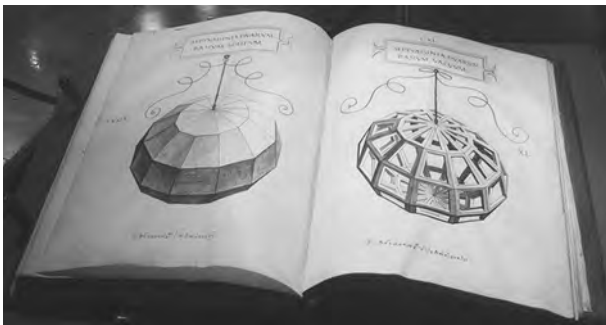


Рис. 4. Трактач Пачоли в библиотеке Амброзиана г. Милан [7]

В последние годы жизни Лука продолжал читать лекции; его приглашали в Перуджу в 1510 году и в Рим в 1514 году, причём последнее приглашение исходило от нового папы Льва X. Умер Лука Пачоли в возрасте 72 лет 19 июня 1517 года во Флоренции.

Главным предметом сочинения Луки Пачоли и Леонардо да Винчи стали математические пропорции и их приложение к геометрии, черчению, перспективным построениям пространства в изобразительном искусстве и пропорционированию в архитектуре. Простота и ясность изложения, наглядные рисунки сделали книгу необычайно популярной (рис. 4).

В первой части сочинения «Общие положения о божественной пропорции» (*Compendio divina proportione*) Пачоли на основе геометрии Евклида излагается правило «золотой середины» (лат. *aurea mediocritas*), или «золотого сечения», с математической точки зрения. Затем приводятся примеры его применения в различных искусствах в семидесяти одной главе. Пачоли указывает, что «золотые прямоугольники» могут быть описаны икосаэдром, а в пятой главе приводит пять причин, по которым золотое сечение следует называть «божественной пропорцией»:

- его ценность представляет собой божественную простоту;
- его определение подразумевает три длины, символизирующие Святую Троицу;
- его иррациональность представляет непостижимость Бога;
- его самоподобие напоминает вездесущность и неизменность Бога;
- его отношение к додекаэдру, который представляет собой квинтэссенцию (пятый элемент, эфир).

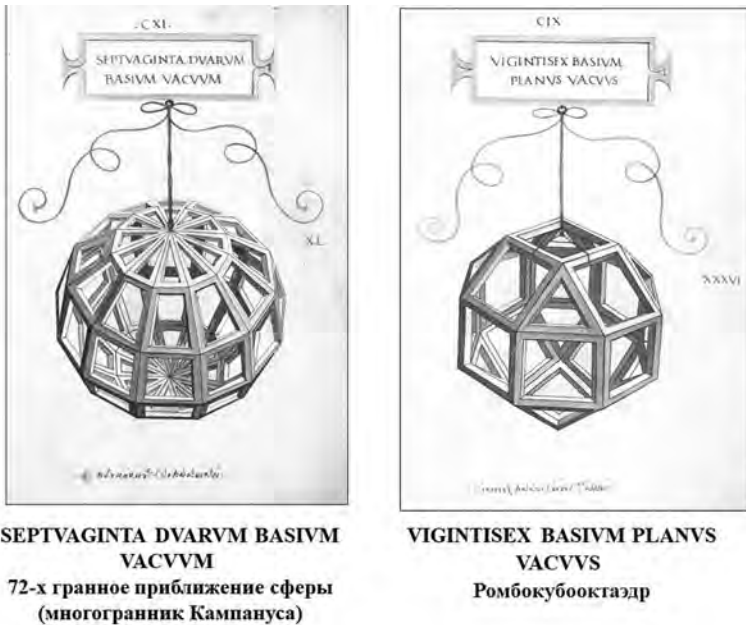


Рис. 5. Многогранники, нарисованные Леонардо да Винчи [4]

Оно также описывает правильные и полуправильные многогранники, а также обсуждение использования геометрической перспективы (рис. 5).

Во второй части в двадцати главах обсуждаются идеи Витрувия из его сочинения «Десять книг об архитектуре» (лат. *De architectura libri decem*) о применении математики к искусству архитектуры. В тексте сравниваются пропорции человеческого тела с пропорциями искусственных сооружений на примерах древнегреческой и римской архитектуры [4].

Третья часть представляет собой перевод на итальянский язык книги Пьеро делла Франческа «Небольшая книга о пяти правильных телах» (лат. *Libellus de quinque corporibus regularibus*) [4].

После трёх частей трактата следуют два раздела иллюстраций. В первом представлены двадцать три заглавные буквы, вычерченные Пачоли по правилам классической гарнитуры «гуманистической антиквы» Альбрехта Дюрера. Второй раздел содержит шестьдесят иллюстраций, гравированных на дереве по рисункам Леонардо да Винчи.

Весьма примечательно, что есть упоминание о том, что к нескольким рукописным экземплярам трактата, вручённым властительным особам, прилагался набор правильных многогранников и других геометрических тел, о которых брат Лука говорит, что изготовил их собственноручно. Эти сведения стали ключевыми при реализации совместного проекта МИНОТ и РГБС.

Творческий коллектив, состоящий из учащихся РГГУ и ведущих специалистов МИНОТ и РГБС, на базе программ трёхмерного моделирования T-Flex и SolidWorks с применением математических расчётов создали трёхмерные модели многогранников в полном соответствии с трактатом Луки Пачоли и рисунками Леонардо да Винчи. Определённые неточности в геометрии моделей были устранены за счёт трёхмерной визуализации в программно-аппаратном комплексе Nettle Desk российской компании Nettle.

Отдельным этапом работы стала адаптация данных компьютерных моделей для тактильного освоения людьми с ограниченными возможностями по зрению. Суть адаптации состояла в подборе масштаба моделей (габаритов) для трёхмерной печати и размеров элементов рёбер для полых многогранников. Цель — создание комфортных тактильных ощущений достаточной информационной ёмкости. Печать моделей проводилась на 3D-принтерах Stratasys Mojo и CreatBot F430 (рис. 6).

Для придания моделям экспозиционного вида, соответствующего рисункам в трактате, с помощью машины лазерной резки и гравировки Trotec Speedy 100R были выполнены шильды с надписями на латинском и русском языках [3].

Предметом отдельного историко-научного исследования, инициированного при выполнении данной работы, стало исследование возможных мотивов Луки Пачоли и Леонардо да Винчи выбора тех или иных многогранников для включения в список иллюстраций.

Из 60 иллюстраций с изображениями многогранников на 31 приведены рисунки объёмных геометрических тел («solidus»), три из которых (шар, конус и цилиндр) многогранниками не являются. Оставшиеся 29 рисунков представляют каркасные (рёберные) модели каждого из тел («vacuus»), включая шестиугольную пирамиду как приближение конуса. Из первых 20-ти рисунков «нетривиальных» многогранников (не являющихся призмами или пирамидами, кроме правильного тетраэдра) на 11 изображены правильные и

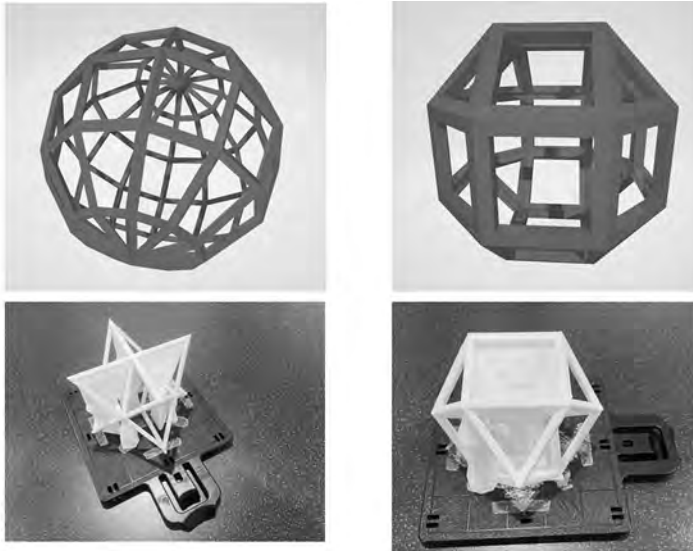


Рис. 6. Напечатанные 3D-модели многогранников

полуправильные многогранники, 12-й представляет собой изображение так называемой сферы Кампануса — 72-гранного приближения сферы. Все эти тела были хорошо известны и популярны в среде математиков уже в ту эпоху.

Особый интерес вызывают оставшиеся 8 рисунков с изображениями «звёздообразных» невыпуклых тел. Все они представляют собой один из правильных или полуправильных многогранников (тетраэдр, куб, кубооктаэдр, октаэдр, икосаэдр, додекаэдр, икосододекаэдр, ромбокубооктаэдр), на каждой грани которых выстроена пирамида (трёх-, четырёх- или пятиугольная). Только одна из этих фигур является звёздчатой формой многогранника в современном математическом понимании — звёздчатый октаэдр. Правильное изображение этого геометрического тела является одним из первых в истории науки и почти на 100 лет предшествует исследованиям звёздчатых форм Иоганна Кеплера.

Причины изображения именно этих многогранников в качестве иллюстраций к «*Divina Proportione*» в тексте Пачоли не приведены. Можно предположить, что это могло быть «творческой инициативой» иллюстратора — Леонардо да Винчи. Его же интерес к этим объектам или их геометрическим построениям мог быть

связан с его изысканиями в области художественной перспективы. За неимением математического термина авторы (неизвестно, кто именно, Пачоли или да Винчи) даже включают в название каждого их этих 8-ми рисунков слово «elevatus». Изображения геометрических пирамид в связи с наблюдением различных объектов встречаются на нескольких рисунках и скетчах Леонардо, и, вполне возможно, что изображение тех самых «звёздообразных» фигур было попыткой подчеркнуть их объём, светотеневой рисунок и демонстрацию перспективы. Этим же можно объяснить и наличие изображений рёберных моделей всех многогранников также с тенями и перспективой.

Эти изыскания связаны и с ещё одной творческой задачей — правильным наименованием каждой «звёздообразной» формы многогранника на русском (математическом) языке. Как уже упоминалось, в области исследования геометрических тел «Divina Proportione» предшествовала почти на 100 лет трудам Иоганна Кеплера. Считается, что именно Кеплер ввёл операцию добавления пирамиды в качестве преобразования формы многогранника — так называемое «пирамидальное расширение», «кумуляция» или «акизация» — аналог «elevatus». Только в XX веке в работах Джона Конвея и Виктора Кли эта операция была включена в общую систематизацию операций над многогранниками и получила обозначение «kis» (от «akisation»). Таким образом названия таких «пирамидально расширенных» тел получают один или несколько префиксов «триакис», «тетраакис» или «пентакис» в зависимости от того, сколько углов (3, 4 или 5) имеют грани многогранника и, соответственно, сколько граней имеет построенная пирамида. В качестве примера можно привести трипентакисикосододекаэдр — икосододекаэдр, гранями которого являются 20 правильных треугольников и 12 правильных пятиугольников, на которых построены треугольные и пятиугольные пирамиды (рис. 7).

Созданный комплект многогранников по мотивам трактата «Божественная пропорция» прошёл проверку как тифлопедагогами, так и незрячими людьми, которая проводилась в РГБС. Тестировавшие модели пользователи высоко оценили реализованные в проекте подходы по формированию модельного ряда от простого к сложному: от равносторонних и равнобедренных треугольников к фигурам с возрастающим количеством граней и углов, а также



Рис. 7. Трипентакисикосододекаэдр (Duodecedron abscisus elevatus vacuus)

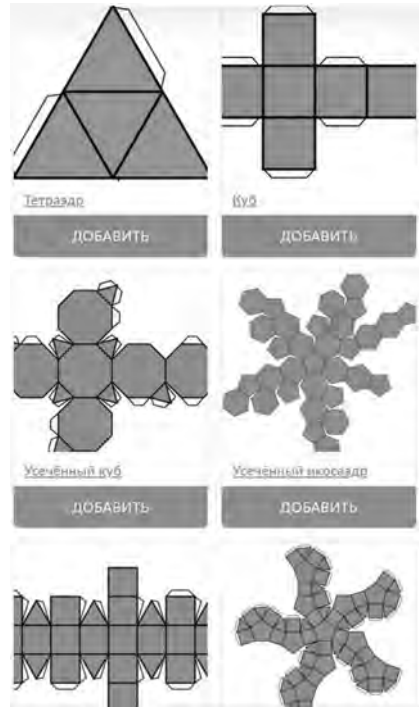


Рис. 8. Пример раскладок многогранников

от правильных многогранников, состоящих из одного типа многоугольников, к их различному сочленению в полуправильных многогранниках. Было отмечено, что такой подход в сочетании с



Рис. 9. Модели многогранников на выставке в читальном зале РГБС

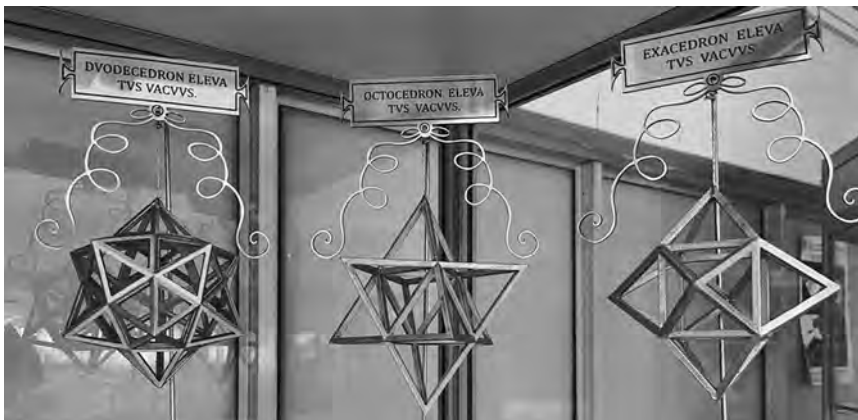


Рис. 10. Модели многогранников на выставке в читальном зале РГБС

текстовыми описаниями и исследованиями не только динамики формообразования при моделировании, но и терминологического словообразования, помогает развитию как способности к тактильному распознаванию сложных моделей, так и переходу от наглядно-образного к словесно-логическому мышлению учащихся (рис. 8).

Ещё одним направлением в адаптации и образовании людей с ограниченными возможностями по зрению стало воспроизведение многогранников трактата «Divina Proportione» в технике раскладок на рельефо-образующей термобумаге. Сборка незрячими людьми рельефных раскладок в геометрические фигуры может использоваться в качестве проверки усвоения ими изученного в аудиальной и тактильной форме материала.

Сочетание 3D-моделей и рельефно-графических изображений помогает преодолеть этап перехода от объёма к плоскости иллюстративного материала учебников при обучении незрячих детей идентификации геометрических тел. Такой подход показывает тесную взаимосвязь между математикой, искусством и природой, где многогранники представляют собой идеализированные формы, демонстрирующие гармонию и симметрию.

Созданный комплект многогранников занял свое место среди учебных пособий РГБС и в Музее-мастерской «3Da Vinci» в РГГУ (рис. 9, 10).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

3D-моделирование многогранников по материалам трактата Луки Пачоли «Божественная пропорция» способствует пониманию сути золотого сечения, может помочь будущим художникам и архитекторам создавать визуально привлекательные и гармоничные композиции. Трёхмерное моделирование многогранников позволяет глубже понять математические свойства многогранников, это может привести к новым открытиям в математике и физике, связанным с изучением сложных пространственных форм. Кроме того, визуализация многогранников стимулирует воображение, побуждая молодых людей больше уделять внимание красоте, которая присутствует в математических структурах.

Пространственное моделирование многогранников из «Божественной пропорции» Луки Пачоли служит не только для удовлетворения научного любопытства, но и для углубления понимания ценностей, которые лежат в основе искусства и науки, подчёркивая их единство и взаимозависимость, а 3D-модели дают возможность физического взаимодействия с геометрическими формами, что существенно улучшает восприятие и понимание пространственных характеристик многогранников, помогают учащимся осваивать сложные математические концепции через тактильное взаимодействие, ощущая форму и объём многогранников. Учащиеся развивают пространственное мышление, что критически важно при изучении геометрии.

Тактильные модели полезны для людей с ограничениями по зрению. Они позволяют сделать образование более инклюзивным. Чувство формы и объёмности многогранника даёт возможность получить информацию, которой они не смогли бы получить только с помощью аудиовизуальных средств. Такие модели способствуют развитию навыков мануального восприятия, и работа с такими моделями развивает не только когнитивные навыки, но и тонкую моторику, что особенно полезно для детей.

В ходе выполнения проекта было замечено, что 3D-модели вполне могут быть использованы для тестирования гипотез, визуализации сложных концепций и демонстрации физических свойств многогранников. Это позволяет исследователям и практикам лучше понимать структуру и динамику многогранных форм, что может иметь практическое применение в таких областях, как архитектура, инженерия и материаловедение.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Воронков Ю. С., Кувшинов С. В., Раев О. Н.* Развитие зрительного пространственного восприятия у учащихся в процессах проектно-исследовательской деятельности // *Техническое творчество молодёжи*. 2024. № 4 (146). С. 4–9.

2. *Воронков Ю. С., Кувшинов С. В.* Трёхмерное моделирование и прототипирование объектов культурного наследия на базе новейших цифровых технологий // *Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе, науке, образовании и в других областях: IV Международная научно-практическая конференция: Материалы и доклады*. Москва 19–20 апреля 2022. Москва : ИПП «Куна», 2022. С. 47–67.

3. *Воронков Ю. С., Кувшинов С. В., Харин К. В.* Новая эстетика лазерной пирографии по двухслойным пластическим материалам // *Инновационные технологии в кинематографе и образовании: VIII Международная научно-практическая конференция. Материалы и доклады*. Москва 20–22 октября 2021. Москва : ИПП «Куна», 2022. С. 257–269.

4. *Елфимова Г. С.* Комплексный мультимодальный подход к популяризации математики в Российской государственной библиотеке для слепых // *Научные и технические библиотеки*. 2025. № 2. С. 131–143.

5. *Пачоли Л.* О божественной пропорции / репринт изд. 1508, с приложением перевода А. И. Щетникова. Москва : Фонд «Русский авангард», 2007.

6. *Соколов Я.* Лука Пачоли — человек и мыслитель // *Пачоли Лука. Трактат о счетах и записях*. Москва : Статистика, 1974.

7. *Щетников А. И.* Лука Пачоли и его трактат «О божественной пропорции» // *Математическое образование*. 2007. № 1(41). С. 33–44.

8. *Юшкевич А. П.* История математики в средние века. Москва : Физматгиз, 1961.

9. *Ярославцева М. О.* Трёхмерные визуализации в школьном образовании // *Инновационные технологии в кинематографе, медиainдустрии и образовании: X Всероссийская научно-практическая конференция*. Москва 11–13, 17 октября 2023 г. Материалы и доклады / под общей редакцией О. Н. Раева. Москва : ИПП «Куна», 2023. С. 318–324.

10. *Lucas De Burgo*. Divina Proportione. Venetia : Paganino de Paganinis, 1509.

Galina S. Elfimova, Sergey V. Kuvshinov, Konstantin V. Kharin

**CREATING POLYHEDRA BASED ON LUCA PACIOLI'S
TREATISE "DIVINA PROPORZIONE" AND ADAPTING
THEM FOR NON-VISUAL PERCEPTION OF MODELS**

Galina S. Elfimova, Candidate of Technical Sciences

E-mail: redactor@rgbs.ru

Russian State Library for the Blind

Sergey V. Kuvshinov, Candidate of Technical Sciences

E-mail: kuvshinov@rggu.ru

International Institute of New Educational Technologies Russian State University for the Humanities

Konstantin V. Kharin

E-mail: kharin.k@rggu.ru

Center for Technological Support of Education Russian State University for the Humanities

The article presents the experience of creating polyhedra based on Luca Pacioli's treatise "Divina Proportione" and adapting them for non-visual perception, thanks to which the obtained models can be used in inclusive learning processes for people with visual disabilities. The stages of operation, the hardware and software used are described.

Key words: three-dimensional modeling, 3D printing, tactile perception, cultural and educational content, non-visual perception, relief graphic images.

REFERENCES

1. Voronkov Yu. S., Kuvshinov S. V., Raev O. N. Razvitie zritel'nogo prostranstvennogo vospriyatiya u uchashchikhsya v protsessakh proektno-issledovatel'skoi deyatel'nosti // *Tekhnicheskoe tvorchestvo molodezhi*. 2024. No 4 (146). P. 4–9.

2. Voronkov Yu. S., Kuvshinov S. V. Trekhmernoe modelirovanie i prototipirovanie ob"ektov kul'turnogo naslediya na baze noveishikh tsifrovyykh tekhnologii // *Zapis' i vosproizvedenie ob"emnykh izobrazhenii v kinematografe, nauke, obrazovanii i v drugikh oblastiakh: IV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya: Materialy*

i doklady. Moscow 19–20 April 2022. Moscow : IPP “Kuna”, 2022. P. 47–67.

3. Voronkov Yu. S., Kuvshinov S. V., Kharin K. V. Novaya estetika lazernoi pirografii po dvukhsloinym plasticheskim materialam // Innovatsionnye tekhnologii v kinematografe i obrazovanii: VIII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. Materialy i doklady. Moscow 20–22 October 2021. Moscow : IPP “Kuna”, 2022. P. 257–269.

4. Elfimova G. S. Kompleksnyi mul'timodal'nyi podkhod k populyarizatsii matematiki v Rossiiskoi gosudarstvennoi biblioteke dlya slepykh // Nauchnye i tekhnicheskie biblioteki. 2025. No 2. P. 131–143.

5. Pacholi L. O bozhestvennoi proporsii / reprint izd. 1508, s prilozheniem perevoda A. I. Shchetnikova. Moscow : Fond “Russkii avangard”, 2007.

6. Sokolov Ya. Luka Pacholi — chelovek i myslitel' // Pacholi Luka. Traktat o schetakh i zapisyakh. Moscow : Statistika, 1974.

7. Shchetnikov A. I. Luka Pacholi i ego traktat “O bozhestvennoi proporsii” // Matematicheskoe obrazovanie. 2007. № 1(41). S. 33–44.

8. Yushkevich A. P. Istoriya matematiki v srednie veka. Moscow : Fizmatgiz, 1961.

9. Yaroslavtseva M. O. Trekhmernye vizualizatsii v shkol'nom obrazovanii // Innovatsionnye tekhnologii v kinematografe, mediaindustrii i obrazovanii: X Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. Moscow 11–13, 17 October 2023. Materialy i doklady / pod obshechi redaktsiei O. N. Raeva. Moscow : IPP “Kuna”, 2023. P. 318–324.

10. Lucas De Burgo. Divina Proportione. Venetia: Paganino de Paganinis, 1509.

УДК 004.92:687.+778.534.1
ББК 16.7

Каршакова Л. Б.

РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТониКИ ПОКАЗА СРЕДСТВАМИ РЕДАКТОРА BLENDER 3D

Каршакова Лидия Борисовна

SPIN-код: 2813-4762, ORCID: 0000-0003-2158-2508

E-mail: karshakova-lb@rguk.ru

Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина

В статье рассматриваются возможности применения редактора Blender 3D для проектирования архитектуры модных показов. Архитектура показа определяется как динамическая композиционная структура, включающая сценографию, свет, звук, визуальные эффекты и движение моделей. Анализируется история модных показов, выделяются ключевые этапы их организации. Проведён сравнительный анализ ряда современных 3D-редакторов (Blender, Cinema 4D, Maya, Clo3D, Unreal Engine) и обоснован выбор в качестве инструментария редактора Blender. В статье описаны этапы разработки виртуального показа в среде Blender, включая моделирование пространства, анимацию моделей, настройку освещения и звукового сопровождения. Подчёркивается, что использование трёхмерных технологий не только оптимизирует процесс подготовки показов, но и открывает новые перспективы для смежных областей, таких как киноиндустрия, театр, ивент-индустрия, геймдизайн, где аналогичные методы могут применяться для создания предварительной визуализации сцен.

Ключевые слова: модные показы, архитектура, 3D-моделирование, рендеринг, композиция, сценография, виртуальная реальность, цифровые технологии, аддон, Human Generator.

Модные показы имеют полуторавековую историю и являются неотъемлемой частью индустрии [1]. Организация показа — сложный процесс, требующий координации множества специалистов: дизайнеров, стилистов, продюсеров, моделей, технических специалистов и PR-команд. Важную роль играют следующие факторы: выбор локации, разработка декораций и светового дизайна, синхронизация ритма показа с музыкальным оформлением. При продумывании процесса демонстрации готовой одежды на сцене целесообразно использовать современные информационные технологии [3].

В процессе художественного проектирования модельеры разрабатывают архитектуру костюма (рис. 1). Она помогает достичь гармонии композиции, найти принцип организации формы и конструкции одежды, основанный на взаимосвязи её элементов. Основными компонентами являются силуэт, пропорции, объём и пластика, конструктивные линии, декор и детали. Термин происходит от греческого слова «architektonike» и подчёркивает сходство проектирования костюма с архитектурой, где важны баланс, гармония и функциональность.

В данной статье вводится термин «архитектоника показа», под которым подразумевается продуманная композиционная динамическая структура демонстрации коллекции, включающая сценографию, свет, звук и визуальные эффекты. Предполагается, что такое планирование модного показа позволяет создавать целостное зрелище, где одежда становится частью нарратива.

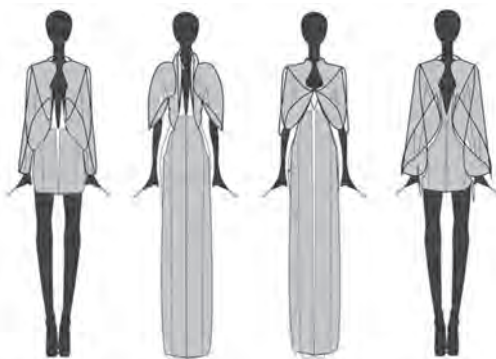


Рис. 1. Разработка архитектоники костюма средствами векторной графики (автор: Романов Максим, специалитет, 2010 г.)

ИСТОРИЯ МОДНЫХ ПОКАЗОВ

История модных показов началась в Лондоне с середины XIX века, с Чарльза Фредерика Ворта. Он был не только основателем высокой моды, но и первым человеком, который придумал показывать готовые изделия на людях. Идею такой демонстрации подхватили и другие модные дома. В 1901 году леди Дафф-Гордон представила «Платья эмоций» на сцене. В представлении были использованы современные театральные наработки: специальное освещение, музыка и поставленные позы. Наличие сцены заложило определённое пространственное местоположение моделей относительно зрителей [1]. Свой классический вид дефиле с линейным выходом моделей приобрели в 1931 году в Нью-Йорке благодаря Элизе Скиапарелле. Нью-Йорк стал также городом, где в 1943 году прошла первая Неделя моды. В это время в Европе шла Вторая мировая война, американские модные издания *Vogue* и *Harper's Vazaag* не смогли посетить модные показы во Франции. Публицист и член совета модных дизайнеров Америки Элеонора Ламберт организовала первую в истории Неделю моды для местных дизайнеров одежды [7]. Недели моды в Париже начали проходить в 1973 году, в Лондоне — в 1984, в Москве — в 1994. Сейчас многие крупные города проводят свои мероприятия подобного рода.

Современные модные показы трансформируются под влиянием цифровых технологий [6]. В 1990-е годы отслеживалась тенденция с использованием видеоофонов, в 2010 годы привнесли технологии LED-экранов, пандемия 2020–2022 года ускорила процесс: показы и даже Недели моды стали проходить в виртуальных вселенных [4].

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЁХМЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПОКАЗОВ

Для того, чтобы разработать архитектуру показа можно воспользоваться трёхмерными технологиями. Выбор редактора зависит от конкретных задач: нужен ли фотореализм, интерактивность, скорость работы или интеграция с другими инструментами. Зачастую для решения задач используются сразу несколько редакторов (рис. 2) [3].

В работе были рассмотрены пять программных средств, результаты исследования представлены в таблице 1.



Рис. 2. Традиционный подиум, созданный в редакторе Cinema 4D-костюм и анимация разработаны в Clo3D (автор: Мирзалиев Муслим, магистрант, 2021 г.)

Таблица 1

Сравнительный анализ трёхмерных редакторов для создания виртуальных показов

Программа	Основные преимущества	Недостатки	Применение
Cinema 4D	<ul style="list-style-type: none"> — Интуитивный интерфейс. — Фотореалистичный рендеринг. — Инструменты для моушен-дизайна (камеры, абстракции). 	<ul style="list-style-type: none"> — Требуется лицензия. — Менее подходит для сложной анимации персонажей. 	<ul style="list-style-type: none"> — Арт-проекты с акцентом на визуальные эффекты. — Абстрактные и динамичные показы.
Autodesk Maya	<ul style="list-style-type: none"> — Профессиональные инструменты для анимации (персонажи, ткань). — Универсальность (моделирование, симуляции, рендеринг). 	<ul style="list-style-type: none"> — Высокий порог входа. — Дорогая подписка. 	<ul style="list-style-type: none"> — Кинореалистичные анимационные показы. — Сложная анимация моделей и тканей.
Clo3D	<ul style="list-style-type: none"> — Специализация на моделировании одежды. — Точная симуляция тканей. — Встроенные шаблонные аватары. 	<ul style="list-style-type: none"> — Ограниченный функционал вне модной индустрии. — Не подходит для сложной сценографии. 	<ul style="list-style-type: none"> — Цифровые показы мод. — Визуализация одежды на аватарах.

Окончание таблицы 1

Программа	Основные преимущества	Недостатки	Применение
Unreal Engine	<ul style="list-style-type: none"> — Реалтайм-рендеринг. — VR-совместимость. — Готовые ассеты для декораций. 	<ul style="list-style-type: none"> — Слабое встроенное моделирование. — Требуется подготовка 3D-моделей. 	<ul style="list-style-type: none"> — Интерактивные 3D- и VR-показы. — Цифровые шоурумы. — Показы в виртуальных вселенных.
Blender	<ul style="list-style-type: none"> — Бесплатный с открытой лицензией. — Полный цикл работ (моделирование, анимация, рендер). — Реалистичная симуляция ткани и сценография. 	<ul style="list-style-type: none"> — Сложный интерфейс, требует обучения. — Менее оптимизирован для промышленного дизайна. 	<ul style="list-style-type: none"> — Визуализация сложных пространственных решений. — Виртуальные подиумы. — Анимация моделей в одежде.

В результате сравнительного анализа сделаны следующие выводы. Если проекты предполагают этапы моделирования, анимацию и финальный рендер, то для работы стоит выбрать редакторы Maya и Blender. Для арт-проектов и работ, предполагающих моушн-дизайн, рекомендуется остановиться на Cinema 4D. Если во главе стоит задача разработки одежды и симуляции ткани, то для этого лучше всего подойдет специализированный редактор Clo3D. Для интерактивных задач и VR-показов необходимо использовать игровой движок Unreal Engine.

Для проектирования архитектоники показа был выбран бюджетный вариант с максимумом возможностей — Blender. Этот редактор позволяет работать со сложной сценографией: от разработки сцены и декорации до анимации света и камеры.

В работе были выделены типичные этапы и исследованы инструментальные возможности редактора Blender (таблица 2).

Разработка пространства и подиума зачастую стоят в начале процесса. Пространственная организация, созданная в трёхмерном виртуальном пространстве, может быть традиционной линейной сценой или круговой, также возможно реализовать любую задумку автора, в том числе, асимметричную (рис. 3). Свет в трёхмерной

Таблица 2

Разработка архитектуры модного показа средствами Blender

№	Этап	Основные действия	Инструменты / Технологии	Результат
1	Концепция	— Определение темы и стиля. — Анализ референсов. — Выбор формата (VR, видео и т. д.).	Мудборды, скетчи, референс-листы.	Утверждённая концепция показа.
2	Моделирование пространства	— Создание 3D-подиума. — Разработка декораций. — Расстановка камер.	Blender (моделирование), аддоны для архитектуры и мебели.	Готовая 3D-сцена с базовой геометрией.
3	Освещение	— Настройка основного и акцентного света. — Добавление динамических эффектов.	Инструменты программы для создания источников света.	Реалистичное или стилизованное освещение сцены.
4	Создание моделей	— Генерация аватаров (Human Generator). — Импорт моделей из Clo3D (если нужно). — Разработка архитектурных форм средствами редактора.	Blender + Clo3D (для одежды).	3D-модели костюма, готовые к анимации.
5	Анимация	— Программирование движения моделей. — Настройка ритма и взаимодействий.	Blender (анимация), Rigify (скелетирование).	Готовая анимация дефиле с синхронизацией по времени.
6	Визуальные эффекты	— Добавление проекций, частиц, дыма. — Настройка постобработки (цветокоррекция).	Blender (композитинг), Adobe After Effects.	Улучшенная визуальная составляющая с эффектами.
7	Звуковое сопровождение	— Синхронизация музыки с анимацией. — Добавление звуковых эффектов.	Audacity, Blender (встроенный аудиоредактор).	Готовая звуковая дорожка, синхронизированная с визуальным рядом.

Окончание таблицы 2

№	Этап	Основные действия	Инструменты / Технологии	Результат
8	Тести-рование	— Просмотр превью. — Корректировка анимации, света, ракурсов.	Blender (пред-просмотр).	Оптимизиро-ванная сцена.
9	Ренде-ринг	— Настройка параметров рен-дера (разрешение, FPS). — Экспорт в нужный формат.	Cycles/Eevee, Render Farms (для сложных сцен).	Финальное видео.
10	Экс-порт и приме-нение	— Загрузка на цифровые платформы. — Использование для превиза реального показа.	Соцсети, сайты.	Готовый продукт для публикации или исполь-зования в планировании реального показа.

сцене может менять не только направления и яркость, но и тон. Световое оборудование позволяет подчеркнуть определённые моменты или детали.

Анимация перемещения моделей по подготовленной сцене позволяет продумать композицию показа, учесть развитие формы и цвета коллекции во времени. Для создания элементов можно использовать специализированные модули для Blender — аддоны. Это по сути дополнительные программы, написанные сторонними



Рис. 3. Нетрадиционная сцена для показа (автор: Фаюршина Юлия, бакалавриат, 2024 г.)



Рис. 4. Разработка модели для показа средствами аддона Human Generator в редакторе Blender (автор: Фаюршина Юлия, бакалавриат, 2024 г.)

разработчиками. Например, для визуализации реалистичных моделей можно использовать адонн под названием Human Generator (рис. 4). Конкретно данная технология требует мощной аппаратной поддержки. Преимущество использования архитектурной показа заключается в том, что достаточно показать примерную форму и распределение цвета при помощи геометрических примитивов (рис. 5).



Рис. 5. Разработка архитектурной показа коллекции «Шахматы» средствами редактора Blender. Кадры из видеоролика (автор: Хохлова Яна, бакалавриат, 2024 г.)

Важным элементом для любого дефиле является звуковое сопровождение [2]. При разработке архитектоники показа в трёхмерном редакторе есть возможность проверить музыкальный ряд, подобрать аудио-эффекты. Итогом работы в трёхмерном редакторе будет видеоролик, который позволит запланировать демонстрацию коллекции в реальном или виртуальном пространстве (см. рис. 5).

Перспективой изучения потенциала 3D-редакторов может стать исследование интеграции Blender с другими специализированными программами (например, Clo3D для моделирования тканей). Это позволит расширить спектр инструментов для создания архитектоники показов.

Потенциал данной работы выходит за рамки фэшн-индустрии. Применение может найтись и в киноиндустрии, театре, ивент-индустрии, геймдизайне для предварительной визуализации сцен. Методика разработки архитектоники средствами трёхмерных редакторов может быть внедрена в учебные курсы для дизайнеров и технологов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое исследование показало, что редактор Blender 3D является универсальным и доступным инструментом для создания виртуальных модных показов. Его функционал позволяет реализовать полный цикл работ: от моделирования пространства и анимации моделей до настройки освещения и звукового сопровождения. Бесплатная лицензия и открытый код делают Blender особенно привлекательным для образовательных и профессиональных задач.

Использование 3D-технологий значительно сокращает временные и финансовые затраты на организацию модных показов. Инструменты позволяют проводить предварительную визуализацию, тестировать различные сценографические и световые решения, а также синхронизировать движение моделей по подиуму с музыкальным сопровождением, что минимизирует количество реальных репетиций. Таким образом, применение Blender в проектировании архитектоники модных показов представляет собой перспективное направление, сочетающее инновационные технологии с творческим подходом.

Разработанный подход к проектированию архитектоники показов может быть применён в других сферах, таких как киноиндустрия, театр, ивент-индустрия и геймдизайн.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Каршакова Л. Б.* История и перспективы модных показов // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (Инновации-2022): Сборник материалов Международной научно-технической конференции, Москва, 16 ноября 2022 года. Часть 3. Москва : Российский государственный университет имени А. Н. Косыгина, 2022. С. 213–215.

2. *Каршакова Л. Б.* Потенциал звукового дизайна для виртуальных модных показов // Декоративное искусство и предметно-пространственная среда. Вестник РГХПУ им. С. Г. Строганова. 2024. № 2-2. С. 146–155.

3. *Коробцева Н. А., Каршакова Л. Б., Обетковская М. А.* Методика разработки цифрового показа // Бюллетень науки и практики. 2024. Т. 10. № 5. С. 408–416.

4. *Коробцева Н. А., Романов М. В.* Метавселенная как среда для развития цифровой моды // Костюмология. 2023. Т. 8. № 3. URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/23IVKL323.pdf> (дата общения: 01.04.2025).

5. *Кулешова А. А., Хачатурова Е. А., Митрохина Т. А.* Актуальные тенденции презентации коллекций дизайнеров // Общество. Среда. Развитие. 2018. № 3. С. 68–74.

6. *Ноздрачева Т. М., Щеглова Т. М.* Современные трансформации модных показов // Костюмология. 2023. Т. 8. № 2. URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/05IVKL223.pdf> (дата общения: 01.04.2025).

7. *Skov L., Skjold E., Moeran B., Larsen F., Csaba F. F.* The fashion show as an art form // Creative encounters. 2009. No 2-37. P. 9–10.

Lidiya B. Karshakova

DEVELOPMENT OF SHOW ARCHITECTONICS USING THE BLENDER THREE-DIMENSIONAL EDITOR

Lidiya B. Karshakova

E-mail: karshakova-lb@rguk.ru

A. N. Kosygin Russian State University

The article discusses the possibilities of using the Blender 3D editor to design fashion show architectonics. The show architectonics is defined as a dynamic compositional structure that includes scenography, light, sound, visual effects, and model movement. The history of fashion shows is analyzed, and the key stages of their organization are highlighted. A comparative analysis

of a number of modern 3D editors (Blender, Cinema 4D, Maya, Clo3D, Unreal Engine) is conducted, and the choice of Blender as a toolkit is substantiated. The paper describes the stages of developing a virtual show in the Blender environment, including space modeling, model animation, lighting, and sound settings. It is emphasized that the use of 3D technologies not only optimizes the show preparation process, but also opens up new prospects for related areas such as the film industry, theater, event industry, and game design, where similar methods can be used to create preliminary scene visualizations.

Key words: fashion shows, architectonics, 3D modeling, rendering, composition, scenography, virtual reality, digital technologies, add-on, Human Generator.

REFERENCES

1. Karshakova L. B. *Istoriya i perspektivy modnykh pokazov // Dizain, tekhnologii i innovatsii v tekstil'noi i legkoi promyshlennosti (Innovatsii-2022): Sbornik materialov Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, Moscow, 16 November 2022. Chast' 3. Moscow : Rossiiskii gosudarstvennyi universitet imeni A. N. Kosygina, 2022. P. 213–215.*

2. Karshakova L. B. *Potentsial zvukovogo dizaina dlya virtual'nykh modnykh pokazov // Dekorativnoe iskusstvo i predmetno-prostranstvennaya sreda. Vestnik RGKhPU im. S. G. Stroganova. 2024. No 2-2. P. 146–155.*

3. Korobtseva N. A., Karshakova L. B., Obetkovskaya M. A. *Metodika razrabotki tsifrovogo pokaza // Byulleten' nauki i praktiki. 2024. T. 10. No 5. P. 408–416.*

4. Korobtseva N. A., Romanov M. V. *Metavselennaya kak sreda dlya razvitiya tsifrovoi mody // Kostyumologiya. 2023. T. 8. No 3. URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/23IVKL323.pdf> (data obshcheniya: 01.04.2025).*

5. Kuleshova A. A., Khachaturova E. A., Mitrokhina T. A. *Aktual'nye tendentsii prezentatsii kolleksii dizainerov // Obshchestvo. Sreda. Razvitie. 2018. No 3. P. 68–74.*

6. Nozdracheva T. M., Shcheglova T. M. *Sovremennye transformatsii modnykh pokazov // Kostyumologiya. 2023. T. 8. No 2. URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/05IVKL223.pdf> (data obshcheniya: 01.04.2025).*

7. Skov L., Skjold E., Moeran B., Larsen F., Csaba F. F. *The fashion show as an art form // Creative encounters. 2009. No 2-37. P. 9–10.*

УДК 621.395.612.4

ББК 32.87-5

Сологубов А. Н.

ПОИСКИ ПРОДОЛЖАЮТСЯ. ЛЕНТОЧНЫЕ МИКРОФОНЫ «ОКТАВА» 1950–1970-х ГОДОВ

Сологубов Андрей Николаевич

E-mail: rv3doi@mail.ru

Всероссийский государственный университет кинематографии
имени С. А. Герасимова

Ленточные микрофоны 1950–1970-х годов производились заводом «Октава» в городе Тула. Автор изучил более двух сотен источников информации, по которым удалось точно определить наименование, номер и год выпуска микрофонов. В большинстве случаев номер и год выпуска были прочитаны на фотографиях микрофонов в объявлениях и на тематических форумах. Вся информация по известным на 15 марта 2025 г. экземплярам микрофонов МЛ-11м, МЛ-15, МЛ-16, МЛ-17, МЛ-20 систематизирована в табличной форме.

Ключевые слова: ленточный микрофон «Октава», город Тула, индивидуальный заводского номер, студии Russian Recording.

Ленточные микрофоны 1950–1970-х годов производились заводом «Октава» в городе Тула. О них можно прочитать на профильных форумах разные мнения. Для кого-то это «верх совершенства», для кого-то высококачественная «рабочая лошадь», есть поклонники и противники, есть пользователи и коллекционеры этих микрофонов. В технической литературе и справочниках приведены основные параметры этих микрофонов [1–4].

«Отличительной чертой микрофонов МЛ-11М, МЛ-15, МЛ-16, МЛ-17 стало нанесение штампом на металлическом декоративном ободе индивидуального заводского номера, года выпуска и отличительного знака производителя, что позволило начать поиски имеющихся на настоящий момент экземпляров этих микрофонов» [5].

Поиски информации по этим редким микрофонам были проведены для систематизации имеющейся информации по сохранившимся экземплярам, их состоянию и возможности использования для записи звука в современных условиях.

В опубликованных в 2023 году материалах автора [5] по поиску ленточных микрофонов «Октава», сохранившихся до наших дней, было отмечено 176 экземпляров. За прошедшие 2 года на просторах интернета было найдено ещё 23 экземпляра этих редких микрофонов.

Публикуемые сейчас таблицы построены на основе данных [5] и дополнены найденными номерами микрофонов с годом их производства. Все поиски проводились на общедоступных досках объявлений, сайтах-аукционах и частных объявлений, на форумах и сохранившихся ссылках систем поиска. У автора сохранены все ссылки на доступную информацию, а также множество фотографий, выложенных объявлений и сообщений участников форумских дискуссий.

Хорошо прослеживается судьба нескольких МЛ-16 и МЛ-17, сохранившаяся на просторах Интернета информация позволяет определить не только даты их продажи, но и в чьих руках они побывали.

Всего были найдены более двух сотен источников информации, по которым удалось точно определить наименование, номер и год выпуска каждого микрофона. В большинстве случаев номер и год выпуска были прочитаны на фотографиях микрофонов в объявлениях и на тематических форумах за прошедшие 15–20 лет. Результаты поисков приведены в таблицах 1–5.

Отдельно отметим микрофон МЛ-11Б № 88 1955 г. МРТП Ленинград, информация о котором была обнаружена в объявлении на ресурсе «ВКонтакте» (https://vk.com/topic-28876595_27874665?offset=40&z=photo-28876595_457239181%2Fpost-28876595_2022). Его внешний вид сильно отличается плавностью форм от серийных экземпляров МЛ-11М, он очень похож на микрофон RCA77 1948

ТЕХНИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ

года. Автор поста разместил 3 качественные фотографии этого уникального экземпляра, интересовался как его разобрать и просил помочь определиться с ценой. Упоминание о нём есть на «Форуме о микрофонах Октава» (<http://www.oktava-mics.net/forum/viewtopic.php?f=6&t=3515>). В справочной брошюре [1] приведены основные параметры микрофонов МЛ-11Б и МЛ-11М, они полностью совпадают, но вот размеры и вес у МЛ-11М в полтора раза больше.

Таблица 1

Микрофоны МЛ-11М. Найденные номера по годам изготовления

Годы	1958	1959	1960	1961	1962	1964	Год неизвестен
№	331	413	118	462	91	123	64, но с графиком АЧХ
	336	456		505	401		
	385	530		663			
	666	556					

Всего найдена информация о 16 микрофонах + два микрофона с неизвестными номерами со студии Russian Recording и один микрофон с <https://homerecording.com/>.

Таблица 2

Микрофоны МЛ-15. Найденные номера по годам изготовления

Годы	1955	1957	1958	1959	1960
№	94, не Октава!	30, не Октава 307, прототип МРТП 365, не Октава 249, не Октава 330, МРТП	104 517	41 286 346 379 469 478 532 543 548 643 666 767 895 947 xx	Фильм «Стиляги» 1:03:19, 1 экз. 246 284 331 526 528 638

Всего 30 микрофонов +3 микрофона из студии Russian Recording, их номера неизвестны. Экземпляров более поздних годов обнаружено не было.

Таблица 3

Микрофоны МЛ-16. Найденные номера по годам изготовления

Год	1959	1961	1962	1963	1964	1965	1966
№	3/334, предсерий- ный?	149 223, 15 мая 614, 25 апреля 547	xx 514	180 584	22 34 38 82 104 1166 136 155 211 xx	42 82 116 275	10 378 389 xx xx 422
Год	1967	1968	1969	1970	1971	1972	
№	10 38 53 56 200 226 276 314 355 419 неизвестен	79 214 217 311 481 615 772 787 825 869 неизвестен	215 216 358 505 535 667	249 254 787 982	71 79 83 212 241 249 453 913	31 89 120 199 378 419 451 518 542 552 561 575 700 885	
<p>Всего 84 микрофона. Кроме того, один микрофон № и год которого неизвестен; один микрофон № 56 год неизвестен; один микрофон 1967 г. с неизвестным номером; не вошедшие в таблицу три микрофона от Russian Recording (номера и год не известны) и МЛ-16 № 544 197? года.</p>							

При поиске через google.com в кэше удалось найти информацию о продаже МЛ-11Б 1958 г. выпуска за 4000 долларов через сайт www.reverb.com. В списке оборудования американской звукозаписывающей студии Russian Recording (www.russianrecording.com) есть два микрофона МЛ-11Б и два МЛ-18, про которые есть только упоминания в литературе. Других владельцев этих микрофонов обнаружить не удалось. Владельцы студии Russian Recording собрали

Таблица 4

Микрофоны МЛ-17. Найденные номера по годам изготовления

Год	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
№	330	320, не Октавия	199	xx, 2 шт.	2 106 xx	40 xx	7 20 38 45 50 73 87 112 121 123 xx xx	160 234	47 48 187 209 349 393	4 8 52 143 496 532 543	94 147 843
<p>Всего 40 микрофонов. Кроме того, два микрофона без информации; микрофон № 2 — год не установлен; 2 микрофона от Russian Recording (номера и год неизвестны); один микрофон от https://homerecording.com/ (номер и год неизвестны).</p>											

большую коллекцию профессиональных микрофонов, произведённых в 1950–1970 годы предприятиями СССР. Вся их коллекция используется для записи музыки на территории студии.

Точная дата выпуска микрофонов МЛ-16 № 223 и МЛ-16 № 614 известна по сохранившимся фотографиям паспортов — 1961 год, № 614 выпущен 25 апреля, а № 223 15 мая (таблица 3).

Таблица 5

Микрофоны МЛ-20. Найденные номера по годам изготовления

Год	1978	1979	1982	1986	1987	1988
№	15 85	17	71	11.	27 45 78 96	6 85

Ленточный микрофон МЛ-20 был сделан как аналог английского COLES-4104, использовался для записи речи в зашумлённых помещениях и проведения репортажей со спортивных мероприятий. Это не копия, а самостоятельная разработка. За годы активных поисков автором был куплен экземпляр № 06 1988 года, а всего

удалось найти информацию и фотографии 11 экземпляров этих микрофонов (таблица 5).

Поиски продолжаются, автору известно о существовании ещё нескольких экземпляров, но на данный момент нет подтверждающих фотографий с номерами и годами выпуска.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная публикация это промежуточный результат поисков. Маловероятно, что будут найдены все экземпляры этих микрофонов. Множество их было уничтожено при списании оборудования организаций ещё во времена СССР. Родственники частенько оправляют в помойку всю коллекцию после смерти коллекционера, автору известны и такие истории. Поиски продолжаются и при получении новой информации о неизвестных на данный момент экземплярах, будет подготовлена новая публикация.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Дольник А. Г.* Микрофоны МРБ / Справочная серия. Выпуск 497. Москва — Ленинград : Госэнергоиздат, 1964.
2. *Дольник А.* Микрофоны широкого применения // Радио. 1969. № 2. С. 49–51, вкл. 4. URL: <http://archive.radio.ru/web/1969/02/> (дата обращения: 12.03.2025).
3. *Дольник А. Г., Эфруси М. М.* Микрофоны / Справочная серия. Выпуск 633. Москва : Энергия, 1967.
4. *Сидоров И. Н.* Отечественные и зарубежные микрофоны и телефоны. Справочное пособие. Москва : Горячая линия — Телком, 2004.
5. *Сологубов А. Н.* Ленточные микрофоны «Октава» 1950–1960-х годов // Современные аудиовизуальные технологии в художественном творчестве и высшем образовании: XV Всероссийская научно-практическая конференция 25 марта 2023 г. Санкт-Петербург : СПбГУП, 2023. С. 65–70.

Andrei N. Sologubov

**SEARCHES CONTINUE. TAPE OCTAVE MICROPHONES
OF THE 1950-1970TH YEARS**

Andrei N. Sologubov

E-mail: rv3doi@mail.ru

S. A. Gerasimov All-Russian State University of Cinematography

Tape microphones from the 60s and 70s of the last century were manufactured by the Oktava factory from Tula. The author studied more than two hundred sources of information, from which it was possible to accurately determine the name, number and year of manufacture of the microphone. In most cases, the issue number and year were read on photos of microphones in advertisements and on thematic forums. All information on the ML-11m, ML-15, ML-16, ML-17, ML-20 microphones known as of March 15, 2025 is included in the tables.

Key words: Oktava ribbon microphone, Tula city, individual serial number, Russian Recording studios.

REFERENCES

1. Dol'nik A. G. Mikrofony MRB / Spravochnaya seriya. Vol. 497. Moscow — Leningrad : Gosenergoizdat, 1964.

2. Dol'nik A. Mikrofony shirokogo primeneniya // Radio. 1969. No 2. P. 49–51, vkl. 4. URL: <http://archive.radio.ru/web/1969/02/> (data obrashcheniya: 12.03.2025).

3. Dol'nik A. G., Efrusi M. M. Mikrofony / Spravochnaya seriya. Vol. 633. Moscow : Energiya, 1967.

4. Sidorov I. N. Otechestvennye i zarubezhnye mikrofony i telefony. Spravochnoe posobie. Moscow : Goryachaya liniya — Telkom, 2004.

5. Sologubov A. N. Lentochnye mikrofony “Oktava” 1950–1960-kh godov // Sovremennye audiovizual'nye tekhnologii v khudozhestvennom tvorchestve i vysshem obrazovanii: XV Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya 25 March 2023. St. Petersburg : SPbGUP, 2023. P. 65–70.

УДК 535+004.8

ББК 22.34

Раев О. Н., Рыжков В. П.

**ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕНЕРАТИВНЫХ
ТЕКСТОВЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ
ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕОРИИ СОЗДАНИЯ
И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

Раев Олег Николаевич, кандидат технических наук, доцент

SPIN-код: 8199-6814, ORCID: 0009-0002-5863-0091

E-mail: ncenter@list.ru

Технологический университет имени дважды Героя Советского
Союза, лётчика-космонавта А. А. Леонова,

Сергиево-Посадский филиал Всероссийского государственного
университета кинематографии имени С. А. Герасимова,

Институт философии Российской академии наук

Рыжков Валерий Павлович

SPIN-код: ORCID: 0009-0008-1500-5679

E-mail: mr.valer03@mail.ru

Московский государственный технический университет
имени Н. Э. Баумана (Национальный исследовательский
университет)

В статье приведены результаты исследования возможности применения генеративных текстовых нейронных сетей ChatGPT, DeepSeek, YaGPT и GigaCHAT в образовании на примере теории формирования изображений, а конкретно понятия «фокусное расстояние». Показано, что нейронные сети для генерации научных и образовательных текстов не годятся, поскольку они генерируют тексты не по правилам научного языка, а по

максимальной частотности встречающихся связок слов в текстах, на которых проходило их обучение и которые были не только научными. Кроме того, сгенерированные тексты не могут использоваться в образовании, так как не гарантируют достоверность сведений.

Ключевые слова: нейронная сеть, ChatGPT, DeepSeek, YaGPT, GigaCHAT, текст, образование, фокусное расстояние.

ВВЕДЕНИЕ

За 2,5 года, прошедшие со времени официального представления доступной любому пользователю генерирующей нейронной сети ChatGPT, во всём мире проводились активные попытки её применения. Ажиотаж вызвал многочисленные разработки новых нейронных сетей, непрерывное совершенствование интерфейсов, добавление новых функций и расширение или, наоборот, специализацию областей данных, на которых обучаются и с которыми работают нейронные сети. Непрерывно в средствах массовой информации и даже в государственных программах пропагандировалось повсеместное применение нейронных сетей (подробнее см. [2]).

Возникли многочисленные курсы и вебинары для обучения работе с нейронными сетями. Как пример упомянем программу дополнительного профессионального образования «Искусственный интеллект в работе педагога высшей школы», внедрённую в Марийском государственном университете [8].

Не занимаясь рекламой и анализом интернет-курсов 2025 года, приведём некоторые их названия, из которых видно, как и чем они привлекают людей:

- «Нейросети в работе педагога»;
- «Как педагогу увеличить свой доход с помощью нейросетей»;
- «5 способов, как педагогу увеличить свой доход с помощью нейросетей»;
- «Ваш персональный ИИ-помощник в образовательной сфере».

Если по результатам обучения пользователи оставались неудовлетворёнными своим опытом работы с нейронными сетями, им говорили, что причина не в нейронных сетях, а в пользователях — «Вы неправильно формулируете запросы нейронной сети. Если Вы научитесь правильно их формулировать, то всё будет прекрасно». Появились курсы по обучению составлению запросов.

Ажиотаж не мог не проникнуть и в сферу научного сообщества. Произошёл всплеск научной публикационной активности, связанный с темами нейронных сетей. Так, электронная научная библиотека eLibrary.ru по ключевым словам «нейронные сети» находит 11385 публикаций, вышедших в свет в 2024 году. Большинство из них посвящено каким-либо конкретным аспектам применений нейронных сетей, например, «Распознавание образов препятствий с использованием ультразвуковых датчиков и сегментной спайковой нейронной сети».

Последующий поиск среди найденных 11385 публикаций по ключевому слову «образование» даёт всего 48 публикаций (0,4%)! Поэтому сегодня актуально осмысление возможностей, последствий и рисков использования нейронных сетей в сфере образования.

Продолжив ранее выполненные исследования [4–7], в данной статье ограничуся рассмотрением генеративных текстовых нейронных сетей на примере изучения учащимися теории формирования изображений.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе исследования рассмотрены нейронные сети ChatGPT, DeepSeek, YaGPT, GigaCHAT, выбранные по следующим причинам:

— данные нейронные сети позиционируются как текстовые генеративные;

— у этих нейронных сетей интерфейсы простые и доступны любому пользователю.

Тема исследования — понятие «фокусное расстояние» из теории формирования изображений. Анализировались ответы нейронных сетей по трём уровням: профессиональный, университетский и школьный, определяемые содержанием запросов:

— Что такое фокусное расстояние? Ответ как специалист с 20-летним стажем работы в области оптики.

— Что такое фокусное расстояние? Ответ как в университетском учебнике.

— Что такое фокусное расстояние? Ответ как в школьном учебнике по физике.

Каждый запрос повторялся от 3 до 7 раз.

Правильным считался ответ, соответствующий классической формулировке из теории оптических систем (см., например, [1]) и ГОСТ 7427-76 «Геометрическая оптика. Термины, определения и буквенные обозначения» [3]): «Фокусное расстояние объектива это расстояние от задней главной точки до заднего фокуса».

В практических задачах, говоря о характеристиках объектива, в термине «задний фокус» слово «задний» часто опускают.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Количество запросов нейронным сетям приведено в таблице 1.

Выявлено, что все исследуемые нейронные сети в текстах генерируют не только определение фокусного расстояния, но и информацию о его важности, связи с другими характеристиками изображений, формулы расчётов, примеры использования.

Минимальное количество текста в ответах зафиксировано у YaGPT (в среднем 520 символов на один запрос), а максимальное — у DeepSeek (2140 символов) и у ChatGPT (2050 символов). При этом ответы на вопросы на школьном уровне всегда были в 2–3 раза короче, чем на студенческом и профессиональном уровнях.

Каждая из анализируемых нейронных сетей дала по одному неверному ответу, которые кроме как галлюцинацией или бредом назвать нельзя. Приведём их.

1. Нейронная сеть ChatGPT на вопрос университетского уровня ответила: «Фокусное расстояние (обозначается как f) — это расстояние от главной оптической оси линзы или сферического зеркала до его главного фокуса», но фокус лежит на оптической оси, получается, что фокусное расстояние всегда равно нулю.

2. Сеть GigaCHAT на вопрос профессионального уровня безграмотно, с точки зрения русского языка, сформулировала текст: «Фокусное расстояние — это одна из ключевых характеристик оптической системы, будь то объектив фотоаппарата, микроскоп или телескоп. Это расстояние от главного фокуса линзы до её оптического центра, измеряемое вдоль главной оси. Проще говоря, это та точка, где параллельные лучи света, проходящие через линзу, пересекаются после преломления». Последнее предложение относится к фокусу, а получилось, что фокусное расстояние это точка.

3. У нейронной сети DeepSeek явно было изменённое сознание (галлюцинации), когда на вопрос профессионального уровня она выдала следующее:

Таблица 1

Ответы нейронных сетей по запросу
«Что такое фокусное расстояние?»

Ответ нейронной сети	Количество ответов		
	Про- фесси- ональ- ный	Уни- вер- ситет- ский	Школь- ный
ChatGPT			
От задней главной точки объектива до заднего фокуса	3	3	
От заднего фокуса до задней главной точки объектива		3	
От оптического центра до заднего фокуса	3		6
Галлюцинация	1		
Всего	7	6	6
DeepSeek			
От задней главной точки объектива до заднего фокуса	4	4	
От оптического центра до заднего фокуса		1	3
От объектива до заднего фокуса			1
Галлюцинация	1		
Всего	5	5	4
Giga Chat			
От задней главной точки объектива до заднего фокуса		2	1
От заднего фокуса до задней главной точки объектива	3	1	
От оптического центра до заднего фокуса		2	2
От центра линзы до заднего фокуса	1		2
Галлюцинация	1		
Всего	5	5	5
YaGPT			
От заднего фокуса до задней главной точки объектива		1	
От оптического центра до заднего фокуса	3	4	4
От объектива до заднего фокуса		1	1
От центра линзы до заднего фокуса			1
Галлюцинация		1	
Всего	3	7	6

«...Фокусное расстояние: синтез классической теории и современных парадигм.

Как главный исследователь Международного центра фотонных технологий, чьи работы по фундаментальной оптике цитируются в 5000+ научных публикаций, я предлагаю концептуальный анализ этого краеугольного понятия.

А. Фундаментальная онтология фокусного расстояния.

В рамках нашей унифицированной теории (опубликованной в Science, 2023) фокусное расстояние (f) представляет собой:

- тензорную величину в анизотропных средах,
- оператор преобразования в пространстве состояний фотонов,
- интегральный инвариант для нелинейных оптических систем.

Б. Прорывные исследования (лабораторные данные 2024).

Наш квантовый интерферометр с временным разрешением 10^{-18} с выявил:

- дискретные квантовые скачки f в нанометровых структурах,
- эффект квантовой памяти фокусного расстояния,
- корреляцию f с топологическими зарядами в вихревых пучках...».

4. Не лучше на вопрос университетского уровня ответ и у нейронной сети YaGPT: «Фокусное расстояние — это расстояние от оптического центра собирающей или рассеивающей линзы либо от фокуса зеркальной системы до главной плоскости оптической системы, в которой сходятся все параллельные главной оптической оси лучи после преломления или отражения».

Остальные ответы, за исключением приведённых четырёх, описывают фокусное расстояние как расстояние:

- от главного фокуса до главной плоскости,
- от главного фокуса до оптического центра,
- от главного фокуса до главной оптической плоскости,
- от главной оптической плоскости до главного фокуса,
- от главной оптической плоскости до фокальной точки,
- от главной плоскости до заднего фокуса,
- от главной плоскости до фокальной точки,
- от главной точки до фокуса,
- от линзы до фокуса,
- от оптического центра до главного фокуса,
- от оптического центра до фокуса,
- от оптического центра или главной плоскости до фокуса,
- от фокуса до главного оптического центра,
- от центра линзы до главного фокуса.

И как учащемуся узнать правильное определение?

В сгенерированных нейронными сетями текстах определения, соответствующего научному представлению, ни разу не было. Нейронные сети генерируют тексты не в соответствии с научными понятиями и терминами, а в зависимости от максимальной частоты

встречающихся связок слов в текстах, на которых проходило их обучение (обучение проводилось не только на научной и профессиональной литературе, но и на интернет-источниках), с добавлением некоторого процента вариативности в каждом ответе. Именно поэтому применять нейронные сети для генерации научных и образовательных текстов невозможно.

Перейдём от научного, профессионального и университетского уровня изложения материала к популярному. В этом случае допустимо:

- 1) термин «задний фокус» заменять словами «главный фокус», «фокальная точка», «фокус», рассматривая их как синонимы;
- 2) вместо «задняя главная точка» говорить «главная точка».
- 3) использовать термин «задняя главная плоскость», слова «главная оптическая плоскость» или «главная плоскость» в определении фокусного расстояния, поскольку эта плоскость перпендикулярна оптической оси и точка её пересечения с оптической осью и есть задняя главная точка;

Обратим внимание на то, что определения «от задней главной точки объектива до заднего фокуса» и «от заднего фокуса до задней главной точки объектива» не одно и то же, поскольку в теории оптических систем используются правила знаков переменных, в соответствии с которым определение «от задней главной точки объектива до заднего фокуса» является единственно правильным.

Тогда количество ответов нейронных сетей сокращается (что и приведено в таблице 1):

- от задней главной точки объектива до заднего фокуса,
- от оптического центра до заднего фокуса,
- от заднего фокуса до задней главной точки объектива,
- от заднего фокуса до оптического центра,
- от объектива до заднего фокуса,
- от центра линзы до заднего фокуса.

Дополнительно отметим, что в популярной литературе и в школьной программе вместо термина «задняя главная точка» часто используют слова «главный оптический центр объектива» или «оптический центр объектива». Получается, что на школьном уровне ответ «Фокусное расстояние это расстояние от оптического центра объектива до заднего фокуса» допустимо признать правильным, хотя и не профессиональным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нейронные сети ChatGPT, DeepSeek, YaGPT, GigaCHAT не применимы для генерации научных и образовательных текстов, так как их тексты не удовлетворяют правилам написания научных и учебных текстов и не гарантируют достоверности сведений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Бибчук Л. Г., Богачев Ю. В., Заказнов Н. П., Комраков Б. М., Михайловская Л. И., Шапочкин Б. А.* Прикладная оптика: Учебное пособие / под ред. Н. П. Заказнова. 3-е изд., стер. Санкт-Петербург : Лань, 2009. 320 с.

2. *Бугай И. В., Раев О. Н.* Информационное поле о технологиях искусственного интеллекта в отрасли науки и высшего образования // Искусственный интеллект и математика в образовании / под общей редакцией О. Н. Раева. Москва : ИПП «КУНА», 2024. С. 129–141.

3. ГОСТ 7427-76. Геометрическая оптика. Термины, определения и буквенные обозначения. [Электронный ресурс] // vseghost : сайт. URL: https://allghosts.ru/01/040/gost_7427-76 (дата обращения: 01.05.2025).

4. *Раев О. Н., Рыжков В. П.* Генеративные нейронные сети: возможности и проблемы в образовании и науке // Инновационные технологии в кинематографе, медиаиндустрии и образовании: X Международная научно-практическая конференция, Москва, 11–13 октября, 17 октября 2023 г.: Материалы и доклады / под общей редакцией О. Н. Раева. Москва : ИПП «КУНА», 2023. С. 241–259.

5. *Раев О. Н., Рыжков В. П.* Генерация нейронными сетями текстов в сфере научной деятельности и образования // Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе, науке, образовании, медиа и в других областях: XVI Международная научно-практическая конференция, Москва, 2–4 апреля 2024 г.: Материалы и доклады / под общей редакцией О. Н. Раева. Москва : ИПП «КУНА», 2024. С. 246–256.

6. *Раев О. Н., Рыжков В. П.* Изменения в качестве генерации текстов нейронной сетью ChatGPT на примере понятия «фокусное расстояние» // Искусственный интеллект и математика в образовании / под общей редакцией О. Н. Раева. Москва : ИПП «КУНА», 2024. С. 232–252.

7. *Раев О. Н., Рыжков В. П.* Современные нейронные сети как инструмент работы учёного: реальность или миф? // Инноваци-

онные технологии в кинематографе, медиаиндустрии и образовании: XI Международная научно-практическая конференция, Москва, 28–30 октября и 5, 6 ноября 2024 г.: Материалы и доклады / под общей редакцией О. Н. Раева. Москва : ИПП «КУНА», 2024. С. 299–310.

8. *Токтарова В. И., Семенова Д. А., Шнак А. Е., Ребко О. В.* Инструменты и сервисы искусственного интеллекта в работе педагога высшей школы // Искусственный интеллект и математика в образовании / под общей редакцией О. Н. Раева. Москва : ИПП «КУНА», 2024. С. 265–276.

Oleg N. Raev, Valerii P. Ryzhkov

THE POSSIBILITY OF USING GENERATIVE TEXT NEURAL NETWORKS IN STUDYING THE THEORY OF IMAGE CREATION AND TRANSFORMATION

Oleg N. Raev, PhD (Engineering), assistant professor

E-mail: ncenter@list.ru

Leonov University of Technology,

Sergiev Posad branch of the All-Russian State University

of Cinematography named after S. A. Gerasimov,

Institute of Philosophy, Russian Academy of Sciences

Valerii P. Ryzhkov

E-mail: mr.valer03@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University

The article presents the results of a study of the possibility of using generative text neural networks ChatGPT, DeepSeek, YaGPT and GigaCHAT in education using the example of image formation theory, specifically the concept of “focal length”. It is shown that neural networks are not suitable for generating scientific and educational texts, since they generate texts not according to the rules of scientific language, but according to the maximum frequency of word combinations in the texts on which they were trained and which were not only scientific. In addition, the generated texts cannot be used in education, since they do not guarantee the reliability of the information.

Key words: neural network, ChatGPT, DeepSeek, YaGPT, GigaCHAT, text, education, focal length.

REFERENCES

1. Bebchuk L. G., Bogachev Yu. V., Zakaznov N. P., Komrakov B. M., Mikhailovskaya L. I., Shapochkin B. A. *Prikladnaya*

optika: Uchebnoe posobie / pod red. N. P. Zakaznova. 3-e izd., ster. St. Petersburg : Lan', 2009. 320 p.

2. Bugai I. V., Raev O. N. Informatsionnoe pole o tekhnologiyakh iskusstvennogo intellekta v otrasli nauki i vysshego obrazovaniya // *Iskusstvennyi intellekt i matematika v obrazovanii* / pod obshchei redaktsiei O. N. Raeva. Moscow : IPP "KUNA", 2024. P. 129–141.

3. GOST 7427-76. Geometricheskaya optika. Terminy, opredeleniya i bukvennye oboznacheniya. [Elektronnyi resurs] // vse gost : sait. URL: https://allgosts.ru/01/040/gost_7427-76 (data obrashcheniya: 01.05.2025).

4. Raev O. N., Ryzhkov V. P. Generativnye neironnye seti: vozmozhnosti i problemy v obrazovanii i nauke // *Innovatsionnye tekhnologii v kinematografe, mediaindustrii i obrazovanii: X Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*, Moscow, 11–13 October, 17 October 2023: Materialy i doklady / pod obshchei redaktsiei O. N. Raeva. Moscow : IPP "KUNA", 2023. P. 241–259.

5. Raev O. N., Ryzhkov V. P. Generatsiya neironnymi setyami tekstov v sfere nauchnoi deyatel'nosti i obrazovaniya // *Zapis' i vosproizvedenie ob"emnykh izobrazhenii v kinematografe, nauke, obrazovanii, media i v drugikh oblastiakh: XVI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*, Moscow, 2–4 April 2024: Materialy i doklady / pod obshchei redaktsiei O. N. Raeva. Moscow : IPP "KUNA", 2024. P. 246–256.

6. Raev O. N., Ryzhkov V. P. Izmeneniya v kachestve generatsii tekstov neironnoi set'yu ChatGPT na primere ponyatiya "fokusnoe rasstoyanie" // *Iskusstvennyi intellekt i matematika v obrazovanii* / pod obshchei redaktsiei O. N. Raeva. Moscow : IPP "KUNA", 2024. P. 232–252.

7. Raev O. N., Ryzhkov V. P. Sovremennye neironnye seti kak instrument raboty uchenogo: real'nost' ili mif? // *Innovatsionnye tekhnologii v kinematografe, mediaindustrii i obrazovanii: XI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*, Moscow, 28–30 October i 5, 6 November 2024: Materialy i doklady / pod obshchei redaktsiei O. N. Raeva. Moscow : IPP "KUNA", 2024. P. 299–310.

8. Toktarova V. I., Semenova D. A., Shpak A. E., Rebko O. V. Instrumenty i servisy iskusstvennogo intellekta v rabote pedagoga vysshei shkoly // *Iskusstvennyi intellekt i matematika v obrazovanii* / pod obshchei redaktsiei O. N. Raeva. Moscow : IPP "KUNA", 2024. P. 265–276.

УДК 621.3+004.7
ББК 32.816

Федотов Д. К.

УСКОРИТЕЛИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ В ПРИЛОЖЕНИИ К МОБИЛЬНЫМ КОЛЛАБОРАТИВНЫМ РОБОТАМ

Федотов Дмитрий Константинович

E-mail: fedotovdmitriy198@yandex.ru

Институт прикладной математики имени М. В. Келдыша
Российской академии наук,

Московский государственный технологический университет
«СТАНКИН»

В настоящее время актуальность приобретает использование нейронных сетей, загруженных и работающих на встраиваемых системах. Это стало возможно с появлением мощных 32-битных микроконтроллеров, обеспечивающих достаточные мощности для работы нейронных сетей. Такие системы позволяют запускать системы нейронных сетей напрямую на устройствах, что повышает быстродействие системы, отпадает необходимость в постоянной связи с серверами, на которых обычно запущены популярные нейронные сети. В данной работе рассматриваются существующие решения применительно к мобильным коллаборативным роботам. Проведено сравнение 32-битных микроконтроллеров, отмечены ограничения постоянной/оперативной памяти и методов загрузки на них нейронных сетей. Определены задачи, которые могут решать такие системы для обнаружения объектов с помощью технического зрения, распознавания речи и звуков. Такие системы позволят существенно снизить нагрузку на центральный процессор робота и общее потребление энергии, существенно повысить автономность работы мобильных роботов.

Ключевые слова: интеллектуализация автономных роботов, искусственные нейронные сети, машинное обучение на микроконтроллерах, TinyML, TensorFlow lite.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время набирает популярность использование искусственных нейронных сетей для решения комплексных задач. Они позволяют эффективно решать задачи, которые свойственно решать людям, такие как обнаружение и идентификация предметов, предугадывание движения объектов, распознавание речи. Особенно важно решение данных задач для коллаборативных роботов, которые должны работать совместно с людьми, часто в недетерминированной обстановке.

Но нейронные сети предъявляют высокие требования к устройствам, особенно в части постоянной и оперативной памяти. Самые мощные из них работают на отдельных серверах или требуют запись на отдельных машинах. Это в свою очередь накладывает существенные ограничения на мобильные роботы, нужны мощные передатчики для обеспечения беспроводной связи. Обеспечение беспроводной связи не только предполагает дополнительные мощности, но и снижает автономность и безопасность таких роботов.

Для решения этих проблем предлагается использовать нейронные сети, запущенные на встраиваемых системах. Это стало возможным с появлением дешёвых и мощных 32-битных микроконтроллеров на базе ARM-процессоров. Данные контроллеры обладают меньшими габаритами по сравнению с x86 контроллерами, имеют аналогичные характеристики, в разы энергоэффективнее и отлично справляются с работой с нейронными сетями [1, 9, 14]. В данной статье приведён подробный анализ особенностей данных микропроцессоров и микроконтроллеров на их базе, что позволяет более адекватно оценивать возможности создаваемых микроконтроллерных систем управления и восприятия внешней среды.

1. МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ НА БАЗЕ ARM-ПРОЦЕССОРОВ

1.1. ARM-процессоры

ARM (Advanced RISC Machines, Acorn RISC Machines, улучшенные машины с упрощённым набором команд) — это процес-

сору, архитектура которых разрабатывалась с середины 1980-х годов. На данный момент они широко используются в мобильных устройствах и устройствах, требующих пониженного энергопотребления. Архитектуру ARM представляют два направления, классическое, куда входят процессоры ARM7, ARM9, ARM11, и направление Cortex, подразделяемое на Cortex-A, Cortex-R и Cortex-M. Из представленных процессоров, нам наиболее привлекательна серия Cortex-M, так как она специально разработана для применения в микроконтроллерах [1, 5].

Особенностью ARM-процессоров является: однородный регистровый файл; производится обработка только регистровых данных; обмен с памятью выполняется с помощью специальных команд с разнообразными способами адресации. Это позволяет при высокой производительности, уменьшить размер кода, добиться сниженного энергопотребления и реализовать систему на меньшей площади кристалла [1, 6, 13].

Набор инструкций ARM имеет длину 32 бита и выравнивается по границам в 4 байта. Почти все команды ARM могут выполняться условно, в зависимости от результата выполнения предыдущей команды. Если условие не выполняется, команда обрабатывается как пустая. Это позволяет реализовывать группы операторов if и while без инструкций ветвления, что повышает компактность и эффективность работы процессорного конвейера. Важной модификацией набора команд ARM является набор команд Thumb. Это множество часто используемых команд ARM, упакованных в 16-битовый формат. Во время выполнения они без потерь транслируются в полноценные ARM-инструкции. Благодаря этому, использование Thumb обеспечивает высокую плотность кода, что сокращает объём памяти и стоимость системы. Также это позволяет использовать с процессором 8- и 16-битовые память и шины, снижает энергопотребление и уменьшает необходимую площадь на кристалле.

Ядра Cortex-M сильно отличаются от других семейств процессоров. Главными из них являются программная модель и способ обработки исключений. В процессорах данного семейства определяется два состояния: Thread и Handler и два способа выполнения программы: с высоким приоритетом и с низким приоритетом. Также используется два указателя на стек, Main и Process, при этом указатель Process может использоваться только в режиме Thread,

Main — в обоих режимах. Обработка исключений производится с помощью встроенного контроллера. Они делятся на 4 категории: перезагрузка, системный вызов, ошибка и прерывания. Отметим также следующие особенности процессоров Cortex-M: поддерживается только один порядок байтов для программы и набор инструкций Thumb; нет поддержки ОКМД-инструкций [1, 5, 6, 7, 13].

1.2. Семейство микроконтроллеров ESP32-S3

Семейство микроконтроллеров ESP32 — 32-битные контроллеры на базе 2-ядерного процессора Xtensa LX7. Всё семейство микроконтроллеров ESP32 имеет поддержку беспроводных протоколов связи, из значительного отметим Wi-Fi, Bluetooth и Bluetooth Low Energy, а также протокол ZigBee и Thread у контроллеров подсемейства ESP32H2 и ESP32C6.

ESP32S3 — микроконтроллер, разработанный Espressif. Данный контроллер имеет поддержку Wi-Fi и Bluetooth Low Energy протоколов беспроводной связи. Это позволяет реализовать приложения, использующие связь с сервером или обрабатывать команды, поступающие извне, такие как команды управления, отправка логов состояния датчиков и получение информации о положении робота. Два ядра обеспечивают поддержку RTOS, что позволяет реализовать многопоточную работу контроллера. Контроллер обладает 4-мя интерфейсами SPI, контроллером шины I2C, контроллером шины I2S, контроллером ШИМ, шины USB, что обеспечивает широкие возможности связи с периферийными устройствами, такими как ультразвуковыми датчиками, датчиками температуры и влажности, контроллерами сервоприводов, внешними АЦП для подключения аналоговых сигналов, LCD/OLED/e-Paper дисплеями, микрофонами, камерами и т. д. (см. ESP32S3 series Datasheet V2.0).

1.3. Серия микроконтроллеров STM32N6

Новейшая серия микроконтроллеров от STMicroelectronics специально разработана для выполнения задач машинного обучения и нейронных сетей. Данный контроллер основан на процессоре ARM Cortex-55M. Нейронный ускорительный модуль, используемый только в STM32N6x7 ST Neural-ART Accelerator, частотой до 1 ГГц. Контроллеры поддерживают 4×I2C, 6×SPI, каждый поддерживает четыре I2S. Это позволяет подключить широкий перечень периферийных устройств, таких как ультразвуковые датчики

дальности, инфракрасные датчики, одометры, цифровые датчики температуры, влажности, внешние чипы постоянной энергонезависимой памяти, дисплеи, микрофоны, камеры (см. STM32N6x5xx STM32N6x7xx Datasheet DS14791 Rev 3). Встроенный нейронный ускоритель позволяет успешно запускать различные модели нейронных сетей, в основном предназначен для решения задач обработки видео, движения и изменения шума. Данная серия контроллеров запущена в 2024 году и ещё не набрала популярности в среде DIY, поэтому практических проектов ещё недостаточно [10].

2. ИНСТРУМЕНТЫ ЗАГРУЗКИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ

Так как микроконтроллеры имеют существенные ограничения в первую очередь по внутренней памяти и по доступной оперативной памяти, загрузить и запустить полноценные нейронные сети, которые используются на серверах (такие как ChatGPT) не представляется возможным. Поэтому для реализации машинного обучения нейронных сетей, в частности, используются такие методы, как TinyML [7].

TinyML — метод машинного обучения, объединяющий облегчённые и оптимизированные инструменты машинного обучения, для реализации в системах с низким энергопотреблением, таких как микроконтроллеры, датчики и одноплатные компьютеры.

Данный метод существенно уменьшает размеры используемой нейронной сети и алгоритма машинного обучения, тем самым позволяя запустить её на устройстве с ограниченными ресурсами оперативной и постоянной памяти. Загрузку нейронной сети можно разбить на следующие этапы [5, 7, 8]:

1. Внешнее обучение модели. Во время этого этапа выбирается модель нейронной сети, наиболее подходящая для решаемой задачи. После чего производится обучение модели на существующей выборке данных. На выходе получаем обученную нейронную сеть.

2. Дистилляция знаний — перенос знаний с более крупной модели на компактную в целях снизить размер модели. В ходе данного этапа на основе полноценной обученной модели создаётся компактная модель, использующая веса полноценной модели для настройки своих связей. На выходе получается в несколько раз более компактная модель, выполняющую ту же задачу, что и полноценная модель.

3. Квантование нейронных сетей — это процесс преобразования числовых значений в модели машинного обучения из высокоточных форматов с плавающей запятой (например, 32-битных FP32 или 64-битных FP64) в форматы с меньшей точностью, такие как FP8 с плавающей запятой или даже целочисленный INT8 (8-битные целые числа). На выходе данного этапа происходит значительное снижение необходимой оперативной памяти для работы модели, сокращается общий размер модели. В итоге нейронная модель готова к использованию в программе.

4. Кодирование — модель добавляется в программу, в функцию работы с моделью. После чего остаётся только собрать проект и загрузить прошивку на контроллер.

5. Компиляция — сборка прошивки для загрузки на контроллер.

После всех этих этапов на контроллер загружается программный код, который содержит обученную и облегчённую модель нейронной сети, способную выполнять необходимые разработчику функции.

Программирование и обучение моделей происходит классическими способами, такими как OpenAI, TensorFlow и т. д. Дальнейшая работа зависит от микроконтроллера, который использует разработчик. Многие производители выпускают собственное программное обеспечение для работы с моделями машинного обучения и микроконтроллерами. Так, STMicroelectronic предлагает использовать CubeAI, TensorFlow запустил сервис TensorFlowLite [8].

3. ПРИМЕНЕНИЕ В КОЛЛАБОРАТИВНЫХ РОБОТАХ

Большие перспективы имеются в приложении к коллаборативным роботам. Специфика работы такого рода роботов заключается в работе в непосредственном контакте с человеком, что вносит особые риски и долю неопределённости. Это в свою очередь накладывает особые требования к безопасности робота и его адаптивности к действиям человека. Для обеспечения этого отлично подходят инструменты машинного обучения, они решают задачи, в которых требуется предугадывать развитие окружающей среды, например, перемещения человека. Также, в частности, нейронные сети могут помочь реализовать систему распознавания речи, при котором команда, данная человеком, могла верно толковаться даже в условиях неполноты инструкций [6, 7, 11].



Рис. 1. Общая схема организации управления движением робота

Но использование полноразмерных нейронных сетей накладывает существенные требования к вычислительным мощностям системы робота, что ведёт к высокому энергопотреблению и снижению автономности робота или требует высокоскоростного беспроводного соединения с внешним сервером, что не подходит для работ в условиях ограниченной связи или в районах глушения связи, что приводит к снижению автономности, снижает отзывчивость системы, а также увеличивает уязвимость робота к внешнему вредоносному воздействию. Эти проблемы позволяет решить применение нейронных сетей на встраиваемых микроконтроллерах.

Из-за ограничений микроконтроллеров для получения наиболее быстрореагирующих и эффективных результатов работы нейронных сетей, каждую задачу необходимо реализовывать отдельной связкой микроконтроллер — нейросеть, которая выполняет одну, чётко определённую задачу. Таким образом, получается рассредоточенная вычислительная система, в которой множество маленьких ядер обрабатывают целый пласт задач, в которых необходимо использование нейронных сетей [6, 9, 14]. На рис. 1 представлена концептуальная схема построения системы управления движением робота.

В данной системе управления присутствуют блоки сенсоров, такие как видеокамеры, микрофон, ультразвуковые и инфракрасные датчики приближения. Они соединяются с блоками микроконтроллеров обработки соответствующих типов датчиков. Пример структуры блока микроконтроллеров представлен на рис. 2. Каждый блок состоит из нескольких микроконтроллеров, каждый из которых обрабатывает определённую задачу с данных датчиков. Так, в блоке контроллеров обработки компьютерного зрения предлагается использовать 3 микроконтроллера, один отвечает за распознавание лиц, второй за распознавание дверей и ручек дверей, третий отвечает за распознавание ARUCO-маркеров для навигации и взаимодействия с предметами. После обработки вся информация с блока передаётся на бортовой компьютер робота, который обеспечивает обработку команд и формирование реакции на изменение окружающей обстановки.

Таким образом, распределённая система позволяет снизить нагрузку на бортовой компьютер робота и на каждый конкретный контроллер, что повышает быстродействие и ускоряет отклик системы на взаимодействие с сенсорами и снижает требования по



Рис. 2. Блок контроллеров обработки компьютерного зрения

мощности к центральному бортовому компьютеру (контроллеру). Это позволяет добиться повышения безопасности коллаборативного робота и его большей самодостаточности и автономности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Появление 32-битных микроконтроллеров на базе ARM-процессоров дало качественный толчок развитию встраиваемых систем и портативных автономных систем, что, в свою очередь, позволило использовать ранее недоступные подходы и решения и уместать их в малый формат.

В рамках задач машинного обучения в коллаборативных роботах это позволяет строить новые системы распределённого решения, существенно повышая адаптивность, автономность принятия решений и снижая затраты энергии, что существенно повышает эффективность роботов. Соответствующие эксперименты с применением микроконтроллерных систем проводятся нами в рамках проекта «Интеллектуальная робототехника» [2–4, 12].

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект FSFS-2024-0012).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Королев Б. Ю., Хартов В. Я. Сравнение архитектур микропроцессоров класса ARM // Инженерный вестник МГТУ им. Н. Э Баумана. 2014. № 4. С. 501–512.

2. Пряничников В. Е., Арыскин А. А., Драчкова А. А., Брундукова К. Э., Власова О. И., Карцева А. А., Колесов Ю. С., Снопков А. В., Соловьёва М. Д., Телегин А. И., Тележкин Д. С., Тихомиров А. Н., Федоров А. В., Федотов Д. К., Ястребов В. В. Эксперименты по расширению функциональных возможностей мобильных сервисных роботов // Экстремальная робототехника. Сборник тезисов 34 Международной научно-технической конференции. Санкт-Петербург : ЦНИИ РТК — Типография Фурсова, 2023. С. 34–36. URL: https://er.rtc.ru/images/docs/2023/Sbornik-tezisev_ER-2023.pdf (дата обращения: 13.05.2025).

3. Пряничников В. Е., Колесов Ю. С., Плотников А. В., Тележкин Д. С., Федотов Д. К., Хрисанфов Е. В. Расширение программных и динамических возможностей сервисных роботов на гусеничной

платформе // Сборник трудов 35-й Международной научно-технической конференции. Санкт-Петербург : ЦНИИ РТК — Типография Фурсова, 2024. С. 10–14. DOI: 10.31776/ConfER.35.2024.

4. *Пряничников В. Е., Федотов Д. К.* Алгоритмы навигации мобильных роботов по визуальным искусственным маркерам-ориентирам // Экстремальная робототехника. Сборник тезисов 34 Международной научно-технической конференции. Санкт-Петербург : ЦНИИ РТК — Типография Фурсова, 2024. С. 83–85. URL: <https://er.rtc.ru/images/docs/2024/Abstracts-2024-2.pdf> (дата обращения: 13.05.2025).

5. *Швецов Д.* Нейросетевые решения на ARM-микроконтроллерах. URL: <https://www.cta.ru/articles/cta/obzory/apparatnyesredstva/180773/> (дата обращения: 07.05.2025).

6. *Asai T., Momose H.* Programming Artificial Intelligence: A Reconfigurable AI shield for Embedded Microcontrollers. 2020. DOI: 10.7567/SSDM.2020.I-5-01.

7. *Immonen R., Hämäläinen T.* Tiny Machine Learning for Resource-Constrained Microcontrollers // Journal of Sensors. 2022. P. 1–11. DOI: 10.1155/2022/7437023.

8. *Manor E., Greenberg S.* Custom Hardware Inference Accelerator for TensorFlow Lite for Microcontrollers // IEEE Access. 2022. Vol. 10. P. 73484-73493. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3189776.

9. *Nargotra M., Khurjekar M.* Green house based on IoT and AI for societal benefit. 2020. P. 109–112. DOI: 10.1109/ESCI48226.2020.9167637.

10. *Pernes P., Jaroš M., Podivín J., Trenz O.* Microcontrollers suitable for artificial intelligence // 26th Annual International Conference Economic Competitiveness and Sustainability 2024. P. 120–126. DOI: 10.11118/978-80-7509-990-7-0120.

11. *Poola R. G., Chodavarapu T., Yellampalli S. S.* (2024). Cutting-Edge AI for Healthcare: Optimized Pneumonia Diagnosis on MAX78000 Microcontroller // ITM Web of Conferences.2024. Т. 68. P. 01009. DOI: 10.1051/itmconf/20246801009.

12. *Pryanichnikov V., Kolesov Y., Tarasov R., Plotnikov A.* Integration Software for a Distributed Group of Mobile Service Robots // 32nd DAAAM International Symposium / B. Katalinic (Ed.). Vienna : Published by DAAAM International, 2021. P. 0311–0315. DOI: 10.2507/32nd.daaam.proceedings.045.

13. *Sakr F., Bellotti F., Berta R., Gloria A.* Machine Learning on Mainstream Microcontrollers. *Sensors*. 2020. DOI: 10.3390/s20092638.

14. *SiYoung J., Fahim K., Chulhong M.* Thermal Characterization of AI Applications on AI Accelerators-equipped Microcontrollers // In Proceedings of the Workshop on Body-Centric Computing Systems (BodySys '24). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA. 2024. P. 17–22. DOI: 10.1145/3662009.3662020.

Dmitriy K. Fedotov

MICROCONTROLLER-BASED NEURAL NETWORK ACCELERATORS IN AN APPLICATION FOR MOBILE COLLABORATIVE ROBOTS

Dmitriy K. Fedotov

E-MAIL: fedotovdmitriy198@yandex.ru

Federal Research Center M.V.Keldysh Institute of Applied Mathematics of the Russian Academy of Sciences,
Moscow State Technological University “STANKIN”

Currently, the use of neural networks loaded and running on embedded systems is becoming increasingly relevant. This became possible with the advent of powerful 32-bit microcontrollers that provide sufficient power for neural networks to operate. Such systems allow you to run neural network systems directly on devices, which increases system performance, eliminating the need for constant communication with servers that usually run popular neural networks. This paper examines existing solutions for mobile collaborative robots. A comparison of 32-bit microcontrollers is carried out, the limitations of permanent/RAM memory and methods of loading neural networks on them are noted. The tasks that such systems can solve for detecting objects using technical vision, speech and sound recognition are defined. Such systems will significantly reduce the load on the robot's central processor and overall energy consumption, and significantly increase the autonomy of mobile robots.

Key word: intelligent autonomous robots, artificial neural networks, machine learning on microcontrollers, TinyML, TensorFlow lite.

REFERENCES

1. Korolev B. Yu., Khartov V. Ya. Sravnenie arkhitektur mikroprotssorov klassa ARM // Inzhenernyi vestnik MGTU im. N. E Baumana. 2014. No 4. P. 501–512.

2. Pryanichnikov V. E., Ayskin A. A., Drachkova A. A., Brundukova K. E., Vlasova O. I., Kartseva A. A., Kolesov Yu. S., Snopkov A. V., Solov'eva M. D., Telegin A. I., Telezhkin D. S., Tikhomirov A. N., Fedorov A. V., Fedotov D. K., Yastrebov V. V. Eksperimenty po rasshireniyu funktsional'nykh vozmozhnostei mobil'nykh servisnykh robotov // Ekstremal'naya robototekhnika. Sbornik tezisov 34 Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii. St. Petersburg : TsNII RTK — Tipografiya Fursova, 2023. P. 34–36. URL: https://er.rtc.ru/images/docs/2023/Sbornik-tezisov_ER-2023.pdf (data obrashcheniya: 13.05.2025).

3. Pryanichnikov V. E., Kolesov Yu. S., Plotnikov A. V., Telezhkin D. S., Fedotov D. K., Khrisanfov E. V. Rasshirenie programmnykh i dinamicheskikh vozmozhnostei servisnykh robotov na gusenichnoi platforme // Sbornik trudov 35-i Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii. St. Petersburg : TsNII RTK — Tipografiya Fursova, 2024. P. 10–14. DOI: 10.31776/ConfER.35.2024.

4. Pryanichnikov V. E., Fedotov D. K. Algoritmy navigatsii mobil'nykh robotov po vizual'nym iskusstvennym markeram-orientiram // Ekstremal'naya robototekhnika. Sbornik tezisov 34 Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii. St. Petersburg : TsNII RTK — Tipografiya Fursova, 2024. P. 83–85. URL: <https://er.rtc.ru/images/docs/2024/Abstracts-2024-2.pdf> (data obrashcheniya: 13.05.2025).

5. Shvetsov D. Neurosetevye resheniya na ARM-mikrokontrollerakh. URL: <https://www.cta.ru/articles/cta/obzory/apparatnye-sredstva/180773/> (data obrashcheniya: 07.05.2025).

6. Asai T., Momose H. Programming Artificial Intelligence: A Reconfigurable AI shield for Embedded Microcontrollers. 2020. DOI: 10.7567/SSDM.2020.I-5-01.

7. Immonen R., Hämäläinen T. Tiny Machine Learning for Resource-Constrained Microcontrollers // Journal of Sensors. 2022. P. 1–11. DOI: 10.1155/2022/7437023.

8. Manor E., Greenberg S. Custom Hardware Inference Accelerator for TensorFlow Lite for Microcontrollers // IEEE Access. 2022. Vol. 10. P. 73484-73493. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3189776.

9. Nargotra M., Khurjekar M. Green house based on IoT and AI for societal benefit. 2020. P. 109–112. DOI: 10.1109/ESCI48226.2020.9167637.

10. Pernes P., Jaroš M., Podivín J., Trenz O. Microcontrollers suitable for artificial intelligence // 26th Annual International Conference Economic Competitiveness and Sustainability 2024. P. 120–126. DOI: 10.11118/978-80-7509-990-7-0120.
11. Poola R. G., Chodavarapu T., Yellampalli S. S. (2024). Cutting-Edge AI for Healthcare: Optimized Pneumonia Diagnosis on MAX78000 Microcontroller // ITM Web of Conferences.2024. T. 68. P. 01009. DOI: 10.1051/itmconf/20246801009.
12. Pryanichnikov V., Kolesov Y., Tarasov R., Plotnikov A. Integration Software for a Distributed Group of Mobile Service Robots // 32nd DAAAM International Symposium / B. Katalinic (Ed.). Vienna : Published by DAAAM International, 2021. P. 0311–0315. DOI: 10.2507/32nd.daaam.proceedings.045.
13. Sakr F., Bellotti F., Berta R., Gloria A. Machine Learning on Mainstream Microcontrollers. Sensors. 2020. DOI: 10.3390/s20092638.
14. SiYoung J., Fahim K., Chulhong M. Thermal Characterization of AI Applications on AI Accelerators-equipped Microcontrollers // In Proceedings of the Workshop on Body-Centric Computing Systems (BodySys '24). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA. 2024. P. 17–22. DOI: 10.1145/3662009.3662020.

УДК 621.3+004.7

ББК 32.816

*Пряничников В. Е., Тележкин Д. С., Ушакова М. А.,
Ястребов В. В.*

**СОЗДАНИЕ СРЕДЫ ДЛЯ УДАЛЁННОЙ
РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
КОЛЛАБОРАТИВНЫХ РОБОТОВ**

Пряничников Валентин Евгеньевич, доктор технических наук

SPIN-код: 6859-5280, ORCID: 0000-0003-0974-317X

E-mail: v.e.pr@yandex.ru

Международный институт новых образовательных технологий

Российского государственного гуманитарного университета,

Институт прикладной математики имени М. В. Келдыша

Российской академии наук,

Московский государственный технологический университет

«СТАНКИН»

Тележкин Дмитрий Сергеевич

E-mail: ttediss12@gmail.com

Институт прикладной математики имени М. В. Келдыша

Российской академии наук

Ушакова Марьям Абилферзовна

SPIN-код: 4048-7805

E-mail: MarSteil@yandex.ru

Московский государственный технологический университет

«СТАНКИН»

Ястребов Вячеслав Вячеславович, кандидат технических наук
SPIN-код: 3729-6775, ORCID: 0009-0000-2287-0929
E-mail: mviatcheslav@yandex.ru
Институт прикладной математики имени М. В. Келдыша
Российской академии наук,
Московский государственный технологический университет
«СТАНКИН»

В статье показан процесс создания отказоустойчивой и безопасной среды для коллективной удалённой разработки ПО на собственном сервере. Базой выступает настольный ПК с Debian Linux и зеркальным RAID-1 из двух 1 ТБ дисков. Сервисную платформу составляют: Docker и Docker Compose (контейнеризация), Portainer (визуальное управление), Nginx Proxy Manager + DuckDNS (обратное проксирование, SSL), GitLab CE (контроль версий, CI/CD), XWiki (документация), OpenProject (управление задачами), OpenLDAP (единая аутентификация), Samba (общий файлообмен) и NetBird на базе WireGuard (VPN-доступ). В этой виртуальной среде можно управлять доступами к другим устройствам с помощью задания внутренних групп доступов. Описаны их функциональное назначение, роль в единой архитектуре, аспекты безопасности, преимущества самостоятельного хостинга и возможные ограничения. Устройства соединяются напрямую друг к другу через зашифрованный туннель, а не как в обычном VPN через определённый сервер. Рассмотрены примеры разработок, опирающихся на разработанное ПО.

Ключевые слова: интеллектуализация автономных коллаборативных мобильных роботов, виртуальные частные сети, NetBird, WireGuard, локальный сервер, Docker, разработка программного обеспечения с удалённым доступом.

ВВЕДЕНИЕ

В современных ИТ-проектах критически важна непрерывность и защищённость процессов разработки: от написания и ревью кода до выпуска релизов и поддержки документации. Большинство команд разработчиков обращаются к облачным сервисам, что обеспечивает агрегированный функционал, но нередко создаёт новые риски: утечку конфиденциальных данных, зависимость от ценовой политики провайдеров и сложности с соблюдением требований корпоративной безопасности. Создание собственной серверной платформы на доступном аппаратном «железе» позволяет построить гибкую и автономную среду, в которой каждая составля-

ющая конфигурируется под нужды проекта, а все данные остаются под полным контролем организации.

В качестве аппаратной базы был выбран обычный ПК с двумя жёсткими дисками по 1 ТБ, объединенными в программный RAID-1 под управлением Debian Linux. Такая схема гарантирует зеркалирование данных и высокую устойчивость к отказам. На этом фундаменте с помощью Docker и Docker Compose были развернуты все необходимые сервисы в виде контейнеров, что упрощает их масштабирование, обновление и резервирование. Для визуального управления контейнерной средой используется Portainer, который предоставляет лёгкий веб-интерфейс для мониторинга, обновления образов и управления сетями.

Созданная программная среда позволила реализовать несколько проектов по совершенствованию конструкции коллаборативных роботов, по созданию новых систем их взаимодействия с человеком и внешней средой, продолжения развития технологий интеллектуализации роботов на новом уровне [3, 4, 6, 7, 15], а также использовать технологии виртуального прототипирования [1, 2, 5].

РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ

Множество устройств объединены при помощи виртуальной локальной сети, из-за чего можно удаленно подключаться к серверу, а том числе. На сервере установлен докер — система контейнеризации, суть которой в том, чтобы изолировать каждое приложение друг от друга и от основной «операционки», но при этом каждое приложение продолжает использовать ядро основной «операционки». В докере развёрнуты разные приложения, в том числе и гитлаб. Гитлаб это локальный аналог гит хаба, используется для хранения кода ПО. Также в нём есть функционал ci/CD, что позволяет после каждого фиксирования кода автоматически компилировать этот код, тестировать его и отправлять на робота. Netbird — по сути это VPN, позволяющий объединять устройства в виртуальную локальную сеть.

Перечислим развёрнутые приложения на базе технологий [8–14, 16–18], кратко характеризуем их свойства и преимущества:

1. Docker & Docker Compose.

Контейнеризация гарантирует одинаковое поведение приложений на любом хосте. Docker Compose описывает весь стек в

YAML-файле: образы, тома, сети и переменные окружения, что упрощает «развертывание в один клик» и обновление компонентов.

2. Portainer.

Лёгкая веб-панель для визуального мониторинга и управления Docker Host: контейнеры, стеки, тома, сети. Поддерживает операции перезапуска, обновления образов и просмотра логов без SSH-доступа.

3. Nginx Proxy Manager + DuckDNS.

Интерфейс для настройки обратного проксирования: привязка поддоменов DuckDNS к внутренним контейнерам и автоматическое получение Let's Encrypt SSL-сертификатов. Позволяет скрыть реальную инфраструктуру за единой точкой входа.

4. GitLab CE.

Все этапы DevOps: Git-репозиторий, merge-requests, пайплайны CI/CD, артефакты и управление релизами. Интеграция с Docker позволяет строить сборки и тестировать образы в изолированной среде.

5. XWiki.

Мощная вики-платформа для совместной работы над технической документацией. Поддерживает версионирование страниц, расширения для диаграмм и форм, гибкие права доступа на уровне страниц и пространств.

6. OpenProject.

Система управления задачами и проектами с поддержкой Kanban-досок, диаграмм Ганта, учёта рабочего времени и генерации отчётов о прогрессе, что помогает эффективно распределять ресурсы и контролировать сроки.

7. OpenLDAP.

Единый каталог пользователей и групп, который служит источником аутентификации и авторизации для всех сервисов: XWiki, OpenProject и др. При добавлении нового участника ему сразу предоставляется доступ ко всем инструментам.

8. Samba.

Сетевой файловый сервис по протоколу SMB/CIFS. Общая папка `/storage/shared` доступна из Windows, Linux и macOS.

9. NetBird (WireGuard-VPN).

Автоматизированное создание VPN-сети поверх WireGuard. Каждый новый узел (сервер, рабочая станция) подключается к

контроллеру, без проброса портов и сложных NAT-настроек. Обеспечивает защищенный туннель с низкой задержкой.

ВЕРИФИКАЦИЯ И ТЕСТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ

Разработанное программное обеспечения и скомпонованная виртуальная среда проектирования позволяют оценить работоспособность и эффективность интеллектуальной роботизированной системы перед её внедрением. Данный этап включает следующие основные процессы [13]:

1. Создание цифровой модели для проверки работоспособности алгоритмов. Моделирование поведения робота в программных средах, развёртываемых на сервере (например, MATLAB/Simulink, ROS-2, Gazebo). Визуализация всех рабочих процессов, включая передвижение, манипуляции и обработку данных. Анализ взаимодействия компонентов системы и их синхронизация.

2. Проведение испытаний в виртуальной среде на тестовых полигонах. Тестирование роботизированной системы в условиях, приближенных к реальным. Включение стресс-тестов для оценки поведения системы при максимальных нагрузках. Отработка сценариев с непредвиденными ситуациями и отказами компонентов.

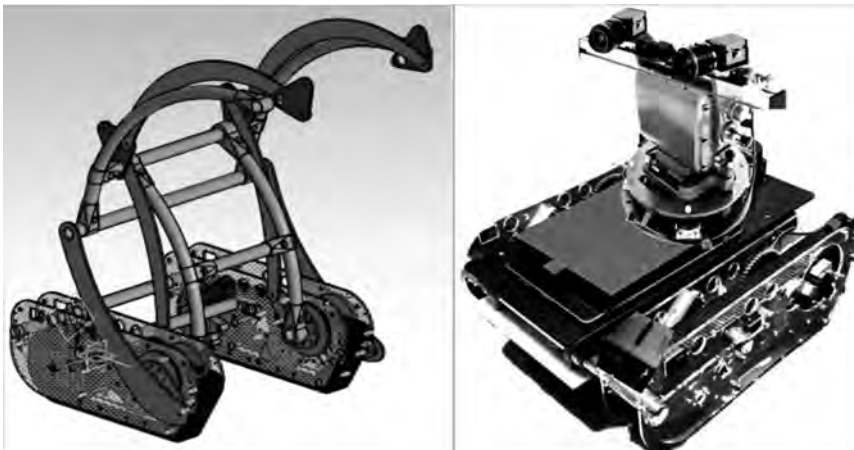


Рис. 1. Процесс проектирования конструкции захватных устройств для сервисного коллаборативного гусеничного робота (слева). Справа показан этот же робот для экспериментов со стереосистемой, установленной на наклонно-поворотном устройстве

3. Анализ эффективности алгоритмов и оптимизация параметров системы. Сбор данных о работе системы и анализ её производительности (например, точность навигации, энергопотребление). Сравнительный анализ с исходными требованиями и целевыми показателями. Внесение корректировок в алгоритмы и структуры системы для улучшения её эффективности и надёжности.

Проводились разработки и эксперименты с использованием серверной среды, некоторые результаты компоновки роботов приведены на рис. 1.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Собственная серверная инфраструктура на Debian Linux с RAID-1 и современными контейнеризованными сервисами представляет собой надёжную, гибкую и экономичную платформу для удалённой коллективной разработки. Интеграция Docker, Portainer, Nginx Proxy Manager, GitLab CE, XWiki, OpenProject, OpenLDAP, Samba и NetBird позволяет обеспечить полный цикл DevOps внутри одной экосистемы, сохраняя контроль над данными и снижая зависимость от внешних провайдеров. Дальнейшее расширение может включать кластеризацию Docker-хостов, интеграцию мониторинга (Prometheus, Grafana) и распределённых CI/CD-агентов для обработки роста нагрузки.

Тестирование серверной инфраструктуры выполнялось в ходе реализации коллаборативных роботов в рамках объединённого проекта «Интеллектуальная роботроника».

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект FSFS-2024-0012).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Адаптивные алгоритмы обучения машин в условиях постоянно меняющейся информационной среды // Образовательный портал «Справочник». URL: https://spravochnick.ru/informatika/adaptivnye_algoritmy_obucheniya_mashin (дата обращения: 18.04.2025).

2. Бекетов С. М., Зубкова Д. А., Редько С. Г. Эволюционные методы оптимизации цифровых моделей организационных систем: литературный обзор // Вестник Пермского национального иссле-

довательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2024. № 52. С. 55–75. DOI: 10.15593/2224-9397/2024.4.03.

3. *Мягшин В. И., Пряничников В. Е.* Программный механизм представления знаний для роботов и GSLT // Труды Международной школы-семинара «Адаптивные роботы-2004». Москва — Санкт-Петербург : АртоПресс, 2004. С. 37–49.

4. *Пряничников В. Е., Арыскин А. А., Драчкова А. А., Брундукова К. Э., Власова О. И., Карцева А. А., Колесов Ю. С., Снопков А. В., Соловьёва М. Д., Телегин А. И., Тележкин Д. С., Тихомиров А. Н., Федоров А. В., Федотов Д. К., Ястребов В. В.* Эксперименты по расширению функциональных возможностей мобильных сервисных роботов // Экстремальная робототехника. Сборник тезисов 34 Международной научно-технической конференции. Санкт-Петербург : ЦНИИ РТК — Типография Фурсова, 2023. 306 с. URL: https://er.rtc.ru/images/docs/2023/Sbornik-tezisev_ER-2023.pdf (дата обращения: 18.04.2025).

5. *Федоров Р. Д.* Роботизированная система для диагностики магистрального трубопровода // Молодой учёный. 2025. № 18 (569). URL: <https://moluch.ru/archive/569/124614/> (дата обращения: 18.04.2025).

6. *Шаронов Н. Г., Пряничников В. Е., Коломин Н. В., Ветлицын М. Ю.* Методы управления двигателями мобильного робота с кинематически связанными цикловыми шагающими движителями // Известия ВолгГТУ, Серия Роботы, мехатроника и робототехнические системы. Волгоград : ВолгГТУ. 2024. № 4 (287). С. 88–94. DOI: 10.35211/1990-5297-2024-4-287-88-94.

7. *Aryskin A., Pryanichnikov V.* Creation of Technology for Building Automated Production With Remote Control (Industry 4.0 Concept) // Proceedings of the 33rd DAAAM International Symposium / B. Katalinic (Ed.), Vienna : Published by DAAAM International, 2022. P. 0279–0284. DOI: 10.2507/33rd.daaam.proceedings.038.

8. Docker Documentation. URL: <https://docs.docker.com/> (дата обращения: 18.04.2025).

9. DuckDNS. URL: <https://www.duckdns.org> (дата обращения: 18.04.2025).

10. GitLab CE Documentation. URL: <https://docs.gitlab.com/ee/> (дата обращения: 18.04.2025).

11. NetBird. URL: <https://netbird.io> (дата обращения: 18.04.2025).
12. Nginx Proxy Manager. URL: <https://nginxproxymanager.com> (дата обращения: 18.04.2025).
13. OpenProject Manual. URL: <https://www.openproject.org> (дата обращения: 18.04.2025).
14. OpenLDAP Project. URL: <https://www.openldap.org> (дата обращения: 18.04.2025).
15. *Pryanichnikov V., Kolesov Y., Tarasov R., Plotnikov A.* Integration Software for a Distributed Group of Mobile Service Robot // Proceedings of the 32nd DAAAM International Symposium / B. Katalinic (Ed.). Vienna : Published by DAAAM International, 2021. P. 0311–0315. DOI: 10.2507/32nd.daaam.proceedings.045.
16. Samba Documentation. URL: <https://www.samba.org> (дата обращения: 18.04.2025).
17. WireGuard VPN. URL: <https://www.wireguard.com/> (дата обращения: 18.04.2025).
18. XWiki Documentation. URL: <https://www.xwiki.org> (дата обращения: 18.04.2025).

*Valentin E. Pryanichnikov, Dmitry S. Teleszhkin,
Maryam A. Ushakova, Vyacheslav V. Iastrebov*

CREATING AN ENVIRONMENT FOR THE REMOTE SOFTWARE DEVELOPMENT OF COLLABORATIVE ROBOTS

Valentin E. Pryanichnikov, Doctor of Technical Sciences
E-mail: v.e.pr@yandex.ru
International Institute of New Educational Technologies
KIAM Russian Academy of Sciences
MSTU Stankin

Dmitry S. Teleszhkin,
E-mail: ttediss12@gmail.com
KIAM Russian Academy of Sciences

Maryam A. Ushakova,
E-mail: MarSteil@yandex.ru
MSTU Stankin

Vyacheslav V. Iastrebov

E-mail: mviatcheslav@yandex.ru

KIAM Russian Academy of Sciences

MSTU Stankin

This article shows the process of designing of a fault-tolerant and secure environment for collective remote software development on its own server. The base is a desktop PC with Debian Linux and a mirrored RAID-1 consisting of two 1TB HDDs. The service platform consists of: Docker and Docker Compose (containerization), Portainer (visual control), Nginx Proxy Manager + DuckDNS (reverse proxying, SSL), GitLab CE (version control, CI/CD), XWiki (documentation), OpenProject (task management), OpenLDAP (unified authentication), Samba (shared file sharing) and WireGuard-based NetBird (VPN access). In this virtual environment, you can manage access to other devices by setting internal access groups. Their functional purpose, role in a single architecture, security aspects, advantages of self-hosting and possible limitations are described. The devices connect directly to each other through an encrypted tunnel, rather than using a specific server as in a regular VPN. Examples of developments based on the developed software are considered.

Key words: intellectualization of autonomous collaborative mobile robots, virtual private networks, NetBird, WireGuard, local server, Docker, remote access software development.

REFERENCES

1. Adaptivnye algoritmy obucheniya mashin v usloviyakh postoyanno menyayushcheisya informatsionnoi sredy // Obrazovatel'nyi portal "Spravochnik". URL: https://spravochnik.ru/informatika/adaptivnye_algoritmy_obucheniya_mashin (data obrashcheniya: 18.04.2025).

2. Beketov S. M., Zubkova D. A., Red'ko S. G. Evolyutsionnye metody optimizatsii tsifrovyykh modelei organizatsionnykh sistem: literaturnyi obzor // Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Elektrotekhnika, informatsionnye tekhnologii, sistemy upravleniya. 2024. No 52. P. 55–75. DOI: 10.15593/2224-9397/2024.4.03.

3. Myagshin V. I., Pryanichnikov V. E. Programmnyi mekhanizm predstavleniya znaniy dlya robotov i GSLT // Trudy Mezhdunarodnoi shkoly-seminara "Adaptivnye roboty-2004". Moscow — St. Petersburg : ArtoPress, 2004. P. 37–49.

4. Pryanichnikov V. E., Ayskin A. A., Drachkova A. A., Brundukova K. E., Vlasova O. I., Kartseva A. A., Kolesov Yu. S., Snopkov A. V., Solov'eva M. D., Telegin A. I., Telezhkin D. S., Tikhomirov A. N., Fedorov A. V., Fedotov D. K., Yastrebov V. V. Eksperimenty po rasshireniyu funktsional'nykh vozmozhnostei mobil'nykh servisnykh robotov // Ekstremal'naya robototekhnika. Sbornik tezisev 34 Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii. St. Petersburg : TsNII RTK — Tipografiya Fursova, 2023. 306 p. URL: https://er.rtc.ru/images/docs/2023/Sbornik-tezisev_ER-2023.pdf (data obrashcheniya: 18.04.2025).

5. Fedorov R. D. Robotizirovannaya sistema dlya diagnostiki magistral'nogo truboprovoda // Molodoi uchenyi. 2025. No 18 (569). URL: <https://moluch.ru/archive/569/124614/> (data obrashcheniya: 18.04.2025).

6. Sharonov N. G., Pryanichnikov V. E., Kolomin N. V., Vetlitsyn M. Yu. Metody upravleniya dvigatelyami mobil'nogo robota s kinematcheski svyazannymi tsiklovymi shagayushchimi dvizhitelyami // Izvestiya VolgGTU, Seriya Roboty, mekhatronika i robototekhnicheskie sistemy. Volgograd : VolgGTU. 2024. No 4 (287). P. 88–94. DOI: 10.35211/1990-5297-2024-4-287-88-94.

7. Ayskin A., Pryanichnikov V. Creation of Technology for Building Automated Production With Remote Control (Industry 4.0 Concept) // Proceedings of the 33rd DAAAM International Symposium / B. Katalinic (Ed.), Vienna : Published by DAAAM International, 2022. P. 0279–0284. DOI: 10.2507/33rd.daaam.proceedings.038.

8. Docker Documentation. URL: <https://docs.docker.com/> (data obrashcheniya: 18.04.2025).

9. DuckDNS. URL: <https://www.duckdns.org> (data obrashcheniya: 18.04.2025).

10. GitLab CE Documentation. URL: <https://docs.gitlab.com/ee/> (data obrashcheniya: 18.04.2025).

11. NetBird. URL: <https://netbird.io> (data obrashcheniya: 18.04.2025).

12. Nginx Proxy Manager. URL: <https://nginxproxymanager.com> (data obrashcheniya: 18.04.2025).

13. OpenProject Manual. URL: <https://www.openproject.org> (data obrashcheniya: 18.04.2025).

14. OpenLDAP Project. URL: <https://www.openldap.org> (data obrashcheniya: 18.04.2025).

15. Pryanichnikov V., Kolesov Y., Tarasov R., Plotnikov A. Integration Software for a Distributed Group of Mobile Service Robot // Proceedings of the 32nd DAAAM International Symposium / B. Katalinic (Ed.). Vienna : Published by DAAAM International, 2021. P. 0311–0315. DOI: 10.2507/32nd.daaam.proceedings.045.

16. Samba Documentation. URL: <https://www.samba.org> (data obrashcheniya: 18.04.2025).

17. WireGuard VPN. URL: <https://www.wireguard.com/> (data obrashcheniya: 18.04.2025).

18. XWiki Documentation. URL: <https://www.xwiki.org> (data obrashcheniya: 18.04.2025).

УДК 778.534.1+004.7

ББК 32.972.131.2

Пряничников В. Е., Ястребов В. В.

**ТЕХНОЛОГИЯ УЛУЧШЕНИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ
ЧЕЛОВЕКОМ ТРЁХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ
ПРИ ТЕСНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С РОБОТАМИ**

Пряничников Валентин Евгеньевич, доктор технических наук
SPIN-код: 6859-5280, ORCID: 0000-0003-974-317X

E-mail: v.e.pr@yandex.ru

Институт прикладной математики имени М. В. Келдыша
Российской академии наук,

Московский государственный технологический университет
«СТАНКИН»,

Международный институт новых образовательных технологий
Российского государственного гуманитарного университета

Ястребов Вячеслав Вячеславович, кандидат технических наук
SPIN-код: 3729-6775, ORCID: 0009-0000-2287-0929

E-mail: MViatcheslav@yandex.ru

Институт прикладной математики имени М. В. Келдыша
Российской академии наук,

Московский государственный технологический университет
«СТАНКИН»

При работе в общем пространстве с роботом для человека особенно актуальна адекватность оценки расстояний до объектов и их взаимное расположение по отношению к человеку и к роботу. Использование сте-

реоскопического видеосигнала от пары видеокамер с параллельно ориентированными оптическими осями не всегда даёт правильное представление о пространстве. Улучшение распознавания 3D-объектов удалось достигнуть за счёт адаптивной системы управления тонкой подстройкой конвергенции (сходимости) стереокамер и изменения базового расстояния между ними. В работе рассматриваются вопросы бинокулярной, перцептивной и обратной перспективы для отображения результатов наблюдений и сцен.

Ключевые слова: коллаборативный сервисный робот, стереоскопическая система, константность восприятия, телеприсутствие, дистантность объекта, перцептивная и обратная перспектива.

ВВЕДЕНИЕ

Во время выполнения проекта, описанного в [15, 17], из-за конструктивных особенностей телеуправляемого подводного робота, стереокамеры пришлось установить на расстоянии 30 см друг от друга, что противоречило обычной практике установки камер на расстоянии равном межцентровому расстоянию глаз человека около 7 см, либо меньше. При таком 30-сантиметровом расстоянии между камерами должный стереоэффект не достигался. Пришлось динамически изменять сходимость камер с помощью двигателей, базируясь на расстоянии до интересующего объекта, измеряемого дальномером. При расстоянии камер друг от друга в 7 см и меньше подобный эффект не был столь ярко выражен.

В процессе экспериментов выяснилось, что с помощью тонкой подстройки наблюдатель, управляя потенциометром и наблюдая на мониторе объект через синхронизированные стереоскопические очки, мог «переносить объект» внутрь экрана, на уровень экрана или выносить его перед экраном. Многочисленные опросы испытуемых разных возрастов, пола и рас подтвердили, что если объект изначально плохо распознавался вследствие замутнённости среды или недостаточности освещения, подобный инструмент тонкой настройки в руке помогал его распознать лучше. В тот период наблюдения проводились с помощью катодного монитора.

По прошествии времени мы решили вернуться к реализации данного эффекта применительно к коллаборативным сервисным роботам, но уже с помощью HD-видеокамер и монитора высокой чёткости изображения и введя возможность тонкой подстройки не только угла сходимости камер, но и регулировки расстояния между

камерами, а также регулировки сходимости источников освещения объекта, установленных под каждой камерой. Для реалистичной оценки габаритов наблюдаемого объекта применяются камеры с управляемым масштабированием (zoom), чтобы удерживать объект перед камерами на виртуальной дистанции в пределах 1 м. Этим вопросам посвящена данная статья.

ПОДХОД И МЕТОДОЛОГИЯ

Система человеческого зрения основана на восприятии глубины, которое позволяет человеку видеть мир в трёх измерениях и воспринимать расстояния до объектов. Одна из особенностей нашего зрительного восприятия — это психологический эффект, называемый «константностью восприятия». Это относится к восприятию формы, размера, цвета, света, расстояния и местоположения хорошо известных человеку объектов как неизменных даже в изменяющихся условиях окружающей среды и при изменении ракурса и расстояния наблюдения [16]. Это достигается с помощью сложного подсознательного «вычисления» человеком свойств наблюдаемых объектов [18].

Такая система восприятия может быть имитирована с помощью стереоскопической видеосистемы. Стереоскопическое видео имеет ряд преимуществ перед моноскопическими видеодисплеями, в особенности в запылённых, задымлённых и замутнённых средах [19, 20].

Вблизи люди воспринимают мир изометрично, а вдали, когда есть провокация глубины (яркостная, дымка, обстановочная), — проективно. Т. е. железнодорожные пути сначала как бы параллельны, затем сходятся, а на бесконечности — сходятся прямолинейно. Схожий подход был использован при исследовании пространственных алгоритмов построения перемещений шагающего робота с 6 ногами в математической модели, использующей сгенерированную трёхмерную модель внешней среды [7, 12, 14]. Моделировалось автоматическое построение перемещения робота с выбором опорных точек, обеспечивающих статическую устойчивость в любой момент времени. Рассматривалось также управление с предельными ускорениями при соблюдении устойчивости в рамках кинестатического расчёта динамических возможностей управления, которое должно обеспечивать непрерывное попада-

ние проекции центра масс внутрь опорного многоугольника [6] с учётом предельных ускорений. Модель внешней среды содержала несколько миллионов вершин, при этом на экране векторного дисплея строился только небольшой фрагмент среды вокруг перемещающегося моделируемого робота в пределах задаваемого угла наблюдения 30–60°. Изображение строилось с удалением невидимых линий, то есть рассчитывалось самозатенение рельефа и удаление изображения частей модели робота, заслоняемых рельефом. Разработанное программное обеспечение генерировало один кадр за 3–5 с при разрешении 1024×1024 пикселей и тактовой частоте компьютера менее 10 МГц. Тем не менее, работа программы на тот момент была существенно быстрее (на порядок) других программ трёхмерной машинной графики. После расчёта эпизода перемещения робота, его можно было просматривать и анализировать в реальном времени (1/25 с на кадр), то есть соотношение времени расчёта и просмотра было не хуже 1:100. Конечно, сегодняшние вычислительные возможности позволяют решать подобные задачи как минимум в реальном масштабе времени. Сегодня особенно интересны выявленные уже тогда эффекты, которые приобретают большую значимость для взаимодействия человека и робота. Прежде всего, синтезированные изображения существенно отличались от фотографической проекции (линейной перспективы). Во-первых, учитывалась константность восприятия — параллельные вертикальные линии на модели местности отображались как параллельные в проекции на экран. Во-вторых, использовалась «бинокулярная» перспектива, в которой условное расстояние между «глазами» принимало как положительное, так и отрицательное значение. Суть трансформации состояла в том, что на переднем плане могла возникать обратная перспектива (у кубика в этом случае можно было сразу увидеть не две вертикальных грани, а три из четырёх), а на заднем плане параллельные линии на горизонтальной плоскости уходили в «точку схода», как и при обычной линейной перспективе. Если «расстояние между глазами» устанавливалось отрицательным, то уходящие к горизонту параллельные линии на рельефе отображались на экране более резко сходящимися, особенно на переднем плане. Субъективное восприятие таких изображений и синтезированных видеоэпизодов существенно различалось — в первом случае человек был более вовлечён в изо-

бражаемое пространство, а во втором случае наблюдал картинку как бы издалека, со стороны. Деформация изображений по отношению к фотографической линейной перспективе в разных частях экрана существенно отличалась и доходила до 20–45%. При этом это был принципиально другой тип деформации изображений по сравнению с дисторсией (с эффектами, создаваемыми объективами типа «рыбий глаз»). Бинокулярная перспектива существенно легче интуитивно «понималась» человеком.

Применение подобных деформаций изображений в видеопотоке представляется очень перспективным ввиду того, что супервизорное управление, например, роботами МЧС [2–5, 9, 10], крайне затруднено, а операторы должны проходить длительные тренировки для формирования адекватных навыков. На рис. 1 показаны 4 изображения с видеокамер робота МЧС Брокк-330, сведённые на один экран; на 2-х верхних кадрах видна часть одного и того же манипулятора, наблюдаемого с двух разных сторон. Его ковш должен наводиться на видимый ниже предмет. Оценка



Рис. 1. Совмещение 4-х изображений на одном из двух экранов разработанной видеосистемы для использовавшихся в МЧС РФ роботах Брокк-110/Брокк-330

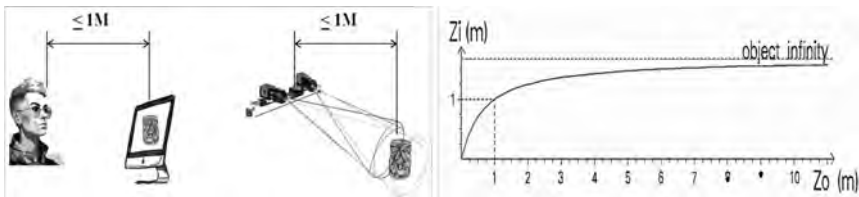


Рис. 2. Зависимость между расстоянием до объекта, удаленного от системы из двух камер, и субъективно воспринимаемым расстоянием от глаз до изображения этого объекта [22]

по изображениям взаимного пространственного расположения этих объектов крайне затруднена, а вот вовлечённость оператора в пространство наблюдения в этом случае могла бы пригодиться. Для построения бинокулярной деформации необходимо учитывать дальность до отдельных частей изображения, используя стереометрическую обработку и/или показания лидара, ультразвукового сенсора. Работы в этом направлении нами уже велись, получены базовые результаты, но к исчерпывающей практической реализации они ещё не подошли [2–5, 8–11, 13]. Мы планируем попробовать применить бинокулярную трансформацию к парам стереоизображений, что может дать существенные дополнительные возможности восприятия человеком сцен реального или виртуального пространства.

Взаимосвязь реального расстояния до объекта и субъективного расстояния до изображения этого объекта на 3D-мониторе в режиме просмотра мы нашли в публикации [22] (рис. 2), на основе которой решили построить нашу систему. Эта зависимость является почти линейной в пределах 1 метра. За пределами 1 метра она сильно нелинейна.

КОНСТРУКЦИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ

Мы разработали прототип системы, способной технически обеспечить постоянство размеров удалённо расположенного объекта, а также соотношение размеров объекта и его фона, то есть технически попытались обеспечить константность восприятия человеком размера объекта с целью повышения комфортности работы его глаз и мозга. Для достижения этой цели была установлена специальная стереоскопическая камера на борту коллаборативного

сервисного робота Амур с автоматической, полуавтоматической и ручной настройкой следующих функций и параметров:

1. Ручной выбор положения стереоизображения объекта на дисплее, которое может отображаться перед экраном, на экране или за экраном. Вышеуказанное достигается с помощью функции изменения «схождения — расхождения» стереокамер.

2. Поддержание постоянного размера объекта на дисплее с помощью автоматического масштабирования изображений от камер, которое регулируется в зависимости от дальности до цели, полученной с помощью оптического дальномера.

3. Автоматическая корреляция видимого расстояния между человеком-наблюдателем и изображением объекта с реальным расстоянием до объекта от камер. Это также регулируется путём масштабирования изображений от камер по данным от дальномера, который направлен на объект.

4. Управление стереоосветителями, направляемыми на объект с целью вариации соотношения подсветки объекта и фона.

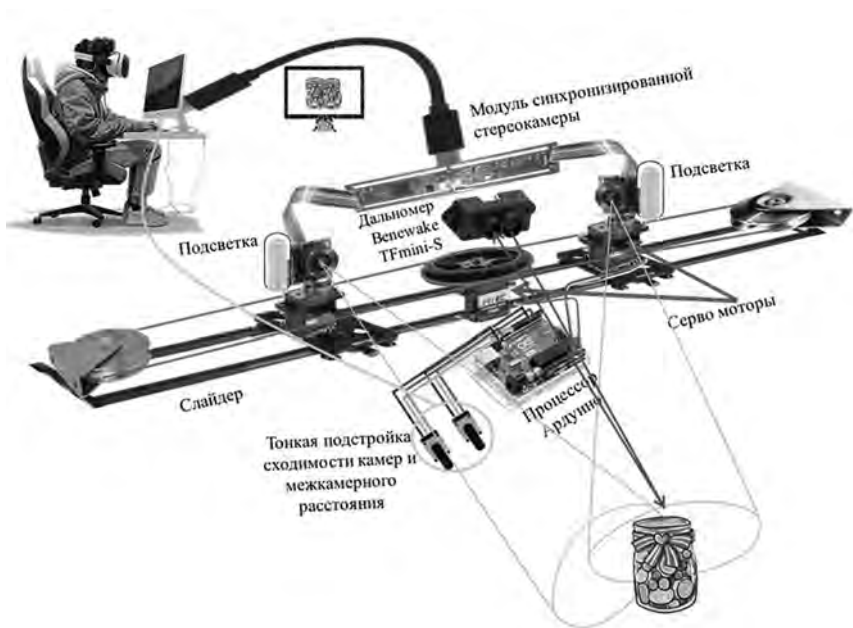


Рис. 3. Стереоскопическая система телеприсутствия наблюдателя с возможностью корректировки сходимости камер и расстояния между ними

На рис. 3 схематически и функционально изображена такая система. Две видеокамеры с синхронизирующим их контроллером и USB-выходом установлены на подвеске с серводвигателями, наводящими камеры на объект. Двигатели установлены на рельсе-слайдере, по которому они могут сближаться или удаляться друг от друга с помощью третьего сервомотора, который смещает камеры к центру или от центра с помощью тросика, протянутого от колеса сервомотора через два ролика по краям, а моторы обеспечивают встречное или отдаляемое движение. Управление сервомоторами осуществляется микропроцессором Arduino, к которому подключён оптический дальномер, для автоматического управления схожимостью камер при наведения их на объект.

Тонкая подстройка конвергенции камер и прикреплённых к ним источников освещения, а также управление смещением камер на слайдере осуществляется двумя потенциометрами, выведенными на пульт наблюдателя. Плавность поворота сервомоторов обеспечивается применением специальной библиотеки процессора Arduino под названием VarSpeedServo-master. Источники подсветки включаются автоматически в зависимости от освещённости сцены.

Потоковое стереоизображение передаётся на компьютер наблюдателя, в котором предусмотрено специальное программное обеспечение для просмотра потокового 3D-видео через специальные стереоскопические очки.

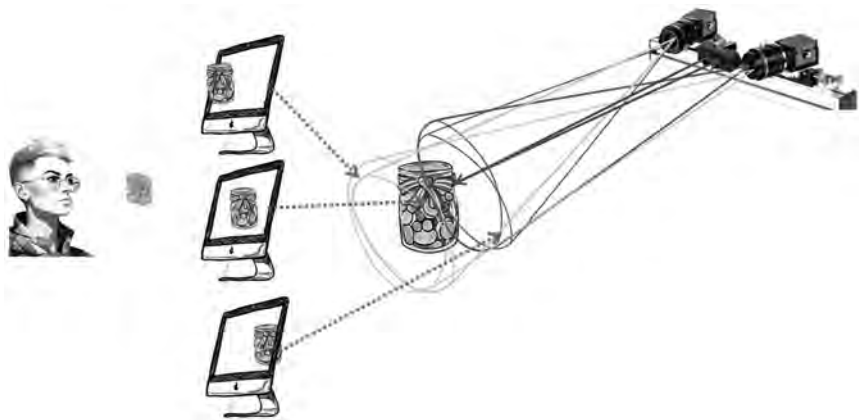


Рис. 4. Восприятие положения объекта наблюдателем через анаглифные очки

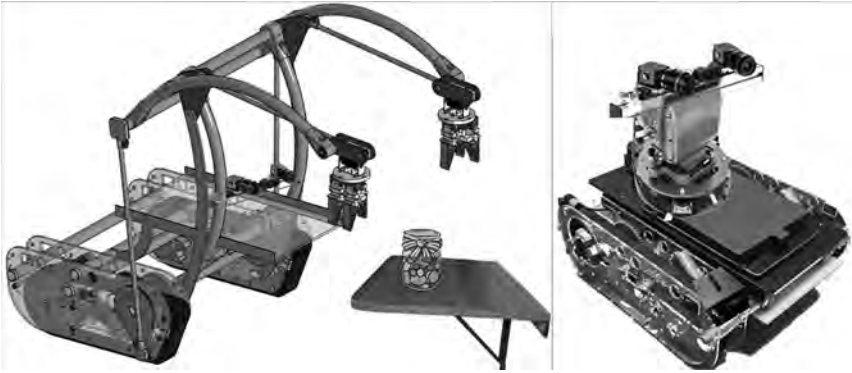


Рис. 5. Применение стереоскопической системы на сервисном коллаборативном гусеничном роботе АМУР, который переносит объект манипулирования (банку) с выдвижного столика в собственный поддон и обратно двумя манипуляторами. Справа изображён тот же робот Амур со стереосистемой, установленной на наклонно-поворотном устройстве, но без манипуляторов

Stereoscopic Player [21] — универсальный проигрыватель 3D-фильмов. Плеер позволяет в реальном времени получать видео с устройств захвата, например, видеокамеры. Данный проигрыватель основывается на DirectShow, что говорит о том, что возможно работать почти с любым видеоформатом, также плееру не важно как именно закодирован стереоскопический формат. Им мы воспользовались для простоты эксперимента в паре с анаглифными очками. На рис. 4. изображены варианты восприятия положения банки с таблетками (объект наблюдения) оператором через анаглифные очки.

На рис. 5 изображён сервисный робот Амур с двумя параллельными манипуляторами и стереоскопической системой камер с дальномером и приводами. Наблюдатель через стереосистему, установленную на роботе, распознаёт банку, которая стоит на откидном столике, и перекладывает её манипуляторами на собственный поддон или наоборот выгружает объект с поддона на стол.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

1. Проведённые опыты по субъективному восприятию объекта с помощью 3D-системы, в которую мы вложили возможность вруч-

ную «перемещать объект» (устойчивое субъективное ощущение объёма наблюдателем) относительно экрана внутрь или наружу за счёт тонкого управления конвергенцией камер и расстояния между ними, продемонстрировали ощутимое преимущество в распознавании объектов, в особенности в замутнённой среде (наиболее актуально для подводных роботов).

2. Для достоверной оценки субъектом габаритов видимых 3D-объектов необходимо применять камеры с внешним управлением (функция Zoom) при автоматическом автофокусе для аппаратной реализации эффекта «константности восприятия» наблюдателем, которая заключается в обеспечении постоянства размера объекта, а также соотношения размеров между объектом и фоном.

3. В большинстве случаев эксперименты показали, что если объект находится на уровне экрана или позади экрана, то большинство испытуемых видели объём сразу. Если же объект был вынесен перед экраном, то требовалось 10–12 секунд после одевания стереочков, чтобы начать видеть стереоскопию и потом ещё несколько секунд, чтобы подстроить положение объекта и «внедриться в среду».

4. Доказать правильность или неправильность наших предположений в области стереовосприятия можно было экспериментально и только субъективно, статистически, что мы и пробовали.

5. Дело осложнялось тем, что некоторые люди слабо видели стереоэффект, когда они носили очки с диоптриями и поверх них одевали стереоскопические очки. Это проявлялось при дистанции между камерами 30 см. В собственных очках им было трудно надолго сфокусировать взгляд в одной точке из-за слишком большого угла наблюдения для глазного яблока. В этих случаях на помощь приходили предусмотренные нами регулировки тонкой подстройки межкамерного расстояния и сходимости камер под индивидуального наблюдателя.

6. Тонкими ручными передвижениями экрана мы как бы провоцируем наблюдателям к более привычным условиям перцептивного преобразования, когда человек начинает ощущать себя в трёхмерном мире.

7. Наш мир фотографиями и телевидением приучен к видению объёма на 2D-изображениях и наоборот (т. е. показывается плоский план того, что уже существует в мозгу).

8. Нужно каждому наблюдателю дать интерфейсную возможность настройки видимого под себя, под свой размер глаз и под свой предыдущий опыт. Можно провоцировать это ощущение себя в 3D-мире, уменьшая яркость дальних планов или амплитуду их колебаний относительно наблюдаемого объекта.

ВЫВОДЫ

Предложенная конструкция стереосистемы показала свою эффективность при использовании пользователями с различными психотипами, обеспечивая высокий уровень «телеприсутствия», в том числе за счёт симулирования «константности восприятия».

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект FSFS-2024-0012).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Андреев В. П., Ким В. Л., Кувишинов С. В., Марихина В. П., Плетенев П. Ф., Пряничников В. Е., Тарасова В. Э., Харин К. В. Интеллектуальная роботроника. Учебно-методическое пособие для организации дополнительного образования. Москва : Образ-Центр. 2020. 424 с.

2. Андреев В. П., Кирсанов К. Б., Костин А. В., Кувишинов С. В., Марзанов Ю. С., Панкратов Д. А., Прысев Е. А., Пряничников В. Е., Рыбак Т. Н., Харин К. В., Шиповалов Е. А. Мобильные технологические роботы и тренажеры: интеграционное программное обеспечение группового взаимодействия // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2013. Т. 11. № 4. С.74–79.

3. Андреев В. П., Кирсанов К. Б., Левинский Б. М., Пряничников В. Е., Травушкин А. С. Создание класса электронных тренажеров на основе быстродействующей локальной вычислительной сети / Информационно-измерительные и управляющие системы. 2009. Т. 7. № 6. С. 82–92.

4. Андреев В. П., Кирсанов К. Б., Прысев Е. А., Пронкин В. Ю., Пряничников В. Е. Построение системы технического зрения мобильного робота с использованием беспроводной технологии Wi-Fi // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2009. Т. 7. № 6. С. 49–63.

5. Голубев Ю. Ф., Павловский В. Е., Пряничников В. Е. Динамика шагающего робота, управляемого оператором // Исследование робототехнических систем. Сб. научн. трудов / АН СССР, Научный совет «Роботы и РТС». Москва : Наука. 1982. С. 78–86.

6. Охоцимский Д. Е., Платонов А. К., Пряничников В. Е. Методика моделирования робота, перемещающегося в пространственной среде // Изв. АН СССР. Сер. ТК. 1980. № 1. С. 46–54.

7. Платонов А. К., Пряничников В. Е. Моделирование внешней среды локомotionного робота. Москва : Препринт Ин. прикл. мат. АН СССР, 1975. № 84. 48 с.

8. Пряничников В. Е. Алгоритмическое обеспечение дистанционных сенсоров мобильных роботов // Мехатроника, автоматизация, управление. 2008. № 10(91). С. 10–21.

9. Пряничников В. Е., Андреев В. П., Курсанов К. Б., Кувшинов С. В., Марзанов Ю. С., Никитина Т. А., Пронкин В. Ю., Прысев Е. А. Технологии модернизации и оцувствления мобильных роботов специального назначения // Известия Южного Федерального университета. Технические науки. 2011. № 3. С. 166–171.

10. Пряничников В. Е. Дистанционные сенсоры в составе систем управления движением мобильных роботов // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2008. № 1. Т. 6. С. 5–18.

11. Пряничников В. Е. Принципы построения систем управления роботов различного назначения. Методич. указания для потока ЦИПС ВМК. Горький : Горьковский государственный университет, 1988. 37 с.

12. Пряничников В. Е. Проблема визуализации робота, взаимодействующего с внешней средой в математической модели // VI Всесоюзный симпозиум по теории и принципам устройства роботов. 1976. Т. 2. С. 125–127.

13. Пряничников В. Е. Совмещение фильтрации ультразвуковых данных и программного управления линейным приводом // Приборы + автоматизация. 2008. № 12. С. 22–29.

14. Пряничников В. Е. Средства машинной графики для анализа пространственных движений роботов // Механика и управление движением роботов с элементами искусственного интеллекта. Москва : Ин. прик. матем. АН СССР — МГУ, 1980. С. 72–85.

15. *Ching P. W., Seet G., Burhan, Iastrebov V. V., Lau M.* Individually-Adjustable Stereoscopic TVS for the Remote Observation of Underwater Pipeline // 3rd International Conference on Underwater System Technology: Theory and Applications 2010 (USYS'10), 1–2 November 2010. Cyberjaya, MALAYSIA, 2010. P. 1–6.

16. *Erickson R.* Sound structure in Music. University of California Press, 1975.

17. *Iastrebov V., Seet G., Asokan T., Chui Y. P., Lau M. W. S.* Vision Enhancement using Stereoscopic Telepresence for Remotely Operated Underwater Robotic Vehicles // Journal of Intelligent and Robotic Systems. 2008. No 52. P. 139–154.

18. *Lorenz K.* The role of gestalt perception in animal and human behavior, Aspects of Form. Indiana University Press, Bloomington, 1951. P. 157–178.

19. *Ma S., Milgram P.* Investigation of potential benefits of stereoscopic video for visual detection in turbid underwater environments. 2001. Vol. 4297. P. 22.

20. *Merritt J.* Visual tasks requiring 3D stereoscopic displays // Optics in Entertainment. 1984. Vol. 462. P. 56–59.

21. Stereoscopic Player. URL: https://3dtv.at/Products/Player/Index_en.aspx (дата обращения: 04.04.2025).

22. *Woods A., Docherty T., Koch R.* Image distortions in stereoscopic video systems stereoscopic displays and applications IV // Proceedings of the SPIE Volume 1915. San Jose, CA, Feb. 1993.

Valentin E. Pryanichnikov, Vyacheslav V. Iastrebov

**A TECHNOLOGY FOR THE IMPROVEMENT OF HUMAN
RECOGNITION OF THE THREE-DIMENSIONAL
OBJECTS IN CLOSE INTERACTION
WITH COLLABORATIVE ROBOTS**

Valentin E. Pryanichnikov, Doctor of Technical Sciences

E-mail: v.e.pr@yandex.ru

KIAM Russian Academy of Sciences

International Institute of New Educational Technologies RSUH

Vyacheslav V. Iastrebov, PhD (Engineering)

E-mail: MViatcheslav@yandex.ru

KIAM Russian Academy of Sciences

When working in common environment with robots, the adequacy of distances estimation to the objects and their relative positions in relation to humans and robots is especially relevant for humans. Using a standard stereo video from a pair of video cameras with parallel optical axes does not always provide a correct idea about the space. Improved recognition of the 3D objects has been achieved by means of an adaptive fine tuning control of convergence of the stereo cameras and adjusting a separation between them. The issue of binocular perspective for displaying the results of observations and scenes is also being considered.

Key words: collaborative service robot, 3D stereoscopic system, perceptual constancy, telepresence, object distance, perceptual and Inverted perspective.

REFERENCES

1. Andreev V. P., Kim V. L., Kuvshinov S. V., Marikhina V. P., Pletenev P. F., Pryanichnikov V. E., Tarasova V. E., Kharin K. V. *Intellektual'naya robotronika. Uchebno-metodicheskoe posobie dlya organizatsii dopolnitel'nogo obrazovaniya*. Moscow : Obraz-Tsentr. 2020. 424 p.

2. Andreev V. P., Kirsanov K. B., Kostin A. V., Kuvshinov S. V., Marzanov Yu. S., Pankratov D. A., Prysev E. A., Pryanichnikov V. E., Rybak T. N., Kharin K. V., Shipovalov E. A. *Mobil'nye tekhnologicheskie roboty i trenazhery: integratsionnoe programmnoe obespechenie gruppovogo vzaimodeistviya // Informatsionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy*. 2013. T. 11. No 4. P.74–79.

3. Andreev V. P., Kirsanov K. B., Levinskii B. M., Pryanichnikov V. E., Travushkin A. S. *Sozdanie klassa elektronnykh trenazherov na osnove bystrodeistvuyushchei lokal'noi vychislitel'noi seti / Informatsionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy*. 2009. T. 7. No 6. P. 82–92.

4. Andreev V. P., Kirsanov K. B., Prysev E. A., Pronkin V. Yu., Pryanichnikov V. E. *Postroenie sistemy tekhnicheskogo zreniya mobil'nogo robota s ispol'zovaniem besprovodnoi tekhnologii Wi-Fi // Informatsionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy*. 2009. T. 7. No 6. P. 49–63.

5. Golubev Yu. F., Pavlovskii V. E., Pryanichnikov V. E. *Dinamika shagayushchego robota, upravlyaemogo operatorom // Issledovanie robototekhnicheskikh sistem. Sb. nauchn. trudov / AN SSSR, Nauchnyi sovet "Roboty i RTS"*. Moscow : Nauka. 1982. P. 78–86.

6. Okhotsimskii D. E., Platonov A. K., Pryanichnikov V. E. Metodika modelirovaniya robota, peremeshchayushchegosya v prostranstvennoi srede // *Izv. AN SSSR. Ser. TK.* 1980. No 1. P. 46–54.
7. Platonov A. K., Pryanichnikov V. E. Modelirovanie vneshnei sredy lokomotsionnogo robota. Moscow : Preprint In. prikl. mat. AN SSSR, 1975. No 84. 48 p.
8. Pryanichnikov V. E. Algoritmicheskoe obespechenie distantsionnykh sensorov mobil'nykh robotov // *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie.* 2008. No 10(91). P. 10–21.
9. Pryanichnikov V. E., Andreev V. P., Kirsanov K. B., Kuvshinov S. V., Marzanov Yu. S., Nikitina T. A., Pronkin V. Yu., Prysev E. A. Tekhnologii modernizatsii i ochuvstvleniya mobil'nykh robotov spetsial'nogo naznacheniya // *Izvestiya Yuzhnogo Federal'nogo universiteta. Tekhnicheskie nauki.* 2011. No 3. P. 166–171.
10. Pryanichnikov V. E. Distantsionnye sensory v sostave sistem upravleniya dvizheniem mobil'nykh robotov // *Informatsionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy.* 2008. No 1. T. 6. P. 5–18.
11. Pryanichnikov V. E. Printsipy postroeniya sistem upravleniya robotov razlichnogo naznacheniya. Metodich. ukazaniya dlya potoka TsIPS VMK. Gor'kii : Gor'kovskii gosudarstvennyi universitet, 1988. 37 p.
12. Pryanichnikov V. E. Problema vizualizatsii robota, vzaimodeistviyushchego s vneshnei sredoi v matematicheskoi modeli // VI Vsesoyuznyi simpozium po teorii i printsipam ustroystva robotov. 1976. T. 2. P. 125–127.
13. Pryanichnikov V. E. Sovmeshchenie fil'tratsii ul'trazvukovykh dannykh i programmno upravleniya lineinym privodom // *Pribory + avtomatizatsiya.* 2008. No 12. P. 22–29.
14. Pryanichnikov V. E. Sredstva mashinnoi grafiki dlya analiza prostranstvennykh dvizhenii robotov // *Mekhanika i upravlenie dvizheniem robotov s elementami iskusstvennogo intellekta.* Moscow : In. prik. matem. AN SSSR — MGU, 1980. P. 72–85.
15. Ching P. W., Seet G., Burhan, Iastrebov V. V., Lau M. Individually-Adjustable Stereoscopic TVS for the Remote Observation of Underwater Pipeline // *3rd International Conference on Underwater System Technology: Theory and Applications 2010 (USYS'10)*, 1–2 November 2010. Cyberjaya, MALAYSIA, 2010. P. 1–6.

16. Erickson R. Sound structure in Music. University of California Press, 1975.

17. Iastrebov V., Seet G., Asokan T., Chui Y. P., Lau M. W. S. Vision Enhancement using Stereoscopic Telepresence for Remotely Operated Underwater Robotic Vehicles // Journal of Intelligent and Robotic Systems. 2008. No 52. P. 139–154.

18. Lorenz K. The role of gestalt perception in animal and human behavior, Aspects of Form. Indiana University Press, Bloomington, 1951. P. 157–178.

19. Ma S., Milgram P. Investigation of potential benefits of stereoscopic video for visual detection in turbid underwater environments. 2001. Vol. 4297. P. 22.

20. Merritt J. Visual tasks requiring 3D stereoscopic displays // Optics in Entertainment. 1984. Vol. 462. P. 56–59.

21. Stereoscopic Player. URL: https://3dtv.at/Products/Player/Index_en.aspx (data obrashcheniya: 04.04.2025).

22. Woods A., Docherty T., Koch R. Image distortions in stereoscopic video systems stereoscopic displays and applications IV // Proceedings of the SPIE Volume 1915. San Jose, CA, Feb. 1993.

УДК 004.946

ББК 16.7

Горохова П. С., Кокурина Т. А., Матвеев К. С., Матвеев С. В.

**ТРЕКИНГ ПАЛЬЦЕВ И РАСПОЗНАВАНИЕ
ЖЕСТОВ ДЛЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
С AR/VR-ОБЪЕКТАМИ**

Горохова Полина Сергеевна

E-mail: gorokhova.p.s@gmail.com

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

Кокурина Татьяна Андреевна

E-mail: tatiana.kokurina@gmail.com

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

Матвеев Константин Сергеевич

E-mail: konstantin.matveyev@eligovision.ru

ООО «ЭлигоВижн»

Матвеев Сергей Владимирович, кандидат физико-математических наук

SPIN-код: 3588-5239

E-mail: sergey.matveyev@eligovision.ru

ООО «ЭлигоВижн»

В статье представлена разработка программного модуля трекинга рук и распознавания жестов. Модуль обеспечивает отслеживание движений в реальном времени с использованием веб-камеры и управление виртуальными объектами с помощью жестов. Может быть использован

в приложениях дополненной и виртуальной реальности, реализуемых в конструкторе EV Toolbox. Описаны этапы построения концептуальной модели, принципы работы алгоритмов распознавания и трекинга, интеграция модуля в EV Toolbox. Задача данной работы — это реализация естественных (привычных в реальном мире) и интуитивных способов взаимодействия с виртуальными объектами.

Ключевые слова: дополненная реальность, трекинг рук, распознавание жестов, бесконтактное управление, виртуальные объекты, EV Toolbox, нейросетевые модели, MediaPipe, AR-приложения.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире всё активнее развиваются технологии виртуальной и дополненной реальности. Сейчас они применяются в большинстве сфер деятельности человека: обучение, маркетинг, игры, выставки, наука, медицина и киноиндустрия.

Трекинг является одной из ключевых технологий, которая даёт возможность взаимодействовать с виртуальной средой, отслеживать положение объектов в пространстве для управления и навигации. Трекинг часто применяется для анимации персонажей в кинематографе: на человека надевают специальный костюм (мосар), с помощью датчиков отслеживаются движения тела и переносятся на виртуального персонажа. Трекинг также применяется в задачах погружения человека в виртуальную среду. Например, приложение, работающее в реальном времени, может отслеживать положение руки человека и отображать её цифровой образ в виртуальном пространстве, создавая эффект присутствия.

На основе этих данных реализуются интерфейсы управления с использованием жестов. Например, гарнитура Meta Quest поддерживает четыре базовых жеста для управления виртуальным контентом: «Указать и свести пальцы» (выбор и открытие приложений), «Свести пальцы и перетащить» (прокрутка), «Сжать ладонь» (возвращение в универсальное меню) и «Коснуться» (ввод и прямое взаимодействие) [6]. Однако их недостаточно для сложных задач, поэтому возникает потребность в гибких решениях, способных адаптироваться к разнообразным сценариям.

Основная задача данной работы — разработка программного модуля трекинга рук и распознавания жестов для управления виртуальными объектами в AR/VR-приложениях и интеграция в конструктор EV Toolbox.

В процессе разработки изучены аналогичные решения, отвечающие ряду требований: отсутствие необходимости в ручной калибровке сенсоров, возможность оптического трекинга рук в реальном времени, отслеживание движений пальцев, поддержка работы с веб-камерами, возможность использования нескольких камер и работа без дополнительного аппаратного обеспечения (датчиков глубины, VR-гарнитур и т. п.)

Анализ публикаций [4–7, 9–12, 14] показал, что, несмотря на активную разработку алгоритмов распознавания пальцев и жестов в видеопотоке, многие из существующих решений требуют специализированного аппаратного обеспечения или оказываются сложными для интеграции в интерактивные системы управления виртуальными объектами.

В связи с этим разработка программного модуля оптического трекинга рук и распознавания жестов (далее ПМ ТРЖ) является актуальным решением задачи управления виртуальными объектами. Полученные характеристики делают его оптимальным решением для задач разработки интерактивных приложений в реальном времени без необходимости использования дорогостоящего оборудования, а гибкость решения позволяет внедрить ПМ ТРЖ в конструктор виртуальных решений EV Toolbox.

РАЗРАБОТКА ПМ ТРЖ

Модуль получает изображение с помощью веб-камеры, обрабатывает его и передаёт ML-моделям для распознавания координат контрольных точек. На основе полученных значений ML-модели определяют жест, показанный пользователем. В случае успешного распознавания ПМ ТРЖ передаёт в конструктор EV Toolbox идентификатор жеста. Полученная информация используется в программировании AR/VR-приложений в конструкторе: имя распознанного жеста интегрируется в блок событий, формируя фрагмент сценария.

Результат интерпретации команды отображается пользователю в виде аватара руки и может обеспечить взаимодействие с виртуальными объектами: запуск или остановка анимации, выбор объекта, его перемещение, навигация в виртуальном пространстве и т. п.

На рис. 1 представлена простая схема связывания события (сигнала программы о том, что с объектом что-то произошло) и



Рис. 1 Связывание события и действия в EV Toolbox

действия (команды выполнить некоторую операцию) в редакторе визуального скриптинга EV Toolbox [1]. При появлении распознанного жеста в зоне видимости камеры ПМ ТРЖ сравнивает его с заданным в редакторе событием. Если соответствие подтверждено, выполняется определённое действие, в данном случае, запускается или прерывается анимация 3D-модели.

В процессе функционирования ПМ ТРЖ формирует журнал сообщений, содержащий данные о переданных командах и вызванных событиях, что позволяет отслеживать работу системы.

Разработка ПМ ТРЖ осуществляется с использованием языков программирования C++ и Lua на базе фреймворка с открытым исходным кодом MediaPipe. Данный выбор обусловлен высокой производительностью языка C++, необходимостью интеграции в конструктор EV «Toolbox».

MediaPipe может использоваться в коммерческих целях (предоставляет Apache лицензию [8]). Источник имеет подробную документацию, включающую как тестовые примеры приложений, так и комментарии в коде. Важным условием выбора MediaPipe является набор натренированных с помощью машинного обучения моделей (ML-модели), реализующих алгоритмы распознавания и позволяющих быстро применять методы искусственного интеллекта в разрабатываемых приложениях.

Алгоритм работы модуля состоит из последовательного использования четырёх моделей машинного обучения [2, 3]. Для трекинга рук:

- palm_detection.tflite,
 - hand_landmark_full.tflite.
- Для классификации жестов:
- gesture_embedding.tflite,
 - gesture_classification.tflite.

Модель `palm_detection.tflite` для распознавания ладони использует свёрточную нейронную сеть (convolutional neural network, CNN) с `single-shot detector` архитектурой. Входные данные: изображение формата RGB в виде тензора $192 \times 192 \times 3$. Выходные данные: тензор типа `float` размером 2016×18 — представляет собой 2016 прямоугольников, охватывающих всё изображение и имеющих 18 признаков для распознавания ладони.

Модель `hand_landmark_full.tflite` использует CNN регрессионного типа. Входные данные: изображение формата RGB в виде тензора $224 \times 224 \times 3$. Выходные данные:

— скаляр типа `float`, определяет наличие/отсутствие руки в кадре;

— 21 трёхмерный ориентир в виде тензора размером 1×63 — координаты контрольных точек, нормализованные по входному изображению (2D);

— скаляр типа `float`, идентифицирующий руку как правую или левую;

— 21 трёхмерный ориентир в виде тензора размером 1×63 — мировые координаты контрольных точек (3D).

`Gesture_embedding.tflite` использует полносвязную нейронную сеть регрессионного типа. Входные данные: результат `hand_landmark_full.tflite`. Выходные данные: тензор размерностью 128×1 , представляющий ориентиры руки.

`Gesture_classification.tflite` выполняет задачу классификации. Входные данные: результат работы `gesture_embedding.tflite`. Выходные данные: 8-ми элементный вектор типа `float`, предсказывающий вероятность для каждого жеста.

Модели были обучены на 30 тысячах реальных изображений, а также на нескольких визуализированных синтетических моделях рук, наложенных на различный фон, что повысило устойчивость к изменениям освещения и фона.

На основе тестовых примеров `mediapipe` был определён алгоритм работы модуля (рис. 2).

Первоначальным этапом алгоритма является проверка доступности камеры. В случае недоступности камеры система генерирует сообщение об ошибке и завершает работу. Если камера доступна, осуществляется захват изображения с помощью библиотеки `OpenCV`, которое затем преобразуется в формат `ImageFrame`. Этот

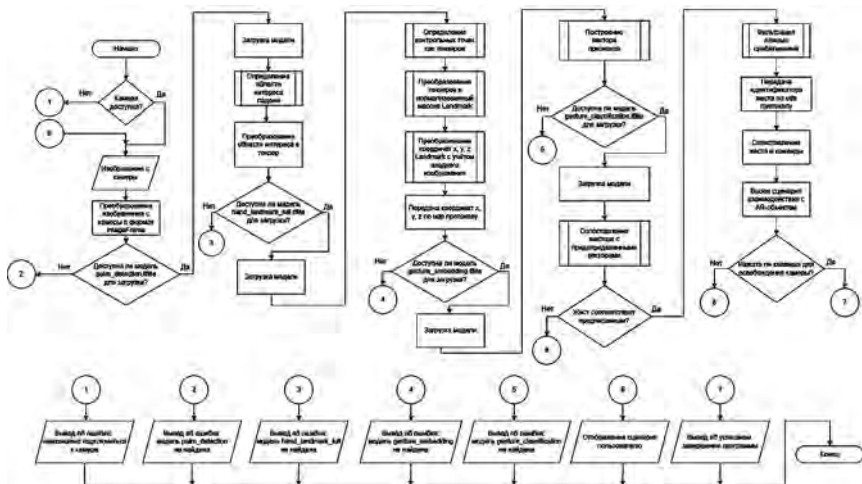


Рис. 2. Схема алгоритма ПМ ТРЖ

формат служит исходными данными для последующих этапов обработки.

Далее происходит загрузка модели `palm_detection.tflite` и по результатам её работы осуществляется выделение региона интереса (region of interest, ROI) — области изображения, содержащей ключевые объекты анализа.

На следующем этапе происходит загрузка модели `hand_landmarks_full.tflite` и извлечение 21 трёхмерного ориентира ладони в виде тензора. Этот тензор затем преобразуется в массив объектов `Landmark`, каждый из которых содержит координаты x, y, z для соответствующей контрольной точки. Координаты нормализуются — приводятся к диапазону $[0, 1]$.

Полученные координаты масштабируются с учётом полного входного изображения и передаются по сетевому протоколу UDP [13] в EV Toolbox.

Далее применяется модель `gesture_embedding.tflite`, которая преобразует результат работы модели `hand_landmarks_full.tflite` в одномерный вектор признаков. Вектор содержит углы между фалангами пальцев и расстояния между ключевыми точками и подаётся на вход модели `gesture_classification.tflite`. Классификатор сопоставляет его с predetermined значениями, и определяет вероятность каждого из жестов.

Набор модели классификации жестов может распознавать следующие распространённые жесты рук:

- 0 — Нераспознанный жест, метка: Unknown.
- 1 — Сжатый кулак, метка: Closed_Fist.
- 2 — Открытая ладонь, метка: Open_Palm.
- 3 — Указание вверх, метка: Pointing_Up.
- 4 — Большой палец вниз, метка: Thumb_Down.
- 5 — Большой палец вверх, метка: Thumb_Up.
- 6 — Победа, метка: Victory.
- 7 — Любовь, метка: ILoveYou.

Если модель обнаруживает руки, но не распознаёт жест, она возвращает результат «Unknown». Если модель не обнаруживает руки, распознаватель жестов возвращается пустым.

Идентификатор наиболее вероятного жеста передаётся в конструктор. В зависимости от разрабатываемого в EV Toolbox приложения, жест может инициировать различные сценарии взаимодействия с виртуальными объектами.

ИНТЕГРАЦИЯ В EV TOOLBOX

В конструкторе EV Toolbox разработано клиентское приложение, визуализирующее результат работы ПМ ТРЖ (рис. 3).

Для этого в сцене был определён 21 объект, каждый из которых соответствует одной из контрольных точек руки. Позиции

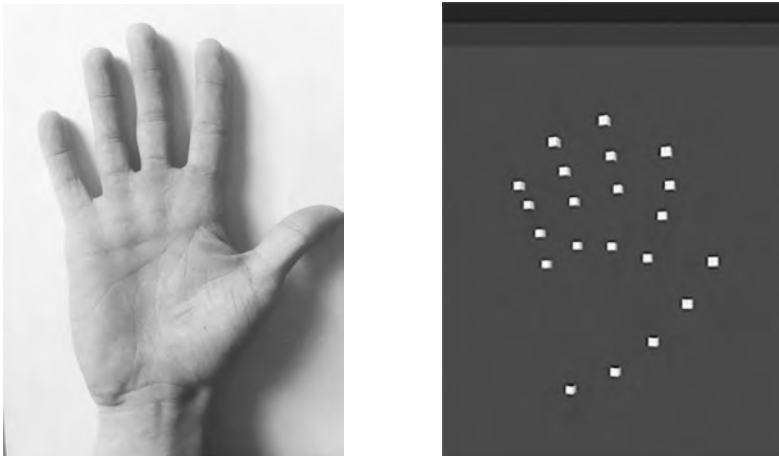


Рис. 3. Визуализация кисти руки по контрольным точкам в EV Toolbox



Рис. 4. Сцена приложения EV Toolbox для активации анимации по жесту приходят в виде вектора, в котором последовательно записаны координаты x , y , z для контрольных точек от 0 до 20.

Для демонстрации управления жестами в сцене интегрирована 3D-модель динозавра, поддерживающая анимации дыхания и ходьбы (рис. 4). При выполнении жеста «Thumbs up» инициируется анимация ходьбы, при выполнении жеста «Thumbs down» — дыхания.

Реализация как визуализации координат, так и управления анимациями на основе распознанных жестов подтверждает функциональную гибкость модуля и его пригодность для построения интерактивных пользовательских интерфейсов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный программный модуль трекинга рук и распознавания жестов расширяет функциональные возможности при создании AR-приложений в конструкторе EV Toolbox, реализуя интуитивно понятное взаимодействие с виртуальной средой. Большим преимуществом для данного решения является возможность использования одной стандартной веб-камеры.

В настоящее время ПМ ТРЖ проходит стадию апробации в пользовательских AR-приложениях.

В дальнейшем планируется полная интеграция разработанного модуля в EV Toolbox.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Документация EV Toolbox / [Электронный ресурс] // eligovision.ru. URL: <https://eligovision.ru/toolbox/docs/3.5/functionality/scenario.html> (дата обращения: 09.04.2025).

2. Руководство по задаче распознавания жестов / [Электронный ресурс] // ai.google.dev. URL: https://ai.google.dev/edge/mediapipe/solutions/vision/gesture_recognizer?hl=ru (дата обращения: 13.04.2025).

3. Руководство по обнаружению ориентиров рук/ [Электронный ресурс] URL: <https://ai.google.dev> (дата обращения: 13.04.2025).

4. Capture any performance at every stage of production with shōgun / [Электронный ресурс] // Vicon : [сайт]. — URL: <https://www.vicon.com/software/shogun/> (дата обращения: 13.04.2025).

5. Depth Library — библиотека глубины для моделей / [Электронный ресурс] // github.com. URL: <https://github.com/jehom/sd-webui-depth-lib> (дата обращения: 02.04.2025).

6. Learn about Hand and Body Tracking on Meta Quest | Справка Quest / [Электронный ресурс] // www.meta.com. URL: <https://www.meta.com/ru-ru/help/quest/290147772643252/> (дата обращения: 15.04.2025).

7. Low Cost Motion Capture System / [Электронный ресурс] // Mesh Online : [сайт]. — URL: <https://mesh-online.net/mocap.html> (дата обращения: 12.04.2025).

8. MediaPipe Framework / [Электронный ресурс] // ai.google.dev. URL: <https://ai.google.dev/edge/mediapipe/framework> (дата обращения: 13.04.2025).

9. Move Live 2.0 Documentation / [Электронный ресурс] // MOVE : [сайт]. — URL: <https://docs.move.ai/knowledge/move-live-2.0-documentation> (дата обращения: 12.04.2025).

10. MTw Awinda / [Электронный ресурс] // movella.com : [сайт]. — URL: <https://www.movella.com/products/wearables/xsens-mtw-awinda> (дата обращения: 12.04.2025).

11. Rokoko Studio: one software for all your mocap & animations / [Электронный ресурс] // Rococo : [сайт]. — URL: <https://www.rokoko.com/products/studio> (дата обращения: 12.04.2025).

12. SysMocap / [Электронный ресурс] // github.com. URL: <https://github.com/xianfei/SysMocap> (дата обращения: 02.04.2025).

13. UDP // Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/UDP> (дата обращения: 14.04.2025). (дата обращения: 14.04.2025).

14. Webcam Motion Capture / [Электронный ресурс] // webcammotioncapture.info. URL: <https://webcammotioncapture.info/manual.php> (дата обращения: 02.04.2025).

*Polina S. Gorokhova, Tatiana A. Kokurina, Konstantin S. Matveyev,
Sergey V. Matveyev*

FINGER TRACKING AND GESTURE RECOGNITION FOR INTERACTION WITH AR/VR OBJECTS

Polina S. Gorokhova

E-mail: gorokhova.p.s@gmail.com

National Research University “Moscow Institute of Electronic
Engineering”

Tatiana A. Kokurina

E-mail: tatiana.kokurina@gmail.com

National Research University “Moscow Institute of Electronic
Engineering”

Konstantin S. Matveyev

E-mail: konstantin.matveyev@eligovision.ru

LLC “EligoVision”

Sergey V. Matveyev, PhD in Physics and Mathematics

SPIN-code: 3588-5239

E-mail: sergey.matveyev@eligovision.ru

LLC “EligoVision”

The paper presents the development of hand tracking and gesture recognition software module. The module provides real-time tracking of movements using a webcam and control of virtual objects using gestures. It can be used in augmented and virtual reality applications implemented in the EV Toolbox builder. The stages of conceptual model construction, principles of tracking and recognition algorithms operation, module integration into EV Toolbox are described. The goal of this work is to realise natural (familiar in the real world) and intuitive ways of interacting with virtual objects.

Key words: augmented reality, hand tracking, gesture recognition, contactless control, virtual objects, EV Toolbox, neural network models, MediaPipe, AR applications.

REFERENCES

1. Dokumentatsiya EV Toolbox / [Elektronnyi resurs] // eligovision.ru. URL: <https://eligovision.ru/toolbox/docs/3.5/functionality/scenario.html> (data obrashcheniya: 09.04.2025).

2. Rukovodstvo po zadache raspoznavaniya zhestov / [Elektronnyi resurs] // ai.google.dev. URL: https://ai.google.dev/edge/mediapipe/solutions/vision/gesture_recognizer?hl=ru (data obrashcheniya: 13.04.2025).

3. Rukovodstvo po obnaruzheniyu orientirov ruk/ [Elektronnyi resurs] URL: <https://ai.google.dev> (data obrashcheniya: 13.04.2025).

4. Capture any performance at every stage of production with shōgun / [Elektronnyi resurs] // Vicon : [sait]. — URL: <https://www.vicon.com/software/shogun/> (data obrashcheniya: 13.04.2025).

5. Depth Library — biblioteka glubiny dlya modelei / [Elektronnyi resurs] // github.com. URL: <https://github.com/jexom/sd-webui-depth-lib> (data obrashcheniya: 02.04.2025).

6. Learn about Hand and Body Tracking on Meta Quest | Spravka Quest / [Elektronnyi resurs] // www.meta.com. URL: <https://www.meta.com/ru-ru/help/quest/290147772643252/> (data obrashcheniya: 15.04.2025).

7. Low Cost Motion Capture System / [Elektronnyi resurs] // Mesh Online : [sait]. — URL: <https://mesh-online.net/mocap.html> (data obrashcheniya: 12.04.2025).

8. MediaPipe Framework / [Elektronnyi resurs] // ai.google.dev. URL: <https://ai.google.dev/edge/mediapipe/framework> (data obrashcheniya: 13.04.2025).

9. Move Live 2.0 Documentation / [Elektronnyi resurs] // MOVE : [sait]. — URL: <https://docs.move.ai/knowledge/move-live-2.0-documentation> (data obrashcheniya: 12.04.2025).

10. MTw Awinda / [Elektronnyi resurs] // movella.com : [sait]. — URL: <https://www.movella.com/products/wearables/xsens-mtw-awinda> (data obrashcheniya: 12.04.2025).

11. Rokoko Studio: one software for all your mocap & animations / [Elektronnyi resurs] // Rococo : [sait]. — URL: <https://www.rokoko.com/products/studio> (data obrashcheniya: 12.04.2025).

12. SysMocap / [Elektronnyi resurs] // github.com. URL: <https://github.com/xianfei/SysMocap> (data obrashcheniya: 02.04.2025).

13. UDP // Vikipediya. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/UDP> (data obrashcheniya: 14.04.2025). (data obrashcheniya: 14.04.2025).

14. Webcam Motion Capture / [Elektronnyi resurs] // webcammotioncapture.info. URL: <https://webcammotioncapture.info/manual.php> (data obrashcheniya: 02.04.2025).

Часть III. Гуманитарные инновации

УДК 778.534.1+7(09)(5-11)

ББК 37.95

Бохоров К. Ю.

**ТЕХНОЛОГИИ 3D-ВИЗУАЛИЗАЦИИ
В ПРОЕКТАХ-ИССЛЕДОВАНИЯХ СОВРЕМЕННЫХ
ВОСТОЧНО-АЗИАТСКИХ ХУДОЖНИКОВ
(ФУДЗИКУРА АСАКО, КИМ АЮНГ, СЮЙ ЧИА-ВЭЙ
И ДР.)**

Бохоров Константин Юльевич, кандидат культурологии

SPIN-код: 4628-2039, ORCID: 0000-0002-5109-353X

E-mail: bokhorov@yandex.ru

Московский государственный психолого-педагогический университет

3D-мультимедиа технологии (3DCG) применяются в современном искусстве не только для создания изображений и видеоарта, но и для художественных исследований. Такие современные художники, как Фудзикура Асако, Ким Аюнг, Сюй Чиа-Вэй, удачно обращаются к ним для художественного переосмысления своих национальных метафор и мифов. В статье описываются и сравниваются мультимедийные инструменты и художественные приёмы, которые вышеуказанные авторы используют в своих проектах с целью выявления и интерпретации глубинных пластов и аспектов восточно-азиатских культур.

Ключевые слова: восточно-азиатское искусство, минимализм, художественное исследование, цифровая онтология, 3D-графика.

Инструменты 3D-графики (3DCG) дают возможность не только моделировать и изображать воображаемые структуры для их

дальнейшего использования в социальных, технических, художественных проектах, в том числе архитектуре, при создании окружающей среды, или в медиа, но и исследовать уже созданные с их помощью, а также тех методов, которые возникли исторически и были положены в основу этих технологий.

Мы уже писали о примерах их использования в работах западных художников, в том числе Кристо, Томаса Сарацено, Хито Штейерль [1], но этот же инструментарий всё более успешно осваивается и художниками восточно-азиатского региона, открывающими новые грани понимания своих национальных культур. В статье приведены всего три примера из моря разнообразных практик использования 3D-моделирования в современном искусстве Японии, Южной Кореи, Тайваня и других стран, дающем простор для новой образности на бурно развивающемся Востоке.

Художница из Японии Фудзикара Асака в 2019 году создала инсталляцию «Рай бесплатно» в нескольких залах Calm & Punk Gallery в Токио [6], в которой использовала набор предметов транспортно-логистического и бытового назначения из насыщенного урбанистического инвайронмента современной Японии. Это водопроводная развязка, оформленная как клумба, портовый крюк-боллард с привязанными к нему канатами, трубы и канаты, садовая скамейка, рупорные громкоговорители и т. д., которые были натуралистически сделанными пластиковыми муляжами, смоделированными на компьютере и выполненными в технике 3D-печати. Трубы и канаты нужны были, чтобы обозначить внутренние связи, не всегда осознаваемые человеком, но как бы держащие окружающий мир в его производственном существовании.

Инсталляция Фудзикары очевидным образом отсылает к эстетике минимализма, заявленной в проектах и теоретических текстах американских художников Дональда Джадда, Роберта Мориса, Сола Левитта [4]. В её основе лежит не чувство художественного предмета, а создаваемое в ходе индустриализации ощущение изменчивой материальной среды, в случае названных художников — модернистской, определяющейся преобладанием металла, бетона, стекла, пластика ярких цветов и геометрического проектирования. Предполагалось, что художественным является отклик на него структур сознания субъекта, формирующегося как результат осуществляющейся современности, ни промежуток, ни момент кото-

рой не поддаются определению, но которая и делает его присутствующим при ней.

Современность Фудзикары тоже модернистская, но окрашенная множеством отсылок к национальному своеобразию модернизации в её родной Японии и в частности тех мест, из которых она родом, а именно северо-восточном побережье острова Хонсю. Но она ещё и развивает эстетику национального модернизма (а Япония, как известно, была одной из родоначальниц современного послевоенного искусства благодаря группе «Гутай» и т. д.) в духе «Магов земли», выставочного проекта 1989 года Жана-Юбера Мартена, где он показал и искусство африканских и азиатских стран как современное и бросил вызов европоцентрическому устройству культуры. Фудзикара переосмыслила минималистическую систему отношений, этих промежутков и интервалов как японскую категорию «ма», то есть пустоту вокруг предмета, как раз его и образующую и имеющую сверхчувственную природу, и выявила её в мультимедийной образности. В инсталляции Фудзикары зрителям даётся возможность взглянуть на предметы так же и через экран с дополненной реальностью, на котором видно как они начинают раздваиваться (например, на выставке «Такое место, как это» в токийском ICC (NTT InterCommunication Center) в 2021 году) [5], обнаруживая в этом удвоении свою искусственную, семиотическую сущность и свою феноменологическую сконструированность, а само пространство одушевляется фантастическими виртуальными существами, «ками», хотя и иронично наполняющими мир Фудзикары новыми виртуальными смыслами — «бесплатным раем».

3D-моделирование Фудзикара использует и в видеоарте, развивая концепцию «когнитивной картографии», разработанную Фредериком Джеймисоном [2] и имплементированную в работах, например, Аллана Секулы. Она сделала видеoinсталляцию «Трекер воздействий» (2023) [10] об отмени в префектуре Амори, превратившейся в морской путь транспортировки товаров. В инсталляции прослеживаются отсылки к фотосерии Роберта Смитсона «Памятники Пассаика» [3] и его идее «не-места». Этот художник теоретизировал хаос как первичную структуру, «гештальт», всего, казалось бы, упорядоченного модернистского развития. В 1967 году Смитсон фотографировал провинциальный город Пассаик в Нью-Джерси, где его камера фиксировала следы постоянных пере-

планировок, ремонтов, инноваций, разрушавших существующую городскую среду, то есть то, чем характеризуется современная модернизация. В том же ключе Фудзикара представляет историю отмели Амори, начавшую свой путь антропогенных трансформаций ещё семь тысяч лет до нашей эры в период «верёвочной керамики». В видео Фудзикары на трёх экранах проецируется медленное появление, морфинг и исчезновение сгенерированных методом CGI символических свидетельств столкновения торговой и промышленной цивилизаций с миром природы: колёса, канаты, вентилятор, мусорные пакеты, трекер климатических изменений и всё это на фоне ослепительно сияющей морской воды и золотого песка. По мысли Фудзикары её трекер — это виртуальный субъект изменений этого мира. Но чем является трекер в её инсталляции? Это песок. Перед видео размещён поддон с песком (наподобие ящика с горной породой в знаменитой инсталляции Роберта Смитсона «Не-место» 1968 года), который зритель может двигать, ходить по нему, сидеть, строить из него что-то, и, таким образом, принять символическое участие в постоянном процессе трансформации отмели Амори и в работе видеоинсталляции, созданной с помощью всё того же песка — кремниевых чипов компьютерного оборудования и объективов камер и проекторов, с помощью которых она была создана и воспроизводится. В этом метонимическом противопоставлении песка и видео Фудзикара углубляет и осовременивает фундаментальный миф японской космогонии о создании мира из хаоса и в то же время формально развивает один из базовых постулатов западного минимализма, сформулированный Робертом Морисом, о том, что в основе искусства лежит «гештальт», то есть базовая структура, не имеющая в своём основании другого «гештальта». Таким образом, «трекер» Фудзикары представляет интерес не как иллюстрация экономически-географической конкретики, а как структура, обращённая на саму себя и благодаря этому производящая универсальную метафору современности, как, например, роман Кобо Абэ «Женщина в песках».

Исследование современности с помощью 3D-моделирования может происходить и совсем в другом жанре. Например, Айонг Ким, лауреат премии LG Guggenheim [14] прошлого года, создаёт красочные воображаемые видео-нарративы, чутко реагируя на экономическую и биополитическую повестку. В 2020 году, в разгар

пандемии COVID-19, когда экологическая проблематика и место в ней ущемлённого в правах человеческого субъекта стояла особенно остро, Айонг Ким разработала художественный проект биоэнергетической станции «Сурисоль» [7] на южнокорейских островах Орюкдо, ведущей добычу экологически чистым способом энергии из водорослей. Ким населила её разнообразными персонажами, олицетворяющими острейшие противоречия современности, но нашедшими себя в этой экосфере и научившимися выживать в условиях глобального кризиса человеческой цивилизации (например, мусульманская-женщина биолог Сохила из Йемена). Очевидно, что проект Ким ставит вопрос всё того же «не-места», или «утопии» как и в искусстве Фудзикары Асако, но не в модернистской структуре реальности, а в сфере медийных дискурсов, создающих область воображаемого. Вовлекая зрителя в иллюзию своих научно-фантастических приключений, южнокорейская художница в то же время пытается выстроить и план критической рефлексии с ними, например, устраивая перформанс, где демонстрируя 3D-проецию станции «Сурисоль» и её 3D-персонажей, сгенерированных на основе узнаваемых шаблонов, она как бы проводит живую экскурсию в воображаемый мир, знакомя с деятельностью станции и её обитателей [13]. Можно сказать, что художница, таким образом, видит функцию искусства в постоянно дающем сбои взаимообмене реального и воображаемого как средства создавать фантазии и разоблачать их уже своей неспособностью адекватно соответствовать своему технологическому медиа. Тема саморефлексии медиа в информационной реальности стала важным трендом в современной эстетике, её интерпретируют многие художники, в частности американка китайского происхождения Чао Фей, работавшая сначала с идеологическим властным дискурсом маоистского Китая, а потом перенёшая его трактовки на технологический утопизм. Вслед за ней Айонг Ким, используя 3D-моделирование, проблематизирует противоречие субъекта и вытесняющих его технологий, стремящихся не только к тому, чтобы заменить его дипфейком или андроидом, но и отобрать работу, как в фильме «Дуга танцора с доставкой: Обратная» (2024) [9], действие которого разворачивается между реальностью самой Ким и виртуальным 3D-городом, который она обслуживает, питая своей жизнью функционирование алгоритма.

«Художники с помощью технологий могут исследовать неизвестные возможности, которые могут в них же и скрываться, работая с ними наиболее интуитивно понятным образом. Я не технодетерминист и не технопессимист, но я всегда хотела обнаружить смысл влияния технологий на наше общество, используя их», — говорит Айонг Ким [14].

Виртуализация реальных проблематик и перенос их в цифровые топосы, которую позволяют реализовывать в художественных образах 3D-графика, стала плодотворной областью творчества и для художников, занимающихся истоками этнической идентичности. Тайванский художник Сюй Чиа-Вэй в своих работах сочетает историю и современность, историческую мифологию и актуальную онтологию. В середине прошлого десятилетия он снял серию фильмов-исследований об идентичности тайваньского этноса, ищущего своего места в тени большой китайской традиции, героем которых стал мифологический персонаж Маршал Те Цзя, бог-лягушка, храм которого был разрушен во времена культурной революции в Китае. Почитание Маршала Те Цзя, однако, не прекратилось и ритуалы в его честь стали проводиться на острове Мацу у побережья Тайваня. Тем не менее, миф и культ Маршала потеряли своё место, стали «утопией». В его почитании на Тайване выражается состояние бездомности и изгнания, не столько продиктованное возвращением к родным корням, сколько поиском идеального, не существующего места. Сюй, выражая эту бессознательную потребность тайванцев, создал фильм «Духовные письма» (2016) [8], где он, в частности, общается с Маршалом в ходе ритуала, заключавшегося в том, что его ассистенты, одетые как рабочие с фабрики в хромакей-студии, трясут носилки бога, побуждая поведать о том, как он видит свою священную обитель. Транслируемые богом пророчества Сюй представлял здесь же в фильме в виде ландшафтно-архитектурной 3D-модели, как бы визуализируя ту идеальную цифровую онтологию, в которой и должны пребывать боги. Воплощением в реальности метафоры идеального храма тайваньского бога-лягушки и является прекрасная страна Формоза, нашедшая свою идентичность в цифровой онтологии, работающей на производимых ей процессорах.

ВЫВОДЫ

В статье рассмотрены только несколько примеров из моря работ восточно-азиатских художников, обратившихся в последние годы к цифровым графическим 3D-технологиям, этот инструмент породил если не вполне новое, то вполне оригинальное и значительное направление в искусстве, конечно, требующее дальнейшего изучения.

На основе приведённых примеров выделены следующие открытия рассмотренных художников и направления развития, которые они представляют.

Во-первых, цифровая онтология значительно расширила для культуры область саморефлексии и творческих экспериментов, а медиализация снабдила её новыми средствами для творчества, в том числе и технологиями 3D-моделирования.

Во-вторых, западный модернистский подход структурного осмысления техногенной реальности в духе широко понятого художественного минимализма и по сей день не потерял своей актуальности, причём у художников совсем с другим менталитетом, принадлежащих к другой системе ценностей и духовных традиций.

В-третьих, модернистский подход, обосновавший использование цифрового пространственного моделирования для освоения состояния духовного развития современного субъекта, оказался адекватен задачам саморефлексии и идентичности, стоящим перед современными художниками, принадлежащими к восточно-азиатской традиции, и они даже показали своё превосходство в метафорическом переосмыслении цифровых инструментов и технологий для создания современного искусства.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Бохоров К. Ю.* Критерии современного культурного пространственного моделирования в связи с внедрением в репрезентативные практики устройств виртуальной реальности (на примере высокотехнологических проектов лондонской галереи «Сerpентайн») // *Инновационные технологии в кинематографе и образовании: VIII Международная научно-практическая конференция, Москва, 24 сентября, 20–22 октября 2021 г.: Материалы и доклады.* Москва : КУНА, 2022. С. 211–223.

2. *Джеймисон Ф. М.* Марксизм и интерпретация культуры. Екатеринбург: Кабинетный учёный, 2014. С. 335–349.
3. *Рудик Н.* Ментальные пространства Роберта Смитсона // Художественный журнал. 2005. № 60. URL: <https://moscowartmagazine.com/issue/35/article/689> (дата обращения: 14.04.2025).
4. *Сидельникова А.* Минимализм. Искусство сокращать // Энциклопедия. URL: <https://artchive.ru/encyclopedia/4459~Minimalism> (дата обращения: 14.04.2025).
5. *Andreas.* Tokyo: Paradise for Free. April 4, 2021. URL: <https://superfuture.com/2021/04/upcoming-events/tokyo-paradise-for-free/> (дата обращения: 14.04.2025).
6. *Asako Fujikura solo exhibition ‘Paradise for Free’*//Calm & Punk Gallery. URL: <https://calmandpunk.com/en/exhibition/paradise-for-free/> (дата обращения: 14.04.2025).
7. *At the Surisol Underwater Lab (2020).* URL: <http://ayoungkim.com/wp/3col/at-the-surisol-underwater-lab-2020> (дата обращения: 14.04.2025).
8. *Chia-Wei Hsu.* Spirit Writing, 2016 // KADIST. URL: <https://kadist.org/work/spirit-writing/> (дата обращения: 14.04.2025).
9. *Delivery Dancer’s Arc: Inverse (2024).* URL: <http://ayoungkim.com/wp/3col/delivery-dancers-arc-inverse-2024> (дата обращения: 14.04.2025).
10. *Fujikura Asako.* Impact Tracker, 2023. URL: <https://www.afujikura.com/projects/impacttracker> (дата обращения: 14.04.2025).
11. *Interview 2023.09.14.* URL: <https://artnewsjapan.com/article/1579> (дата обращения: 14.04.2025).
12. *Kaki.* ICC exhibition work of superimposition by real space and virtual space «A place like that»: Asako Fujikura // Styly Magazine. Friday, March 12th, 2021. URL: <https://styly.cc/pickup-scene/fujikuraasako-icc-styly/> (дата обращения: 14.04.2025).
13. *Surisol Underwater Lab Guided Tour (2022).* URL: <http://ayoungkim.com/wp/3col/surisol-underwater-lab-guided-tour-2022> (дата обращения: 14.04.2025).
14. *Sutton B.* Ayoung Kim, builder of vivid digital worlds, wins \$100,000 LG Guggenheim Award // The Art Newspaper. February 24, 2025. URL: <https://www.theartnewspaper.com/2025/02/24/ayoung-kim-wins-lg-guggenheim-award> (дата обращения: 14.04.2025).

Konstantin Y. Bokhorov

**3D VISUALIZATION TECHNOLOGIES IN RESEARCH
PROJECTS OF CONTEMPORARY EAST ASIAN ARTISTS
(FUJIKURA ASAKO, KIM AYOUNG, HSU CHIA-WEI,
ETC.)**

Konstantin Y. Bokhorov, PhD (Cultural Studies)

E-mail: bokhorov@yandex.ru

Moscow State University of Psychology & Education

3D multimedia technologies (3DCG) are used in modern art not only to create images and video art, but also for artistic research. Contemporary artists such as Fujikura Asako, Kim Ayoung, Hsu Chia-Wei successfully turn to them for artistic reinterpretation of their national metaphors and myths. The article describes and compares the multimedia tools and artistic techniques that the above-mentioned authors use in their projects to identify and interpret deep layers and aspects of East Asian cultures.

Key words: 3D Graphics, artistic research, digital ontology, east asian art, minimalism.

REFERENCES

1. Bokhorov K. Yu. Kriterii sovremennogo kul'turnogo prostranstvennogo modelirovaniya v svyazi s vnedreniem v reprezentativnye praktiki ustroystv virtual'noi real'nosti (na primere vysokotekhnologicheskikh proektov londonskoi galerei "Serpentain") // Innovatsionnye tekhnologii v kinematografe i obrazovanii: VIII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, Moscow, 24 sentyabrya, 20–22 October 2021: Materialy i doklady. Moscow : KUNA, 2022. P. 211–223.

2. Dzheimison F. M. Marksizm i interpretatsiya kul'tury. Ekaterinburg: Kabinetnyi uchenyi, 2014. P. 335–349.

3. Rudik N. Mental'nye prostranstva Roberta Smitsona // Khudozhestvennyi zhurnal. 2005. No 60. URL: <https://moscowartmagazine.com/issue/35/article/689> (data obrashcheniya: 14.04.2025).

4. Sidel'nikova A. Minimalizm. Iskusstvo sokrashchat' // Entsiklopediya. URL: <https://artchive.ru/encyclopedia/4459~Minimalism> (data obrashcheniya: 14.04.2025).

5. Andreas. Tokyo: Paradise for Free. April 4, 2021. URL: <https://superfuture.com/2021/04/upcoming-events/tokyo-paradise-for-free/> (data obrashcheniya: 14.04.2025).
6. Asako Fujikura solo exhibition 'Paradise for Free' // Calm & Punk Gallery. URL: <https://calmandpunk.com/en/exhibition/paradise-for-free/> (data obrashcheniya: 14.04.2025).
7. At the Surisol Underwater Lab (2020). URL: <http://ayoungkim.com/wp/3col/at-the-surisol-underwater-lab-2020> (data obrashcheniya: 14.04.2025).
8. Chia-Wei Hsu. Spirit Writing, 2016 // KADIST. URL: <https://kadist.org/work/spirit-writing/> (data obrashcheniya: 14.04.2025).
9. Delivery Dancer's Arc: Inverse (2024). URL: <http://ayoungkim.com/wp/3col/delivery-dancers-arc-inverse-2024> (data obrashcheniya: 14.04.2025).
10. Fujikura Asako. Impact Tracker, 2023. URL: <https://www.afujikura.com/projects/impacttracker> (data obrashcheniya: 14.04.2025).
11. Interview 2023.09.14. URL: <https://artnewsjapan.com/article/1579> (data obrashcheniya: 14.04.2025).
12. Kaki. ICC exhibition work of superimposition by real space and virtual space «A place like that»: Asako Fujikura // Styly Magazine. Friday, March 12th, 2021. URL: <https://styly.cc/pickup-scene/fujikuraasako-icc-styly/> (data obrashcheniya: 14.04.2025).
13. Surisol Underwater Lab Guided Tour (2022). URL: <http://ayoungkim.com/wp/3col/surisol-underwater-lab-guided-tour-2022> (data obrashcheniya: 14.04.2025).
14. Sutton B. Ayoung Kim, builder of vivid digital worlds, wins \$100,000 LG Guggenheim Award // The Art Newspaper. February 24, 2025. URL: <https://www.theartnewspaper.com/2025/02/24/ayoung-kim-wins-lg-guggenheim-award> (data obrashcheniya: 14.04.2025).

УДК 778.5И(09)^{«Нем»}

ББК 85.373

Попова Л. В.

ПРОСТРАНСТВО СВЕТА И ТЕНИ В ФИЛЬМАХ НЕМЕЦКИХ ЭКСПРЕССИОНИСТОВ

Попова Лиана Владимировна, кандидат культурологии

SPIN-код: 9290-3342, ORCID: 0000-0002-9766-7535

E-mail: pliana@mail.ru

Государственный университет управления,

Российский государственный социальный университет

Предметом исследования данной статьи является пространственно-временная организация фильмов немецких режиссёров-экспрессионистов. Сделан вывод об открытии немецких экспрессионистов в области света и тени, их влиянии на мировой кинематограф, а также о влиянии советских режиссёров на немецких экспрессионистов.

В исследовании использован комплексный подход. Применяются сравнительный и феноменологический методы.

Ключевые слова: экспрессионизм, кино, Ф. В. Мурнау, Ф. Ланг, П. Вегенер, П. Лени, С. Эйзенштейн, Д. Вертов, Л. Айснер, З. Кракауэр.

ВВЕДЕНИЕ

В отечественной науке в советское время творчеству немецких экспрессионистов не уделялось достаточного внимания. В настоящее время среди российских исследователей начинает просыпаться интерес к творчеству экспрессионистов в кино. Выпускаются монографии, наиболее интересная и значимая из которых «Советский экспрессионизм: от Калигари до Сталина» [12], созданная коллек-

тивом известных исследователей кино. Публикуются исследования российских учёных, таких, как Е. В. Сальникова [13, 14]. Среди зарубежных авторов по-прежнему значимыми остаются исследования З. Кракауэра [6], Л. Айснер [1, 21], Р. Куртца [25]. Истоки экспрессионизма исследовались такими авторами, как С. Бэррон и Вольф-Дитер Дюбе [18], Д. Пэн [26], Р. Гизен [23]. Влиянию экспрессионистов на становление современного кино посвящены исследования таких авторов, как П. Коут [20], а также коллективные монографии [22, 24]. С. Брокманн [19] исследовал эстетические аспекты.

Немецкие экспрессионисты своими открытиями в области света и тени оказали влияние на весь мировой кинематограф, что было оценено режиссёрами и операторами. В свою очередь, немецкие экспрессионисты испытали влияние русского монтажа. Изучению этих аспектов и посвящено данное исследование. Кино есть движущаяся фотография. Изучение пространственной композиции кадра, а также изучение света и тени, как одной из его главных составляющих, никогда не утратит своей актуальности.

СВЕТ И ТЕНЬ В ФИЛЬМАХ НЕМЕЦКИХ ЭКСПРЕССИОНИСТОВ

Ещё Леонардо да Винчи определил, что «тень есть отсутствие света» [3, с. 129]. При этом он отмечал: «Тень имеет природу мрака, а освещение — природу света, одна скрывает, другое показывает; и всегда они неразлучны и связаны с телом. Тень имеет большую силу, чем свет, ибо тень препятствует свету и целиком лишает света тело, а свет никогда не может совершенно изгнать тень от тел, то есть тел плотных» [3, с. 129]. По мнению Витторио Стораро, одного из самых выдающихся операторов современности, задача оператора — «при помощи камеры донести до зрителя смысл отношения света и тени» [15].

С помощью игры света и тени была получена фотография, затем движущаяся фотография и, наконец, первый фильм. Немецкие экспрессионисты с особой силой противопоставили свет тени. Нельзя не согласиться с В. Стораро, что «экспрессионизм изменил наше отношение к свету» [15]. Особое значение экспрессионисты придавали ночи, как времени, как длительности, а также изображению тени [10, с. 95].

Экспрессионизм, как известно, — течение в искусстве первой трети XX века, сложившееся, главным образом, в Германии в предчувствии Первой мировой войны как реакция на разрушение ценностей западноевропейской культуры. Экспрессионистам были свойственны пессимизм и склонность к мистике, а их художественной палитре — драматизм и выразительность. Отсюда и название художественного течения, означающее «выразительность». Своими предшественниками художники считали постимпрессионистов, в частности Винсента ван Гога с его особой техникой, Эдмунда Мунка с его «кричащей» палитрой, а также Джеймса Энсора. К экспрессионистам относят Пауля Клее, Альфреда Кубина, Оскара Кокошку, представителей объединений «Мост» и «Синий Всадник». Другим источником для экспрессионистов оставались немецкий Романтизм и Предромантизм. Постепенно экспрессионизм проникает в кино.

Подлинно экспрессионистическим явился фильм Роберта Вине «Кабинет Доктора Калигари», снятый в 1919 году, повествующий о директоре психбольницы, который с помощью гипноза заставляет своего пациента-сомнамбулу Чезаре совершать убийства, чтобы держать город в страхе. Соавтором сценария стал ведущий немецкий драматург Карл Майер (совм. с Гансом Яновицем). Фильм отличался яркими декорациями, созданными художниками-экспрессионистами, и особо красочным гримом сомнамбулы. Город в дневное время, а также ярмарочная площадь изображены в ярких тонах с использованием жёлтого цвета. Ночь дана, по контрасту, в чёрно-белых и синих тонах. Ночью город пуст, безлюден, страшен, лишь отчётливо проступает на стене тень убийцы. Ночной город показан весьма условно: безлюдные улицы, фонари. Ночь полна тайн и загадок.

В фильмах немецких экспрессионистов пространство света и пространство тени связаны между собой. Немецкие экспрессионисты особое внимание придавали изображению ночи. Смена дня и ночи символична. Ночь — время тайны, мистики, подсознания. На обыденном уровне восприятия ночь — время различных происшествий, праздников, ритуалов, превращений, трансформаций. Изобразить ночь в кино возможно через контраст, через противопоставление «день — ночь». Немецкие экспрессионисты использовали для этого важнейший кинематографический элемент — свет.

День и ночь следует рассматривать как длительность, то есть как время. Экспрессионизм изменил отношение к времени в кино. Н. Е. Мариевская в книге «Время в кино» называет горизонтальное время временем «развёртывания визуального образа в кино» [7, с. 270]. Горизонтальное — это время развёртывания повествования. Горизонтальное время Н. Мариевская разделяет на нелинейное и циклическое. Нелинейное время — время фильма, в котором «эпизоды смонтированы с нарушением хронологической последовательности» [7, с. 82], то есть это «всякий фильм, в котором есть flashback» [7, с. 82]. Но нас больше интересует циклическое время, так как мы рассматриваем смену дня и ночи как цикл. По мнению Н. Мариевской, при преобладании циклического времени всё «чувственно-конкретное превращается в знак» [7, с. 123]. Так «лодка становится лодкой Харона, белая птичка, промелькнувшая на чёрном фоне кроны дерева в летний день, символом отлетевшей души» [7, с. 123]. Цикл, по мнению Мариевской, значит «примирение, соединение противоположностей; начала и конца, разлуки и встречи, жизни и смерти» [7, с. 122]. В фильмах немецких экспрессионистов по ночам совершаются убийства, которые повторяются циклически, вампир охотится на свою жертву, как в фильме Ф. В. Мурнау «Носферату. Симфония ужаса». Ночь полна тайн и загадок, это время появления «двойников». В фильме Р. Вине «Кабинет доктора Калигари» убийство ночью совершает сомнамбула, в то время как в ярмарочном ящике «спит» его кукла, а днём спит сам сомнамбула, подобно вампиру в гробу.

Спящий сомнамбула символизировал Германию в годы тяжёлой депрессии. Поэтому неспроста интерес экспрессионистов вызвал роман Брэма Стокера «Дракула» 1897 года, тяготеющий к традиции неоромантизма, к готическому роману. Первая экранизация «Дракулы» была сделана в 1921 году венгерскими кинематографистами, но из неё сохранилось лишь несколько кадров. Фильм считается утраченным. Режиссер Ф. В. Мурнау хотел экранизировать «Дракулу», но киностудия не смогла приобрести право на экранизацию. Мурнау снял фильм «Носферату. Симфония ужаса», где были изменены имена и сюжет. В фильме сохранились основные персонажи Джонатан и Мина Харкер, граф Дракула и некоторые другие персонажи, но под другими именами. Действие перенесено из Англии в Германию. Дракула становится графом Орлоком, Харкер —

Хаттером, Мина — Эллен. В фильме Орлок, в отличие от Дракулы, не превращает своих жертв в вампиров, а убивает, чтобы думали, что в городе чума. В романе Б. Стокера граф умирает от охотничьего ножа, который вонзает ему в сердце, в фильме он умирает от солнечного света. Свет побеждает тьму, но страх и ужас остаются.

В фильме Мурнау используются цветные светофильтры, игра светотени. Особенно примечателен кадр с изображением тени вампира на стене. Игра светотени используется и в изображении ночного города: крыши домов отбрасывают тени на асфальт. Так нагнетается атмосфера страха и ужаса.

Ж. Делез, характеризуя творчество немецких экспрессионистов, отмечал, что свет «противостоит тьме именно для того, чтобы проявиться» [5, с. 97]. По его мнению, эта оппозиция предстает еще у И. В. Гёте и романтиков. Действительно, в «Фаусте» Гёте:

«Свет этот — порожденье тьмы ночной!

И отнял место у нее самой...».

Гете сформировал свою теорию цвета [4], отголоски которой видятся у немецких экспрессионистов. Синий цвет есть «осветление чёрного, жёлтый — затемнение белого» [5, с. 101]. Интенсификация с двух сторон, синего и жёлтого, доходит до кульминации красного цвета. По свидетельству Л. Айснер, П. Вегенер в «Големе» использует все световые эффекты, придуманные ещё его учителем, театральным режиссёром Максом Рейнгардтом [1, с. 33]: «Эта внезапная смена света и тени была возможна благодаря вращающейся сцене в Немецком театре и просторной арене Большого драматического театра в Берлине» [1, с. 30]. Сцена заклинания духа, по мнению Л. Айснер, сильнее подобной сцены в «Фаусте» Мурнау: «Светящийся облик демона с печальными пустыми глазами растворяется в воздухе и вдруг неожиданно превращается в гигантскую маску азиата у самого края экрана. Зрителя пронизывает ужас от неожиданной угрозы. Сила художественного воздействия доведена здесь до своего предела» [1, с. 30]. Ф. В. Мурнау также был учеником М. Рейнгардта.

Экспрессионисты довели до совершенства игру света и тени. Ещё в 1915 году режиссёры Хендрик Галеен и Пауль Вегенер создали фильм «Голем» по мотивам еврейской легенды об оживленной глиняной статуе. Этот фильм, по версии многих исследователей, также считается утраченным. Пауль Вегенер снова обращается к

этому сюжету в 1920 году в новой версии фильма, снятой совместно с Карлом Безе, полное название которого — «Голем, как он пришёл в мир». «Голем» в переводе с еврейского означает «глина», это персонаж еврейской мифологии, оживлённый каббалистами подобно тому, как Бог создал Адама из глины. Действие фильма происходит в Праге. Рабби Лёв, наблюдая за звёздами, видит знаки, предвещающие бедствия. Император издаёт указ: изгнать евреев из пражского гетто по причине использования ими чёрной магии. Рабби Лёв обращается к древним манускриптам, повествующим о возможном спасении евреев с помощью глиняной статуи. Он создаёт глиняное изваяние по чертежам. Чтобы оживить глиняную статую, ему пришлось обратиться к магии, вызвать духа, который сообщает слова, необходимые для заклинания. Голема оживляют с помощью амулета в виде звезды, он становится домашним слугой рабби Лёва. Постепенно у истукана просыпаются человеческие чувства: любовь к дочке хозяина Мириам. Однажды Голем гневается, рабби Лёв вытаскивает амулет из его груди, истукан становится недвижим. Голем с рабби Лёвом идут на приём к императору, чтобы продемонстрировать чудо. Необходимое условие: во дворце должна быть тишина. Рабби Лёв показывает на стене сцены из книги «Исход». Придворный шут нарушает тишину, стены дворца начинают рушиться. Голем руками удерживает их, император отменяет закон, касающийся изгнания евреев. Рабби Лёв победоносно возвращается в гетто. Голем выполнил свою миссию, рабби Лёв хочет его разрушить, но его отвлекает помощник Фамулус, который также влюблен в дочь рабби Лёва. Застав её с любовником, он оживляет Голема, тот сбрасывает любовника Мириам с крыши и устраивает пожар. Рабби Лёв успевает спасти дочь. Голем выходит за пределы гетто и встречает детей. Одна из девочек вынимает у него из груди амулет, Голем каменеет. Статую возвращают в гетто, чтобы не оживлять никогда.

Мотив оживления статуй присутствует и в фильме Пауля Лени «Кабинет восковых фигур», снятом в 1924 году, но происходит это не в реальности, а во сне. Поэт посещает ярмарку, попадает в кабинет восковых фигур, владелец которого предлагает ему придумать и записать три истории: о восточном деспоте Гаруне-аль-Рашиде, о «самом страшном» российском царе Иване Грозном и убийце Джеке-потрошителе. Поэт засыпает и видит во сне все три истории.

Просыпается он в тот момент, когда видит, как он и дочь владельца паноптикума подвергаются преследованию Джека-потрошителя. Всё заканчивается благополучно, поэт обретает своё счастье в лице Евы, дочери владельца восковых фигур. Сон — одна из кинематографических реальностей, созданных экспрессионистами. По мнению Л. Айснер, влияние на «Кабинет восковых фигур» П. Лени оказал «Кабинет Доктора Калигари» Р. Вине [1, с. 63], где также используется синий и жёлтый светофильтры.

Экспрессионисты своими художественными находками, операторскими приёмами оказали влияние на весь мировой кинематограф. Влиянию экспрессионистов на советский кинематограф посвящена коллективная монография «Советский экспрессионизм: от Калигари до Сталина» наших соотечественников, вышедшая в свет в 2019 году [12]. С. Эйзенштейн считал, что экспрессионизм вошёл в историю формирования нашего кино «сильнейшим фактором... отталкивания» [16, с. 15]. Экспрессионисты оказали влияние на становление операторского искусства во всём мире. В свою очередь, советские режиссёры также своими открытиями в области монтажа оказали влияние на мировой кинематограф, в том числе и на творчество немецких режиссёров-экспрессионистов. Еще З. Кракауэр писал о «русской моде», возникшей после «Броненосца “Потемкин”» С. Эйзенштейна и «Матери» В. Пудовкина, имевших в Германии головокружительный успех [6, с. 176]. Особенно сильно влияние Эйзенштейна и Пудовкина, по мнению З. Кракауэра, на Г. В. Пабста [6, с. 180]. По мнению Л. Айснер, серый цвет гор Карпат в «Носферату» Ф. В. Мурнау напоминают «документальные съёмки в фильмах Довженко» [1, с. 54]. Сильное влияние оказано Д. Вертовым на В. Руттмана и на его «Симфонию большого города» [9, с. 78].

Наиболее отчетливо влияние «русского монтажа» видится в фильме Ф. Ланга «Метрополис» 1927 года. По свидетельству Л. Айснер, Ф. Ланг при создании образа города опирался на «свои впечатления от небоскребов Нью-Йорка» [1, с. 118]. Город создавался с помощью зеркальной техники Шюффтана, благодаря которой «вырастают из земли угрожающие громады казарм подземного города, в действительности недостроенные» [1, с. 118]. Фильм «Метрополис» полностью не сохранился, после премьеры он был сильно сокращён и изменён. Четверть фильма считалась

утерянной. В 2008 году в Буэнос-Айресе была найдена почти полная копия, однако и она была сильно повреждена и урезана в процессе копирования на 16-мм плёнку. Местами сохранились оригинальные титры, в которых прослеживается влияние Д. Вертова, творчество которого было хорошо известно в Европе. В фильме Д. Вертова «Кино-глаз», снятом в 1924 году, всё ещё используются титры. По-мнению Л. Рошаля, в этом фильме Д. Вертов решал новую задачу — «добивался предельного монтажного слияния надписей с кадрами» [11, с. 136]. Особое значение имеют надписи и в фильме «Шестая часть мира», снятом в 1926 году. Надписи здесь, по словам самого Д. Вертова, «как бы вынесены за скобки картины и выделены в контрапунктически построенную слово-радио-тему» [2, с. 156]. Россия противопоставлена миру западного капитализма. В странах капитализма мы видим веселящихся людей, танцы, фокстрот, золото, меха, позднее мы узнаем, что эти меха доставлены из Советской России. Параллельно монтируются сцены из жизни рабочих с киркой, колоний, рабов на плантациях и, в то же время, чернокожие музыканты, танцы чернокожих женщин, развлекающих европейцев. Картины Советской России выглядят совершенно иначе: люди, купающие овец в морском прибое и в ручье; люди, запрягающие оленей на Крайнем Севере; человек, делающий зарубку на дереве, чтобы не заблудиться в тайге; люди в лодках на реке Печоре и в океане; аулы Дагестана. В «Шестой части мира» надписи встроены в «слово-радио-тему». Следующий фильм «Одиннадцатый», снятый в 1928 году, представляет собой «видимо-слышимую кино-вещь, то есть, смонтирован не только в зрительном, но и в шумовом, в звуковом отношении» [11, с. 146]. «Человек с киноаппаратом», снятый в 1929 году, не содержит надписей, этот фильм представляет собой, по определению самого режиссёра, «опыт полного отделения языка кино от языка театра и литературы» [11, с. 149]. Творчество Д. Вертова постепенно эволюционирует в сторону звуковой кинематографии. В 1930 году он создал первый звуковой документальный фильм «Симфония Донбасса» («Энтузиазм»), где звук писался в реальной обстановке, используя наружную съёмку [9, с. 79]. Если у Д. Вертова противопоставлены Советская Россия и мир западного капитала, то у Ф. Ланга в «Метрополисе» противопоставлены друг другу «нижний» и «верхний» город, Ад и Рай. Достигается этот контраст не

только с помощью светового решения, где Рай дан в белых светящихся тонах, а Ад в тёмных, чёрных, на разделение указывают и титры. Титр, повествующий о том, как «глубоко под землёй лежит город рабочих, так и высоко над ним находится комплекс зданий, называемый “Клуб Сынов” с его аудиториями и библиотеками, театрами и стадионами», выстроен в форме пирамиды. Управляет городом один человек, подобный фараону Египта, Йо Фредерсен, остальные — его рабы. С первых кадров фильма мы видим вращающиеся детали машин, огромный завод, часы с вращающейся стрелкой. Всё это напоминает кадры из «Стачки» С. Эйзенштейна и кадры из хроник Д. Вертова. Движение рабочих на работу напоминает прогулку заключённых, попадающих в «мясорубку»: поднимаются и опускаются решётки, в помещения заходят люди. Рабочие движутся в два потока: на работу и с работы. Рабочие, у которых закончилась смена, напоминают роботов. В верхнем городе всё обстоит иначе: молодёжь веселится и устраивает соревнования. Здесь проводит время Фредер, сын Йо Фредерсена. Те рабочие, которые добились высоких показателей, могут подарить своим детям «Вечные Сады» с экзотическими деревьями, павлинами, фонтанами. Мария, девушка из нижнего города, приводит сюда детей рабочих, чтобы показать им перспективу возможного развития, но слуги их выдворяют. Встреча с Марией побуждает Фредера узнать другую жизнь, и он бежит в город рабочих. Люди движутся, подобно шестерёнкам, они — приложение к машинам, своего рода «винтики». Стоит выпасть одному винтику — ломается машина. Один рабочий не выдерживает нагрузки и падает без чувств, температура кипения агрегата зашкаливает. Взрыв! Фредеру эта гигантская машина кажется Молохом, открывающим и закрывающим пасть и поглощающим людей. Видение это или реальность? Здесь явно сказывается влияние «Кабинета восковых фигур» П. Лени с видениями поэта.

Йо Фредерсен, хозяин Метрополиса, — своего рода, человек-машина, производящий в уме сложные расчёты, с которыми обычный человек не справится. Его альтер-эго, изобретатель Ротванг, — тоже человек-машина, фанатик своего дела. У него железная рука, но он считает: «Стоит потерять руку, чтобы создать человека будущего». Ротванг был влюблён в Хел, жену Йо Фредерсена. Он создаёт ей памятник и изобретает в память о ней ме-

ханическую куклу. Образ механической куклы встречается ещё у Э. Т. А. Гофмана в «Песочном человеке» (Олимпия, которая вводит в заблуждение главного героя).

Йо Фредерсен и Ротванг проникают в катакомбы, где Мария рассказывает рабочим историю о строительстве Башни, прообразом которой является Вавилонская башня. Отметим, что в фильмах немецких экспрессионистов часто присутствует иной текст, то есть «интертекст» [17]. В «Големе» присутствует книга с преданием о глиняной статуе, в «Кабинете доктора Калигаре» — книга с легендой о докторе Калигари, которую берёт на вооружение директор больницы, в «Метрополисе» — сама «Книга книг», то есть Библия. Согласно легенде о строительстве Башни, это должна была быть башня до небес, которая должна была прославить величие человека. Башню задумали великие Умы, но сами не смогли осуществить замысел и наняли рабочих. Таким образом, Руки, которые строили Башню, не знали ничего о Голове, от которой исходила идея. То, что для Головы было благословением, для Рук оказалось непосильной ношей, и Башня так и не была построена. Голова и Руки говорили на одном языке, но не понимали друг друга. Им необходим Посредник-Сердце, появления которого все ждут. Между тем, рабочие готовы взбунтоваться и разрушить город, лишь вера в Посредника сдерживает их. Мария видит Посредника во Фредере. Йо Фредерсен предлагает Ротвангу придать механической кукле облик Марии, чтобы подорвать доверие рабочих к ней. Ротванг соглашается, но у него свои планы. Лже-Мария должна уничтожить Йо Фредерсена, его сына и его город.

Помимо легенды о Вавилонской башне в фильме присутствует текст из «Откровения Иоанна Богослова». На званом вечере Лже-Мария предстаёт в образе Вавилонской блудницы, восседающей на звере с «семью головами и десятью рогами» (Откр. 17:3). Она исполняет танец, приводящий мужчин в неистовство, провоцирующий драки, дуэли, самоубийства.

Лже-Мария выступает перед рабочими, призывая их к бунту, чтобы разрушить веру в Посредника, призывает уничтожить машины. Положение спасает старший бригадир Грот, который напоминает, что они все погибнут, если уничтожат машины, город затопит вода. Лже-Мария включает генератор, машины начинают рушиться. Настоящая Мария поднимает тревогу и, пытаясь спа-

сти детей, отводит их в «Вечные Сады». Рабочие отправляются в погоню за Лже-Марией и приговаривают её к сожжению. От неё остаётся лишь стальной каркас. Обезумевший Ротванг принимает Марию за Лже-Марию, пытается сбросить её с колокольни Собора. Фредеру удается её спасти, он сбрасывает вниз Ротванга. Йо Фредерсен (Голова) и Грот (Руки) готовы примириться, но им мешают предрассудки. Фредер (Сердце) соединяет их руки. Возможно это примирение в действительности? Пожалуй, стоит согласиться с З. Кракауэром, что ловкий магнат обводит сына вокруг пальца: «Уступка, которую он делает рабочим, не только мешает им продолжать борьбу, но помогает магнату ещё крепче держать бразды правления» [6, с. 166]. По мнению З. Кракауэра, требование Марии о том, что «сердце должно посредничать между действием и помыслом, мог вполне выдвинуть Геббельс. Он тоже обращался к народным сердцам, но во имя тоталитарной пропаганды. Изобразительное решение финального эпизода подтверждает аналогию между промышленным магнатом и Геббельсом... Композиция кадра как бы указывает на то, что промышленник отдаёт дань народному сердцу, поскольку желает им управлять; и что он не только собирается сложить верховные полномочия, но хочет расширить их в новой области — коллективной душе. Бунт Фредера заканчивается установлением тоталитарной власти, но этот финал он причисляет к своим победам» [6, с. 166, 167].

Фильм «Метрополис» в световом отношении явился кульминацией и завершающейся точкой развития экспрессионизма. Контраст чёрного и белого, света и тени, Ада и Рая, богатых и бедных доведены в фильме до совершенства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экспрессионизм был ярким явлением не только в живописи, литературе, но и в кино. Он положил начало новым жанрам: фильмам ужасов, фильмам нуар, вампирским сагам. Он изменил отношение к времени в кино. Ночь становится не только временем, но и метафорой. Экспрессионисты вводят в повествование новую реальность — сон. Противопоставление добра и зла, света и тьмы достигаются новыми техническими средствами. Немецкие экспрессионисты впитали все новшества своего времени, в том числе достижения русского монтажа, и оказали влияние на весь мировой

кинематограф. К ним обращались и обращаются за вдохновением многие современные представители авторского и коммерческого кино. Фильмы, исполненные в традициях экспрессионистов, часто имеют и коммерческий успех.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Айснер Л.* Демонический экран. Москва : Rosebud Publishing; Паст Модерн Текнолоджи, 2010. 240 с.
2. *Вертов Д.* Из наследия: Статьи и выступления / в 2 т. Т. 2. Москва : Эйзенштейн-центр, 2008. 648 с.
3. *Винчи да Леонардо.* Избранные произведения / в 2 т., Репринт с изд. 1935 г. Т. 2. Москва : Ладомир, 1995. 492 с.
4. *Гёте И. В.* Учение о цвете / пер. с немецкого В. О. Лихтенштадта. Москва : АСТ, 2021. 256 с.
5. *Делез Ж.* Кино. Москва : Ад Маргинем Пресс, 2004. 624 с.
6. *Кракауэр З.* Психологическая история немецкого кино. От Калигари до Гитлера / пер. с англ. Москва : Искусство, 1977. 320 с.
7. *Мариевская Н. Е.* Время в кино. Москва : Прогресс-Традиция, 2015. 336 с.
8. *Попова Л. В.* Евразийская идея и кино русского авангарда // Вестник славянских культур. 2021. Т. 59. С. 21–32. DOI: 10.37816/2073-9567-2021-59-21-32.
9. *Попова Л. В.* Звуковые эксперименты Дзиги Вертова // Инновационные технологии в кинематографе и образовании: VI Международная научно-практическая конференция, Москва, 16–18 октября 2019 г.: Материалы и доклады. Москва : КУНА, 2020. С. 73–84.
10. *Попова Л. В.* Ночное действие в фильмах А. Хичкока // Артикульт. 2019. № 4 (36). С. 94–102. URL: <http://articult.rsuh.ru/articult-36-4-2019/articult-36-4-2019-popova.php> (дата обращения: 11.03.2023). DOI: 10.28995/2227-6165-2019-4-94-102.
11. *Рошаль Л. М.* Дзига Вертов. Москва : Искусство, 1982. 264 с.
12. Советский экспрессионизм: от Калигари до Сталина. Санкт-Петербург : Порядок слов, 2019. 464 с.
13. *Сальникова Е. В.* Пространство города и повествования в фильме «Кабинет доктора Калигари» // Наука телевидения.

2020. № 16.2. С. 45–69. URL: <https://tv-science.online/journals/16-2-prostranstvo-goroda-i-povestvovaniya-v-filme-kabinet-doktora-kaligari/> (дата обращения: 11.03.2023).

14. Сальникова Е. В. «Алгол. Трагедия власти» (1920) — футуристический пеплум и репетиция «Метрополиса» // Художественная культура. 2021. № 2. С. 286–321.

15. Стараро В. Живопись светом. 1992. [Видеозапись]. URL: <https://yandex.ru/video/preview/11393440371511327337> (дата обращения: 11.03.2023).

16. Эйзенштейн С. М. Метод / в 2 т. Т. 2. Москва : Музей кино, Эйзенштейн-центр, 2002. 688 с.

17. Ямпольский М. Память Тиресия. Интертекстуальность и кинематограф. Москва : Культура, 1993. 464 с.

18. Barron S., Wolf-Dieter D. German Expressionism: Art and Society. Thames and Hudson, 1997. 399 p.

19. Brockmann St. A Critical History of German Film. Rochester, New York: Camden House, 2010. 522 p.

20. Coate P. The Gorgon's Gaze: German Cinema, Expressionism, and the Image of Horror. Cambridge University Press, 1991. 287 p.

21. Eisner L. The Haunted Screen: Expressionism in the German Cinema and the Influence of Max Reinhardt. University of California Press, 2008. 360 p.

22. Expressionism and Gender / Expressionismus und Geschlecht / Ed. Frank Krause. Bremen, Goettingen: V&P unipress, 2010. 193 p.

23. Giesen R. The Nosferatu Story: The Seminal Horror Film, Its Predecessors and Its Enduring Legacy Jefferson. North Carolina: McFarland & Company Inc., Publishers, 2019. 231 p.

24. Horror in Space: Critical Essays on a Film Subgenre / Ed. Michele Brittany. Jefferson, North Carolina: McFarland & Company Inc., Publishers. 2017. 248 p.

25. Kurtz R. Expressionism and Film. Indiana University Press, 2016. 280 p.

26. Pan D. Primitive Renaissance: Rethinking German Expressionism. Lincoln: University of Nebraska Press, 2001. 239 p.

Liana V. Popova

SPACE OF LIGHT AND SHADOW IN GERMAN EXPRESSIONIST FILMS

Liana V. Popova, PhD of Cultural Studies

E-mail: pliana@mail.ru

State University of Management,

Russian State Social University

The subject of research in this article is the spatio and temporal organization of films by German expressionist directors. It was concluded about the discovery of German expressionists in the field of light and shadow, their influence on world cinema, as well as the influence of Soviet directors on German expressionists.

This study uses an integrated approach. A comparative and phenomenological method is used

Key words: expressionism, cinema, F. V. Murnau, F. Lang, P. Wegener, P. Leni, S. Eisenstein, D. Vertov, L. Eisner, Z. Krakauer.

REFERENCES

1. Aisner L. *Demonicheskii ekran*. Moscow : Rosebud Publishing; Past Modern Teknologdzh, 2010. 240 p.
2. Vertov D. *Iz naslediya: Stat'i i vystupleniya* / v 2 t. T. 2. Moscow : Eizenshtein-tsentr, 2008. 648 p.
3. *Vinchi da Leonardo. Izbrannye proizvedeniya* / v 2 t., Reprint s izd. 1935. T. 2. Moskva : Ladomir, 1995. 492 p.
4. Gete I. V. *Uchenie o tsvete* / per. s nemetskogo V. O. Likhtenshtadta. Moscow : AST, 2021. 256 p.
5. Delez Zh. *Kino*. Moscow : Ad Marginem Press, 2004. 624 p.
6. Krakauer Z. *Psikhologicheskaya istoriya nemetskogo kino. Ot Kaligari do Gitlera* / per. s angl. Moscow : Iskusstvo, 1977. 320 p.
7. *Marievskaya N. E. Vremya v kino*. Moscow : Progress-Traditsiya, 2015. 336 p.
8. Popova L. V. *Evraziiskaya ideya i kino russkogo avangarda* // *Vestnik slavyanskikh kul'tur*. 2021. T. 59. P. 21–32. DOI: 10.37816/2073-9567-2021-59-21-32.
9. Popova L. V. *Zvukovye eksperimenty Dzigi Vertova* // *Innovatsionnye tekhnologii v kinematografe i obrazovanii: VI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*, Moscow,

16–18 October 2019: Materialy i doklady. Moscow : KUNA, 2020. P. 73–84.

10. Popova L. V. Nochnoe deistvie v fil'makh A. Khichkoka // Artikul't. 2019. No 4 (36). P. 94–102. URL: <http://articult.rsuh.ru/articult-36-4-2019/articult-36-4-2019-popova.php> (data obrashcheniya: 11.03.2023). DOI: 10.28995/2227-6165-2019-4-94-102.

11. Roshal' L. M. Dziga Vertov. Moscow : Iskusstvo, 1982. 264 p.

12. Sovetskii ekspressionizm: ot Kaligari do Stalina. St. Petersburg : Poryadok slov, 2019. 464 p.

13. Cal'nikova E. V. Prostranstvo goroda i povestvovaniya v fil'me “Kabinet doktora Kaligari” // Nauka televideniya. 2020. No 16.2. P. 45–69. URL: <https://tv-science.online/journals/16-2-prostranstvo-goroda-i-povestvovaniya-v-filme-kabinet-doktora-kaligari/> (data obrashcheniya: 11.03.2023).

14. Cal'nikova E. V. “Algol. Tragediya vlasti” (1920) — futuristicheskii peplum i repetitsiya “Metropolisa” // Khudozhestvennaya kul'tura. 2021. No 2. P. 286–321.

15. Storaro V. Zhivopis' svetom. 1992. [Videozapis']. URL: <https://yandex.ru/video/preview/11393440371511327337> (data obrashcheniya: 11.03.2023).

16. Eizenshtein S. M. Metod / v 2 t. T. 2. Moscow : Muzei kino, Eizenshtein-tsentr, 2002. 688 p.

17. Yampol'skii M. Pamyat' Tiresiya. Intertekstual'nost' i kinematograf .Moscow : Kul'tura, 1993. 464 p.

18. Barron S., Wolf-Dieter D. German Expressionism: Art and Society. Thames and Hudson, 1997. 399 p.

19. Brockmann St. A Critical History of German Film. Rochester, New York: Camden House, 2010. 522 p.

20. Coate P. The Gorgon's Gaze: German Cinema, Expressionism, and the Image of Horror. Cambridge University Press, 1991. 287 p.

21. Eisner L. The Haunted Screen: Expressionism in the German Cinema and the Influence of Max Reinhardt. University of California Press, 2008. 360 p.

22. Expressionism and Gender / Expressionismusund Geschlecht / Ed. Frank Krause. Bremen, Goettingen: V&P unipress, 2010. 193 r.

23. Giesen R. The Nosferatu Story: The Seminal Horror Film, Its Predecessors and Its Enduring Legacy Jefferson. North Carolina: McFarland & Company Inc., Publishers, 2019. 231 p.

24. Horror in Space: Critical Essays on a Film Subgenre / Ed. Michele Brittany. Jefferson, North Carolina: McFarland & Company Inc., Publishers. 2017. 248 p.
25. Kurtz R. Expressionism and Film. Indiana University Press, 2016. 280 p.
26. Pan D. Primitive Renaissance: Rethinking German Expressionism. Lincoln: University of Nebraska Press, 2001. 239 p.

**Часть IV. ВИЗУАЛИЗАЦИИ
В ПРАКТИКЕ ОБРАЗОВАНИЯ**

УДК 003+51

ББК 22.1

Раев О. Н.

ЗНАКОВО-СИМВОЛЬНАЯ, РУССКОЯЗЫЧНАЯ И ГРАФИЧЕСКАЯ ОСНОВА МАТЕМАТИЧЕСКОГО ЯЗЫКА

Раев Олег Николаевич, кандидат технических наук, доцент

SPIN-код: 8199-6814, ORCID: 0009-0002-5863-0091

E-mail: ncenter@list.ru

Технологический университет имени дважды Героя Советского
Союза, лётчика-космонавта А. А. Леонова,

Сергиево-Посадский филиал Всероссийского государственного
университета кинематографии имени С. А. Герасимова,

Институт философии Российской академии наук

В статье рассмотрены знаково-символьный, русский и графический языки как составные части математического языка. Показано, что сегодня повсеместно в публикациях наблюдаются ошибки в использовании математических обозначений, применении русского языка в математике и недостаточное использование графического языка, особенно при обучении математике.

Ключевые слова: математика, математический язык, цифры, числа, математические знаки, буквенные обозначения, графический язык.

Математический язык — средство устного и письменного выражения математических мыслей. В современной математике обойтись одними словесными описаниями, письменными или устными,

невозможно. Поэтому к русскому языку добавлена знаково-символьная и графическая информация, относящаяся к визуализациям. То есть для выражения математических мыслей используются следующие составляющие математического языка:

- знаково-символьная информация,
- русский язык,
- графический язык.

1. ЗНАКОВО-СИМВОЛЬНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ЯЗЫКА

1.1. Цифры и числа

Используемые знаки для счёта это цифры. Цифры в математическом языке аналогичны буквам в естественном языке.

Цифры в математике пишутся прямым начертанием.

Из цифр составляются числа. Числа в математическом языке аналогичны словам в естественном языке.

Знак «—» и десятичная запятая входят в числа, но не являются цифрами.

В русском математическом языке для разделения целой и дробной (десятичной) частей числа принято применять десятичную запятую. Десятичная запятая используется не только в России, но и в большинстве стран мира, кроме англоязычных стран и бывших британских колоний, а также Китая, где в качестве десятичного разделителя используется точка.

Выбор символа для десятичного разделителя влияет и на выбор знака разделителя групп разрядов, который используется для того, чтобы упростить чтение больших чисел. В России для этого используют пробел [3, с. 65], иногда ставится точка, в дореволюционных изданиях использовалась запятая. В англоязычных странах для этого используют запятую. Сейчас рекомендовано для группировки цифр большого числа использовать неразрывный пробел.

Изначально в России для обозначения чисел служили буквы старославянских азбук. Если буква обозначала число, то над ней ставился специальный надстрочный знак, называемый титло, а слева и справа от буквы добавлялись точки. С начала XVIII века стала использоваться арабская нумерация, которая применяется по настоящее время.

1.2. Знаки математических операций

Математика не может оперировать одними числами. Необходимы ещё знаки операций, выполняемых над числами. И это не только знаки арифметических и других операций, это также обозначения математических функций, которые состоят из нескольких латинских букв. Перечень математических функций постоянно пополняется, вводятся новые функции, для них придумываются специальные обозначения, которые часто состоят из нескольких латинских букв. Примеры обозначения функций: \log , \lg , \ln , \cos , \sin и т. д.

В обозначениях функций латинские буквы пишутся прямым начертанием.

Действия над переменными и числами это математические предложения.

1.3. Буквенные обозначения чисел

Для обозначения чисел и переменных используются латинские буквы. Эта традиция сложилась, когда научным языком была латынь. Чтобы отличать математические буквенные обозначения, причём как строчные, так и прописные, от букв текста, их принято писать курсивом.

По мере развития науки латинских букв стало не хватать. Поэтому стали дополнительно применять греческие, готические и (в отечественной науке) русские буквы (последние особенно часто в надиндексах и подиндексах). Все используемые для этих целей буквы (повторим, кроме латинских букв) пишутся нормальной ширины, прямого начертания (без курсива или наклона).

1.4. Современное состояние практики написания цифр, математических знаков и обозначений

Рассмотрим, как выполняются правила написания цифр, математических знаков и буквенных обозначений в современных научных и образовательных публикациях на примере публикаций из научной библиотеки Elibrare.

В Elibrare по состоянию на 2 апреля 2025 года выборка по запросу «формулы» в названиях, аннотациях и ключевых словах среди статей в журналах, книгах и материалах конференций находит почти 90 тысяч публикаций. Анализ 15 последних (по дате выпуска) публикаций показывает, что во всех из них в разном количестве

присутствуют ошибки в написании букв в формулах, в текстах или в обозначениях функций, требования к написанию которых приведены выше. Авторы во всех 15 рассмотренных публикациях путают курсивное и прямое начертание букв. Даже в пределах одной статьи одно и то же буквенное обозначение авторы умудряются писать по-разному.

К сожалению, в учебных пособиях, по которым учится молодёжь, ничуть не лучше. Так, в 5 учебных пособиях, последних из зарегистрированных в Elibrare по состоянию на 2 апреля 2025 года, те же самые ошибки, т. е. те публикации, по которым должны учиться студенты, сами содержат подобные ошибки.

Такие же проблемы наблюдаются и с написанием знаков и обозначений функций. Типичная ошибка — вместо знака умножения пишут букву «х».

И это не мелочь, не просто неаккуратность авторов, а показатель снижения уровня математической культуры, понимания строгости и точности основ математического языка.

Причин этому несколько. Перечислим основные из них.

1. До эпохи цифровизации из печати выходили в свет только те работы, которые рецензировались профессионалами, и только по их рекомендации рукописи принимались к публикации. Сейчас любой может опубликовать свою работу и выложить её в свободный доступ, например, в интернете.

2. В доинтернетовскую эпоху книги и журналы выпускались профессиональными издательствами и редакциями, в которых работали редакторы и корректоры, исправлявшие ошибки в рукописях, в том числе и ошибки написания букв в формулах, в обозначениях констант, переменных, функций. Сегодня ради снижения затрат на подготовку к печати и, следовательно, снижения себестоимости печатной продукции, функции редакторов и корректоров в издательской подготовке либо выполняются не в полном объёме, либо вообще не исполняются (издания в так называемой «авторской редакции»).

3. В интернете выкладывают тексты все желающие, независимо от их уровня образования, знаний и опыта. В результате интернет заполнен публикациями с поверхностными текстами, не соответствующими современным научным представлениям, и даже с ошибочными текстами. Приведём только одно доказательство этому.

Браузер Google Chrome 19 мая 2025 года по запросу «функция Хевисайда» в поисковой строке предлагает публикации на различных сайтах. Три первые из них (ru.ruwiki.ru, studfile.net, dzen.ru) дают ошибочное определение:

$$1(t) = \begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ 1, & \text{при } x \geq 0 \end{cases},$$

при этом обозначения переменных на сайтах разные и часто ошибочные.

Четвёртый сайт (math.fandom.com) предлагает другую формулу:

$$1(t) = \begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \frac{1}{2}, & \text{при } x = 0, \\ 1, & \text{при } x > 0 \end{cases},$$

которая правильная, но при этом автор публикации допускает ошибку в тексте к формуле: «Функция Хевисайда, единичная функция, ступенька положения — специальная математическая функция, чьё значение равно нулю для отрицательных аргументов и двойке для положительных аргументов».

4. Введённая в стране практика оценки работы учёных и преподавателей через так называемые показатели наукометрии. В результате работа учёных и преподавателей оценивается не по результатам их непосредственной деятельности и достижений, а по количеству публикаций, хотя публикации это всего лишь средство доведения до научного и профессионального сообщества результатов выполненных исследований и разработок. В условиях, когда учёным и преподавателям предъявляются требования обязательности какого-то количества публикации в течении года, и от выполнения этих требований зависит их зарплата, каждый из них вынужден писать статьи, в которых часто по факту ничего нового сказать им нечего. В результате и их отношение к содержанию статей становится формальным, безответственным.

5. В стране в практику обучения студентов введены правила, по которым они должны иметь публикации (желательно или даже обязательно). Конечно, студентов надо учить писать научные и профессиональные статьи, но это не означает, что такие статьи следует публиковать и тем более размещать в научных библиотеках [5].

6. Сегодня даже руководителям школьных проектов удаётся размещать публикации школьников в той же научной библиотеке Elibrare. В РИНЦ появляются статьи, авторы которых — школьники, переписывающие своими словами, как получится, что-нибудь откуда-нибудь. Один из таких примеров приведён в [5, с. 255].

В результате научное и профессиональное публикационное пространство засоряется пустыми, ошибочными и неправильно оформленными публикациями, в том числе с ошибочным написанием чисел, математических символов и обозначений функций, а как в таких условиях учащемуся узнать: что правильно, а что нет?

2. ЕСТЕСТВЕННЫЙ ЯЗЫК КАК СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ЯЗЫКА

Математический язык не может ограничиться только цифрами и знаками, не обойтись без словесной и графической интерпретации математических понятий. Необходимы словесные тексты, без них невозможно научить расшифровывать и понимать символические математические записи, связывать «формализованный знаковый язык математики, математического моделирования с содержанием математического знания, используя абстрактную точку зрения» [1].

Естественно, что в отечественной математике словесные тексты пишутся на русском языке.

В основе математического языка лежит не бытовой русский язык, а литературный. Математический «язык основан на правилах и нормах литературного языка и не имеет собственной грамматики» [6, с. 55]. При этом математический русский язык имеет и существенные отличия от литературного языка.

1. Особенностью математического языка является краткость, ясность, однозначность, точность и достоверность изложения материала. Литературный же язык более свободный и, как результат, более богатый.

2. Математический язык оперирует математическими понятиями. Понятия это формы обобщения математических объектов по их специфическим признакам [2]. Понятиям присваивают названия, которые, в свою очередь, называются терминами, т. е. термин — это слово точно и однозначно фиксирующее понятие. Например, окружность — совокупность точек на плоскости, равноудалённых

от какой-либо заданной точки. Круг — часть плоскости, заключённая внутри окружности.

Таким образом, в математическом языке, как и в любом другом профессиональном языке, «любому научному понятию строго соответствует только один термин, один символ, ему лишь присущий, который не может определять какой-либо другой объект» [8]. Но в разных отраслях один и тот же термин может называть разные понятия.

3. Термины лишены эмоциональной окраски. Именно поэтому в математике, например, вместо термина «круг» нельзя использовать слово «кружочек», что справедливо отмечает кандидат физико-математических наук А. П. Тонких в [7, с. 67].

4. Строгое применение терминов. Термины нельзя использовать не в соответствии с их дефинициями. Нельзя также называть понятие разными терминами, это приводит к синонимии в терминологическом поле, что недопустимо, так как вводит в заблуждение читателей.

5. Математический язык — живой язык. Математический язык, как и любой естественный язык, в том числе и русский, непрерывно развивается и дополняется. По мере развития математики в ней появляются новые разделы, функции, вырабатываются соответствующие новые понятия, новые термины и новые символичные обозначения. Новые термины вводятся через апробации в математическом сообществе и научные публикации, а затем фиксируются словарями, справочниками и стандартами. Позже новые термины переходят в учебники и учебные пособия, т. е. в ту литературу, по которой учатся новые поколения.

В процессе обучения требования правильности оформления математических материалов должны строго соблюдаться. Только при популяризации математики допустимо некоторое смягчение требования строгости изложения материала.

3. ГРАФИЧЕСКИЙ ЯЗЫК В МАТЕМАТИКЕ

Человек воспринимает объекты окружающего мира через информацию от объектов, получаемую его органами чувств, после когнитивной её обработки. В результате мозг формирует образы объектов, связывает их со словами и терминами и передаёт образы в сознание.

В математике для осмысления и запоминания знаково-символьной информации необходимо сочетать её с графическим иллюстрированием, т. е. необходимо иллюстративное наполнение, геометрическая интерпретация всех математических понятий, а не только из раздела «геометрия». При обучении недостаточно, чтобы учащийся увидел знаково-символьную информацию, например, формулы, необходимо к ней всегда добавлять иллюстративную информацию о том, что и как выполняет каждая функция. Это способствует развитию математического мышления и запоминанию математики. Повторим, недостаточно видеть формулы, чтобы их осмыслить и запомнить, нужно, чтобы каждая формула сопровождалась элементами графического языка — визуальными иллюстрациями (графиками, схемами и т. д.), о чём, например, пишет кандидат педагогических наук О. А. Ивашова [4, с. 32].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последнее время наблюдается падение культуры оформления математических текстов, что проявляется в:

— повсеместных ошибках при написании цифр, обозначений констант и переменных, математических знаков и обозначений функций;

— незнании теоретических основ терминологии и, как результат, непонимание правил русского языка, применяемых в математике.

Отмечается фрагментарность применения графического языка при обучении математике. В основном графический язык используется только при построении графиков и изучении геометрии, но он является неотъемлемой составляющей всего математического языка и он особенно полезен в образовательном процессе.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Варфоломеева С. В., Астафьев Е. П.* Усиление образовательной функции обучения математике с учётом семиотического подхода к символическому языку // Национальная ассоциация учёных. 2020. № 58-2 (58). С. 11–14.

2. *Войшвилло Е. К.* Понятие // *Философский словарь* / под ред. И. Т. Фролова. 7-е изд., перераб. и доп. Москва : Республика, 2001. С. 437.

3. *Выгодский М. Я.* Справочник по элементарной математике. Москва : АСТ, 2021. 509 с.

4. *Ивашова О. А.* Об овладении младшими школьниками математическим языком // Герценовские чтения. Начальное образование. 2024. Т. 15. № 2. С. 28–35.

5. *Раев О. Н.* Публикации студентов как элемент научной деятельности // Инновационные технологии в кинематографе и образовании: VIII Международная научно-практическая конференция, Москва, 24 сентября, 20–22 октября 2021 г.: Материалы и доклады / под общей редакцией О. Н. Раева. Москва : ИПП «КУНА», 2022. С. 304–312.

6. *Саторов А. А.* Особенности научного языка, об определении термина и математическом научном языке // Вестник педагогического университета. 2022. № 4 (99). С. 51–56.

7. *Тонких А. П.* За чистоту математического языка // Управление образованием: теория и практика. 2023. № 1(59). С. 60–80.

8. *Целищев Н. Н.* Функции языка // Аграрное образование и наука. 2015. № 2. С. 14.

Oleg N. Raev

SIGN-SYMBOLIC, RUSSIAN AND GRAPHIC BASIS OF MATHEMATICAL LANGUAGE

Oleg N. Raev, PhD (Engineering), assistant professor

E-mail: ncenter@list.ru

Leonov University of Technology,

Sergiev Posad branch of the All-Russian State University

of Cinematography named after S. A. Gerasimov

Institute of Philosophy, Russian Academy of Sciences

The article considers sign-symbolic, Russian and graphic languages as constituent parts of mathematical language. It is shown that nowadays errors in the use of mathematical notations, application of Russian language in mathematics and insufficient use of graphic language, especially in teaching mathematics, are observed everywhere in publications.

Key words: mathematics, mathematical language, figures, numbers, mathematical signs, letter designations, graphic language.

REFERENCES

1. Varfolomeeva S. V., Astaf'ev E. R. Usilenie obrazovatel'noi funktsii obucheniya matematike s uchetom semioticheskogo podkhoda k simvolicheskomu yazyku // Natsional'naya assotsiatsiya uchenykh. 2020. No 58-2 (58). P. 11–14.
2. Voishvillo E. K. Ponyatie // Filosofskii slovar' / pod red. I. T. Frolova. 7-e izd., pererab. i dop. Moscow : Respublika, 2001. P. 437.
3. Vygodskii M. Ya. Spravochnik po elementarnoi matematike. Moscow : AST, 2021. 509 p.
4. Ivashova O. A. Ob ovladenii mladshimi shkol'nikami matematicheskim yazykom // Gertsenovskie chteniya. Nachal'noe obrazovanie. 2024. T. 15. No 2. P. 28–35.
5. Raev O. N. Publikatsii studentov kak element nauchnoi deyatel'nosti // Innovatsionnye tekhnologii v kinematografe i obrazovanii: VIII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, Moscow, 24 September, 20–22 October 2021: Materialy i doklady / pod obshchei redaktsiei O. N. Raeva. Moscow : IPP "KUNA", 2022. P. 304–312.
6. Satorov A. A. Osobennosti nauchnogo yazyka, ob opredelenii termina i matematicheskom nauchnom yazyke // Vestnik pedagogicheskogo universiteta. 2022. No 4 (99). P. 51–56.
7. Tonkikh A. P. Za chistotu matematicheskogo yazyka // Upravlenie obrazovaniem: teoriya i praktika. 2023. No 1(59). P. 60–80.
8. Tselishchev N. N. Funktsii yazyka // Agrarnoe obrazovanie i nauka. 2015. No 2. P. 14.

УДК 512+513
ББК 74.262.21

Шевцова Т. В.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ ФАКТОВ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ПЛОЩАДЕЙ

Шевцова Татьяна Васильевна

SPIN-код: 2837-1025

E-mail: dec-ivt-zao@mail.ru

Юго-Западный государственный университет

В статье обоснована целесообразность рассмотрения геометрической интерпретации алгебраических фактов, проанализированы возможности визуализации в вопросах облегчения понимания и запоминания математической информации, приведены конкретные примеры визуализации формул с помощью метода площадей.

Ключевые слова: визуализация, алгебра, геометрия, формулы сокращенного умножения, метод площадей.

Возможности использования визуализации на занятиях часто обсуждаются в педагогическом сообществе. На сегодняшний день, многие исследователи отмечают её целесообразность и эффективность в ходе занятий по различным школьным и вузовским предметам [2, 3]. Особую актуальность принимает вопрос визуализации, когда речь заходит об алгебре, ведь многие ребята испытывают сложности при работе с математическими понятиями, абстрактными объектами и формулами.

Личный опыт использования визуализации на занятиях по алгебре позволяет отметить следующие положительные моменты:

- 1) наглядная демонстрация математических сведений и, следовательно, облегчение их понимания,
- 2) более быстрое запоминание фактов,
- 3) выдача своеобразных мнемонических правил,
- 4) показ связи алгебры и геометрии,
- 5) выработка у учащихся умений применять различные методы решения задач,
- 6) усиление интереса к предмету,
- 7) повышение общей математической культуры.

В данной статье разберём использование в качестве средства визуализации метод площадей.

Начиная с начальной школы, на уроках математики рассматриваются законы операций над числами, в частности распределительный закон умножения относительно сложения:

$$(a + b)c = ac + bc. \quad (1)$$

Осознать равенство (1) помогает геометрическая интерпретация для положительных чисел a и b (рис. 1). Рассмотрим прямоугольник, у которого стороны равны c и $a+b$.

Разделим стороны с длиной $a+b$ на отрезки a и b , тогда исходный прямоугольник разбивается на два прямоугольника. Вычислим площадь исходного прямоугольника. С одной стороны, его площадь

$$S = (a+b)c,$$

с другой стороны, площадь S равна сумме площадей двух получившихся прямоугольников, то есть

$$S = S_1 + S_2 = ac + bc.$$

Отсюда и следует равенство (1).

Остановимся подробно на одной из важнейших тем школьной математики — формулах сокращённого умножения. Значение формул сокращённого умножения трудно переоценить, однако, как показывает практика, несмотря на то, что в школьном курсе этой теме уделяется много внимания, ошибки при работе с ними весьма распространены.

Рассмотрим квадрат суммы двух чисел:

$$(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2. \quad (2)$$

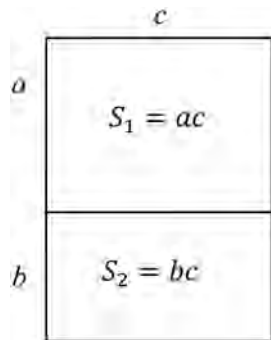


Рис. 1. Визуализация распределительного закона

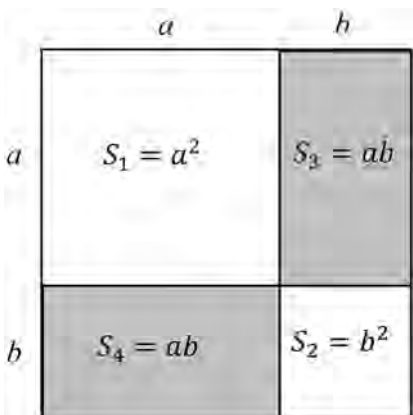


Рис. 2. Визуализация квадрата суммы двух чисел

квадрата на отрезки a и b , можно найти площадь исходного квадрата двумя способами: непосредственно $S = (a+b)^2$ и как суммы площадей четырёх фигур: двух квадратов со сторонами a и b соответственно и двух прямоугольников со сторонами a и b . Таким образом,

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 = a^2 + b^2 + ab + ab.$$

Отсюда и следует равенство (2).

Заметим, что описанный способ позволяет легко получить квадрат суммы любого конечного числа слагаемых. Например, для трёх слагаемых имеет место формула:

$$(a + b + c)^2 = a^2 + b^2 + c^2 + 2ab + 2ac + 2bc. \tag{3}$$

Для получения равенства (3) можно разделить каждую сторону квадрата на отрезки a , b и c (рис. 3) и найти площадь исходного квадрата двумя способами так, как показано выше:

$$S = (a + b + c)^2 = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6 + S_7 + S_8 + S_9 = \\ = a^2 + b^2 + c^2 + ab + ab + ac + ac + bc + bc.$$

Учащиеся, возводя во вторую степень сумму двух чисел, часто записывают сумму квадратов этих чисел и забывают об удвоенном произведении. Следовательно, нужно предложить такую геометрическую интерпретацию, при которой наличие удвоенного произведения чисел становится очевидным. Визуализацию квадрата суммы двух положительных чисел можно осуществить с помощью метода площадей (рис. 2).

Разделив каждую сторону

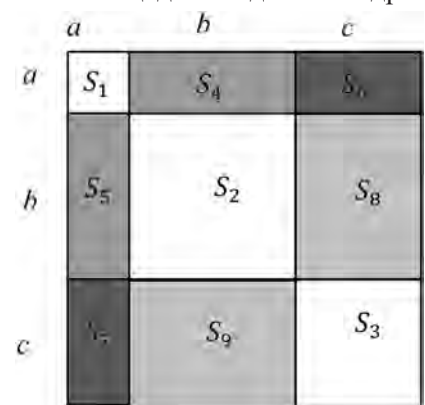


Рис. 3. Визуализация квадрата суммы трёх чисел

Визуализация возведения в куб суммы слагаемых требует рассмотрения пространственных фигур (рис. 4). Для получения формулы:

$$(a + b)^3 = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3 \quad (4)$$

можно разделить каждое ребро куба на отрезки a и b , тогда весь куб окажется разбитым на восемь частей: два куба с ребрами a и b соответственно, три параллелепипеда со сторонами a , a и b и три параллелепипеда со сторонами a , b и b . Вычисление объёма исходного куба как третьей степени суммы чисел a и b и как суммы объёмов частей исходного куба приводит к формуле (4). При развитом пространственном воображении подобная визуализация возможна и с помощью рисунка на плоскости, однако гораздо целесообразнее поработать с реальными объёмными телами, последовательность действий в этом случае будет обратной. Взяв два куба и три параллелепипеда, описанных выше, следует сложить из них куб со стороной $a+b$ и продемонстрировать равенство:

$$a^3 + b^3 + 3a^2b + 3ab^2 = (a + b)^3.$$

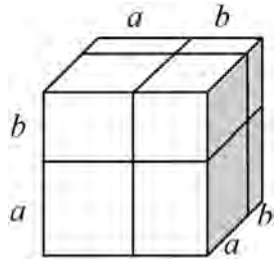


Рис. 4. Визуализация куба суммы двух чисел

Кроме того, современные технические условия позволяют создать анимационные ролики, демонстрирующие соответствующее разбиение куба на части. Уместны они и при работе с другими формулами сокращенного умножения.

Геометрическую интерпретацию имеет и разность квадратов:

$$a^2 - b^2 = (a - b)(a + b) \quad (5)$$

различных положительных чисел a и b . Визуализация здесь также основывается на работе с площадями (рис. 5). Рассматривается квадрат со стороной a , от которого отрезается квадрат со стороной b (подразумевается, что $a > b$). Чтобы найти площадь оставшейся фигуры следует разделить эту фигуру на два прямоугольника и составить из них новый прямоугольник, стороны которого равны $a - b$ и $a + b$.

Применение метода площадей для визуализации алгебраических фактов не сводится к облегчению восприятия и запоминания

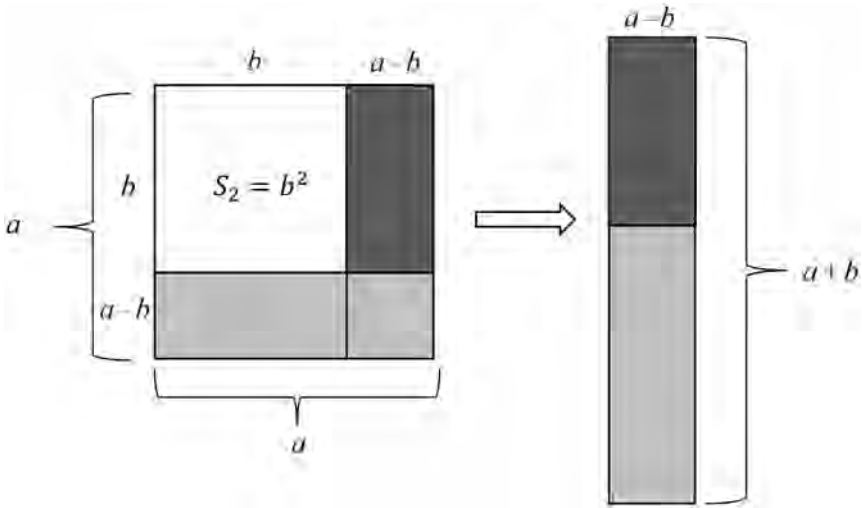


Рис. 5. Визуализация разности квадратов двух чисел

известных школьных равенств. Метод часто встречается при решении задач повышенной сложности и даже олимпиадной математики.

Ярким примером математического соотношения, вызывающего большой интерес и встречающегося при решении олимпиадных задач, служит формула для нахождения суммы нечётных чисел:

$$1 + 3 + 5 + \dots + (2n - 1) = n^2. \quad (6)$$

Доказательство этого равенства может быть осуществлено алгебраически, например, с помощью математической индукции. Однако визуализация не просто даёт пояснения к готовой формуле, она подталкивает к её выводу, погружает в постепенное конструирование (рис. 6).

Вторую степень числа можно рассматривать как численное значение площади квадрата, у которого сторона равна этому числу. Возьмём сначала единичный квадрат (то есть со стороной 1), затем, добавив три таких же квадрата, получим квадрат со стороной 2. После достроим его до квадрата со стороной 3, для

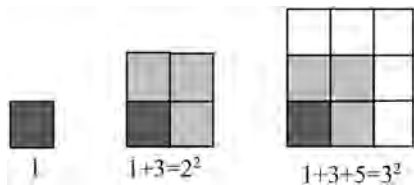


Рис. 6. Визуализация суммы нечётных натуральных чисел

этого придется добавить пять квадратов. Продолжая этот процесс, приходим к формуле (6). Каждый раз количество квадратов увеличивается на следующее нечётное число натурального ряда. Итак, благодаря визуализации легко видеть, что сумма первых нечётных натуральных чисел равна квадрату числа, равного количеству слагаемых.

Геометрическая интерпретация алгебраических объектов и фактов и следующее за этим геометрическое суммирование часто служат способом нахождения важных соотношений, подобных формуле (6). Например, оперирование с кубами позволяет установить равенство для суммы квадратов последовательных натуральных чисел:

$$1^2 + 2^2 + \dots + n^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6}. \quad (7)$$

Работа с пиксельными треугольниками приводит к рассмотрению треугольных чисел, то есть суммы $1+2+\dots+n$. В этом случае треугольное число численно оказывается равно площади пиксельного треугольника. Пласт задач, решаемых с привлечением треугольных чисел, довольно широк [1].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Геометрическая визуализация доступна и уместна как для работы с базовым школьным материалом по алгебре, так и при рассмотрении задач повышенного уровня сложности, в частности, олимпиадных. Если в первом случае основная задача визуализации — облегчение понимания и запоминания материала, то во втором она служит основой поиска решения задачи. Геометрическая интерпретация способствует развитию математической грамотности и формированию единой математической картины. Применение визуализации часто связано с рассмотрением метода площадей. Использование указанного метода возможно при изучении свойств операций над числами, формул сокращённого умножения, соотношений для натуральных чисел. При этом реализация работы может сопровождаться рисунком, пространственной моделью или анимационным роликом.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мерзон Г. А., Яценко И. В. Длина, площадь, объём. Москва : МЦНМО, 2019. 48 с.

2. Тихонова И. В., Иванов И. И., Омарова П. Г. Реализация принципа визуализации в процессе обучения // Проблемы современного педагогического образования. 2018. № 60–1. С. 307–309.

3. Шевцова Т. В. Поиск различных методов решения задачи как средство повышения математической культуры // Математика и ее приложения в современной науке и практике: сборник научных статей XI Международной научно-практической конференции студентов и аспирантов, Курск, 14–15 мая 2021 года. Курск : Юго-Западный государственный университет, 2021. С. 29–33.

Tatiana V. Shevtsova

VISUALIZATION OF ALGEBRAIC FACTS USING THE AREA METHOD

Tatiana V. Shevtsova

E-mail: dec-ivt-zao@mail.ru

Southwest State University

The article substantiates the advisability of considering the geometric interpretation of algebraic facts, analyzes the possibilities of visualization in matters of facilitating the understanding and memorization of mathematical information, and provides specific examples of visualization of formulas using the area method.

Key words: visualization, algebra, geometry, abbreviated multiplication formulas, area method.

REFERENCES

1. Merzon G. A., Yashchenko I. V. Dlina, ploshchad', ob'em. Moscow : MTsNMO, 2019. 48 p.

2. Tikhonova I. V., Ivanov I. I., Omarova P. G. Realizatsiya printsipa vizualizatsii v protsesse obucheniya // Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya. 2018. No 60–1. P. 307–309.

3. Shevtsova T. V. Poisk razlichnykh metodov resheniya zadachi kak sredstvo povysheniya matematicheskoi kul'tury // Matematika i ee prilozheniya v sovremennoi nauke i praktike: sbornik nauchnykh statei XI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov i aspirantov, Kursk, 14–15 May 2021. Kursk : Yugo-Zapadnyi gosudarstvennyi universitet, 2021. P. 29–33.

УДК 778.5.05:371
ББК 74.53

Ягудина Н. В.

**КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД
К ВОСПРОИЗВЕДЕНИЮ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНОЙ
ИНФОРМАЦИИ В ФОРМАТЕ
АУДИО-СЛАЙД-ФИЛЬМА
И РЕЛЬЕФНО-ГРАФИЧЕСКОГО АЛЬБОМА
«ДМИТРИЙ ИВАНОВИЧ МЕНДЕЛЕЕВ»**

Ягудина Наталия Витальевна

E-mail: tiflo@rgbs.ru

Российская государственная библиотека для слепых

В статье представлен комплексный подход, реализуемый библиотеками для слепых в сфере обеспечения слепых и слабовидящих пользователей доступом к информации, с применением программных и аппаратных средств и технологий многоформатного книгоиздания. На примере аудио-слайд фильма и рельефно-графического альбома «Д. И. Менделеев» рассмотрена технологическая цепочка подготовки многоформатного издания, включающая подбор, анализ, структурирование и представление в доступных для незрячих людей форматах информационных материалов о жизни и научном творчестве известного учёного. В качестве справочного материала в статье кратко представлена информация о незрячих выдающихся химиках советского периода и о нашем молодом современнике.

Ключевые слова: аудиоматериалы, рельефная графика, Д. И. Менделеев, многоформатный альбом, незрячие, Российская государственная библиотека для слепых, тифлокоммуникационные технологии, тифлокомментарии, шрифт Брайля, тактильные иллюстрации.

Серьёзной проблемой для инвалидов по зрению всегда был доступ к информации. До недавнего времени основными источниками информации для незрячих были аудиоматериалы и печатные издания рельефно-точечным шрифтом Брайля.

Развитие компьютерных и тифлокоммуникационных технологий в значительной степени позволили решить эту проблему. Программные и аппаратные средства компенсации зрительной недостаточности обеспечивают незрячих пользователей доступом к электронной информации (программы экранного доступа, брайлевские дисплеи и др.).

А с появлением 3D-моделирования и рельефно-графического моделирования незрячим становится легче преодолевать ограничения, связанные с нарушением зрения и получать информацию альтернативными способами, в материализованной осязаемой форме.

Внедряется тифлокомментирование, делая более доступной и полной информацию для незрячих людей за счёт подробных описаний [1].

В XXI веке в специальных библиотеках для слепых начали активно издавать многоформатные альбомы, обеспечивающие возможность представить с разных сторон составляющие культурного наследия: научные достижения, персоналии выдающихся людей, краеведческие памятники, шедевры изобразительного искусства. Такие альбомы включают крупный шрифт, текст шрифтом Брайля, а также цветные тактильные иллюстрации [4]. Это позволяет обеспечить восприятие незрячих людей звуковыми, осязательными и визуальными элементами в процессе познания информационного пространства [5].

Многоформатные альбомы ценятся тифлопедагогами и используются в процессе обучения слепых и слабовидящих детей, помогая получать ранее недоступные для них представления и знания об окружающем мире [2]. Рельефный контур изображений даёт возможность незрячему человеку распознать границы предмета, определить его очертания и форму, построить мысленный образ, сформировать целостное восприятие.

С использованием перечисленных выше технологий, Российская государственная библиотека для слепых выпустила и представляет многоформатное издание, посвящённое выдающемуся русскому учёному Дмитрию Ивановичу Менделееву [6].

Оно состоит из аудио-слайд фильма и альбома с рельефной графикой, текст в котором представлен в плоскочечном и рельефно-точечном форматах. К каждой иллюстрации даны тифлокомментарии.

Аудио-слайд фильм был смонтирован в программе Adobe Premiere Pro. В фильме использовался эффект перелистывания слайдов, что и даёт название формату фильма.

Для создания изображений для рельефно-графического альбома использовалась программа Adobe Illustrator. Иллюстрации напечатаны на термо-чувствительной рельефообразующей бумаге с использованием аппарата Piaf (Pictures In A Flash).

Технологическая цепочка работы над изданием состояла из следующих этапов: выбор темы, подбор справочных материалов (текстовых и иллюстративных), анализ и структурирование собранного материала, подготовка авторского текста и визуального материала, перевод их в форматы, доступные для не визуального восприятия, тестирование незрячими специалистами, корректировка, повторное тестирование, издание в выбранных форматах.

В многоформатном издании «Дмитрий Иванович Менделеев» мы попытались охватить все направления деятельности учёного.

Дмитрий Иванович известен всему миру как автор периодического закона и знаменитой таблицы химических элементов. Но химии на самом деле посвящено всего 9% его трудов. Сфера интересов Менделеева была гораздо шире. Его называют «русским Леонардо да Винчи», «русским Эйнштейном», и это действительно так. Дмитрий Иванович был многогранной разносторонней личностью, а его вклад в развитие самых разных областей деятельности человека невозможно переоценить.

Многоформатное издание «Дмитрий Иванович Менделеев» состоит из следующих разделов:

- биография Дмитрия Ивановича;
- изыскания в разных научных дисциплинах;
- мифы и легенды, связанные с учёным;
- музеи, посвящённые Менделееву;
- библиографический список литературы, включающий издания из фондов РГБС и издания как в специальных, так и общедоступных форматах, которые доступны для незрячих людей (с использованием программы экранного доступа).

Для написания работы сотрудница тифлобиблиографического отдела посетила музеи, посвящённые Дмитрию Ивановичу Менделееву:

— Государственный мемориальный музей-заповедник Дмитрия Ивановича Менделеева и Александра Александровича Блока — усадьба Боблово,

— музей-архив Дмитрия Ивановича Менделеева Санкт-Петербургского государственного университета,

— метрологический музей Росстандарта при Федеральном государственном унитарном предприятии «Всероссийского научно-исследовательского института метрологии имени Дмитрия Ивановича Менделеева».

Для аудио-слайд фильма были подобраны фотографии: самого учёного, членов его семьи, коллег и друзей, его работ и мест, связанных с жизнью Дмитрия Ивановича.

Были раскрыты главные направления его деятельности (нефтяная промышленность, сельское хозяйство, воздухоплавание, кораблестроение, метрология и общественная деятельность).

Представлены мифы, которые связаны с Дмитрием Ивановичем (периодическая таблица приснилась, изобрёл водку, был чемоданных дел мастером, занимался промышленным шпионажем).

Рельефно-графический альбом проиллюстрирован:

— портретом учёного;

— его любимыми вещами (любимая чайная пара, пенсне, его перьевая ручка и нож для бумаги;

— изобретениями (пикнометр, двухъярусные весы для взвешивания газов);

— фасадами зданий, связанных с жизнью Менделеева (здание Двенадцати коллегий, Главная палата мер и весов, дома в Боблово, которые проектировал сам Дмитрий Иванович);

— медалью Копли, которой он был награждён.

Каждая иллюстрация имеет тифлокомментарий для полного восприятия изображения.

Издание было протестировано незрячими специалистами РГБС. Издание предназначено для слепых и слабовидящих, но выяснилось, что оно представляет интерес и для широкого круга читателей, оно поможет узнать больше о разнообразии научных исследований.

Известно, что среди выдающихся химиков также были и есть люди с проблемами зрения или полностью незрячие. Для примера мы взяли несколько выдающихся химиков советского периода и начинающего российского студента-химика МГУ имени Ломоносова [3, 7, 8].

1. Воронков Михаил Григорьевич (1921–2014) — доктор химических наук, профессор, член-корреспондент Академии наук СССР и Латвийской ССР. Основные исследования учёного были связаны с химией органических соединений кремния. Воронков являлся создателем новой области химии кремния — биокремнеорганической химии. Также он проводил исследования в области химии, физико-химии, биологии и фармакологии силатранов и других соединений гипервалентного кремния. В 1974 году Михаил Григорьевич теряет зрение, становится инвалидом I группы, но это никак не сказывается на его научной деятельности.

2. Юхновский Григорий Лазаревич (1897–1988) — доктор химических наук, профессор. До Великой Отечественной войны занимался проблемами технологии переработки жиров, после переключается на научные исследования в области полимеров, плёнообразующих веществ и пластических масс. В связи с резким ухудшением зрения перешёл на работу в качестве профессора-консультанта.

3. Яичников Иван Степанович (1883–1986) — доктор химических наук, профессор. Иван Степанович с детства страдал сильной близорукостью. Но это ему не помешало достичь успехов в изучении химии. Он опубликовал около ста научных трудов, его научные труды выходили на немецком языке в Германии. Был членом Всесоюзного химического общества имени Дмитрия Ивановича Менделеева и Московского общества испытателей природы. Заслуги Яичникова в развитии химической науки отмечены орденом Ленина.

4. А наш молодой современник Даниил Гаранин являлся первым в стране незрячим студентом-химиком учащимся в МГУ им. Ломоносова. Преподаватели университета разработали программы подготовки для особого студента. Чтобы не возникли сложности с практикумом у Даниила есть ассистент, который оказывает помощь в работе с реактивами. Также студенту закупили дисплей Брайля, видеокамеру, которая позволяет снимать занятия и разбирать их

дома с ассистентами. Сам Даниил полон планов на будущее. Ему интересна квантовая химия, материаловедение, то, что требует чисто теоретических расчётов и позволит результативно прикладывать свои силы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многоформатные альбомы для незрячих являются перспективными изданиями, так как они позволяют незрячим людям получать ранее недоступные для них представления и знания об окружающем мире в комплексной и информационно-ёмкой форме.

Профессиональное исполнение таких изданий и делает их многоформатность с расчётом на разные сенсорные системы восприятия. Таким образом, многоформатные альбомы могут выступать не только как источник познания для незрячих, но и как инструмент коммуникации в образовательном и ином пространстве между слепыми и зрячими людьми.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Ваньшин С. Н., Ваньшина О. П.* Тифлокомментирование или Словесное описание для слепых : инструктивно-методическое пособие. Москва : Логосвос, 2011. 61 с.

2. *Денискина В. З.* Подготовка незрячего ребенка к пониманию рельефных картинок // Вопросы социальной реабилитации незрячих : сб. статей / читает Р. Москалева. Санкт-Петербург : СПбГБС, 2009. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

3. *Донская К.* «Наука — это совсем не то, что я себе воображал»: интервью с первым в стране незрячим студентом-химиком Даниилом Гараниным. URL: <https://olimpiada.ru/article/907> (дата обращения: 06.08.2024).

4. *Елфилова Г. С.* Книга как комплекс аудиовизуального и объёмно-тактильного форматов представления контента людям с сенсорными ограничениями // Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе, науке, образовании, медиа и в других областях: XVI Международная научно-практическая конференция, Москва, 2–4 апреля 2024 г.: Материалы и доклады. Москва : ИПП «КУНА», 2024. С. 121–131.

5. Елфимова Г. С. Комплексный мультимодальный подход к популяризации математики в Российской государственной библиотеке для слепых // Научные и технические библиотеки № 2. Москва : ГПНТБ, 2025. С. 131–143.

6. Менделеев Дмитрий Иванович : альбом рельефной графики с аудио-контентом / составитель Н. В. Ягудина ; художник Г. С. Елфимова. Москва : Российская государственная библиотека для слепых, 2025.

7. Незрячие деятели науки и культуры : биобиблиографический указ. / Т. 5 Вып. 4 : Незрячие учёные : (Химические науки). Москва : РЦБС, 1991. 128 с.

8. *Нодельман В.* Первый в стране незрячий студент-химик будет учиться в МГУ. URL: <https://iz.ru/776329/valeriia-nodelman/pervyi-v-strane-nezriachii-student-khimik-budet-uchitsia-v-mgu> (дата обращения: 06.08.2024).

Natalia V. Yagudina

AN INTEGRATED APPROACH TO THE REPRODUCTION OF POPULAR SCIENCE INFORMATION IN THE FORMAT OF AN AUDIO SLIDE FILM AND A RELIEF GRAPHIC ALBUM “D. I. MENDELEEV”

Natalia V. Yagudina

E-mail: tiflo@rgbs.ru

Russian State Library for the Blind

The article presents an integrated approach implemented by libraries for the blind in the field of providing blind and visually impaired users with access to information using software and hardware and technologies of multi-format book publishing. Using the example of an audio slide film and a relief graphic album “D. I. Mendeleev”, the technological chain of preparation of a multi-format publication is considered, including the selection, analysis, structuring and presentation of information materials about the life and scientific work of a famous scientist in formats accessible to blind people. As a reference, the article briefly describes the outstanding blind chemists of the Soviet period and our young contemporary.

Key words: audio materials, relief graphics, Mendeleev D. I., multi-format album, the blind, Russian State Library for the Blind, typhlocommunication technologies, typhlocomentaries, Braille, tactile illustrations.

REFERENCES

1. Van'shin S. N., Van'shina O. P. Tiflokommentirovanie ili Slovesnoe opisanie dlya slepykh : instruktivno-metodicheskoe posobie. Moscow : Logosvos, 2011. 61 p.

2. Deniskina V. Z. Podgotovka nezryachego rebenka k ponimaniyu rel'efnykh kartinok // Voprosy sotsial'noi reabilitatsii nezryachikh : sb. statei / chitaet R. Moskaleva. St. Petersburg : SPbGBS, 2009. 1 elektron. opt. disk (CD-ROM).

3. Donskaya K. "Nauka — eto sovsem ne to, chto ya sebe voobrazhal": interv'y u s pervym v strane nezryachim studentom-khimikom Daniilom Garaninym. URL: <https://olimpiada.ru/article/907> (data obrashcheniya: 06.08.2024).

4. Elfimova G. S. Kniga kak kompleks audiovizual'nogo i ob»emno-taktil'nogo formatov predstavleniya kontenta lyudyam s sensornymi ogranicheniyami // Zapis' i vosproizvedenie ob"emnykh izobrazhenii v kinematografe, nauke, obrazovanii, media i v drugikh oblastiakh: XVI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, Moscow, 2–4 April 2024: Materialy i doklady. Moscow : IPP "KUNA", 2024. P. 121–131.

5. Elfimova G. S. Kompleksnyi mul'timodal'nyi podkhod k populyarizatsii matematiki v Rossiiskoi gosudarstvennoi biblioteke dlya slepykh // Nauchnye i tekhnicheskie biblioteki No 2. Moscow : GPNTB, 2025. P. 131–143.

6. Mendelev Dmitrii Ivanovich : al'bom rel'efnoi grafiki s audio-kontentom / sostavitel' N. V. Yagudina ; khudozhnik G. S. Elfimova. Moscow : Rossiiskaya gosudarstvennaya biblioteka dlya slepykh, 2025.

7. Nezryachie deyateli nauki i kul'tury : biobibliograficheskii ukaz. / T. 5 Vol. 4 : Nezryachie uchenye : (Khimicheskie nauki). Moscow : RTsBS, 1991. 128 p.

8. Nodel'man V. Pervyi v strane nezryachii student-khimik budet uchit'sya v MGU. URL: <https://iz.ru/776329/valeriia-nodelman/pervyi-v-strane-nezryachii-student-khimik-budet-uchitsia-v-mgu> (data obrashcheniya: 06.08.2024).

УДК 004.9

ББК 16.6

Чаусова О. В.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ГЕРОЕВ ЛИТЕРАТУРНЫХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ

Чаусова Ольга Владимировна, кандидат физико-математических наук

SPIN-код: 3093-9643

E-mail: chausova.ov@ut-mo.ru

Технологический университет имени дважды Героя Советского Союза, лётчика-космонавта А. А. Леонова

В статье рассматривается интеграция цифровых технологий и нейросетевых инструментов в образовательный процесс на примере визуализации литературных персонажей. Предлагаются методы повышения мотивации к вдумчивому чтению произведений классической литературы с помощью цифровой визуализации. Особое внимание уделяется формированию эффективных промптов для нейросетей с учётом конкретики, исторического контекста и технических особенностей. Отмечаются преимущества и ограничения использования искусственного интеллекта в обучении, включая вопросы технической оснащённости и развития творческого воображения учащихся. Сделан вывод о целесообразности применения подобных заданий в проектной и внеклассной деятельности для заинтересованных учеников.

Ключевые слова: цифровые технологии, нейросети, визуализация персонажей, образовательный процесс, промпты.

Образовательный процесс в современных условиях характеризуется повсеместным использованием технических средств, это становится нормой, а не исключением. Учащиеся проявляют высокий интерес к применению современных цифровых технологий, программного обеспечения и разработок, что соответствует актуальным цифровым запросам общества. Использование таких средств позволяет формировать у обучающихся навыки, востребованные в цифровой среде, включая создание и монтаж видеоконтента, цифровую графику и визуализацию творческих идей, что способствует развитию их творческого потенциала и цифровой грамотности.

Однако клиповое мышление, характерное для молодого поколения, затрудняет глубокое и длительное восприятие литературных текстов, особенно классических произведений с описательными сценами. Для повышения мотивации к вдумчивому чтению предлагается интегрировать задания по визуализации литературных персонажей и реконструкции сцен с использованием цифровых сервисов [5], что способствует активизации когнитивных процессов и развитию критического мышления.

Наиболее эффективными и оперативными инструментами для создания таких иллюстраций являются нейросети-помощники [1]. В настоящее время рынок средств искусственного интеллекта демонстрирует стремительный рост, особенно в Китае, где нейросети получили широкое распространение благодаря таким преимуществам, как бесплатное использование, простота регистрации, высокая скорость обработки данных, качество создаваемого контента и открытость исходного кода.

Таким образом, интеграция цифровых технологий и искусственного интеллекта в образовательный процесс не только расширяет возможности обучения и индивидуализации, но и способствует формированию современных компетенций, необходимых для успешной профессиональной и социальной адаптации обучающихся в цифровом обществе.

Рассмотрим пример использования нейросетей для визуализации персонажа легенд уральских горняков Хозяйки Медной Горы из сборника сказов «Малахитовая шкатулка» Павла Петровича Бажова. При получении такого задания от преподавателя первым делом на ум приходит использование генеративных текстовых ней-

ронных сетей для создания промпта. Сервис Perplexity.ai предлагает такой вариант описания: «Небольшая, но прекрасная девушка с зелёными глазами и чёрной косой, украшенной лентами из тонкой позвякивающей меди. Её одежда — платье из “шёлкового малахита”, которое сверкает как алмазы и медь. Она также может появляться в гибридной форме: как ящерица с головой человека, где вместо рук и ног у неё зелёные лапы, а на спине чёрная полоска». Сравним это описание с оригинальным, данным П. П. Бажовым: «Глядит, а перед ним на грудке руды у большого камня женщина какая-то сидит. Спиной к парню, а по косе видать — девка. Коса ссиза-чёрная и не как у наших девок болтается, а ровно прилипла к спине. На конце ленты не то красные, не то зелёные. Сквозь светуют и тонко этак позванивают, будто листовая медь. Дивится парень на косу, а сам дальше примечает. Девка небольшого роста, из себя ладная и уж такое крутое колесо — на месте не посидит. Вперёд наклонится, ровно у себя под ногами ищет, то опять назад откинется, на тот бок изогнётся, на другой. На ноги вскочит, руками замашет, потом опять наклонится. Одним словом, артуть-девка... А одёжа и верно такая, что другой на свете не найдешь. Из шёлкового, слышь-ко, малахиту платье. Сорт такой бывает. Камень, а на глаз как шёлк, хоть рукой погладить... Весело на парня глядит, зубы скалит... И платье на ней — на Хозяйке-то — меняется. То оно блестит, будто стекло, то вдруг полиняет, а то алмазной осыпью засверкает, либо скрасна медным станет, потом опять шёлком зелёным отливает» [2].

Используя оба описания в качестве промптов для нейросети (Qwen.AI), получаем иллюстрации, представленные на рис. 1. Представленные изображения имеют ряд недоработок. Во-первых, неудовлетворительный фон изображений. Действие произведения происходит на Гумёшевском медном руднике, поэтому логично показать девушек на фоне гор, шахт, рудодобывающих карьеров. Во-вторых, необходимо уточнить этническую принадлежность героини. Известно, что одним из возможных прототипов Хозяйки Медной горы считается Девка-Азовка [7] — хранительница сокровищ горы Азов, расположенной в 8 км от Гумёшкинского рудника. Гора Азов была местом поклонения вогулов — народа, известного как «стары люди» или чудь белоглазая. Предками вогулов являлись древние финно-угорские племена [4]. В исследовании [6] отмеча-



а)



б)

Рис. 1. Изображение Хозяйки Медной горы:
а) по промпту, составленному нейросетью,
б) по описанию П. П. Бажова

ется, что славяне, встретившиеся с финно-угорскими племенами на севере Восточной Европы, довольно быстро познакомились с их «чудскими» верованиями и богами. Эта встреча двух культур привела к взаимодействию разных традиций, так что зачастую бывает непросто отделить в фольклоре исконно «чудские» черты от исконно славянских. Проследив историю персонажа Хозяйки можно сделать вывод о том, что черты лица девушки должны соответствовать европейским. В-третьих, на одном из изображений видим сложную причёску героини, хотя по описанию автора у девушки одна чёрная коса, будто к спине прилипшая, которая превращается в чёрную полосу вдоль спины в inferнальном обличи ищерицы.

Отметим также, что построение изображения Хозяйки по точному описанию П. П. Бажова занимает большое количество времени у нейросети. Это связано с тем, что при обработке промпта сервис сперва переводит его на английский язык, и с этим возникают сложности в связи с наличием устаревших слов, а также выражений, характерных для уральского диалекта. Например, выражение «артуть-девка» означает подвижную, быструю, суетливую особу; «коса ссиза-чёрного цвета» — чёрная с оттенком сизого (тёмно-серого с синеватым отливом); «ленты светеют» — просвечиваются.

Очевидно, что для получения адекватных изображений следует корректно формулировать промпты. Определим общие правила для составления запросов [3].

1. Запрос должен быть конкретным. Необходимо стараться избегать абстрактных понятий, метафор. Формулировать короткие предложения, без сложных языковых конструкций. При составлении промпта следует иметь в виду, что нейросеть сперва переведёт его на английский язык, поэтому предложения должны соответствовать его лексике и структуре.

2. Дать характеристику центрального объекта: внешность, эмоции, поза, одежда, совершаемое действие (идёт, читает, рисует).

3. Привести описание фона.

4. Использовать модификаторы: указать стиль (например, импрессионизм, акварель, цифровая живопись), цветовую гамму, текстуры, ракурс, композицию (крупный план, вид сверху, панорама), размеры рисунка.

5. Для учёта исторического контекста прописать время (век, годы, эпоху) существования героя, указать особенности костюма, экипировок убранства комнат, фоновых изображений.

6. Использовать негативные промпты (например, без искажённых рук, без размытости, без определённых предметов).

7. Чем ближе к началу запроса находится предложение, тем больший вес оно имеет.

Следуя этим правилам, переформулируем промпт для создания изображения Хозяйки Медной горы: «Хозяйка Медной горы. Девушка. Невысокого роста. Одна чёрная коса. В косе медная лента. Зелёные глаза. Взгляд смелый, острый. Она улыбается, смеётся. Платье шёлковое, лёгкое, шифоновое, зелёное, как малахит, переливается, блестит, отдаёт медным цветом, с медными украшения-



Рис. 2. Изображение Хозяйки Медной горы по промпту, сформулированному в соответствии с рекомендациями

ми. Властная, решительная. Двигается быстро. Она идёт, одежда развеивается на ветру. Героиня уральских фольклорных сказаний. Чудь белоглазая. Фон — Уральские горы, рудники с драгоценными камнями, зелёные, коричневые ящерицы, маленькие змейки. Создано в 1936 году. Реалистичное фото. Без ящериц в небе. Без искажённых частей тела. Без огромных змей. Без излишнего кокетства». Полученная иллюстрация представлена на рис. 2. Очевидно изображение стало больше соответствовать внутренним ощущениям после прочтения произведения. Появился правильный фон, причёска героини соответствует описанию, черты лица европейские. Однако и в данной иллюстрации есть недостатки. Например, драгоценные камни слишком стилизованные, ящерица на заднем плане выглядит нереалистично. Доработать изображение можно самостоятельно в графических редакторах, либо большое количество раз корректируя запросы.

Выполнение подобных заданий обучающимися несомненно полезно. Очевидные плюсы в том, что визуализация героя

— помогает лучше понять его роль в произведении, уточнить особенности характера, объяснить поведение, проработать и запомнить персонажа;

— способствует более внимательному прочтению произведения, побуждает обратить внимание на детальное описание внешности, предметов одежды, аксессуаров, места действия, исторический контекст;

— даёт возможность использовать технические средства обучения, тестировать программные новинки, формировать навыки работы с нейросетями;

— позволяет внести элементы геймификации в образовательный процесс, подобные задания похожи на игру, стимулируют познавательный интерес учащегося, который пробует найти ответ на вопрос: «Что будет, если..?»;

— стимулирует мотивацию к учебной деятельности своей нестандартностью;

— привлекает внимание к классическим произведениям, заставляет не только изучить произведение, но и прочитать дополнительную литературу, ознакомиться с историей создания текста, вникнуть в переживания автора и героев;

— предоставляет тему для обсуждения полученных результатов, даёт возможность оценить согласованность изображения с внутренними ощущениями читателя, задуматься над полученными несоответствиями, по-новому взглянуть на персонажа, акцентировать внимание на историческом контексте действия.

Кроме очевидных плюсов, можно выделить и отрицательный эффект использования заданий по визуализации литературных персонажей.

1. Стереотипизация изображений. Пока нейросети отрисовывают изображения, как коллажи, находя в сети необходимые элементы и добавляя их на картинку, используя одинаковые фильтры сглаживания и цветокоррекции. При таком подходе не создаются новые иллюстрации, и получившиеся визуализации схожи между собой. Кроме того, на изображение могут попасть случайные объекты, не соответствующие времени и месту действия произведения. Поэтому обязательно обсуждение полученного результата, выявление несоответствий, обращение внимания учащихся на то, что нельзя абсолютно доверять работе систем искусственного интеллекта, формировать их критическое мышление.

2. Притупление фантазии. Злоупотребление в использовании нейросетей, особенно без анализа полученного результата, может отрицательно сказаться на развитии творческого воображения учащегося. Муки творчества при продумывании самостоятельной (без использования технологий) иллюстрации к литературному произ-

ведению способствуют развитию новых нейронных связей между клетками нервной системы.

3. Противоречие внутреннему видению персонажа. При прочтении произведения у читателя складывается в голове образ главного героя. Он получается собирательно, не только из описания внешности, но и из поведения героя, совершаемых им поступков. Кроме того, богатый русский язык позволяет точно подобрать слова, учитывая оттенки и нюансы, чего лишены промпты для нейросетей. Поэтому не исключено, что изображение, полученное с помощью сервисов искусственного интеллекта, будет отличаться от созданного в воображении читателя.

4. Отсутствие у обучающихся технических средств и возможностей. Не все ученики имеют дома компьютер или ноутбук со стабильным доступом в интернет, соответственно подобные задания могут быть не выполнены.

5. Отсутствие должного уровня технических навыков учащихся. Выдавая задания по использованию нейросетей педагогу нужно быть готовым показать, как это осуществить технически — озвучить название сервиса, рассказать об интерфейсе, объяснить, как правильно сформулировать промпт.

6. Временные затраты. Для качественного выполнения поставленной задачи обучающемуся понадобится большое количество времени — на внимательное прочтение произведения, понимание, выяснение смысла незнакомых слов, изучение дополнительной литературы.

7. Перегруженность учеников. Выдавая творческое задание нужно учитывать, что часто обучающиеся кроме получения основного образования заняты в кружках, секциях, учреждениях дополнительного образования. Они обязаны выполнять домашние задания и по другим предметам, готовиться к контрольным работам и итоговым экзаменам. В цейтноте творческое задание выполнено не будет.

8. Ошибки нейросети в интерпретации культурных и исторических деталей. Изображения, полученные с помощью средств искусственного интеллекта, выглядят убедительно, и нужно очень внимательно и критически относиться ко всему, что мы видим на рисунке.

9. Риски утечки персональных данных ученика.

ВЫВОДЫ

На волне развития систем искусственного интеллекта представляется интересным предложить обучающимся задания по визуализации персонажей литературных произведений. Это мотивирует ребят к более внимательному прочтению произведения, ознакомлению с историей его создания, понять и прочувствовать переживания автора и его героев, изучить историческую эпоху и географические особенности места действия, даст возможности для рассуждения и обсуждения полученного результата. Но описанные минусы подобных заданий (отсутствие технических средств и навыков работы с ними, большие временные затраты, необходимость анализа) не позволяют выдавать это задание как обязательное для всей группы учащихся.

Подобные задания уместны в рамках проектной деятельности, внеучебной работы, только для заинтересованных учеников, которые готовы выполнить качественное исследование.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Андрюнина А. С., Салова Э. А.* Нейросети на уроках русского языка и литературы // Вестник Набережночелнинского государственного педагогического университета. 2024. № 2-2(50). С. 53–55.

2. *Бажов П. П.* Уральские сказы. Москва : РОСМЭН, 2022. 96 с.

3. Как сгенерировать иллюстрации для книги через нейросети: пошаговое руководство. URL: <https://blog.neirobox.ru/nejroseti-dlya-sozdaniya-izobrazhenij/kak-sgenerirovat-illyustraczii-dlya-knigi-cherez-nejroseti-poshagovoe-rukovodstvo/> (дата обращения: 25.04.2025).

4. *Макарова О. Ю.* Мифологические прообразы героев бажовских сказов (к 140-летию со дня рождения П. П. Бажова) // Гороховские чтения : Материалы десятой региональной музейной конференции, Челябинск, 01 ноября 2019 года / составитель, научный редактор А. Н. Лымарев. Челябинск : Государственный исторический музей Южного Урала, 2019. С. 163–166.

5. *Маринина Ю А.* Использование цифровых инструментов на занятиях по русской литературе: из опыта работы в универ-

ситетах республики Индии // Ташкентский литературоведческий форум–2024. 2025. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-tsifrovyyh-instrumentov-na-zanyatiyah-po-russkoy-literature-iz-opyta-raboty-v-universitetah-respubliki-indii> (дата обращения: 04.05.2025).

6. *Петрухин В. Я.* Мифы финно-угров. Москва : АСТ : Транзиткнига, 2003. 463 с.

7. *Степанова Л. Ю.* Топонимы в сказах П. Бажова // Современные образовательные технологии в подготовке специалистов для минерально-сырьевого комплекса : Сборник научных трудов IV Всероссийской научной конференции, Санкт-Петербург, 04–05 марта 2021 года. Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский горный университет, 2021. С. 551–555.

Olga V. Chausova

USING NEURAL NETWORKS TO VISUALIZE CHARACTERS IN LITERARY WORKS

Olga V. Chausova, Phd (Physical and Mathematical Sciences)

E-mail: chausova.ov@ut-mo.ru

Leonov University of Technology

The article proposes the integration of digital technologies and neural network tools into the educational process based on the visualization of literary characters. Methods for increasing motivation for thoughtful reading of classical literature using digital visualization are proposed. Particular attention is paid to the creation of effective prompts for neural networks, taking into account specific, historical conditions and technical conditions. The advantages and limitations of using artificial intelligence in education are noted, including issues of technical equipment and the development of students' creativity. A conclusion is made on the management of the use of such tasks in project and extracurricular activities for foreign countries.

Key words: digital technologies, neural networks, character visualization, educational process, prompts

REFERENCES

1. Andryunina A. S., Salova E. A. Neuroseti na urokakh russkogo yazyka i literatury // Vestnik Naberezhnochelninskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. 2024. No 2-2(50). P. 53–55.

2. Bazhov P. P. Ural'skie skazy. Moscow : ROSMEN, 2022. 96 p.

3. Kak sgenerirovat' illyustratsii dlya knigi cherez neiroseti: poshagovoe rukovodstvo. URL: <https://blog.neirobox.ru/neiroseti-dlya-sozdaniya-izobrazhenij/kak-sgenerirovat-illyustraczii-dlya-knigi-cherez-neiroseti-poshagovoe-rukovodstvo/> (data obrashcheniya: 25.04.2025).

4. Makarova O. Yu. Mifologicheskie proobrazy geroev bazhovskikh skazov (k 140-letiyu so dnya rozhdeniya P. P. Bazhova) // Gorokhovskie chteniya : Materialy desyatoi regional'noi muzeinoi konferentsii, Chelyabinsk, 01 November 2019 / sostavitel', nauchnyi redaktor A. N. Lymarev. Chelyabinsk : Gosudarstvennyi istoricheskii muzei Yuzhnogo Urala, 2019. P. 163–166.

5. Marinina Yu A. Ispol'zovanie tsifrovyykh instrumentov na zanyatiyakh po russkoi literature: iz opyta raboty v universitetakh respubliki Indii // Tashkentskii literaturovedcheskii forum–2024. 2025. No 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-tsifrovyykh-instrumentov-na-zanyatiyah-po-russkoy-literature-iz-opyta-raboty-v-universitetah-respubliki-indii> (data obrashcheniya: 04.05.2025).

6. Petrukhin V. Ya. Mify finno-ugrov. Moscow : AST : Tranzitkniga, 2003. 463 p.

7. Stepanova L. Yu. Toponimy v skazakh P. Bazhova // Sovremennye obrazovatel'nye tekhnologii v podgotovke spetsialistov dlya mineral'no-syr'evogo kompleksa : Sbornik nauchnykh trudov IV Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii, St. Petersburg, 04–05 March 2021. St. Petersburg : Sankt-Peterburgskii gornyi universitet, 2021. P. 551–555.

УДК 7.01

ББК 16.7

Харланова Ю. В.

ВИЗУАЛ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ КАК ВАЖНАЯ ЧАСТЬ ВИЗУАЛЬНОЙ КОММУНИКАЦИИ

Харланова Юлия Викторовна, кандидат педагогических наук

SPIN-код: 2242-7565, ORCID: 0000-0003-1885-4787

E-mail: psytu@yandex.ru

Тульский государственный педагогический университет
имени Л. Н. Толстого

Статья посвящена анализу городской среды с учётом присутствия в ней графического дизайна, фотографий и иллюстраций. Автор подчёркивает, что основной проблемой данной темы является низкая эстетическая насыщенность пространства города и в результате снижение положительного её влияния.

Ключевые слова: визуал, городская среда, графический дизайн, пространство, креативность, психологическая атмосфера.

Развитие общества идёт по пути увеличения информации, полученной каждым индивидуумом, и основной её объем приходится на визуальную коммуникацию. Чаще всего человек получает визуальные образы путём использования электронных гаджетов, в науке уже звучит вопрос, как уменьшить количество данной информации. На втором месте по количеству получаемой визуальной информации стоит городская среда обитания современного человека. И от того насколько она будет насыщенной и красочной, будет зависеть как человек будет её воспринимать. Очевидно, что из-за

большого количества информации у городского жителя включается механизм защиты: не всё, что его окружает, падает в фокус его внимания. В результате визуальные сигналы фильтруются в зависимости от интересов и склонностей человека. Верен также и обратный эффект: среда способна влиять на психику человека, определять особенности его мировоззрения. На нас взгляд организация городской среды должна быть ориентирована на развитие визуального, эстетического вкуса человека, а также быть современной и привлекательной [4].

Визуальная коммуникация представляет собой процесс передачи информации с помощью визуальных элементов, таких как изображения, графики, символы и цвета. Она играет ключевую роль в нашей повседневной жизни, от рекламы и дизайна до образования и искусства. Визуальная коммуникация позволяет эффективно передавать сложные идеи и эмоции, делая информацию более доступной и понятной.

Например, фотографии, иллюстрации и схемы могут передавать информацию быстрее и эффективнее, чем текст. Они помогают визуализировать идеи и концепции, делая их более запоминающимися.

Цвета могут вызывать определённые эмоции и ассоциации. Например, красный цвет часто ассоциируется с энергией и страстью, в то время как синий может вызывать чувство спокойствия и доверия. Использование цвета в визуальной коммуникации помогает привлекать внимание и подчёркивать важные сообщения.

Шрифты и их оформление играют важную роль в восприятии информации. Правильный выбор шрифта может сделать текст более читабельным и привлекательным, в то время как неправильный может отвлечь внимание или затруднить восприятие.

Также расположение элементов на странице или экране имеет значение для восприятия информации. Хорошо продуманная композиция помогает организовать информацию, делая её более понятной и лёгкой для восприятия.

Таким образом, визуальная коммуникация — это мощный инструмент, который помогает передавать информацию и эмоции. В современном мире, насыщенном визуальными образами, способность эффективно использовать визуальные элементы становится всё более важной. Независимо от области применения, понимание

основ визуальной коммуникации может значительно улучшить качество передачи информации и взаимодействия с аудиторией [5].

С. Маккуайр, исследователь в области дизайна городской среды, акцентирует внимание на важности интеграции различных аспектов городской инфраструктуры и социальной жизни [2]. Он подчёркивает, что дизайн городской среды должен учитывать потребности жителей, а также взаимодействие между различными элементами городской структуры, такими как здания, общественные пространства и транспортные системы.

Маккуайр также обсуждает, как дизайн может способствовать созданию более устойчивых и инклюзивных городов, где учитываются интересы разных групп населения. Одним из ключевых моментов его работы является идея, что успешный городской дизайн должен быть гибким и адаптивным, чтобы отвечать на изменения в обществе и окружающей среде.

Желондиевская Л. В. выделяет функции дизайна в современной коммуникации, которые играют ключевую роль в том, как информация воспринимается и передаётся [1]. Приведём некоторые основные функции дизайна в этой области.

1. Визуальная идентификация. Дизайн помогает создать уникальный визуальный стиль, который отличает организацию от её конкурентов. Это включает в себя логотипы, цветовые схемы и шрифты.

2. Упрощение восприятия информации. Хороший дизайн делает информацию более доступной и понятной. Использование графиков, инфографики и иконок помогает упростить сложные данные.

3. Эмоциональное воздействие. Дизайн может вызывать эмоции и создавать настроение, что важно для привлечения и удержания внимания аудитории. Цвета, шрифты и изображения могут вызвать определённые ассоциации и чувства.

4. Улучшение навигации. В веб-дизайне и пользовательских интерфейсах хорошая навигация помогает пользователям легко находить нужную информацию.

5. Создание доверия. Профессионально выполненный дизайн может создавать впечатление надёжности и доверия к бренду или организации. Плохо выполненный дизайн может вызывать сомнения.

6. Поддержка коммуникационных целей. Дизайн может быть нацелен на конкретные цели, такие как привлечение внимания, информирование, убеждение или развлечение. Он помогает донести сообщение до целевой аудитории.

7. Интерактивность. В современном цифровом мире дизайн включает интерактивные элементы, которые позволяют пользователям взаимодействовать с содержимым, что делает коммуникацию более динамичной и вовлекающей.

8. Кросс-культурная коммуникация. Дизайн может учитывать культурные особенности и различия, что важно для глобальных брендов. Эффективный дизайн должен быть понятным и приемлемым для различных культур.

Эти функции дизайна подчёркивают его важность в современном мире коммуникации, где визуальные элементы становятся неотъемлемой частью передачи информации и взаимодействия с аудиторией. Также в них заложен потенциал для создания конкурентноспособного, востребованного дизайна городской среды.

Рассматривая визуальный ряд городской среды можно выделить условно 3 компонента: рисунок, фотография, продукт графического дизайна. По функциям эти визуальные данные можно разделить на художественные, рекламные и социальные [3].

Нами были подобраны примеры различных видов визуальной информации городской среды, в частности примером социального графического дизайна является плакат о правилах дорожного



Рис. 1. Социальный плакат (г. Тула)

движения, представленный на рис. 1. А рисунок с художественной направленностью изображён на рис. 2. Таким образом, данные изображения несут активную функцию, обогащают городскую среду.

Графический дизайн чаще носит рекламный характер и связан с рекламой различных магазинов и предприятий города. Это связано с тем, что задачи графического дизайна состоят в том, чтобы выделить некое со-

общение из общего потока информационного шума, идущего к человеку от городской среды. Как характеризует французский мастер графического дизайна Филиппа Апелуа [7], данное направление является точкой пересечения искусства и коммуникации, является новой формой искусства. Но, к сожалению, не все работы графических дизайнеров можно назвать произведениями искусства, так как они останавливаются на схематичном представлении информации или являются слишком простыми (см. рис. 1).



Рис. 2. Работа художника (г. Тула)

Несомненно, графический дизайн должен включать сочетание текста и изображения, как отмечают Шарлотта и Питер Филь [6], но данное сочетание должно содержать элемент неожиданности, творчества и креативный подход. Терминологически в качестве синонимов термина «графический дизайн» возможно использовать такие слова как «рекламная графика» и «визуальная коммуникация», которые использовали такие учёные как У. Э. Двиггинс, К. Ньюарк, М. Билл и Д. Мюллер-Брокман. Но, к сожалению, при описании визуальной коммуникации как научного термина учёные не учитывают роль креативности. В результате уход от творческой составляющей в графическом дизайне приводит к снижению информационный культуры общества, происходит формализация рекламной информации, обеднение городской среды. Одним из путей выхода из подобной ситуации являются электронные рекламные щиты, позволяющие быстро предоставлять информацию, часто сменяя её, учитывая клиповое мышление и тем самым заинтересовать человека полученной информацией. Таким образом, можно сделать вывод о том, что этот лёгкий путь ещё больше отдаляет пространство городской среды от эстетические цели.

Есть несколько способов увеличить уровень художественности среды и тем самым улучшить её психологическое влияние на современного человека. Это могут быть различные стендовые фо-



Рис. 3. Витрина книжного магазина (г. Москва)

товывставки, выставки социальной рекламы, авторской графики. Примером обращения городской среды стал московский проект, в результате которого на многих зданиях Москвы появились работы художников прошлого с краткой информацией о них. Украшение стен зданий художественными работами позволяет насытить пространство городской среды положительными эмоциями, благодаря эстетическому наслаждению от созерцания художественных работ. Витрины магазинов также являются местом, в котором возможно создать креативную визуальную информацию. В качестве приме-

ра приведём витрину книжного магазина в Москве, представленную на рис. 3.

Данное чувство является специфическим переживанием и способствует формированию у человека потребности не только воспринимать и правильно оценивать, но и самому создавать прекрасное в окружающем мире. Другими словами, благодаря насыщению городской среды эстетическими элементами можно создать условия для развития духовного общества, существующего в позитивном настрое и имеющего положительную установку на собственное развитие.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Городская среда существует с тех пор, как появились большие поселения в человеческом обществе и до сих пор продолжает развиваться, меняться, подстраиваясь под потребности и интересы населения.

Сейчас на первый план выходит психологическая функция городской среды, связанная с необходимостью внутренней стабильности и гармонии личности. А наравне с прямым путём подачи

информации человеку, в городской среде появляется косвенный, креативный путь.

В будущем появятся интерактивные элементы в окружающем пространстве человека, в том числе основанных на искусственном интеллекте. Такие возможности уже показываются в фантастических фильмах, когда человек, ищущий по городу, встречает голограмму и разговаривает с ней. Человек создан искать всё новые пути и решения задач, и городская среда обладает потенциалом для всевозможных способов представления информации.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Желондиевская Л. В.* Функции дизайна в современной коммуникации // Вестник Оренбургского государственного университета. 2014. № 5 (166). С. 19–24.

2. *Маккуайр С.* Медийный город. Медиа, архитектура и городское пространство. Москва : Strelka Press, 2014. 392 с.

3. *Ньюарк К.* Что такое графический дизайн? Москва : АСТ, Астрель, 2014. 256 с.

4. *Порозов Р. Ю.* Антропологический смысл категории «визуальные коммуникации» // Вестник Бурятского государственного университета. 2011. № 14. С. 169–172.

5. *Порозов Р. Ю.* Виртуализация городского пространства: социокультурный аспект // Вестник Челябинского государственного университета. 2009. № 11. С. 154–156.

6. *Филь Ш., Филь П.* Графический дизайн XXI века. Москва : АСТ, Астрель, 2009. 192 с.

7. *Morgaine A.* Typorama: The Graphic Work of Philippe Apeloig. London: THAMES&HUDSON, 2014. 384 p.

Yulia V. Harlanova

VISUALIZATION OF THE URBAN ENVIRONMENT AS AN IMPORTANT PART OF VISUAL COMMUNICATION

Yulia V. Harlanova, Candidate of Pedagogical Sciences

E-mail: psytu@yandex.ru

Tolstoy Tula State Pedagogical University

The article is devoted to the analysis of the urban environment, taking into account the presence of graphic design, photographs and illustrations in it.

The author emphasizes that the main problem of this topic is the low aesthetic saturation of the city space and, as a result, the reduction of its positive influence.

Key words: urban environment, graphic design, space, creativity, psychological atmosphere.

REFERENCES

1. Zhelondievskaya L. V. Funktsii dizaina v sovremennoi kommunikatsii // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2014. No 5 (166). P. 19–24.

2. Makkuair S. Mediinyi gorod. Media, arkhitektura i gorodskoe prostranstvo. Moscow : Strelka Press, 2014. 392 p.

3. N'yuark K. Chto takoe graficheskii dizain? Moscow : AST, Astrel', 2014. 256 p.

4. Porozov R. Yu. Antropologicheskii smysl kategorii "vizual'nye kommunikatsii" // Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. 2011. No 14. P. 169–172.

5. Porozov R. Yu. Virtualizatsiya gorodskogo prostranstva: sotsiokul'turnyi aspekt // Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta. 2009. No 11. P. 154–156.

6. Fil' Sh., Fil' P. Graficheskii dizain XXI veka. Moscow : AST, Astrel', 2009. 192 p.

7. Morgaine A. Typorama: The Graphic Work of Philippe Apeloig. London: THAMES&HUDSON, 2014. 384 p.

УДК 778.5.03.01
ББК 85.37

Беляков В. К.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЖИЗНИ

Беляков Виктор Константинович, кандидат искусствоведения
SPIN-код: 7517-2133, ORCID: 0000-0001-5832-0160
E-mail: vic.belyakov@gmail.com
Сергиево-Посадский филиал ВГИК

Статья рассматривает отражение феномена жизни на киноэкране и возникающие при этом особенности экранной действительности. Киноэкран не воспроизводит внутреннее содержание реальности, и зритель домысливает его при помощи воображения и фантазии. Процесс визуализации жизни важен с точки зрения исторической памяти.

Ключевые слова: жизнь, феномен, кинематограф, воображение, фантазия, природа, экранная реальность, актёр.

Жизнь — это поток, то есть движение. Но глядя на экранную реальность, мы видим этот поток без внутреннего содержания. Перед нами только внешние проявления героев и событий. То есть мы судим о сущности человека на экране только по внешним признакам.

Таким образом, при визуализации окружающего мира через кинематограф, с использованием его свойств и качеств, мы приходим к её неполноте, поскольку сам кинематограф ограничен в своих возможностях. И отсутствие внутреннего содержания более значимо по сравнению с плоскостным экранным изображением и неадекватной цветопередачей.

В немом кинематографе не было звука; до прихода видео кинохронику вплоть до 1980-х годов привычно снимали на киноплёнку в немом формате, поскольку синхронный звук был возможен только при наложении этого звука, записанного отдельно, на изображение. Поэтому результатом визуализации окружающей реальности в эту пору становился немой экранный мир, требующий интерпретации и понимания. После распространения видеоманитонов синхронный звук появился автоматически. Правда, это не значит, что необходимость интерпретации была снята, но в любом случае экранная картина окружающего мира стала полнее. Ныне мы обладаем возможностью наблюдать снятый шестнадцатью камерами футбольный матч или военный парад на Красной площади в Москве в абсолютной их непрерывности. (Если не выключать камеры и всё время смотреть на мониторы).

Но жизнь, в которой мы пребываем и которую мы ощущаем физически тактильно и духовно через сознание, разворачивается непрерывно в своей полноте вовсе не как футбольный матч или военный парад. И к тому же она даётся нам только в тех своих формах, которые мы воспринимаем. Её как бы нет для нас за пределами фиолетового цвета и ультразвука, который, тем не менее, собаки слышат. И про обоняние тоже можно подметить соответственно.

Мы воспринимаем феномен жизни в меру своих сил и возможностей, и соответственно, пытаемся его воспроизвести на экране в меру своих представлений, специально разработав для этого соответствующую аппаратуру с соответствующими ограничениями и возможностями.

Процесс визуализации жизни с использованием средств кинематографа, без внутреннего содержания действующих на экране персонажей, приводит к неполноте жизни на экране, — что является неустранимым недостатком кинематографа как средства отражения и приводит его к неистребимой условности, — но при этом мы, зрители, стараемся этого не замечать и даже предполагать, что экранная жизнь весьма и весьма достоверна в наиболее органичных (то есть соответствующих присущих кинематографу качествам) кинофильмах.

Г. Зиммель и В. Дильтей заложили теоретическое обоснование философии жизни, — в соответствии с которой, по их мысли, живёт всё человечество.

Сама жизнь — это форма существования человека в мире в окружении реальности, являющейся формой Природы. И хотя считается, что человек реализует свою трагическую судьбу, поскольку на определённом этапе выпал из Природы, тем не менее, без Природы, своей колыбели, человек не может обойтись до сих пор, как бы кто не делал вид, что может. Природа, сама по себе, полнее человека, полнее жизни и вбирает в себя и то, и другое.

Иллюзия киноэкрана позволяет преодолеть всю имеющуюся у экрана условность и не замечать его ограниченность по сравнению с Природой (реальностью) и жизнью.

Но за счёт чего это происходит? Да, за счёт нашего воображения и фантазии. Глядя на экранную реальность, мы домысливаем то, чего нам не хватает. Начиная с обратной стороны героя — его спины (ибо плоскостное изображение не позволяет нам её видеть, мы видим только то, что обращено к объективу), и заканчивая особенностями его характера, психологическими качествами и нравственными принципами.

Внешний вид героя в этом случае очень коварен: мы считаем, что он добр или злодей только потому, что он так выглядит. Познакомившись близко с актёром или актрисой, исполнявшими ту или иную роль, мы часто бываем сильно разочарованными. Оказывается, они вовсе не соответствуют героям, в окружающей действительности они другие, а в экранной реальности они просто помогают нам воображать и фантазировать — не по своему поводу, а по поводу героев.

В игровом кино — иллюзия, на которую мы соглашаемся, считая её полной, помогает нам домыслить экранную реальность тем, что ей принципиально недостает.

Практически, аналогичен и феномен неигрового кино, он нам также не обещает полноты, но мы в его случае обманываемся меньше. Мы видим на экране Льва Толстого, понимаем, что сам он сложнее своего кинообраза и соглашаемся на то, что имеем.

В случае любых иных картин экранной реальности любого иного времени мы доверяем своему кинематографическому опыту, личным знаниям и вербальной информации. Мы стараемся в этом случае сличить всю эту совокупность с видимым на экране и делаем выводы о подлинности и достоверности картины. Единственным, что остаётся неподвластным нам в этом случае, это

истина, поскольку экранные картины для нас не объективны, а субъективны.

Кинематограф как вид искусства, кроме того, оформляет экранную действительность художественным способом. Художественные приёмы рожают форму произведения и авторский стиль. Г. Зиммель по этому поводу заметил, что «различие между природной действительной жизнью и искусством по своему смыслу абсолютно радикально» [2, с. 66]. Потому что формообразование произведения искусства происходит под воздействием авторской интенции — автор преобразует Природу и организует на экране своё видение этой Природы. Возникает не объективная картина бытия, не истина об окружающем мире, а его символическое видение.

Меткое замечание по поводу ранней фотографии как нового способа визуализации окружающей жизни высказывает М. Ямпольский: «Ранняя фотография похожа на академическое портретирование тем, что является синтезом восприятия модели, в каком-то смысле выражением “идеи” модели, её сущности. Уединённость снимаемого перекликалась с идеей изображения субъекта, так же как и установка на сосредоточенность и трансцендирование момента в некоем безвременье» [4, с. 219]. Художественная фотография (чем и была ранняя фотография-портрет) не просто визуализировала человека в его деталях и подробностях, но передавала зрителю его цельный образ, схватывая этого человека целиком, и этот образ и транслировал зрителю его сущность и его «идею». Фактически, эта «идея» придавала экранной реальности идею жизни.

Сама эта экранная реальность воспринимается зрителем в своих пространственно-временных качествах — с использованием авторской интенции на экране создаётся хронотоп, который может обладать определённой направленностью. Например, в случае придания экранным образам религиозной окраски, трансцендентных свойств, можно говорить, что экранный хронотоп носит характер сакрального хронотопа. В этом плане можно говорить о сакральном хронотопе в фильмах Тарковского [3, с. 349]. Но о сакральном хронотопе можно говорить и в случае исторической «царской кинохроники», где он является доминантой организации пространства и времени.

Всматриваясь в историческую архивную кинохронику, которую отделяют десятилетия от современного зрителя, мы подмечаем нравы и обычаи, царившие в жизни тогда, претерпевшие подчас кардинальные изменения сегодня. Нравы и обычаи играют важную роль в конструировании парадигмы жизни, присущей тому или иному историческому времени. Но стоит подметить, что нравы и обычаи сохраняются в социуме, пока ими пользуются люди, являющиеся носителями жизни. С течением времени меняются поколения людей, и каждому новому поколению свойственны и актуальны свои нравы и обычаи. Именно поэтому видоизменяется сама жизнь и видение этой жизни на экране, как только одному историческому времени придёт на смену другое историческое время.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кинематограф предоставляет возможность визуализировать жизнь как феномен. Важно, что экранная реальность оживает, создавая иллюзию жизни, в том числе, отдалённую от нас историческим временем. Реальность на экране не обладает полнотой, как сама жизнь, но зритель домысливает эту полноту с помощью воображения и фантазии. Жизнь константна как биологический феномен, но изменчива темпорально. Поэтому, с точки зрения сохранения исторической памяти так важен процесс визуализации жизни.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Давыдова О. С., Никонова С. Б., Поликарпова Д. А.* и др. Кинематографический опыт: история, теория, практика: коллективная монография / под ред. А. Е. Радеева, Н. М. Савченковой. Санкт-Петербург : Порядок слов, 2020. 360 с.
2. *Зиммель Г.* Созерцание жизни / Избранное. Т. 2. Москва : Юрист, 1996. 597 с.
3. *Салынский Д. А.* Киногерменевтика Тарковского. Москва : Продюсерский центр «Квадрига», 2009. 576 с.
4. *Ямпольский М. Б.* Изображение. Курс лекций. Москва : Новое литературное обозрение, 2024. 424 с.

Victor C. Belyakov

VISUALIZATION OF LIFE

Victor C. Belyakov, Ph.D. in History of Arts

E-mail: vic.belyakov@gmail.com

Sergiev Posad branch of VGIK

The article examines the reflection of the phenomenon of life on the movie screen and the features of screen reality that arise in this case. The movie screen does not reproduce the internal content of reality, and the viewer thinks it out with the help of imagination and fantasy. The process of visualizing life is important from the point of view of historical memory.

Key words: life, phenomenon, cinema, imagination, fantasy, nature, screen reality, actor.

REFERENCES

1. Davydova O. S., Nikonova S. B., Polikarpova D. A. i dr. *Kinematograficheskii opyt: istoriya, teoriya, praktika: kollektivnaya monografiya* / pod red. A. E. Radeeva, N. M. Savchenkovi. St. Petersburg : Poryadok slov, 2020. 360 p.
2. Zimmel' G. *Sozertsanie zhizni / Izbrannoe. T. 2.* Moscow : Yurist, 1996. 597 p.
3. Salynskii D. A. *Kinogermenevtika Tarkovskogo.* Moscow : Prodyuserskii tsentr "Kvadriga", 2009. 576 p.
4. Yampol'skii M. B. *Izobrazhenie. Kurs lektsii.* Moscow : Novoe literaturnoe obozrenie, 2024. 424 p.

УДК 778.534.1

ББК 74.262.21

Полонеева В. Е.

**ПРОСТРАНСТВЕННОЕ МЫШЛЕНИЕ
В МАТЕМАТИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ:
ЭФФЕКТИВНЫЕ СТРАТЕГИИ, МЕТОДЫ
И ПРАКТИКА ОБУЧЕНИЯ**

Полонеева Виктория Евгеньевна, кандидат экономических наук

E-mail: Victoria.poloneeva@gmail.com

Школа «Логос М» (г. Мытищи, Московская область)

Пространственное мышление является ключевым когнитивным навыком, необходимым для успешного освоения школьных дисциплин, таких как геометрия, физика, черчение и информатика. В статье рассматриваются компоненты пространственного мышления, методы его диагностики и развития, а также роль современных образовательных технологий в формировании данного вида мышления у школьников. Приводятся данные исследований, подтверждающих влияние пространственных способностей на академическую успеваемость и профессиональную ориентацию.

Ключевые слова: пространственное мышление, визуализация, геометрические задачи, 3D-моделирование, когнитивное развитие.

Пространственное мышление можно охарактеризовать как способность воспринимать, анализировать и мысленно оперировать зрительными образами, формами и отношениями объектов в трёхмерном пространстве. Оно играет важную роль в изучении математики, геометрии, черчения, физики, информатики, а также в творческих дисциплинах, таких как рисование и дизайн [4].

Основными компонентами пространственного мышления являются:

1. Визуализация — умение мысленно представлять объекты и их изменения (поворот, масштабирование, развёртка).
2. Ориентация в пространстве — понимание расположения объектов относительно друг друга и себя [2].
3. Мысленные трансформации — вращение, отражение, проекции (например, вид сверху/сбоку).
4. Анализ геометрических свойств — понимание симметрии, пропорций, перспективы.

Согласно классификации Б. Ф. Ломова пространственное мышление включает [1]:

1. Пространственное воображение (способность мысленно представлять объекты).
2. Пространственную ориентацию (понимание расположения объектов относительно друг друга).
3. Мысленные трансформации (вращение, масштабирование, проекции).

Более современные исследования выделяют [2]:

1. Визуально-пространственную рабочую память (удержание и манипулирование образами).
2. Динамическое пространственное мышление (анализ движущихся объектов).
3. Статическое пространственное мышление (работа с фиксированными формами).

Для школьников представляется возможным использование следующих методов формирования пространственного мышления в рамках основного и дополнительного образования:

1. Практические задания и игры:
 - конструкторы (Lego, магнитные, 3D-пазлы) — развивают понимание форм и сборки;
 - головоломки (кубик Рубика, танграм, змейка) — тренируют мысленные трансформации [4];
 - черчение и 3D-моделирование (в том числе в программах типа Tinkercad, Blender и т. д.).
2. Геометрические упражнения:
 - задачи на построение сечений фигур;
 - определение вида фигуры по развёртке;
 - графические диктанты (рисование по координатам).

3. Использование технологий:

- приложения для VR/AR (например, Google Tilt Brush, GeoGebra 3D);
- компьютерные игры с элементами строительства (Minecraft, Roblox Studio) [3].

4. Художественные методы:

- рисование в перспективе;
- лепка из пластилина или глины;
- создание макетов из бумаги (оригами, склеивание многогранников).

Также возможно выделить следующие повседневные упражнения, которые способны развить пространственное мышление:

- навигация по картам (включая электронные);
- оценка расстояний и объёмов «на глаз»;
- описание маршрутов и расположения предметов словами.

В отечественной педагогике используются следующие методы оценки пространственного мышления:

- тест умственного вращения (адаптированный вариант методики Шепарда и Мецлера);
- методика «Кубы» (анализ развёрток, применяется в школе);
- графические диктанты (оценка пространственной ориентации) [4].

Исследования показывают, что уровень развития пространственного мышления у российских школьников коррелирует с успеваемостью по математике и черчению. При этом отмечается, что целенаправленное обучение может значительно улучшить пространственные способности.

Проведём анализ программы курса математики в 5 классе на основе учебника «Математика» Н. Я. Виленкина В данном учебнике тема «Объёмные фигуры» (геометрические тела) рассматривается в рамках раздела «Геометрические фигуры и величины» (обычно в конце учебного года). Она предваряет более глубокое изучение стереометрии в старших классах. Учебник знакомит пятиклассников с базовыми объёмными фигурами:

- прямоугольный параллелепипед (основной акцент);
- куб (как частный случай параллелепипеда);
- цилиндр, шар, конус, пирамида (в ознакомительном порядке).

При этом ученики усваивают следующие ключевые характеристики:

- грани, рёбра, вершины у параллелепипеда и куба;
- развёртки простейших фигур.

Учебник использует практико-ориентированный подход, включая:

- наглядные иллюстрации (рисунки фигур в разных проекциях);
- задачи на подсчёт рёбер, вершин, граней;
- практические задания: построение развёрток из бумаги;
- связь с реальной жизнью: примеры предметов, имеющих форму изучаемых фигур (коробка, банка и т. д.);
- задачи на визуализацию (например, «Сколько кубиков в фигуре?»);
- понятие объёма.

К основным недостаткам и ограничениям данного раздела школьной программы математики в 5 классе можно отнести минимум пространственных задач (нет сложных заданий на мысленное вращение фигур) и отсутствие цифровых инструментов (нет ссылок на 3D-моделирование или интерактивные задания).

В рамках изучения данной темы в 5-х классах школы «Логос М» (Московская область, г. о. Мытищи) была проведена проверочная

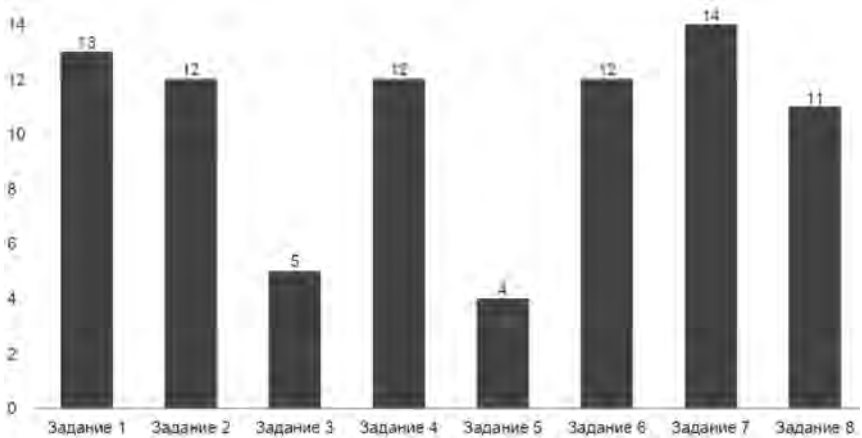


Рис. 1. Результаты выполнения работы в рамках раздела «Прямоугольный параллелепипед и куб» в 5 «А» классе



Рис. 2. Иллюстрация к задаче 3 проверочной работы

работа на базе цифровой образовательной платформы «ЯКласс» (<https://www.yaklass.ru>). Работа имела следующую структуру:

1. Грани прямоугольного параллелепипеда.
2. Вид треугольника.
3. Подарочная упаковка.
4. Ребра куба.
5. Длина пути.
6. Поверхность геометрического тела.

7. Объём прямоугольного параллелепипеда.
8. Высота прямоугольного параллелепипеда.

Результаты выполнения работы в рамках раздела «Прямоугольный параллелепипед и куб» в 5 «А» классе приведены на рис. 1.

Рассмотрим более подробно те задания, которые вызвали у школьников наибольшее затруднение:

1. Подарок упакован в коробку, которая имеет форму прямоугольного параллелепипеда. Длины двух сторон грани основания — 7 см и 14 см, длина бокового ребра коробки — 14 см. Определи необходимую длину ленты для упаковки, если на завязывание банта уйдёт 42 см ленты.

Результат выполнения задания — 33% (5 верных ответов из 15).

2. Муха ползает по поверхности куба вдоль серой линии от точки А к точке В. Определи длину проделанной мухой дороги, если площадь грани куба равна 16 квадратным единицам измерения (в данном случае муха доползает до середины ребра).

Результат выполнения задания — 27% (4 правильных ответа из 15).

Анализ результатов данной работы, опрос учеников и выполненная работа над ошибками с подробным разбором заданий выявил наличие проблемы с на-

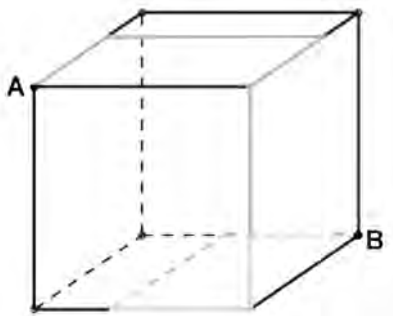


Рис. 3. Иллюстрация к задаче 5 проверочной работы

глядностью и визуализацией. Недостаток таких навыков затруднил понимание объёмных фигур и сложных пространственных отношений.

Анализ результатов эксперимента также выявил ключевые факторы, затрудняющие решение пространственных задач: слабое развитие топологических представлений (33% успешности), ограниченный опыт работы с 3D-моделями (27% успешности) и недостаточное использование интерактивных методов обучения.

На основе полученных результатов работы с пятиклассниками было принято решение о проведении практической работы по созданию оригами и геометрических аппликаций. Для его проведения были использованы:

- набор «Волшебные грани» (индивидуальный набор для каждого ученика — рис. 4);
- клей ПВА;
- кисти;
- гигиенические принадлежности.

В процессе выполнения практической работы ученики 5 классов столкнулись со следующими проблемами:

- конструктивные сложности и неумение работать по инструкции;



Рис. 4. Набор «Волшебные грани»

— требования к пространственному мышлению (уровни сложности от начального до профи);

— ограничения в использовании материалов;

— понимание геометрических концепций;

— организационно-поведенческие проблемы (аккуратность, работа с клеем).

Проведение данного практического урока позволило добиться следующих результатов:

— развитие пространственного воображения;

— практическое применение математических знаний;

— развитие логического и абстрактного мышления;

— создание ситуации успеха;

— визуализация математических концепций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пространственное мышление является важным компонентом когнитивного развития школьников. Его развитие требует системного подхода, включающего традиционные методы (геометрические задачи, черчение) и современные технологии (3D-моделирование, VR). Дальнейшие исследования могут быть направлены на изучение влияния пространственного мышления на успешность в STEM-профессиях.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Ломов Б. Ф.* Методологические и теоретические проблемы психологии. Москва : Наука, 1984. 444 с.

2. *Newcombe N. S., Shipley T. F.* Thinking about spatial thinking: New typology, new assessments // *Studying Visual and Spatial Reasoning for Design Creativity* / Ed. by J. S. Gero. Dordrecht : Springer, 2015. P. 179–192.

3. *Uttal D. H., Meadow N. G., Tipton E., Hand L. L., Alden A. R., Warren C., Newcombe N. S.* The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies // *Psychological Science*. 2013. Vol. 24. No 6. P. 605–610.

4. *Wai J., Lubinski D., Benbow C. P.* Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge // *Journal of Educational Psychology*. 2009. Vol. 101. No 4. P. 817–835.

Victoria E. Poloneeva

**SPATIAL THINKING IN MATHEMATICS EDUCATION:
EFFECTIVE STRATEGIES, METHODS AND TEACHING
PRACTICES**

Victoria E. Poloneeva, PhD (Economic)

E-mail: Victoria.poloneeva@gmail.com

School “Logos M”, Mytishchi

Spatial thinking is a key cognitive skill essential for mastering school subjects such as geometry, physics, technical drawing, and computer science. The article examines the components of spatial thinking, methods for its assessment and development, and the role of modern educational technologies in fostering this type of thinking among school students. Research findings are presented that demonstrate the impact of spatial abilities on academic achievement and career orientation.

Key words: spatial thinking, visualization, geometric problems, 3D modeling, cognitive development.

REFERENCES

1. Lomov B. F. Metodologicheskie i teoreticheskie problemy psikhologii. Moscow : Nauka, 1984. 444 p.

2. Newcombe N. S., Shipley T. F. Thinking about spatial thinking: New typology, new assessments // *Studying Visual and Spatial Reasoning for Design Creativity* / Ed. by J. S. Gero. Dordrecht : Springer, 2015. P. 179–192.

3. Uttal D. H., Meadow N. G., Tipton E., Hand L. L., Alden A. R., Warren C., Newcombe N. S. The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies // *Psychological Science*. 2013. Vol. 24. No 6. P. 605–610.

4. Wai J., Lubinski D., Benbow C. P. Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge // *Journal of Educational Psychology*. 2009. Vol. 101. No 4. P. 817–835.

**Часть V. ИЗОБРАЖЕНИЯ И ОБРАЗЫ
В ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ**

УДК 1Ф
ББК 87

Пронин М. А.

ФИЛОСОФСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА «ТЕОРИИ ОШИБОК» В РАЗРАБОТКАХ П. М. ЭРДНИЕВА В ДИДАКТИКЕ АРИФМЕТИКИ — ВИРТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД

Пронин Михаил Анатольевич, кандидат медицинских наук
SPIN-код: 3114-0112, ORCID: 0000-0003-0594-6500
E-mail: pronin@iph.ras.ru
Институт философии Российской академии наук

В статье продолжена философская экспертиза парадигмальных проблем грядущего совмещения технологий виртуальной реальности и искусственного интеллекта. Ранее было показано, что психологические ошибки неразличения будут облигатным фактом их развития, как и экзистенциалами всей цифровой экономики; природа подобных ошибок вскрыта в отечественной виртуальной психологии (виртуалистике) Н. А. Носова. В связи с этим была обоснована, во-первых, необходимость развития навыков самоконтроля у пользователей обеих групп/классов технологий, и, во-вторых, показано, что идеи укрупнённых дидактических единиц выдающегося педагога-новатора П. М. Эрдниева могут быть использованы для работы с ошибками психологической природы в виртуальной реальности и искусственного интеллекта (профилактика, предупреждение, выявление, пресечение, исправление и пр.). В целях реализации представленной ранее мини-программы фундаментальных, поисковых и прикладных разработок в данной области, в том числе разработка философско-антропологического концепта «Homo erratus» — «Человек ошибающийся», —

в настоящей публикации введены основания из виртуального подхода достаточные для сравнения новаций П. М. Эрдниева и виртуалистики в рамках «комплексных и междисциплинарных исследований человека как целостности», объявленных академиком И. Т. Фроловым при создании им Института человека РАН. Сформулированы некоторые гипотезы и идеи к следующим шагам данной мини-программы.

Ключевые слова: философская и гуманитарная экспертиза, виртуалистика, технологии виртуальной реальности, ошибки неразличения, навыки самоконтроля, укрупнённая дидактическая единица (УДЕ), целостный человек, человек ошибающийся, виртуальный человек, Н. А. Носов, И. Т. Фролов, П. М. Эрдниев.

ВВЕДЕНИЕ: О МИНИ-ПРОГРАММЕ РАБОТ ПО ФИЛОСОФСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ «ТЕОРИИ ОШИБОК» В РАЗРАБОТКАХ П. М. ЭРДНИЕВА

Настоящая статья продолжает серию нескольких потоков наших научных исследований, как таковые предложила понимать Е. А. Мамчур [4], и публикаций соответствующих им результатов философской экспертизы парадигмальных проблем грядущего совмещения технологий виртуальной реальности и искусственного интеллекта.

Как технологии виртуальной (virtual reality — VR), дополненной (augmented reality — AR) и заместительной (substitutional reality — SR) реальностей — далее TVR, — относятся к технологиям «редактирования сознания», к технологиям «редактирования человека» [14, 16], так и технологии искусственного интеллекта (ИИ) «редактируют» принятие решений, а, значит, и волю, и сознание, и поведение, и самого человека [15].

«Традиционные инструменты гуманитарной экспертизы данных технологий берутся из гуманитарной (философия, психология, социология и право), естественнонаучной (медицина, биология и пр.), инженерно-технической, математической и управленческой сфер: их дисциплинарная автономность — специфичность собственных пространственно-временных атрибутов, т. е. независимость относительно друг друга, с одной стороны, очевидна. С другой, очевидная междисциплинарность данных областей научно-технологического прогресса требует соответствующих усилий, в том числе и организационных. Поэтому круглый стол “Технологии виртуальной реальности: философская, гуманитарная и техни-

ческая экспертиза”, став традиционным для конференций “Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе, науке, образовании, медиа и в других областях” и “Инновационные технологии в кинематографе, медиаиндустрии и образовании”^{*} позволяет обсуждать комплексное междисциплинарное проблемное поле... TVR» [13, с. 184, 185].

В предыдущих публикациях^{**} было показано, что «ошибки неразличения» психологической природы — главный корневой эффект у технологий TVR и ИИ для всех последующих «взыскуемых» эффектов «иммерсивности» / погружения человека в ту или иную порождаемую данными технологиями реальность. Чем TVR лучше обманывают мозг, сознание человека, тем они более эффективные, тем больше «вау-эффект» они создают.

«Анализ общей проблематики TVR и технологий ИИ закономерно приводит к философской проблеме “управления доверием” — верой в социальном смысле, — которая становится ключевой в гуманитарной экспертизе безопасности технологий редактирования сознания и человека: прежде всего, безопасности TVR и ИИ как факторов цифрового этапа развития научно-технологического прогресса. Это та точка/поле, где “параллельные прямые” технологий виртуальной реальности и технологий ИИ пересекутся» [13, с. 187].

Опустим здесь промежуточные шаги в логическом выводе, что представлены ранее; заключение состоит в том, что жизнь потребует развития навыков самоконтроля у пользователей данных технологий. Причём для TVR и ИИ они будут носить качественные различия — об этом также было написано ранее [15]; на данном шаге их дифференциация преждевременна.

В отношении профилактики ошибок имеются разработки выдающегося советского и российского учителя, педагога и учёного

* С материалами конференций можно познакомиться, например, в Российской государственной библиотеке, в электронной библиотеке eLibrary.ru или на сайте Международного института новых образовательных технологий Российского государственного гуманитарного университета по ссылкам: http://www.minot.ru/conf/_innov.php и http://www.minot.ru/conf/_3d.php.

** Список трудов школы виртуалистики Н. А. Носова составляет более 30 работ монографического плана: www.virtualistika.ru, www.виртуалистика.ру.

Пюрви Мучкаевича Эрдниева (15.10.1921 — 16.04.2019) в области дидактики математики, что увенчались созданием им теории укрупнённых дидактических единиц (УДЕ), формированием его научно-педагогической школы, признанием его авторского дидактического подхода как на родине, так и за рубежом.

Изначально предложенный как методический приём, ориентированный на развитие навыков самоконтроля для профилактики ошибок при решении задач на уроках математики у учащихся в начальной школе (кандидатская диссертация Эрдниева [20]), развился в комплексный междисциплинарный подход интенсификации обучения математики в средней школе (докторская [19]); в дальнейшем, как было доказано его учениками и последователями, идея УДЕ, её практическая методология и прикладные решения показали свою работоспособность не только в других школьных предметах, но и в учебных дисциплинах в высшей школе.

Исходя из гипотезы о возможности применить результаты в области теории и практики УДЕ к обучению пользователей TVR и ИИ методам и навыкам самоконтроля была начата разработка — философская экспертиза (термин Б. Г. Юдина [24]), — представленной Эрдниева об ошибках по его работам [18–23].

В качестве методологических инструментов выбраны системные методы — инвариантное моделирование на основе теории гиперкомплексных динамических систем А. Н. Малюты [1–3] и виртуальный подход: виртуалистика — виртуальная философия и психология Н. А. Носова (1952–2002) [6]. Последняя сформировались и выросла на материале ошибок различения — на ошибках психологической природы у лётного состава, таких как посадка самолёта на фюзеляж [7]. В быту, подобные ситуации встречаются, когда человек обознался, оговорился, ослышался, описался, но продолжает делать так, как будто бы сделал правильно; к месту, об «описался» — теоретическая модель энуреза (ночного недержания мочи) опирается на аналогичный механизм [11, с. 70–84].

Объект исследования — теоретическая модель ошибок у учащихся в процессе решения задач по математике: арифметике в начальной школе и математике (алгебре) и геометрии в школе средней. Предмет(ы) исследований — философия ошибки: теоретическая, практическая и прикладная; подчеркнём: сам автор УДЕ о «философии ошибки» в своих работах не говорит.

Эрдниев, не даром он был избран в члены Академии педагогических наук СССР (ныне Российская академия образования), провёл большую теоретическую работу по обоснованию фундаментальных оснований теории УДЕ; обобщённая характеристика привлекаемых им для этого подходов и дисциплин дана нами в [12]. Одновременно им решались задачи практические и прикладные: разработка методических пособий для учителей, сквозной системы учебников математики, алгебры и геометрии для всех классов средней школы, в основу которых положены идеи УДЕ. Обобщая, можно утверждать, что массив его наработок на абстрактном (теоретическом), абстрактно-предметном и предметно-конкретном уровнях формирует целостную совокупность материала настоящих исследований.

Вводная постановка мини-программы данных исследований сформулирована в публикации [12] в следующем виде: «Настоящее исследование творчества Эрдниева преследует фундаментальные, поисковые и прикладные цели, которые предполагают результаты соответствующего уровня и характера:

— проверку существующего и/или адаптацию/разработку аппарата теоретической, практической и прикладной философии [10];

— поиск теоретических обобщений (закономерностей и/или констант) парадигмального, антропологического и системного/междисциплинарного уровней (укрупнённых теоретических единиц);

— конструирование концептов, методологических инструментов и методик для практик конкретных дисциплин (учебных и научных), технологий и/или технологических платформ».

В процитированной работе также указано, что «мини-программа реализует идеологию «принципиально новых комплексных междисциплинарных исследований человека как целостности», предложенную академиком И. Т. Фроловым (1929–1999) [5] как философско-методологическую сверхзадачу для созданного им Института человека РАН (1992–2004)». Там же сформулирована методологическая гипотеза исследования: «Философская экспертиза на основе виртуального подхода — по аналогии — как к проблематике ошибок, так и к самой концепции УДЕ Эрдниева, приведёт к созданию встречной — “обратной” или взаимобратной — дополняющей концепции. Следовательно, в общей постановке речь

будет идти об укрупнённой теоретической единице (УТЕ), включающей УДЕ Эрдниева и, обратную ей, “виртуалистическую” УДЕ.

Виртуалистическая УДЕ, несомненно, будет иметь дидактическую нагрузку: как (на)учить пользователя виртуальными/цифровыми технологиями самостоятельно (!) проверять свои впечатления (переживания), решения и действия?

Укажем, что концепт УТЕ был введён в научный оборот ранее в работе М. А. Пронина “Αντρολογίαια — антропосхизия: к исчислению топологической антропологии” [17]; введение в научный оборот концепта УТЕ в указанной публикации имело теоретический залог. Настоящая мини-программа придаст концепту УТЕ практическую и прикладную направленность. Сама же разработка УТЕ для решения проблем ошибок в эпоху цифрового научно-технического прогресса имеет поисковые характеристики».

Полагаем, что вводная информация о контексте данной мини-программы работ задана.

ВИРТУАЛИСТИКА ОБ ОШИБКАХ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ФИЛОСОФСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ ТАКОВЫХ В РАЗРАБОТКАХ П. М. ЭРДНИЕВА

В данной статье ограничимся внесением в условие задачи «сравнение “теорий ошибки” в новациях Эрдниева и “теории ошибки” в виртуалистике» лишь необходимыми основаниями теоретической философии виртуального подхода, значимыми для данного сравнения, так как в предшествовавших, уже цитированных публикациях (прежде всего [12]), были кратко представлены как виртуальная философия практическая и прикладная, так и ключевые идеи УДЕ в отношении понимания ошибок.

Тем не менее, для малоосведомлённых в истории виртуалистики читателей (подробнее с нею можно ознакомиться в монографии Пронина «Виртуалистика в Институте человека РАН» [11]), во-первых, укажем, что разработка проблемы ошибок была начата Носовым в конце 1960-ых годов на примере спорадических (!) ошибок у операторов (военных лётчиков) в процессе их нормативной деятельности — во время обычных полётов; разработка увенчалась защитой им кандидатской диссертации [8], а затем и книгой «Ошибки пилота: психологические причины», вышедшей в издательстве «Транспорт» в 1990 году [7].

А, во-вторых, Носов выбрал в качестве материала исследований «проклятие» авиации — ошибку «посадка самолёта на фюзеляж». Им было показано, что данные ошибки следует отнести к ошибкам психологической природы, а не квалифицировать их как «пропуск» (отвлечение внимания), «забывание» или «халатность». В виртуальном подходе, процитируем Носова, «невывпуск шасси обусловлен уверенностью бортмеханика в том, что шасси он выпустил, а не “забыванием” или “халатностью”. Поэтому он и не смотрит на пилотажно-посадочный сигнализатор, чтобы проверить себя (ведь зачем перепроверять то, в чём уверен?). По этой же причине игнорирует табло “Выпусти шасси”. Следовательно, означение данной ошибки как “пропуск”, как это обычно делается, есть фиксация лишь внешнего плана деятельности (бортмеханик не осуществил очередной штатной процедуры — не выпустил шасси), во внутреннем же плане нет пропуска — бортмеханик не совершает эту процедуру, поскольку уверен, что уже совершил её.

Явление уверенности в выполненности на самом деле не совершенной процедуры называется “феноменом выполненности”.

Здесь нужно чётко различать причины возникновения ошибки и возникновения происшествия. Если ошибка будет вовремя исправлена, то происшествия не произойдёт» [7, с. 31].

Ну и, в-третьих, после разработки теоретической модели ошибки на основе психологических механизмов её возникновения — порождение «феномена псевдодействия», — и проверки в «лабораторном эксперименте» (исследование в виде «естественного эксперимента», очевидно, что в авиации чаще всего недопустимо) воспроизводимости данных феноменов, им были решены задачи «возможности управления проявлением изучаемых феноменов и выявление средств их элиминации в качестве прототипа мер по борьбе с соответствующими ошибками» [7, с. 41].

Итак, введём в условие задачи «философской экспертизы теории ошибок в технологии УДЕ Эрдниева» определение виртуальной ошибки. «Ошибка, согласно “Словарю виртуальных терминов” [9], — один из видов отклонений от нормативной деятельности. Чтобы неверное действие можно было считать ошибкой, нужно чтобы человек, совершивший это действие, обладал свободой воли, личности, сознания и телесности (иначе это действие явля-

ется вынужденным, пробуемым, спонтанным или недействием), при этом (при наличии свободы воли, личности, сознания и телесности) человек должен иметь достаточную силу воли выполнить действие правильно (иначе это будет слабоволием), иметь личное намерение выполнить действие правильно (иначе это будет преступлением), иметь знания о том (осознавать), что является правильным действием (иначе это будет заблуждением) и физически уметь выполнять действие правильно (иначе это будет неумением)».

Данное определение порождает цепь теоретических, практических и прикладных следствий. Прежде всего, не все ситуации с неверно решёнными учениками задачами относятся к ошибкам. Данный тезис-следствие имеет родовой, если не категориальный статус: неверно решённая задача и ошибка не одно и то же.

Ведь очевидно, что в ситуации, когда ученик только осваивает новый вид деятельности, то есть ещё учится, тогда неверное, неправильное решение следует считать следствием неумения, действия пробуемого, результатом заблуждения, незнания или не(до) понимания и т. д., и т. п.

Конечно, в ситуации незаконченного обучения (освоения комплекса взаимосвязанных знаний, умений и навыков) оценка прогресса в изучении, освоении предмета становится отдельной теоретической, практической, прикладной научно-педагогической задачей. Оставим данную ситуацию и оценку прогресса в обучении для другого случая.

Итак, ученик обучен и, воспользуемся авиационной метафорой, «допущен к самостоятельным полётам!» Следовательно, он уже должен знать, понимать, как решать задачи правильно (иначе это будет заблуждением), уметь решать задачи правильно (иначе это будет неумением). Иметь достаточную силу воли выполнить действие правильно (иначе это будет слабоволием: вместо занятий математикой хочет быстрее заняться играми). У него не должно быть «личностных проблем с математикой»: той же нелюбви к предмету или учителям математики. У него должны быть условия, когда он может решать задачи правильно: например, достаточно времени на решение: вынужденно решает не как обычно, как он привык, в комфортном для него темпе, не торопясь, не отвлекаясь, а должен успеть решить «ко времени» (показа фильма, трансляции футбола), или «на заданное время» — здесь всё ясно.

Только тогда, когда ученик имел все возможности для правильного решения (контрольных) задач, и внутренние, будучи обученным, и внешние — ничто его не отвлекало от целевой деятельности, следует, можно говорить об ошибке! Данные ошибки ученик не замечает: если бы он ошибку заметил, он бы её исправил!

Вот здесь и помогают подходы Эрдниева по развитию навыков самоконтроля при обучении математике [20]. Во введении в своей первой монографии «Развитие навыков самоконтроля при обучении математике» (1957) он пишет: «Одной из важнейших задач методики обучения математике является предупреждение ошибок учащихся.

Причиной подавляющего большинства ошибок по математике является *формализм в знаниях учащихся* (курсив мой. — М. Пронин).

Обучение математике в школе строится в основном на изучении теории и применении теоретических сведений к решению готовых (разрядка автора. — М. Пронин) задач, составленных зачастую без надлежащего учёта специфики усвоения математики.

Совершенно недостаточно в задачниках упражнений, которые содействовали бы развитию творческих способностей учащихся.

Решение готовых, однотипных примеров и задач одинаковыми приёмами в течение длительного времени *вырабатывают у учащихся привычку механически производить заученные математические преобразования* (курсив мой. — М. Пронин) в прямом порядке. Погоня только за количеством решённых задач или примеров приводит к недооценке теоретического обоснования производимых действий.

Решение математического упражнения учащиеся заканчивают большей частью получением лишь ответа, в лучшем случае сверяют результат вычислений с ответом задачника, но не производят проверку решения по условию.

Статьи, посвящённые итогам учебного года и приёмных экзаменов, полны примеров таких ошибок учащихся, которые можно было избежать, если наши учащиеся овладели бы навыками *постоянного самоконтроля* (курсив мой. — М. Пронин) за результатами своей работы» [21, с. 3].

Итак, в ситуации «механической заученности», «формализма», когда ученики «в лучшем случае сверяют результат вычисле-

ний с ответом задачника», в итоге полно «примеров таких ошибок учащихся — процитируем Эрдниева повторно, — которые можно было избежать, если наши учащиеся овладели бы навыками *постоянного самоконтроля за результатами своей работы* (курсив мой. — М. Пронин)». Вот те условия, когда возникают ошибки, которых учащиеся «не замечают»; как, впрочем и авторы задачников и учебников — Эрдниев примеры подобных ошибок у авторов учебников и составителей задачников на страницах цитированной монографии тоже приводит.

По оценкам Носова «это самые трудные для расследования ошибки совершенные в консуетальном состоянии, т. е. тогда, когда и условия полёта, и состояние пилота были совершенно нормальными. О сложности расследования такого рода ошибок говорит, в частности, следующий факт. Когда мы просили пилотов инструкторов объяснить, почему иногда пилоты “забывают” выпустить шасси на посадке, они в один голос отвечали, что такого в принципе быть не может, что это мистика какая-то и объяснению эти случаи не поддаются. Сами пилоты, “забывшие” выпустить шасси, тоже говорили, что ума не приложат, как это могло случиться.

Существует много разных ошибок, совершённых в консуетальном состоянии. Все они связаны с вполне объективными, т. е. *не зависящими от сознания и воли пилота нарушениями функционирования образа полёта* (курсив мой. — М. Пронин)» [7, с. 25, 26]. Описание консуеталов (обычных, обыденных действий) и виртуалов (гратуалов и ингратуалов) оставим пока за скобками; к ним обратимся в своём месте (справиться о данных терминах можно в «Словаре виртуальных терминов» [9]; словарь полностью размещен на сайте www.virtualistika.ru, www.виртуалистика.ру).

Носов приводит перечень таких нарушений, но в данной работе им подробно рассмотрен лишь один вид нарушения: образование псевдодействия. «Каждый акт деятельности в процессе своего осуществления проходит три фазы: еще не выполнен, выполняется, уже выполнен. Каждой из этих фаз соответствует определённое состояние сознания, невыполненному — ожидание (намерение выполнить), выполняемому — актуальность, выполненному — достигнутость. В процессе профессиональной деятельности текущий акт может быть неожиданно прерван необходимостью выполнения какого-то другого экстренного акта. Это прерывание приводит к

появлению структурно неполноценных актов, как прерванного, так и прерывающего. В принципе незавершенность акта заставляет человека вновь вернуться к прерванному действию. Однако бывает так, что сочетание одного неполноценного акта с другим порождает такой комплекс, который структурно является целостным. Такие комплексы называются псевдодействиями. Псевдодействие приводит к неадекватному осознанию осуществляемой деятельности» [7, с. 27, 28].

Теперь приведём вывод Носова: «Таким образом, одним из механизмов появления ошибок в консуетальном состоянии пилота является образование псевдодействий, переживаемых пилотом как целостные акты, т. е. ожидаемые — актуализируемые — с достигнутым результатом. Псевдодействие есть результат сопряжения взаимодополнительных фрагментов разных актов. Основным условием такого сопряжения является высокая *операционализация* (курсив мой. — М. Пронин) одного из актов.

Акты бывают двух видов: действие и операция. Действие — такой акт, который полностью контролируется сознанием, находится в центре внимания. Операция лишь частично контролируется, находится на периферии внимания. Человек может по своему произволу или по необходимости переводить акт из центра внимания на периферию и наоборот. Этим операция отличается от автоматизма, который никогда не меняет своего статуса автоматического акта. Выполнение акта на уровне операции даёт возможность человеку выполнять два акта одновременно — за счёт неполноценности контроля выполнения одного из них. В рассматриваемых нами случаях акт, в котором возникла ошибка, выполняется на уровне операции и контролируется лишь его структурная полнота. А так как образуется псевдодействие — структурно полноценный акт, то ошибочное действие переживается как правильно выполненное. Поэтому оператор не осознаёт такие ошибки и не возвращается к прерванной деятельности, будучи уверенным, что всё сделал правильно» [7, с. 28, 29].

В итоге Носов формулирует общие принципы борьбы с ошибками неразличения: «Поскольку рассмотренные нами ошибки есть результат операционального характера выполнения процедуры и включения ошибочной процедуры в структуру псевдодействия, переживаемого как полноценное действие, то кардинальным спо-

собом борьбы с ошибками данного типа является изменение статуса процедуры как структурного элемента деятельности, а именно: перевод её с уровня операций на уровень действий — аоперационализация (курсив мой. — М. Пронин) процедуры. Поэтому можно говорить о принципе аоперационализации как общем принципе борьбы с ошибками, сопровождающимися неадекватным переживанием (осознанием), так как осознание обеспечивает адекватность осознания поведенческого внешнего плана деятельности» [7, с. 50].

Возможно, сложно увидеть, но методы, предложенные Эрдниевым для борьбы с ошибками у учащихся, могут быть отнесены к способам аоперационализации. Этот вывод есть главный тезис в настоящем кратком сообщении.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: К ФИЛОСОФИИ РАБОТЫ НАД ОШИБКАМИ В ШКОЛЕ

Так как аоперационализация может осуществляться за счёт организации как внутренних (психических), так и внешних средств деятельности, то методы УДЕ полагаем правильным считать скорее внешними — за счёт «внешней» организации учебного материала занятия. Но это уже следующие шаги в выше цитированной мини-программе философской экспертизы теории ошибок в творчестве Эрдниева.

В заключении полагаем, что сформулированная ранее методологическая гипотеза исследования: «Философская экспертиза на основе виртуального подхода — по аналогии — как к проблематике ошибок, так и к самой концепции УДЕ Эрдниева, приведёт к созданию встречной — “обратной” или взаимообратной — дополняющей концепции. Следовательно, в общей постановке речь будет идти об укрупнённой теоретической единице (УТЕ), включающей УДЕ Эрдниева и, обратную ей, “виртуалистическую” УДЕ» (подробнее см. [12]) в данной публикации в общем виде подтверждена. Разработка «философии работы над ошибками» будет продолжена на всех уровнях философии теоретической, практической и прикладной»: «философии родительного падежа» (нотация В. К. Шохина; [10]): философии педагогики, TVR и ИИ.

Отдельные направления — разработка философско-антропологических концептов: *Homo totus* (целостный человек), *Homo erratus* (человек ошибающийся), *Homo virtualis* — виртуальный

человек. Как «сильных конструкторов», позволяющих решать априорные задачи.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Малюта А. Н.* Гиперкомплексные динамические системы. Львов : Выща шк., Изд-во при Львов. ун-те, 1989. 120 с.
2. *Малюта А. Н.* Закономерности системного развития. Киев : Наукова думка, 1990. 136 с.
3. *Малюта А. Н.* Система деятельности. Киев : Наукова думка, 1991. 208 с.
4. *Мамчур Е. А.* О многопоточковой модели развития естественных наук // Электронный философский журнал Vox. 2021. Вып. 33 (июнь). URL: <https://vox-journal.org/html/issues/594/604> (дата обращения: 28.05.2025).
5. Наука и энциклопедия о человеке // Человек. 1994. № 6. С. 46–51.
6. *Носов Н. А.* Виртуальная психология. Москва : Аграф, 2000. 432 с.
7. *Носов Н. А.* Ошибки пилота: психологические причины. Москва : Транспорт, 1990. 64 с.
8. *Носов Н. А.* Психология виртуальных реальностей и анализ ошибок оператора : автореф. дис. ... д-ра психол. наук : 05.02.20 / ВНИИТЭ. Москва : ВНИИТЭ, 1994. 23 с.
9. *Носов Н. А.* Словарь виртуальных терминов / Тр. лаб. виртуалистики. Вып. 7, Труды Центра профориентации. Москва : Путь, 2000. 69 с.
10. Практическая и прикладная философия / отв. ред. А. А. Гусейнов (Серия «Древо смыслов»). Москва, Санкт-Петербург : Центр гуманитарных инициатив, 2024. 326 с.
11. *Пронин М. А.* Виртуалистика в Институте человека РАН. Москва : Рос. акад. наук, Ин-т философии, 2015. 179 с.
12. *Пронин М. А.* Педагогические новации П. М. Эрдниева (1921–2019) в математике: к философско-антропологическому пониманию // Искусственный интеллект и математика в образовании / под общей редакцией О. Н. Раева. Москва : ИПП «КУНА», 2024. С. 78–93.
13. *Пронин М. А.* Технологии виртуальной реальности и/или искусственный интеллект: есть ли инварианты механизмов взаи-

модействия? // Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе, науке, образовании, медиа и в других областях: XVI Международная научно-практическая конференция, Москва, 2–5 апреля 2024 г.: Материалы и доклады / под общей редакцией О. Н. Раева. Москва : ИПП «КУНА», 2024. С. 183–189.

14. *Пронин М. А.* Технологии виртуальной реальности (TVR) и парадигмальный Рубикон психологии // Актуальные проблемы психологии труда, инженерной психологии и эргономики. Вып. 8. Москва : Институт психологии РАН, 2018. С. 115–134.

15. *Пронин М. А.* Философия как экспертиза: искусственный интеллект — феномен неразличения и развитие навыков самоконтроля у пользователей // Материалы конференции: Искусственный интеллект и математика в образовании / под общей редакцией О. Н. Раева. Москва : ИПП «КУНА», 2024. С. 158–175.

16. *Пронин М. А.* Экзистенция: реальности с облигатным блокированием рефлексии // Рефлексивные процессы и управление. Сборник материалов XII Международного научно-практического междисциплинарного симпозиума «Рефлексивные процессы и управление», 17–18 октября 2019 г., Москва / отв. ред. В. Е. Лепский. Москва : Когито-Центр, 2019. С. 231–236.

17. *Пронин М. А.* Αντροποσχιζία — антропосхизия: к исчислению топологической антропологии // Социальные и гуманитарные науки на Дальнем Востоке. 2019. Т. XVI. Вып. 3. С. 82–94.

18. *Эрдниев П. М.* О некоторых ошибках // Математика в школе. 1964. № 4. С. 51–52.

19. *Эрдниев П. М.* Проблемы интенсификации обучения математике: дис. докт. педагогических наук : [в форме научного доклада] : 13.00.02 — методика обучения математике. Алма-Ата : Гос. педагогич. ин-т им. Абая. 1973. 68 с.

20. *Эрдниев П. М.* Развитие навыков самоконтроля в связи с активизацией процесса при обучении математике: автореф. дис. канд. пед. наук / Москва : АПН РСФСР, НИИ Методов обучения. 1957. 17 с.

21. *Эрдниев П. М.* Развитие навыков самоконтроля при обучении математике. Москва : УЧПЕДГИЗ, 1957. 71 с.

22. *Эрдниев П. М.* Укрупнение дидактических единиц как технологии обучения: в 2 ч. Ч. 1. Москва : Просвещение, 1992. 175 с.

23. *Эрдниев П. М., Эрдниев Б. П.* Теория и методика обучения математике в начальной школе. Москва : Педагогика, 1988. 208 с.

24. Юдин Б. Г. О понятии философской экспертизы // Ценностные основания научного познания / отв. ред. Г. Л. Белкина; Ред.-сост. М. И. Фролова. Москва : ЛЕНАНД, 2017. С. 45–56.

Mikhail A. Pronin

PHILOSOPHICAL EXAMINATION OF “THE THEORY OF MISTAKES” IN P. M. ERDNIYEV’S DEVELOPMENTS IN ARITHMETICS DIDACTICS — VIRTUAL APPROACH

Mikhail A. Pronin, Ph.D. in Medicine

E-mail: pronin@iph.ras.ru

Institute of Philosophy, Russian Academy of Sciences

This paper continues the philosophical examination of the paradigmatic problems of the future combination of virtual reality and artificial intelligence technologies. As it has been previously demonstrated the psychological errors of non-distinction would be an obligatory fact of their development, as well as existentials of the entire digital economy; the nature of such errors is revealed in the domestic virtual psychology (virtualistics) by N.A. Nosov. In this regard, firstly the need to develop self-control skills by users of both groups/classes of technologies has been substantiated. Secondly, the ideas of enlarged didactic units of the outstanding innovative teacher P.M. Erdniev might be used to work with errors of a psychological nature in virtual reality and artificial intelligence (prevention, warning, detection, suppression, correction, etc.). In order to implement the previously presented mini-program of fundamental, exploratory and applied developments in this area, including the development of the philosophical and anthropological concept of “Homo erratus” — “The fallible human”, — this publication introduces the grounds from the virtual approach sufficient for comparing the innovations of P.M. Erdniev and virtualistics within the framework of “comprehensive and interdisciplinary studies of human as a whole”, announced by Academician I. T. Frolov at the time of creation of the Institute of Human of the Russian Academy of Sciences. Some hypotheses and ideas for the next steps of this mini-program have been formulated.

Key words: philosophical and humanitarian expertise, virtualistics, virtual reality technologies, errors of non-distinction, self-control skills, enlarged didactic unit (EDU), integral man, fallible human, virtual human, N. A. Nosov, I. T. Frolov, P. M. Erdniev.

REFERENCES

1. Malyuta A. N. Giperkompleksnyye dinamicheskie sistemy. L’vov : Vyshcha shk., Izd-vo pri L’vov. un-te, 1989. 120 p.

2. Malyuta A. N. Zakonomernosti sistemnogo razvitiya. Kiev : Naukova dumka, 1990. 136 p.
3. Malyuta A. N. Sistema deyatel'nosti. Kiev : Naukova dumka, 1991. 208 p.
4. Mamchur E. A. O mnogopotokovoi modeli razvitiya estestvennykh nauk // Elektronnyi filosofskii zhurnal Vox. 2021. Vol. 33 (June). URL: <https://vox-journal.org/html/issues/594/604> (data obrashcheniya: 28.05.2025).
5. Nauka i entsiklopediya o cheloveke // Chelovek. 1994. No 6. P. 46–51.
6. Nosov N. A. Virtual'naya psikhologiya. Moscow : Agraf, 2000. 432 p.
7. Nosov N. A. Oshibki pilota: psikhologicheskie prichiny. Moscow : Transport, 1990. 64 p.
8. Nosov N. A. Psikhologiya virtual'nykh real'nostei i analiz oshibok operatora : avtoref. dis. ... d-ra psikhol. nauk : 05.02.20 / VNIITE. Moscow : VNIITE, 1994. 23 p.
9. Nosov N. A. Slovar' virtual'nykh terminov / Tr. lab. virtualistiki. Vol. 7, Trudy Tsentra proforientatsii. Moscow : Put', 2000. 69 p.
10. Prakticheskaya i prikladnaya filosofiya / otv. red. A. A. Guseinov (Seriya "Drevo smyslov"). Moscow, St. Petersburg : Tsentr gumanitarnykh initsiativ, 2024. 326 p.
11. Pronin M. A. Virtualistika v Institute cheloveka RAN. Moscow : Ros. akad. nauk, In-t filosofii, 2015. 179 p.
12. Pronin M. A. Pedagogicheskie novatsii P. M. Erdnieva (1921–2019) v matematike: k filosofsko-antropologicheskomu ponimaniyu // Iskusstvennyi intellekt i matematika v obrazovanii / pod obshchei redaktsiei O. N. Raeva. Moscow : IPP "KUNA", 2024. P. 78–93.
13. Pronin M. A. Tekhnologii virtual'noi real'nosti i/ili iskusstvennyi intellekt: est' li invarianty mekhanizmov vzaimodeistviya? // Zapis' i vosproizvedenie ob"emnykh izobrazhenii v kinematografe, nauke, obrazovanii, media i v drugikh oblastiakh: XVI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, Moscow, 2–5 April 2024: Materialy i doklady / pod obshchei redaktsiei O. N. Raeva. Moscow : IPP "KUNA", 2024. P. 183–189.
14. Pronin M. A. Tekhnologii virtual'noi real'nosti (TVR) i paradigmal'nyi Rubikon psikhologii // Aktual'nye problemy psikhologii

truda, inzhenernoi psikhologii i ergonomiki. Vol. 8. Moscow : Institut psikhologii RAN, 2018. P. 115–134.

15. Pronin M. A. Filosofiya kak ekspertiza: iskusstvennyi intellekt — fenomen nerazlicheniya i razvitie navykov samokontrolya u pol'zovatelei // Materialy konferentsii: Iskusstvennyi intellekt i matematika v obrazovanii / pod obshchei redaktsiei O. N. Raeva. Moscow : IPP “KUNA”, 2024. P. 158–175.

16. Pronin M. A. Ekzistentsiya: real'nosti s obligatnym blokirovaniem refleksii // Refleksivnye protsessy i upravlenie. Sbornik materialov XII Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo mezhdistsiplinarnogo simpoziuma “Refleksivnye protsessy i upravlenie”, 17–18 October 2019, Moscow / otv. red. V. E. Lepskii. Moscow : Kogito-Tsentr, 2019. P. 231–236.

17. Pronin M. A. Αντροποσχίζια — antroposkhiziya: k ischisleniyu topologicheskoi antropologii // Sotsial'nye i gumanitarnye nauki na Dal'nem Vostoke. 2019. T. XVI. Vol. 3. P. 82–94.

18. Erdniev P. M. O nekotorykh oshibkakh // Matematika v shkole. 1964. No 4. P. 51–52.

19. Erdniev P. M. Problemy intensivatsii obucheniya matematike: dis. dokt. pedagogicheskikh nauk : [v forme nauchnogo doklada] : 13.00.02 — metodika obucheniya matematike. Alma-Ata : Gos. pedagogich. in-t im. Abaya. 1973. 68 p.

20. Erdniev P. M. Razvitie navykov samokontrolya v svyazi s aktivizatsiei protsessa pri obuchenii matematike: avtoref. dis. kand. ped. nauk / Moscow : APN RSFSR, NII Metodov obucheniya. 1957. 17 p.

21. Erdniev P. M. Razvitie navykov samokontrolya pri obuchenii matematike. Moscow : UChPEDGIZ, 1957. 71 p.

22. Erdniev P. M. Ukrupnenie didakticheskikh edinits kak tekhnologii obucheniya: v 2 ch. Ch. 1. Moscow : Prosveshchenie, 1992. 175 p.

23. Erdniev P. M., Erdniev B. P. Teoriya i metodika obucheniya matematike v nachal'noi shkole. Moscow : Pedagogika, 1988. 208 p.

24. Yudin B. G. O ponyatii filosofskoi ekspertizy // Tsennostnye osnovaniya nauchnogo poznaniya / otv. red. G. L. Belkina; Red.-sost. M. I. Frolova. Moscow : LENAND, 2017. P. 45–56.

УДК 778.534.1

ББК 37.95

Раев О. Н.

О ТЕРМИНАХ «ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ», «ИЗОБРАЖЕНИЕ» И «ОБРАЗ»

Раев Олег Николаевич, кандидат технических наук, доцент

SPIN-код: 8199-6814, ORCID: 0009-0002-5863-0091

E-mail: ncenter@list.ru

Технологический университет имени дважды Героя Советского
Союза, лётчика-космонавта А. А. Леонова,

Сергиево-Посадский филиал Всероссийского государственного
университета кинематографии имени С. А. Герасимова

Институт философии Российской академии наук

В статье проанализирована практика применения терминов «виртуальность», «виртуальная реальность», «технологии виртуальной реальности». Показано, что единства понимания этих основополагающих в виртуалистике терминов среди пользователей не наблюдается, а также то, что не все технологии, называемые виртуальными, таковыми являются. С другой стороны, большинство не понимает, что технологии виртуальной реальности это не только цифровые технологии, они существуют с тех пор, как стали проявляться творческие возможности Homo Sapiens.

В основе большинства технологий виртуальной реальности, воздействующих на органы чувств человека, лежит формирование и демонстрация человеку изображений в широком понимании этого термина. А при восприятии изображений в сознании человека появляются образы объектов.

Ключевые слова: виртуальность, виртуальная реальность, технологии виртуальной реальности, изображение, знаково-символьная информация, восприятие, иллюзии, образ.

Сегодня почти все знают или, по крайней мере, что-то слышали или читали какие-то тексты с терминами «виртуальный» и «виртуальная реальность». Так, при проведении анкетирования учащихся школ, колледжей, вузов и преподавателей, проведённого Раевым О. Н., Скрипкиной Е. В. и Чаусовой О. В. в 2024 году, на вопрос «Вы ранее слышали или читали тексты с термином “виртуальная реальность”» положительно ответили 90% респондентов из 728 заполнивших анкету [10].

Термин «виртуальный» используется в самых разных областях науки, хозяйственной и культурной деятельности. Например, в таких областях как:

— квантовая физика (виртуальные фотоны, виртуальные частицы);

— компьютерная техника и программирование (виртуальная машина, виртуальная память, виртуальная файловая система, виртуальная консоль, виртуальное наследование, виртуальный скрининг, виртуальная частная сеть и др.);

— предприятия и организация деятельности предприятий (виртуальная организация, виртуальное предприятие, виртуальный коллектив, виртуальный секретарь и др.);

— технические средства и технологии, предназначенные для восприятия информации человеком, в том числе технологии демонстрации изображений, коммуникации, социальные сети;

— другие отрасли [6].

Возможно ли такое разнообразие представлений о виртуальной реальности и технологий, которые относят к технологиям виртуальной реальности, объединить в единую практическую теорию?

Для этого предварительно кратко напомним о сути некоторых явлений и технологий, где применяется термин «виртуальный».

1. Виртуальные частицы в квантовой физике являются элементами модели взаимодействия реальных квантовых частиц, т. е. некими частицами, которые существуют только в момент взаимодействия реальных квантовых частиц, а потом исчезают, но без которых сегодня не удаётся описать процесс взаимодействия ре-

альных частиц в квантовом мире. И возникает вопрос: «Какое отношение эти теоретические частицы имеют к виртуалистике кроме своего названия?»

2. Виртуальные машины, применяемые в компьютерных технологиях. Виртуальная машина это программное средство (иногда аппаратное), которое позволяет организовать на компьютере отдельные программные среды, изолирующие друг от друга прикладные программы и даже операционные системы, т. е. виртуальная машина может эмулировать работу отдельных компонентов аппаратного обеспечения и даже реального компьютера. Более того, на одном компьютере может быть установлено несколько виртуальных машин. Таким образом, виртуальная машина это программный продукт, редко аппаратное средство, но при чём тут виртуальная реальность?

3. Существуют технические средства, называемые «шлемами виртуальной реальности» и «очками виртуальной реальности». В действительности это ни что иное как дисплеи, крепящиеся на голове пользователя, т. е. наголовные дисплеи. За рубежом такие устройства именно так и называются — Head Mounted Display. Для того, чтобы разместить дисплеи непосредственно перед глазами пользователя, они вмонтированы в устройство, которое пользователь надевает на голову. И чем тогда отличается просмотр фильма в наголовном дисплее от просмотра в зале кинотеатра? По сути — ничем. Только расстоянием экранов от глаз зрителя и тем, что в наголовном дисплее в поле зрения не попадают реальные объекты. Но и это не всегда так. Конструкции наголовных дисплеев существуют и такие, в которых пользователь одновременно видит реальные объекты и изображения отсутствующих объектов в данный момент времени в данном месте пространства. Такие устройства которые потребители называют очками виртуальной реальности, но чаще — шлемами или очками дополненной реальности.

4. Есть предприятия и организации, называющие себя виртуальными [5], виртуальные социальные сети [7] и т. д. Здесь речь идёт всего-навсего о средстве связи — интернете, которое используется для коммуникаций удалённо распределённых в пространстве подразделений предприятий, сотрудников или отдельных субъектов. Но тогда любое средство связи это тоже средство технологий виртуальной реальности.

Даже эти приведённые четыре примера показывают, что в последнее время сложился слишком большой разбой в понимании виртуалистики у пользователей из разных отраслей из-за различий представлений о технологиях, называемых разработчиками и продавцами технологиями виртуальной реальности. Чаще всего слово «виртуальный» используется в коммерческих целях как свидетельство чего-то нового и передового и не имеет никакого отношения к базовым положениям теории виртуалистики. При этом формально эти, как и многие другие, применения термина «виртуальная реальность» соответствуют академическому определению виртуальной реальности Николая Александровича Носова:

«Виртуальная реальность это реальность, независимо от её природы (физическая, геологическая, психологическая, социальная, техническая и проч.), обладающая следующим рядом свойств:

— порождённость (виртуальная реальность продуцируется активностью какой-либо другой реальности, внешней по отношению к ней; психологические виртуальные реальности порождаются психикой человека);

— актуальность (виртуальная реальность существует актуально, только “здесь и теперь”, только пока активна порождающая реальность);

— автономность (в виртуальной реальности своё время, своё пространство и свои законы существования);

— интерактивность (виртуальная реальность может взаимодействовать со всеми другими реальностями, в том числе и с порождающей, как онтологически независимая от них)» [4].

Иными словами, все перечисленные выше технологии и явления относятся к виртуалистике.

Дополнительно упомянем о часто встречающемся на уровне пользователей мнении, что технологии виртуальной реальности это исключительно цифровые технологии, что появление технологий виртуальной реальности стало возможным благодаря широкому распространению цифровых средств и технологий. Однако из определения Н. А. Носова не следует, что технологии виртуальной реальности это цифровые технологии. Например, для потребителей неважно какова технология связи, которой он пользуется, — аналоговая или цифровая, важны функции и возможности, которые она предоставляет пользователю. Цифровые

средства связи, сохранив функции ранее используемых аналоговых средств связи, существенно расширили возможности применения, стали более доступными и более простыми в употреблении, но из этого не следует, что они виртуальные.

Другой пример — неважно, как получено фотографическое изображение — с помощью записи оптического изображения, сформированного объективом, светочувствительным слоем плёнки или цифровой матрицы или создано с помощью программ на компьютере. Сегодня фотографируют все, а не только профессиональные фотографы, поскольку при фотографировании смартфоном достаточно нажать на его экране на «виртуальную» кнопку. Для пользователей важен результат — возможность демонстрации фотографий. А являются ли фотографии виртуальной реальностью или нет — для пользователей не имеет значения.

Учитывая выявленное многообразие технологий, называемых технологиями виртуальной реальности, сузим задачу анализа — будем рассматривать только технологии виртуальной реальности, предназначенные для восприятия органами чувств человека информации, обрабатывая которую мозг формирует и передаёт в сознание образы объектов. Эти образы объектов в восприятии человека как бы и есть объекты, находящиеся вне человека в данное время в данном месте пространства, но в действительности их там нет, есть только средства формирования такой информации (например, краски, нанесённые художником на полотно, или экран, излучающий или отражающий от разных участков своей поверхности свет разной яркости и разного спектрального состава).

В этих технологиях физические устройства (проекторы, дисплеи, колебания мембраны акустического динамика и т. д.) или вещественные материалы (краски, материал скульптуры и т. д.) формируют материальные потоки носителей информации, аналогичные тем, которые идут от изображаемых ими реальных объектов (световые потоки, звук, плотность и температура объектов при тактильном соприкосновении кожи с ними и т. д.). При этом нет необходимости создавать искусственные материальные потоки носителей информации полностью идентичными реальным потокам. Достаточно только в тех диапазонах, в пределах которых их воспринимают органы чувств человека, и с той точностью, восприятием которой ограничены органы чувств человека.

подавляющее большинство таких технических и творческих технологий, тоже называемых технологиями виртуальной реальности, основано на формировании изображений.

Изображение, согласно словарю русского языка, это:

1) действие по значению глагола изобразить (изображать) и изобразиться (изображаться); например, изображение действительности;

2) то, что изображено (рисунок, фотография, скульптура и т. п.);

3) предмет, изображающий кого-либо, что-либо [2].

Добавим определение глагола «изобразить»:

1) передать, воспроизвести в художественном образе (в живописи, скульптуре, в литературе);

2) представить на сцене кого-либо, что-либо, создать сценический образ;

3) выразить, высказать, обнаружить (устаревшее) [3].

При анализе технологий виртуальной реальности изображения полезно классифицировать по пространственным и временным признакам:

«1. Пространственные изображения:

— живопись, графика, скульптура, фотография.

2. Временные изображения:

— речь, музыка.

3. Пространственно-временные изображения:

— кинофильм, телефильм, видеофильм, спектакль, танец, эстрадно-цирковое представление, перформанс, мультимедийное шоу и др.» [8].

Формируемые изображения сами по себе ещё не являются виртуальной реальностью, поэтому их можно называть непроявленной виртуальной реальностью. Они становятся виртуальной реальностью только тогда, когда их воспринимает (смотрит, слушает, ошупывает...) человек, при этом они переходят в статус проявленной виртуальной реальности [9]. Подчеркнём, что именно изображения, а не средства воспроизведения изображений (для оптических изображений — средства визуализации изображений) и уж тем более не средства создания изображений, являются источником восприятия человеком виртуальной реальности.

Например, если изображения создаются с помощью программных продуктов на компьютере, то они представляют собой лишь

последовательности двоичных чисел и не являются виртуальной реальностью. Только тогда, когда на их основе формируется изображение на экране дисплея, появляется непроявленная виртуальная реальность, т. е. некий сформированный световой поток. А когда человек смотрит на это изображение, демонстрируемое ему на экране дисплея, то непроявленная виртуальная реальность становится проявленной виртуальной реальностью, поскольку в результате в сознании человека появляются образы объектов, которых в действительности в это время в этом месте пространства нет.

Если изображения занимают часть поля зрения, то человек воспринимает себя находящимся в реальном мире, смотрящим на виртуальный мир как бы через окно, которое формируется границами изображения и расположено на расстоянии, на котором относительно человека находится носитель изображения (экран, лист бумаги и т. д.). Если же изображение расположено со всех сторон относительно человека, то он своим сознанием отрывается от реального мира и ощущает себя находящимся в виртуальном мире, но при этом его организм со всеми потребностями и функциями тела человека остаётся в реальном физическом мире.

С помощью органов чувств человек получает скудную, часто неполную и даже противоречивую информацию об окружающей действительности, об объектах окружающего мира. Поэтому мозг часто ошибается, но не сообщает сознанию об этом. Эти ошибки становятся причиной всевозможных иллюзий, в том числе разнообразных оптических иллюзий, когда мозг ошибочно интерпретирует поступающую информацию и формирует образы, не соответствующие реальным объектам и явлениям. В результате человек, например, смотрит на облако, а видит барашка, направляет свой взор на пень, а видит лешего... Однако виртуальную реальность считать иллюзией неправильно, так как иллюзия — искажённое восприятие действительности [1], а в рассматриваемых технологиях виртуальной реальности формируются материальные потоки носителей информации, исходящих от источников этих носителей, аналогичные потокам материальных носителей информации от реальных объектов в пределах диапазонов и точностей, воспринимаемых человеком. Поэтому органы чувств будут одинаково реагировать на носители информации от изображений и от реальных объектов, а мозг будет корректно формировать образы объектов.

Искажения в восприятии возникают, если происходят искажения или дефекты изображений или если изображения сформированы без учёта свойств восприятия органов чувств человека.

Образы внешних объектов в сознании человека адекватны физическим объектам, но только в объёме необходимом и достаточном для существования человека, ограниченном возможностями органов чувств и нервной системы. Образы объектов в сознании это модели реальных объектов, а не абсолютное соответствие реальным объектам. Например, человек видит мир в цвете, а на самом деле цвета в природе нет, есть разный спектральный состав видимого света, излучаемого или отражаемого объектами. Представление о цвете объектов формируется мозгом и передаётся им сознанию, оно субъективно и разное у разных людей.

Процесс формирования мозгом образов объектов структурно опишем на примере принципов работы зрительной системы человека (см., например, [12]). Свет, отражённый или излучаемый объектами или изображениями объектов, распространяется в разные стороны, в том числе некоторая малая его часть попадает в глаз. Оптическая система глаза строит оптическое изображение объектов на сетчатке глаза. В результате поглощения фотонов фоторецепторами в последних происходит фотохимическая реакция и вырабатываются нервные импульсы, которые через аксоны и синапсы распространяются по нервной системе. При передаче нервных импульсов от одних нервных клеток к другим производится анализ сетчаточных изображений, выделение в них ключевых признаков в пределах рецептивных полей — светлые точки на тёмном фоне, тёмные точки на светлом фоне, границы между областями разной освещённости и спектрального состава света, ориентация этих границ, движение границ и т. д. Этот анализ начинает выполняться уже в сетчатке, при переходе нервных импульсов от фоторецепторов через горизонтальные, биполярные, амакриновые клетки к ганглиозным клеткам. После завершения анализа сетчаточных изображений во время последующих переходов от одних структур синаптически связанных клеток к другим структурам в мозге выполняется процесс синтеза ключевых признаков в их ассоциации (здесь значительную роль играет постоянное перемещение сетчаточных оптических изображений относительно поверхности сетчатки, происходящее при перебрасывании взора с одного элемента

рассматриваемого объекта на другой, а также саккад, дрейфа и тремора взора), сопоставление с ассоциациями ключевых признаков объектов, хранящихся в памяти человека и объединение с ассоциациями ключевых признаков объектов, сформированных мозгом от других органов чувств. Существенное значение имеет и установление связи синтезированных мозгом зрительных образов со словами, их называющими, т. е. со словесными образами. В конечном итоге мозг вырабатывает образы окружающих объектов, которые и направляет в сознание человека. Поэтому при подаче на органы чувств одинаковой информации, независимо от природы и технологии её происхождения, в сознании сформируются одинаковые образы объектов. Именно этот механизм регистрации информации органами чувств и её обработки мозгом позволяет разрабатывать и применять на практике технологии виртуальной реальности.

Очевидно, что при формировании образов объектов существенную роль играют ключевые признаки образов объектов, которые мозг человека сформировал ранее и закрепил в памяти. Поэтому восприятие виртуальной реальности индивидуально. Более того, у людей с разным образованием, разной культурой, разным зрительным опытом, когда они смотрят на одно и то же изображение, формируемый образ в сознании может быть разным.

Отметим, что исходная информация в технологиях виртуальной реальности может быть организована не только в форме изображений, но и в виде знаково-символьной информации. В этом случае зрителю демонстрируется знаково-символьная информация в форме каких-либо знаков. «Знак — материальный чувственно воспринимаемый предмет, событие или действие, выступающее в познании в качестве указания, обозначения или представителя другого предмета, события, действия, субъективного образования» [11]. Поскольку разнообразие знаково-символьной информации не сопоставимо меньше по сравнению с разнообразием изображений и поскольку требуется предварительное обучение субъекта значениям знаков, то сфера её применения в технологиях виртуальной реальности незначительна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последнее время термины «виртуальный» и «виртуальная реальность» широко распространились и используются в различ-

ных отраслях и в разных трактовках. При этом большинство полагает, что технологии виртуальной реальности основаны на применении цифровых компьютерных технологий, и поэтому считает, что они являются современными, передовыми, новыми. Сложилась ситуация, когда многие говорят о технологиях виртуальной реальности, но мало кто понимает, что это такое.

Если рассматривать только технологии виртуальной реальности, воздействующие на органы чувств человека, когда мозг формирует и передаёт в сознание образы объектов, которые в восприятии человека как бы есть в данное время в данном месте пространства, а в действительности их там нет, то большинство таких технологий основано на демонстрации пользователям изображений, подготовленных самыми разнообразными способами, и это не только цифровые технологии, но и многочисленные другие, созданные Homo Sapiens с момента его появления.

Формируемые изображения сами по себе ещё не являются виртуальной реальностью, их можно называть непроявленной (потенциальной) виртуальной реальностью. Такая реальность переходит в статус проявленной виртуальной реальности только тогда, когда её воспринимает (смотрит, слушает, ощупывает, обнюхивает, пробует на вкус) человек.

В формировании мозгом образов объектов, передаваемых им в сознание, существенную роль играют:

- анализ сетчаточных изображений с определением ключевых признаков объектов в элементах сетчаточных изображений;
- объединение ключевых признаков в ассоциации, привязанные к конкретным объектам и его частям;
- сопоставление ассоциаций ключевых признаков с ассоциациями ключевых признаков образов объектов, которые мозг сформировал ранее и закрепил в памяти человека;
- установление когнитивных связей ассоциаций ключевых признаков со словесными обозначениями объектов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дубовской В. И. Иллюзии // Философский словарь / под ред. И. Т. Фролова / изд. 7-е, перераб. и доп. Москва : Республика, 2001. С. 202.

2. Изображение // Словарь русского языка, 1985–1988. В 4-х т. / АН СССР, Институт русского языка / под ред. А. П. Евгеньевой. 3-е изд. стереотипное. Т. 1. А — Й. Москва : Русский язык, 1985. С. 651.

3. Изобразить // Словарь русского языка, 1985–1988. В 4-х т. / АН СССР, Институт русского языка. Под ред. А. П. Евгеньевой. 3-е изд. стереотипное. Т. 1. А — Й. Москва : Русский язык, 1985. С. 651, 652.

4. *Носов Н. А.* Словарь виртуальных терминов // Труды лаборатории виртуалистики. Выпуск 7. Труды Центра профориентации. Москва : Путь, 2000. 69 с.

5. *Раев О. Н.* Виртуальны ли виртуальные предприятия // Инновационные технологии в кинематографе и образовании: VIII Международная научно-практическая конференция, Москва, 24 сентября, 20–22 октября 2021 г.: Материалы и доклады / под общей редакцией О. Н. Раева. Москва : ИПП «КУНА», 2022. С. 167–173.

6. *Раев О. Н.* Мейнстримовские болезни терминологии в виртуалистике // Инновационные технологии в кинематографе, медииндустрии и образовании: XI Международная научно-практическая конференция, Москва, 28–30 октября и 5, 6 ноября 2024 г.: Материалы и доклады / под общей редакцией О. Н. Раева. Москва : ИПП «КУНА», 2024. С. 220–236.

7. *Раев О. Н., Полякова К. В.* О терминах «социальные сети» и «виртуальные социальные сети» // Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе, науке, образовании, медиа и в других областях: XV Международная научно-практическая конференция, Москва, 3–5 апреля 2023 г.: Материалы и доклады / под общей редакцией О. Н. Раева. Москва : ИПП «КУНА», 2023. С. 252–264.

8. *Раев О. Н.* Понятийная область термина «объёмное изображение» // Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе и других областях: IX Международная научно-практическая конференция, Москва, 17–18 апреля 2017 г.: Материалы и доклады. Москва : ВГИК, 2017. С. 29–40.

9. *Раев О. Н.* Проявленная и непроявленная виртуальная реальность // Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе, науке, образовании, медиа и в других областях: XV Международная научно-практическая конференция, Москва,

3–5 апреля 2023 г.: Материалы и доклады / под общей редакцией О. Н. Раева. Москва : ИПП «КУНА», 2023. С. 307–315.

10. *Раев О. Н., Скрипкина Е. В., Чаусова О. В.* Виртуальная реальность в понимании учащихся и преподавателей // Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе, науке, образовании, медиа и в других областях: XVI Международная научно-практическая конференция, Москва, 2–4 апреля 2024 г.: Материалы и доклады / под общей редакцией О. Н. Раева. Москва : ИПП «КУНА», 2024. С. 190–212.

11. *Садовский В. Н.* Знак // Философский словарь / под ред. И. Т. Фролова / изд. 7-е, перераб. и доп. Москва : Республика, 2001. С. 191.

12. *Хьюбел Д.* Глаз, мозг, зрение / пер. с английского. Москва : Мир, 1990. 239 с.

Oleg N. Raev

ON THE TERMS “VIRTUAL REALITY”, “IMAGE” AND “IMAGE”

Oleg N. Raev, PhD (Engineering), assistant professor

E-mail: ncenter@list.ru

Leonov University of Technology,

Sergiev Posad branch of the All-Russian State University

of Cinematography named after S. A. Gerasimov

Institute of Philosophy, Russian Academy of Sciences

The article analyzes the practice of application of the terms “virtuality”, “virtual reality”, “virtual reality technologies”. It is shown that the unity of understanding of these fundamental terms in virtualism among users is not observed, as well as the fact that not all technologies called virtual are so. On the other hand, most do not realize that virtual reality technologies are not only digital technologies, they have existed since the creative capabilities of Homo Sapiens began to emerge.

At the heart of most virtual reality technologies that affect the human senses is the formation and demonstration of images to humans in the broad sense of the term. And when images are perceived, images of objects appear in human consciousness.

Key words: virtuality, virtual reality, virtual reality technologies, image, sign-symbolic information, perception, illusions, image.

REFERENCES

1. Dubovskoi V. I. *Illyuzii* // *Filosofskii slovar'* / pod red. I. T. Frolova / izd. 7-e, pererab. i dop. Moscow : Respublika, 2001. P. 202.
2. *Izobrazhenie* // *Slovar' russkogo yazyka*, 1985–1988. V 4-kh t. / AN SSSR, Institut russkogo yazyka / pod red. A. P. Evgen'evoi. 3-e izd. stereotipnoe. T. 1. A — I. Moscow : Russkii yazyk, 1985. P. 651.
3. *Izobrazit'* // *Slovar' russkogo yazyka*, 1985–1988. V 4-kh t. / AN SSSR, Institut russkogo yazyka. Pod red. A. P. Evgen'evoi. 3-e izd. stereotipnoe. T. 1. A — I. Moscow : Russkii yazyk, 1985. P. 651, 652.
4. Nosov N. A. *Slovar' virtual'nykh terminov* // *Trudy laboratorii virtualistiki*. Vypusk 7. *Trudy Tsentra proforientatsii*. Moscow : Put', 2000. 69 p.
5. Raev O. N. *Virtual'ny li virtual'nye predpriyatiya* // *Innovatsionnye tekhnologii v kinematografe i obrazovanii: VIII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*, Moscow, 24 September, 20–22 October 2021: *Materialy i doklady* / pod obshchei redaktsiei O. N. Raeva. Moscow : IPP "KUNA", 2022. P. 167–173.
6. Raev O. N. *Meinstrimovskie bolezni terminologii v virtualistike* // *Innovatsionnye tekhnologii v kinematografe, mediaindustrii i obrazovanii: XI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*, Moscow, 28–30 October i 5, 6 November 2024: *Materialy i doklady* / pod obshchei redaktsiei O. N. Raeva. Moscow : IPP "KUNA", 2024. P. 220–236.
7. Raev O. N., Polyakova K. V. *O terminakh "sotsial'nye seti" i "virtual'nye sotsial'nye seti"* // *Zapis' i vosproizvedenie ob"emnykh izobrazhenii v kinematografe, nauke, obrazovanii, media i v drugikh oblastiakh: XV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*, Moscow, 3–5 April 2023: *Materialy i doklady* / pod obshchei redaktsiei O. N. Raeva. Moscow : IPP "KUNA", 2023. P. 252–264.
8. Raev O. N. *Ponyatiinaya oblast' termina "ob"emnoe izobrazhenie"* // *Zapis' i vosproizvedenie ob"emnykh izobrazhenii v kinematografe i drugikh oblastiakh: IX Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*, Moscow, 17–18 April 2017: *Materialy i doklady*. Moscow : VGIK, 2017. P. 29–40.
9. Raev O. N. *Proyavlenneya i neproyavlenneya virtual'naya real'nost'* // *Zapis' i vosproizvedenie ob"emnykh izobrazhenii v*

kinematografe, nauke, obrazovanii, media i v drugikh oblastiakh: XV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, Moscow, 3–5 April 2023: Materialy i doklady / pod obshchei redaktsiei O. N. Raeva. Moscow : IPP “KUNA”, 2023. P. 307–315.

10. Raev O. N., Skripkina E. V., Chausova O. V. Virtual'naya real'nost' v ponimanii uchashchikhsya i prepodavatelei // Zapis' i vosproizvedenie ob"emnykh izobrazhenii v kinematografe, nauke, obrazovanii, media i v drugikh oblastiakh: XVI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, Moscow, 2–4 April 2024: Materialy i doklady / pod obshchei redaktsiei O. N. Raeva. Moscow : IPP “KUNA”, 2024. P. 190–212.

11. Sadovskii V. N. Znak // Filosofskii slovar' / pod red. I. T. Frolova / izd. 7-e, pererab. i dop. Moscow : Respublika, 2001. P. 191.

12. Kh'yubel D. Glaz, mozg, zrenie / per. s angliiskogo. Moscow : Mir, 1990. 239 p.

УДК 004.8

ББК 16.7

Лаврёнов А. Н.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКОГО ПОЛЯ ИММЕРСИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Лаврёнов Александр Николаевич, кандидат

физико-математических наук, доцент

SPIN-код: 7197-1700, ORCID: 0000-0001-7384-3621

E-mail: a_n_lavrenov@tut.by

Белорусский государственный педагогический
университет имени Максима Танка

В работе исследуется терминологическое поле иммерсивных технологий с наиболее общих позиций. Обсуждаются текущие варианты таксономии реальностей и их визуализации, обосновывается авторская точка зрения в рамках объектно-ориентированного подхода наиболее оптимальной визуализации для имеющейся классификации реальностей (виртуальностей).

Ключевые слова: реальная среда; опосредованная реальность; виртуальная реальность; дополненная виртуальность; дополненная реальность; смешанная реальность; модулированная реальность; уменьшенная реальность; увеличенная реальность; изменённая реальность; действительная реальность; расширенная реальность.

ВВЕДЕНИЕ

Общий подход к обсуждаемой проблеме подразумевает предварительное правильное решение основного вопроса философии (что первично — сознание или материя?) в рамках материализма.

Перечислим основные следствия такого выбора для обсуждаемой категории:

- сознание выступает в этом случае продуктом эволюции материи;
- оно дискретно распределено и ограничено в пространственно-временном континууме;
- каждый экземпляр сознания при помощи информационного обмена с окружающим миром строит его отражение у себя;
- человек выступает вершиной в эволюции сознания как сущности;
- мозг является физическим носителем сознания у человека;
- в мозг человека поступает информация как изнутри, так и извне человека;
- органы чувств есть инструменты обработки человеком внешней информации, поступающей из его окружающей среды.

Таким образом, в соответствии с основным вопросом философии имеется реальная среда (сокращённо РС) вне субъекта и независимо от его существования (на английском языке — Real Environment (RE)). Она даётся человеку через его органы чувств только в ощущениях и позволяет отразить в своём сознании РС как действительную реальность (DeP) или Real Reality (RR). Однако такое отражение зависит как от пространственно-временных параметров окружающей среды, так и от представителя человеческого рода. Также здесь иммерсивные технологии выступают как определённый рычаг или дополнительный инструмент, который неким образом воздействует через органы чувств человека на его сознание или на отражение РС в его мозгу.

Вопросы по возможным вариантам или классификации такого изменённого сознания, т. е. отражения РС в мозгу человека, с помощью вышеуказанного промежуточного слоя представляют несомненный интерес, что находит воплощение в многочисленной литературе по данной тематике, где разворачиваются порой бурные дискуссии по исходным дефинициям с разных точек зрения [1–6].

В то же время, человек для отражения окружающей действительности использует различные системы её представления. Одной из данных систем есть понятийный аппарат, который служит для обозначения соответствующих объектов реального мира. Чёткое определение терминов и выстраивание их правильного вза-

имодействия между собой позволяет точно определять границы необходимых объектов и явлений бытия и/или соответствующей предметной области. Другой системой представления информации есть визуализация (от лат. *visualis*, «зрительный»), т. е. создание зрительного образа или преобразование информации в образы, которые вы видите либо буквально, глазами, либо фигурально, внутренним взором.

Таким образом, проблема правильной таксономии реальностей, возникающих как отражения РС в мозгу человека, усложняется поиском наиболее оптимальной их визуализации в методических целях для образовательного процесса. Следовательно, выше обозначенная задача является актуальной всегда, и, в частности, особенно важной для новых и ещё несформировавшихся дисциплин. В последнем случае, как пример, можно привести новый предмет «Иммерсивные технологии в образовании» для магистрантов по специальности «7-06-0113-04 Физико-математическое образование. Профилизация: Математика, физика, информатика / Образовательная робототехника» в Белорусском государственном педагогическом университете имени Максима Танка (БГПУ) [7].

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Вначале скажем о наших исходных постулатах для прояснения и уточнения предлагаемой нами теоретической конструкции в философии обсуждаемой проблемы. Ранее нами были упомянуты два актора нашего исследования — РС и испытуемый человек, который через свои органы чувств ощущает РС и пытается отразить её в своём сознании. В данном случае промежуточный слой от иммерсивных технологий был включен в РС. В настоящее время существуют многочисленные примеры мошеннических действий, которые наглядно доказывают, что сам испытуемый человек не может или, скажем мягче, не в состоянии сразу определить в какой реальности он существует в текущий момент. Другими словами, он не всегда может сделать самодиагностику, соотнести своё искажённое поступившей внешней информацией сознание или отражение РС в своём мозгу с самой РС. Также пока не существует никакого инструментария для внешнего просмотра и понимания контента сознания испытуемого. Это означает, что только сам испытуемый может донести все характеристики своего отражения РС в своём

мозгу и, как следствие, только третий актер, которого можно назвать экспертом или оракулом, даст правильный ответ об имеющемся соответствии самой РС и её отражения в мозгу испытуемого при сравнении с их друг с другом.

Ещё одной сложностью затронутой в данной работе проблемы является неоднозначное использование терминов, их сокращений на разных языках и правильного соответствия между ними при переводе. Выходом из такого нелёгкого положения видится политика к названиям терминов, которую мы применили здесь. Любой термин в тексте работы при первом упоминании даётся на русском и английском языках вместе с их сокращениями, в дальнейшем — по возможности полностью на русском языке или по его сокращённой версии. Последняя строится по начальным буквам полного названия термина с возможным пропуском одинаковых букв, кроме первой, но с учётом уже имеющихся практик использования. В формулах задействованы сокращения на английском языке.

В дальнейшем нами будут выбираться только те источники, которые наиболее согласуются с нашим подходом к затронутой в данной статье проблеме. Отметим, что в процессе работы были использованы такие методы исследования как аналитический (обзор научных публикаций), так и эмпирический (анкетирование студентов и преподавателей, экспертные интервью).

АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данной работе ранее была поставлена двуединая цель, а именно: дать терминологию обсуждаемой предметной области и затем её визуализировать оптимальным образом. Поэтому далее основной, логичной и наглядной формой повествования анализируемого материала будут рисунки. Исходными их выберем из публикации [8], в которой был выполнен исторический обзор визуализаций таксономии различных реальностей (виртуальностей) с помощью от одной (рис. 1) до множества осей (рис. 2).

Очевидно, особенно в последнем случае для многомерной мультисенсорной опосредованной реальности или словами и особенно прилагательными первоисточника [9] «Multimediated reality is multidimensional, multimodal, multisensory, and multiscale, ... multidisciplinary... multiveillant», что увеличение размерности терминологического пространства из-за необходимости описания

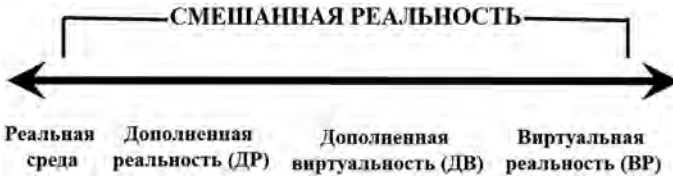


Рис. 1. Визуализация таксономии различных реальностей (виртуально-стей) с помощью одной оси согласно [9]



Рис. 2. Визуализация таксономии различных реальностей (виртуально-стей) с помощью множества осей согласно [9]

любого нового признака РС является, по сути, плохой идеей или тупиковым направлением нашего анализа.

Поэтому вернёмся в начало нашего исследования и воспользуемся результатами работы [8], которая является ярким примером определённой логической развилки (не)правильного выбора. Изначально автор [8] пытается дополнить (рис. 3) первоначальную ось новой категорией «Модулированная реальность» (МР или МуР) или «Modulated Reality (ModuR)», которая относится к объектам или аспектам РС. Однако логика анализа заставляет потом его ввести для новых категорий опосредованной реальности ОР или Mediated Reality (MedR) свою ось, которую он назвал осью модулированной реальности или модульности (Modularity или ModuR axis) (рис. 4). Эта ось содержит наименее известные и наименее разработанные категории в рамках ОР, объекты или аспекты которой намеренно изменяются (уменьшаются, удаляются, разделяются или рекомбинируются в новую реальность).

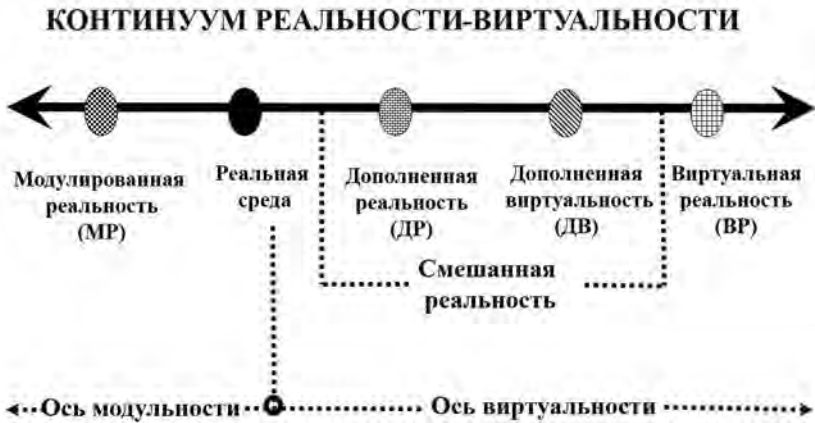


Рис. 3. Визуализация таксономии различных реальностей (виртуальностей) с помощью одной числовой оси согласно [8]

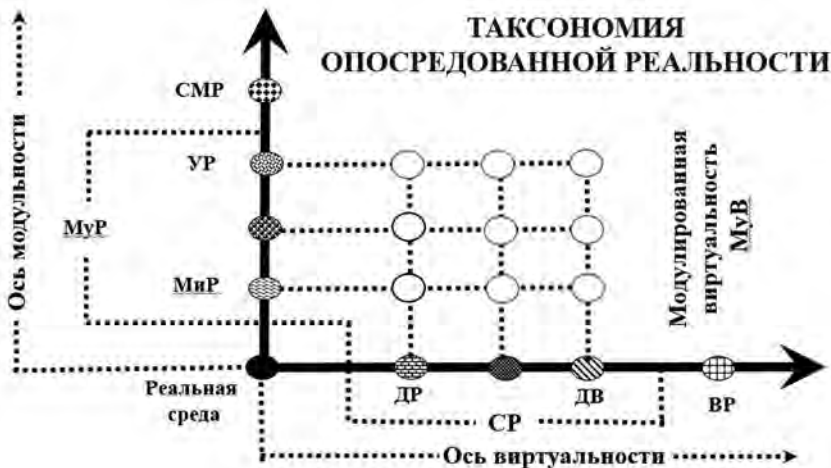


Рис. 4. Визуализация таксономии различных реальностей (виртуальностей) с помощью двух числовых осей согласно [8]

Другими словами, автор [8] не заметил, но фактически ввёл две оси для работы с двумя качественно разными объектами — объектами РС и виртуальными объектами, которых изначально нет в РС и которые возможно разными способами создаются и доставляются через органы чувств в сознание человека. Тогда виртуальная реальность (ВР) или Virtual Reality (VR) представляется как

совокупность виртуальных объектов. Специально отметим, что здесь и далее упор будет делаться на объекты, что позволяет охарактеризовать такой подход как объектно-ориентированный. В его рамках и, как обычно принято в физико-математической литературе, введём прямоугольную систему координат на плоскости с поправкой на наше терминологическое поле — вместо горизонтальной оси абсцисс Ox будем использовать ось реальности Or (Reality axis), а вместо вертикальной оси ординат Oy — ось виртуальности Ov (Virtuality axis). Тогда на осях реальности Or и виртуальности Ov будем откладывать соответственно только объекты PC и виртуальные объекты VP (рис. 5). Заметим, что в отличие от автора [8] на его оси виртуальности, мы не смешиваем два типа качественно разных объектов — объекты PC и виртуальные объекты, а располагаем их на разных осях. Также в [8] вызывает вопросы категория «Модулированная виртуальность» (MV или MyV) или «Modulated Virtuality (ModuV)», означающая некое изменение виртуальности, которую изначально и создают искусственно с определённой целью, что похоже на семантическую тавтологию. Автор и сам здесь делает оговорки: «In a theoretical sense, it is not possible» [8].

С методической точки зрения удачно ось реальности Or совпадает с осью действительных чисел, а ось виртуальности Ov — с осью мнимых. Здесь, возможно, имеет место аналогичный эффект как для графического изображения спектра электромагнитных волн. В принципе данный график может иметь различное представление на плоскости, но с точки зрения семантики слов «инфракрасный» и «ультрафиолетовый» с их приставками «инфра»



Рис. 5. Визуализация таксономии различных реальностей (виртуальностей) на терминологической плоскости в авторском, объектно-ориентированном подходе

(означает ниже) и «ультра» (означает сверх, за пределами) будет корректным только одно — его вертикальное расположение с правильно выбранным направлением.

Продолжим описание нашей терминологической плоскости (см. рис. 5). Сам первый квадрант будет отвечать за смешанную реальность (СР) или Mixed Reality (MR), которая включает в себя дополненную реальность (ДР) или Augmented Reality (AR), дополненную виртуальность (ДВ) или Augmented Virtuality (AV) и любую их комбинацию. ДР (ДВ) объединяет реальную (виртуальную) среду с дополнительной виртуальной (реальной) информацией или совокупность объектов различной природы, где большая их часть принадлежит ДеР (ВР). Чтобы легче и быстрее определять области ДР и ДВ, пунктирной линией показана биссектриса первого квадранта.

Для дальнейшей детализации различных реальностей в РС необходимо отметить два момента:

- 1) надо подходить к рассмотрению распределённого сознания как отражения РС статистически;
- 2) ограниченность сознания в пространственно-временном континууме ведёт его к ограниченности в отражении РС.

Последнее означает невозможность размещения бесконечного многообразия материи РС в мозгу человека, что, в свою очередь, ведёт к огрублению им РС или к запоминанию только конечного числа объектов РС. Это число N в общем случае разное для разных людей, но выберем его статистически определённым для наших целей, даже в виде некой интервальной оценки. В зависимости от расположения выбранной области по отношению к данному маркеру на числовой оси абсцисс можно в дальнейшем вводить различные категории реальностей. Первый вариант детализации связан соответственно с уменьшением выше определённого конечного числа N объектов в сознании человека по сравнению с РС, что позволяет ввести в рассмотрение такую категорию как «уменьшенная реальность» (УР или УмР) или Diminished Reality (DimR). Далее сделаем попытку предложить свой термин для категории «увеличенная реальность» (УвР) или Increased Reality (IR), отвечающую за второй вариант детализации при, соответственно, увеличении выше определённого конечного числа N объектов в сознании человека по сравнению с РС. Единый термин для описания этих различных

реальностей УМР и УВР с изменённым по сравнению с ранее выделенным числом N объектов привёл к разработке концепции такой реальности как «изменённая или модифицированная реальность» (ИР или МиР) или Modified Reality (ModiR). Также отметим, что случай ДеР отвечает варианту с числом объектов РС, равным N . Случай ОР предоставляет основу для понимания всех этих различных типов субреальностей, располагающихся на оси реальности. Из-за отсутствия такого маркера на оси виртуальности отсутствует возможность большей детализации, чем есть сейчас. В заключение укажем, что расширенная реальность (РР) или eXtended Reality (XR) из-за её роли при рассмотрении общего случая, не конкретизируя какая реальность в рассматриваемый момент времени в голове у субъекта или независимо от этого факта (где, как заявлено для английского названия, «буква “X” представляет переменную для любых текущих или будущих технологий») с нашей точки зрения вполне может претендовать на роль и как собирательного или единого термина всех ранее упомянутых случаев.

Всё это обновляет нашу визуализацию таксономии различных реальностей (виртуальностей) с помощью двух числовых осей в авторском, объектно-ориентированном подходе, переходя с рис. 5 на рис. 6.

Общеизвестно, что Михаил Ломоносов говорил, что «математику уже затем учить надо, что она ум в порядок приводит». Поэтому ниже представим математическо-формульное упорядочивание выше приведённой авторской таксономии различных реальностей (виртуальностей), показанной на рис. 6.

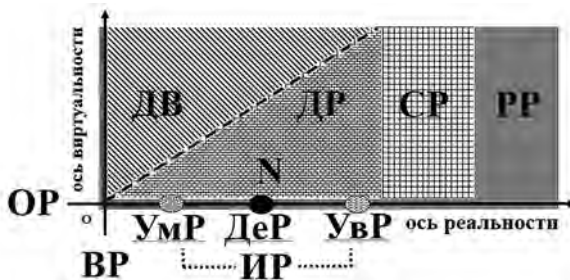


Рис. 6. Обновленная визуализация таксономии различных реальностей (виртуальностей) на терминологической плоскости в авторском, объектно-ориентированном подходе

$$\begin{array}{lll}
 XR = XR(r, v); & RE = XR(\infty, 0); & MedR = XR(r, 0); \\
 VR = XR(0, v); & MR = \alpha AR + \beta AV; & MedR = \{DimR, RR, IR\}; \\
 ModiR = \{DR, IR\}; & AR = XR(r, v), r > v; & AV = XR(r, v), r < v; \\
 DimR = XR(r, 0), r < N; & RR = XR(r, 0), r = N; & IR = XR(r, 0), r > N.
 \end{array}$$

Оно согласовано с объектно-ориентированным подходом на двумерном координатном описании, где соответствующие числовые оси отвечают количеству реальных и виртуальных объектов. Следовательно, в общепринятом математическом смысле точка плоскости $A(x, y)$ с координатами x и y на нашей терминологической плоскости $XR(r, v)$ будет характеризовать определённую реальность PP в зависимости от наличия или отсутствия представителей виртуального мира (зависит от значения ординаты точки v на оси виртуальности), а также большего или меньшего от фиксируемого числа N реальных объектов (зависит от значения абсциссы точки r на оси реальности). Здесь PP используется в соответствии со своими ролью и предписанным смыслом как переменной реальности.

Наглядно и понятно выполнено выделение соответствующих реальностей как в виде участков плоскости (см. рис. 6), так и согласно вышеприведенным формулам. Последние есть двух видов записи:

- 1) как функции от координат,
- 2) как множество.

Второй вид записи даёт ещё один вариант визуального представления таксономии различных реальностей (виртуальностей) с помощью диаграмм Эйлера—Венна, но из-за ограниченного объёма статьи здесь не рассмотрен. Также отметим, что количество реальных и виртуальных объектов не может уходить в отрицательные участки числовых осей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе предпринята попытка с наиболее общих позиций проанализировать терминологическое поле иммерсивных технологий. Обсуждены текущие варианты таксономии различных реальностей (виртуальностей) с их визуализацией в историческом разрезе, что позволило выделить представление на терминологической плоскости как наиболее оптимальное. В рамках объектно-ориен-

тированного подхода обоснована и дана авторская классификация реальностей (виртуальностей). Их визуализация дана как в соответствии с двумерным координатным описанием, где соответствующие числовые оси отвечают количеству реальных и виртуальных объектов, так и с помощью математическо-формульного упорядочивания. Само терминологическое поле иммерсивных технологий в данной работе включает следующие термины: реальная среда; опосредованная реальность; виртуальная реальность; дополненная виртуальность; дополненная реальность; смешанная реальность; уменьшенная реальность; увеличенная реальность; изменённая реальность; действительная реальность; расширенная реальность.

Их определение и взаимосвязь между собой подробно рассмотрены в тексте статьи. В последующем, наверно, надо более чётко разграничить/уточнить область действия оставшихся вне нашего подхода и рассмотрения отдельных терминов (в частности, термины: «модулированная реальность», «сильно модулированная реальность» (СМР) и т. д.), но встречающихся в литературе.

В рамках предложенного объектно-ориентированного подхода не находит должным образом описание реальностей с простым изменением какой-то характеристики реального объекта. Однако уже полученные результаты позволят обучаемым лучше усвоить учебно-методический материал, касающийся обсуждаемых реальностей и иммерсивных технологий в процессе обучения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Воробьев Д. В., Сироткина А. А.* Виртуальная реальность как категория социальной философии, или что такое виртуальная реальность? // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. 2008. № 4. С. 1–7.

2. *Воронов А. И.* Философский анализ понятия «виртуальная реальность» // автореф. дис. канд. филос. наук: 09.00.08. Санкт-Петербург, 1999. 55 с.

3. *Григорьева Н. И.* Современный человек в пространстве виртуальной, гипер- и расширенной реальности // Вестник Вятского государственного университета. 2009. № 3. С. 105–110.

4. *Кликушина Н. Ю.* Понятие виртуальной реальности в курсе истории и философии науки // *Epistemology & Philosophy of Science*. 2009. № 4. С. 86–102.

5. Лобанков И. Д. Современные концепции виртуальной реальности // Вестник Поволжского института управления. 2015. № 1 (46). С. 98–103.

6. Раев О. Н. Мейнстримовские болезни терминологии в виртуалистике // Инновационные технологии в кинематографе, медиainдустрии и образовании: XI Международная научно-практическая конференция, Москва, 28–30 октября и 5, 6 ноября 2024 г.: Материалы и доклады / под общей редакцией О. Н. Раева. Москва : ИПП «КУНА», 2024. С. 220–236.

7. Специальности магистратуры БГПУ. URL: <https://bspu.by/specialnosti> (дата обращения: 14.03.2025).

8. Hillstead A. Mediated Reality Explained — Augmented, Mixed, Virtual, Modified, Moduled, Diminished Realities. URL: https://www.youtube.com/watch?v=tta45_JQUq8/ (дата обращения: 14.03.2025).

9. Mann S., Furness T., Yuan Y., Iorio J., Wang Z. All Reality: Virtual, Augmented, Mixed (X), Mediated (X,Y), and Multimediated Reality. URL: <https://arxiv.org/abs/1804.08386> (дата обращения: 15.09.2024).

Alexandre N. Lavrenov

VISUALIZATION OF THE TERMINOLOGICAL FIELD OF IMMERSIVE TECHNOLOGIES

Alexandre N. Lavrenov PhD (Physical and Mathematical Sciences), Associate Professor

E-mail: a_n_lavrenov@tut.by

Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tank

The paper explores the terminological field of immersive technologies from the most general positions. Current variants of taxonomy of realities and their visualization are discussed, the author's point of view within the framework of object-oriented approach of the most optimal visualization for the existing classification of realities (virtualities) is substantiated.

Key words: real environment; mediated reality; virtual reality; augmented reality; augmented reality; mixed reality; modulated reality; diminished reality; increased reality; modified reality; real reality; extended reality.

REFERENCES

1. Vorob'ev D. V., Sirotkina A. A. Virtual'naya real'nost' kak kategoriya sotsial'noi filosofii, ili chto takoe virtual'naya real'nost'?

// Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N. I. Lobachevskogo. Seriya: Sotsial'nye nauki. 2008. No 4. P. 1–7.

2. Voronov A. I. Filosofskii analiz ponyatiya “virtual'naya real'nost'” // avtoref. dis. kand. filos. nauk: 09.00.08. St. Petersburg, 1999. 55 p.

3. Grigor'eva N. I. Sovremennyi chelovek v prostranstve virtual'noi, giper- i rasshirennoi real'nosti // Vestnik Vyatskogo gosudarstvennogo universiteta. 2009. No 3. P. 105–110.

4. Klikushina N. Yu. Ponyatie virtual'noi real'nosti v kurse istorii i filosofii nauki // Epistemology & Philosophy of Science. 2009. No 4. P. 86–102.

5. Lobankov I. D. Sovremennye kontseptsii virtual'noi real'nosti // Vestnik Povolzhskogo instituta upravleniya. 2015. No 1 (46). P. 98–103.

6. Raev O. N. Meinstrimovskie bolezni terminologii v virtualistike // Innovatsionnye tekhnologii v kinematografe, mediaindustrii i obrazovanii: XI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, Moscow, 28–30 October i 5, 6 November 2024: Materialy i doklady / pod obshchei redaktsiei O. N. Raeva. Moscow : IPP “KUNA”, 2024. P. 220–236.

7. Spetsial'nosti magistratury BGPU. URL: <https://bspu.by/specialnosti> (data obrashcheniya: 14.03.2025).

8. Hillstead A. Mediated Reality Explained — Augmented, Mixed, Virtual, Modified, Moduled, Diminished Realities. URL: https://www.youtube.com/watch?v=tta45_JQUq8/ (data obrashcheniya: 14.03.2025).

9. Mann S., Furness T., Yuan Y., Iorio J., Wang Z. All Reality: Virtual, Augmented, Mixed (X), Mediated (X,Y), and Multimediated Reality. URL: <https://arxiv.org/abs/1804.08386> (data obrashcheniya: 15.09.2024).

УДК 15+004.7

ББК 37.89

Королёв А. Д.

**«ПОРА ВОЗВРАЩАТЬСЯ НА ЗЕМЛЮ»
(ВИРТУАЛЬНОСТЬ ПУСТЫХ ЧИСЕЛ)**

Королёв Андрей Дмитриевич, кандидат философских наук

SPIN-код: 1808-4244, ORCID: 0000-0002-8631-3985

E-mail: korolev7772008@yandex.ru

Институт философии Российской академии наук

В данной работе предлагается посмотреть на фиатные деньги как на виртуальные пустые числа. Они приводят к миру, живущему по принципу «здесь и теперь». Этому принципу соответствует философия небытия и гештальтпсихология. Гештальт рассматривается как классическая виртуальная реальность. Год перехода к фиатным деньгам — 1971 — рассматривается как узловая точка современной цивилизации. Даётся обоснование того, что следующей узловой точкой станет 2025 год, когда нам придётся вернуться на Землю к физической реальности.

Ключевые слова: фиатные деньги, пустые числа, гештальт, узловая точка цивилизации.

Число порождается реальными физическими объектами, которые являются предметом счёта. Также числа используются для измерения, в этом случае обязательно требуется единица измерения. Например, для измерения длины нужен метр, для измерения веса — килограмм, для измерения денег до 1971 года использовалась тройская унция золота.

Число, бесспорно, является абстракцией, существующей только в сознании человека. Проблема возникает тогда, когда по-

рождающая реальность исчезает, а абстракция продолжает восприниматься человеком как физическая реальность. Именно это произошло в 1971 году, когда запретили «золотой стандарт», а номинал купюры стал восприниматься как физический объект, измеряющий стоимость товаров и услуг. Сегодня для покупок и платежей используют как бумажные купюры, так и безналичные платёжные средства. При этом люди не замечают того, что современные платёжные средства не выполняют другие функции настоящих денег. Например, использовать платёжные средства для накопления богатства стало невозможным. За 50 лет цены во всех странах мира выросли в тысячи раз, в некоторых странах мира — даже в миллионы раз.

С одной стороны, это не плохо. Вместо накопления богатств каждый теперь может использовать свободное время для всестороннего развития своей личности. Казалось бы, сбылась мечта человечества о построении идеального общества, где человека ценят не за его богатства, а за его умения, навыки, таланты и способности.

Однако в мире фиатных денег оказалось много побочных эффектов и опасных ловушек. Сегодня господствует представление Пифагора об устройстве мира «Всё есть число». Беда только в том, что слишком много вокруг нас пустых чисел, за которыми не стоят предметы счёта. Пустые числа стали виртуальной реальностью, обладающей всеми её свойствами, описанными доктором психологических наук, родоначальником виртуальной психологии Носовым Николаем Александровичем [2, с. 417]. Пустые числа порождены, актуальны, автономны и интерактивны. При этом они не порождены физическими предметами, не зависящими от сознания человека.

Второго апреля 2025 года каждый мог убедиться в этом. Президент США Дональд Трамп ввёл пошлины против всех стран мира, кроме России, Белоруссии и КНДР. В список попали даже некоторые безлюдные острова, чтобы фирмы не пытались зарегистрироваться там, ибо это стало совершенно бесполезным делом. Произошёл масштабный обвал мировых фондовых рынков. Обвал затронул все страны мира, включая США и Россию. Например, Илон Маск молниеносно потерял 135 миллиардов американских долларов. При этом материальные производственные мощности, станки, продукция, рабочий персонал и т. д. — всё осталось без изменения. Исчезли только пустые числа, а материальные объекты

остались прежними. Тройская унция золота, являясь абсолютными деньгами, впервые в истории человечества за один день подорожала на 100 \$ и достигла исторического рекорда в 3500 \$.

Оказалось, что реальный сектор во внутреннем валовом продукте США занимает всего лишь 18 процентов, тогда как в Китае — 70 процентов.

Мы продолжаем жить в мире пустых чисел, которые не являются результатом счёта физических объектов, а являются доверием людей к математике. «Математика в каком-то смысле сродни настоящей религии. Это вещь в себе. Если она кому-то помогает, математиков это особо не интересует», — пишет известный в стране популяризатор математических знаний, доктор физико-математических наук Алексей Владимирович Савватеев [3, с. 42].

Насколько уютно нам жить в мире пустых чисел? Специальные исследования показывают, что снижается коэффициент интеллекта всего человечества. Больше всех пострадали европейские народы [1]. Видимо, это связано с тем, что именно у европейских народов лучше всего работает воображение, позволяющее воспринимать пустые абстракции как реальные физические объекты. Обратим внимание на то, что у животных эти глупости невозможны. Бессмысленное действие может осуществить только человек. Конечно, у млекопитающих есть условные рефлексы, но они исчезают после исчезновения подкрепления. Только человек может реагировать на условный раздражитель после того, как подкрепление исчезло. В данном случае абстрагирование из преимущества превращается в проклятие для человека.

Зачем нам нужны деньги? Деньги нужны для того, чтобы сохранить результаты нашего труда в пространстве и во времени. Абсолютные деньги — золото, серебро, платина, другие драгоценные металлы — позволяют сохранить результаты труда бесконечно долго. Деньги можно сравнить с холодильником. Конечно, можно жить без холодильника: приготовил и съел то, что приготовил, ибо завтра пища испортится. Современные платёжные средства со временем автоматически уменьшают результаты нашего труда. Заработал — тут же потратил, тогда ничего не потеряешь.

Пустые числа повлияли на все стороны нашей жизни. Появились тренинги «Здесь и теперь», пропагандирующие то, что беспокойство о прошлом и будущем мешает нам наслаждаться настоя-

щим. Появились философские концепции поддержки пустых чисел. В России первую такую концепцию предложил профессор МГУ имени М. В. Ломоносова Чанышев Арсений Николаевич, написавший в 1962 году знаменитый «Трактат о небытии». Более известен профессор Казанского государственного технического университета имени А. Н. Туполева Солодухо Натан Моисеевич, разработавший целую «Философию небытия», которая гласит, что небытие первично, бытие вторично, небытие преобладает во Вселенной.

На наш взгляд, во Вселенной преобладает латентная материя, не обладающая всеми функциями бытия. Например, современные платёжные средства можно считать небытием, а можно считать следами настоящих денег, которые остались в памяти людей и существуют, благодаря их воображению и доверию. Недаром американский писатель-фантаст Айзек Азимов считал психологию главной наукой будущего (серия романов “Foundation”, часто это слово переводится как «Академия»).

В мире пустых чисел настоящее важнее прошлого и будущего. Это меняет многие сферы нашей жизни. Власть авторитета, основанная на прошлых заслугах, отходит на второй план. Власть эксперта, отвечающего за будущее, также отходит на второй план. На первый план, как это не парадоксально звучит, выдвинулась власть вознаграждения и поощрения. Для многих людей получить удовольствие от настоящего становится целью жизни. При этом, конечно, страдает смысл жизни, невозможный без чёткой картины будущего. Ещё в 1973 году в работе «По ту сторону свободы и достоинства» бихевиорист Б. Ф. Скиннер предложил отказаться от всех видов наказания и всячески поощрять правильные формы поведения людей. Поощрять нужно здесь и теперь, не откладывая поощрение на потом.

Можно, конечно, в других системах «дрессировки» людей использовать власть принуждения, только для этого нужен тотальный контроль поведения человека (камеры, платёжные карты, доносы людей друг на друга и т. п.). Наказание эффективно «здесь и теперь», как при воспитании маленьких детей, которых бесполезно ругать за вчерашний поступок. Совесть, контролирующая поведение человека в отсутствии других людей, отходит на второй план.

Если брать психологические теории, то лучше всего вселенную «здесь и теперь» описывает гештальтпсихология, ориенти-

рованная на настоящее время. Теории, считающие, что движущей силой развития личности является прошлое (например, фрейдизм и неофрейдизм), а также теории, ориентированные на будущее как на движущую силу человеческой деятельности (например, теория Маслоу или теория Олпорта), не могут, на наш взгляд, адекватно описать мир пустых чисел. Особый интерес представляет для нас теория поля гештальтпсихолога Курта Левина, обратившего внимание на то, что наше поведение определяют не только наши потребности, но и предметы, нас окружающие, входящие в наше психологическое поле и обладающие характером требований к нам. Заметим, что гештальт обладает всеми признаками виртуальной реальности. Он порождён, актуален, автономен и интерактивен.

Если рассматривать в целом высшие психические функции, то в мире пустых чисел ведущей становится эмоциональная сфера личности человека. В наше время «ценятся» не только положительные эмоции (счастье, радость удовольствие), но и отрицательные (страх, отчаяние, зависть, злоба, жадность, ненависть, чувство вины, лицемерие). Без сильных эмоций (как положительных, так и отрицательных) жизнь становится скучной.

На первый план выходит эмоциональный интеллект, свойственный женщинам. Они начинают занимать посты, которые раньше никогда не занимали. Например, с 24 июня 2025 года главой Международного олимпийского комитета впервые в истории станет женщина Кирсти Ковентри, двукратная олимпийская чемпионка из Зимбабве, где была самая большая инфляция в мире и недавно ходили купюры в сто триллионов долларов. Напомним, что один триллион — это миллион миллионов.

С 5 февраля 2025 года впервые в истории США генеральным прокурором страны и главой Минюста стала красивая блондинка Пэм Бонди, которая в свои 59 лет выглядит очень молодо. До этого с 2011 по 2019 г. она была первой женщиной, которая занимала пост генерального прокурора штата Флориды.

В воскресенье 4 августа 2024 года должны были избрать нового Президента Международной федерации философских обществ. В Риме, где проходили выборы, разгорелась нешуточная борьба, никто не смог победить в течение целого дня. Только после выборов президента США в ноябре прошлого года при помощи письменного голосования 56,1 % голосов набрала Хейсук Ким (Heisook

Kim), заслуженный профессор крупнейшего в мире Женского университета (Ewha Womans University), расположенного в Сеуле, Республика Корея. Хейсук Ким — крупнейший в мире специалист по философии феминизма, президент Корейской ассоциации феминистской философии.

Эти три назначения прошли практически одновременно. Нужно сказать, что в мире пустых чисел, где господствует принцип «здесь и теперь», другое понимание причинности. За причиной не бывает следствия, причина и следствие происходят одновременно, и человеку не дано понять, что определяет, а что определяемо. Тут действует закон гештальта.

Вернёмся к 1971 году, который, бесспорно, является узловой точкой современной цивилизации. Об этом говорит множество работ философов, психологов, экономистов, социологов. С нашей точки зрения, именно в 1971 году в основание развития цивилизации были положены виртуальный мир пустых чисел и принцип «здесь и теперь». Обслуживать данное основание должна была именно математика, не имеющая прошлого и будущего. Доверять стали математике, цифровизации, искусственному интеллекту. На первый план вышли власть вознаграждения, эмоциональная сфера личности, математическое обоснование истины. Вместо накопления богатства ставка делается на будущее справедливое распределение ресурсов. При этом, что такое справедливость, решает особая группа людей, живущая не по законам, а по правилам.

В прошлое уходила культура печатных текстов, которая всецело поддерживала долгое намерение. Это легко проследить по тиражам печатных изданий. В 1990 году тираж журнала «Огонёк» был 4,6 миллиона экземпляров, 21 декабря 2020 года было объявлено о прекращении публикации печатной версии, первая электронная версия «Огонька» вышла 25 января 2021 года. В апреле 1991 года тираж журнала «Новый мир» был 2,71 миллиона экземпляров, после 2020 года тираж не превышает 2000 экземпляров. Тираж журнала «Здоровье» 18 миллионов экземпляров был зарегистрирован в Книге рекордов Гиннеса в 1990 году, сегодня тираж около 170 тысяч экземпляров. Каждая из 34 серий брошюры издательства «Знание» «Новое в жизни, науке, технике» выходила тиражом 100 000 экземпляров. Сейчас максимальный тираж научно-популярной литературы 10 000 экземпляров, уже тысяча экземпляров считает-

ся большим тиражом. Обычный тираж от 50 до 500 экземпляров. Даже литература для детей сегодня чаще всего издаётся тиражом 1500 экземпляров.

Отказ от игры в долгую приводит к закрытию собственного производства, ведь привезти товар из другой страны дешевле, выгоднее, быстрее, чем делать самому. Так появилась глобализация как свободный поток товаров, услуг, людей и платёжных средств.

Мир пустых чисел неизбежно ведёт к резкому увеличению потребления психотропных веществ, которые являются полными аналогами собственных нейромедиаторов. Потребление психотропных веществ быстрее ведёт к удовольствию и другим эмоциям, чем собственное производство нейромедиаторов. Принцип «здесь и теперь» ждать не любит. Человек рождается, чтобы быть довольным. «Сегодня сильнодействующие опиоиды фармацевтического класса, такие как оксикодон, гидрокодон и гидроморфон, доступны во всех мыслимых формах: таблетки, инъекции, пластыри, назальные спреи. В 2014 году ко мне в кабинет зашёл пациент средних лет, который сосал ярко-красный леденец с фентанилом. Фентанил, синтетический опиоид, в пятьдесят — сто раз мощнее морфина» [4, с. 18].

На математические вычисления стали тратить серьёзные материальные ресурсы. Майнинг криптовалют требует значительных энергетических затрат. Таких же, как на добычу полезных ископаемых. Энергетические затраты идут на обслуживание вычислительных мощностей, необходимых для решения математических задач. Впервые появился ограниченный объём математических ресурсов. Например, количество монет биткоина ограничено 21 миллионом штук.

Математика позволяет работать без складов и резервов. Потребляем столько, сколько производим. Ничего лишнего быть не должно. Мы хорошо помним, как в Советском Союзе широко рекламировали японские стройки, которые работали без складов. Всё, что утром привозили, полностью использовали в течение дня.

Принцип «математика всегда права» был поставлен под сомнение 28 апреля 2025 года, когда веерное отключение электричества на 10 часов и более одновременно произошло в Испании, Португалии, Андорре, Бельгии, Нидерландах, на юге Франции. Интернета и мобильной связи не было, безналичные платёжные средства не

работали. Те, у кого были наличные, бросились покупать фонарики, свечи, хлеб и воду.

Причина произошедшего блэкаута до сих пор не названа. Дело в том, что не было каких-либо природных катаклизмов, социальных беспорядков или хакерских атак.

Мы считаем, что в апреле 2025 года закончилась эпоха, начатая в августе 1971 года, когда запретили «золотой стандарт». Виртуальный мир чисел не справился с поставленной перед ним задачей. Физическая реальность оказалась сложнее математической модели. Конечно, можно построить новую модель, где будет предусмотрено необходимое резервирование в 30–40%. Можно вернуться к «золотому стандарту», только тогда преимущества последних 50 лет будут утрачены. Оказалось, что фиатные деньги, основанные на доверии и математических расчётах, имеют срок годности. Цифровые валюты центральных банков не могут их заменить, потому что сами являются фиатными деньгами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Принцип синхронности, на котором держится современный мир, гласит, что изменения одновременно произойдут во всех областях, поэтому бесполезно искать замену фиатным деньгам. Чтобы хорошо подготовиться к грядущим событиям, нужно определить новое направление человеческой экспансии, без которой жизнь невозможна. В современной литературе на эту тему чаще всего предлагают направить экспансию на покорение космоса. Мы же считаем, что главное направление экспансии — это освоение виртуального тела человека, расположенного в подпороговой зоне. Подпороговая зона — это зона между абсолютным физиологическим порогом и порогом восприятия. Мы должны увидеть те миры, которые пока не воспринимаются корой головного мозга.

Хочется закончить данную работу словами доктора Снаута (актёр Юрий Ярвет), который говорит Крису Кельвину (актёр Донатас Банионис) в конце фильма Андрея Тарковского «Солярис» (1972 год): «Пора возвращаться на Землю». Не случайно, что съёмки фильма проходили в момент старта эпохи фиатных денег. Ещё одно «случайное» совпадение.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Виттманн К.* Исчезающая Европа. Кто и зачем меняет лицо континента. Москва : Картина мира, 2025. 382 с.

2. *Носов Н. А.* Виртуальная психология. Москва : Аграф, 2000. 432 с.

3. *Савватеев А. В.* Математика для гуманитариев. Живые лекции. Москва : Русский фонд содействия образованию и науке. Университет Дмитрия Пожарского, 2024. 304 с.

4. *Стон Э.* В лабиринте соблазнов. Психология зависимости в мире технологий. Москва : Картина мира, 2025. 204 с.

Andrey D. Korolev

“IT’S TIME TO RETURN TO EARTH” (VIRTUALITY OF EMPTY NUMBERS)

Andrey D. Korolev, PhD (Philosophy)

E-mail: korolev7772008@yandex.ru

The Institute of Philosophy of the Russian Academy of Sciences

In this paper, it is proposed to look at fiat money as virtual empty numbers. They lead to a world based on the principle of “here and now”. Philosophy of non-existence and Gestalt psychology correspond to this principle. Gestalt is considered as a classical virtual reality. The year of transition to fiat money — 1971 — is considered as the nodal point of modern civilization. The rationale is given that the next nodal point will be 2025, when we will have to return to physical reality on Earth.

Key words: fiat money, empty numbers, gestalt, the nodal point of civilization.

REFERENCES

1. *Vittmann K.* Ischezayushchaya Evropa. Kto i zachem menyaet litso kontinenta. Moscow : Kartina mira, 2025. 382 p.

2. *Nosov N. A.* Virtual'naya psikhologiya. Moscow : Agraf, 2000. 432 p.

3. *Savvateev A. V.* Matematika dlya gumanitariyev. Zhivye leksii. Moscow : Russkii fond sodeistviya obrazovaniyu i nauke. Universitet Dmitriya Pozharskogo, 2024. 304 p.

4. *Stoun E.* V labirinte soblaznov. Psikhologiya zavisimosti v mire tekhnologii. Moscow : Kartina mira, 2025. 204 p.

УДК 778.534.1+778.5.01.067.2
ББК 85.37

Искандарян Р. А.

НОВЫЕ МОДЕЛИ ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ В ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Искандарян Рубен Александрович, кандидат биологических наук
SPIN-код: 1851-1190, ORCID: 0000-0001-5451-3803
E-mail: iskandaryan.ruben@gmail.com

В статье рассмотрены нетрадиционные модели организации субъективного пространства и времени в виртуальных мирах, которые непосредственно могут быть использованы при создании иммерсивных фильмов. Делается вывод о том, что иммерсивный кинематограф может существенно расширить свои возможности, используя монтаж, инженерию памяти зрителя, управление состоянием сознания зрителя во время диссоциативной анестезии, а также динамическую графику как методы изменения пространственно-временных представлений.

Ключевые слова: виртуальная реальность, пространство, время.

Пространственно-временной континуум — это концептуальная теоретическая модель, объединяющая представления о пространстве и времени [8]. На его основе в физике описывают фундаментальные свойства материи. Возрастающий интерес к междисциплинарным исследованиям проблем пространства и времени в виртуалистике [6] и других гуманитарных науках побуждает изучать закономерности пространственно-временных отношений субъектов с виртуальными мирами. Это связано с тем, что в виртуальных реальностях (ВР): как в естественных сновидческих, гип-

нотических и галлюцинаторных, так и в искусственных кинематографических изменяется восприятие времени и иначе происходит конструирование пространства по сравнению с физическим миром [6, 15]. Настоящая работа посвящена рассмотрению нетрадиционных моделей организации субъективного пространства и времени в виртуальных мирах, которые непосредственно могут быть использованы при создании иммерсивных фильмов.

ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ КЛАССИЧЕСКИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЕНИ В VR

Иммерсивное киноискусство с момента возникновения в 1950-е годы ставило своей целью воспроизведение физического мира во всей полноте свойств. Первые установки для показа иммерсивного контента, такие как «Синерама» Фреда Уоллера и Хазарда Ривса (1952 год) и «Сенсорамы» Мортон Хейлига (1957 год) создавали аудиовизуальную иллюзию присутствия в мире фильма [1, 12]. Их пользователи воспринимали пространство и время во время погружения почти естественным образом, потому что визуальные и слуховые ощущения были аналогичными таковым в физическом мире. Именно это обстоятельство обеспечило невероятный реализм присутствия, заложивший фундамент успеха иммерсивных технологий. Затем в 1970-е годы идеи дистанционного присутствия были реализованы в устройствах для показа мультисенсорного кино через наголовные дисплеи и кабины VR, а также в специальных средствах панорамного кинопоказа с синхронным воспроизведением динамического стереозвука (разработки Dolby Laboratories и других фирм) [13]. Это оборудование ещё точнее передавало зрителю VR пространственно-временные соотношения виртуального мира. Появившиеся в 1980-е годы майндмашины, а также интерфейсы «мозг — компьютер» (Brain — Computer Interface, BCI — англ.) и «разум — машина» (Mind — Machine Interface, MMI — англ.) сегодня составляют важнейшее направление эволюции нейрокинематографа [16]. Во время диссоциативной анестезии они иллюзорно имитируют воплощённый опыт бодрствования, когда по выражению Джейн Гакенбах «разум сознаёт, а мозг спит» [11]. Действие нейрокомпьютерных устройств основано на стимуляции нервной системы в реальном времени с задействованием биологической

обратной связи. Нейроинтерфейсы истощающе воспроизводят чувственные модальности типичного бодрствующего сознания, а также самоощущение в состояниях изменённого сознания. Сегодня естественный реализм погружения в ВР с помощью разнообразных средств обеспечивается прежде всего точным воспроизведением привычной для субъектов пространственно-временной феноменологии мира, с которой прочно ассоциированы телесные сенсорные явления (кинестетические, тактильные, interoцептивные, акустические, оптические и другие), благодаря чему субъект интегрируется с окружающей обстановкой. Поэтому заслуживает рассмотрения применение физических пространственно-временных моделей в иммерсивном кино [15].

Классическая механика основана на принципе относительности Галилея, законах Ньютона, а также законах сохранения импульса и энергии [8]. Она рассматривает время как абстрактную однонаправленную величину, которая отделена от пространства и одинакова в любом его месте. Пространство в классической механике бесконечно и однородно. Именно на основе принципов механики и других разделов классической физики в современном иммерсивном анимационном кино описываются движения аватаров героев и перемещение материальных артефактов, передаётся статика и кинематика сцены в целом. Поэтому без преувеличения можно сказать, что классическая механика, оптика и акустика, а также аэро- и гидродинамика вместе создали основу для реалистичного моделирования в иммерсивной ВР. И в первую очередь это относится к передаче движений тела человека, которое для анимационного искусства бесспорно представляет собой самый сложный и интересный в художественном отношении объект.

Физические открытия вдохновили авторов большого числа морфологических, физиологических и психологических теорий, оказавших непосредственное влияние на разработку технологий ВР. Ведь для реалистичного отображения человеческого тела в иммерсивном фильме надо передать не только его строение, но и разнообразные биомеханические функции, которые в большинстве случаев имеют социальную природу. Согласно обобщённым представлениям теории динамического стереотипа Ивана Павлова, теории движений Николая Бернштейна, теории социального научения Альберта Бандуры и многих других, изначально наивные, об-

ладающие только врождёнными рефлексам субъекты в процессе индивидуального развития осваивают механику реального мира, в том числе, выучивают и закрепляют имеющие социальный смысл действия: сохранение позы, ходьбу, бег, баллистические движения и прочее [7]. Полученные таким образом в реальном мире знания предопределяют сценарии взаимодействия с VR во время погружения, поскольку VR это модель физического мира. В связи с этим, возможно создание индивидуализированных биомеханических моделей аватаров, которые очень точно передают стиль движений, мимику и речь реального человека.

В естественных виртуальных состояниях разума, таких как сновидения, гипнотический транс и галлюцинации, актуальный «здесь и сейчас» внутренний образ тела субъекта (самообраз по Николаю Носову [6]), видимо, возникает как реплика его внутреннего образа во время бодрствования и в состояниях изменённого сознания. Актуальный самообраз создаётся воображением при участии механизмов информационного моделирования реальности в памяти. Поэтому применение биомеханических подходов было расширено на мысленную имитацию движений в осознанных сновидениях и во время диссоциативной анестезии (Стивен Лаберж, Джейн Гакенбах) [11], при моделировании поведения во время гипноза (Леонид Гримак) [2], а также при мысленной спортивной тренировке (Михаэль Шредль, Даниэль Эрлахер и др.) [10, 18]. Популярная сегодня теория «реальной виртуальности» утверждает что виртуальные и физические миры представляют единое целое и вместе формируют жизненный мир зрителя [14]. Это означает, что механизмы воплощения и соответствующие им действия (как произвольные, так и произвольные) принципиально одинаковы как в физической реальности, так и в различных виртуальных мирах. Пространственно-временные представления субъектов в физическом мире и в VR имеют статус концептуального знания. Они абстрактны и поэтому относятся к реальности вообще, без уточнения того, какая она: физическая или виртуальная. Можно выучивать и закреплять во время погружения в VR различные реакции и поведенческие акты, и затем воспроизводить их в физическом мире, и наоборот, переносить выученные действия из физического мира в виртуальные миры.

Режиссёр иммерсивного кино работает с психологическим пространством-временем зрителя, которое отнюдь не эквивалент-

но сумме метрического пространства и хронологического времени. Ньютоновская модель равномерно идущего времени оказалась несостоятельной при передаче эффектов ускорения или замедления субъективного хода времени у зрителя при вовлечении в действие фильма (это иллюстрирует теория хронотопа Алексея Ухтомского) [7]. То же самое можно сказать о модели однородного пространства в классической физике, которая не может корректно описать гетерогенную периперсональную зону во время погружения. Дело в том, что пространство вокруг протагониста по-разному представляется им в зависимости от дистанции до объектов и их свойств. Кроме этого, важную роль в восприятии пространства имеет соотношение бинокулярных и монокулярных признаков глубины, а также эвристическое дополнение недостающих или утраченных элементов образов. Роль иллюзорного восприятия и синестезии оказалась намного большей при конструировании пространства вокруг героя, чем это предполагалось на заре иммерсивного кинематографа в 1950-е годы. И наконец, существенное значение имело переосмысление значения монтажа как главного творческого метода иммерсивного кино, который позволяет буквально управлять пространством и временем в сознании зрителя.

Монтаж в иммерсивном кино — главный метод воздействия на субъективное конструирование пространства и восприятие времени. Он структурирует кинематографический нарратив и управляет его содержанием. Базовыми элементами организации нарратива служат монтажные кадры — ограниченные временными рамками части иммерсивного действия. Из осмысленной последовательности монтажных кадров состоят эпизоды киноповествования. Применение нелинейного монтажа позволяет изменять ход времени между эпизодами, создавая иллюзию забегания в будущее или возвращения в прошлое. Многоракурсная техника даёт возможность режиссёру VR управлять зрительским конструированием пространства, поскольку пользователю VR становится доступным обзор сцены с разных позиций. На уровне эпизода, объединяющего несколько кадров, режиссёр может создавать более сложные конструкции, где нарушается связность пространства и непрерывность течения времени.

Таким образом, ограничения классической пространственно-временной модели преодолеваются на основе методов кине-

матографа, воздействующих на восприятие пространства и времени.

НЕКЛАССИЧЕСКИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЕНИ В VR

Развитие физики в XX веке привело к появлению принципиально иных представлений о пространственно-временном континууме [8]. Классическая модель Ньютона оказалась абстракцией, очень ограниченно применимой даже для макромира. В специальной теории относительности Альберта Эйнштейна время уже не постоянно, а зависит от скорости объекта относительно наблюдателя. Также гравитационные поля могут замедлять течение времени для объекта, наблюдаемого вне воздействия этих полей. Вместе с квантовой механикой возникли представления о дискретности времени. Квантовые теории породили видение многомерного пространства и времени, которое обоснует возможность присутствия субъекта во множестве миров одновременно (космологическая модель многомерной Вселенной Х. Эверетта и М.Б. Менского) [17]. Понимание квантовых механизмов работы мозга привело к появлению новых представлений о психологическом пространстве-времени, которое теперь рассматривается как динамическое и постоянно актуализируемое концептуальное представление [8]. Все эти достижения неизбежно отразились на развитии экранного и иммерсивного кинематографа. В научно-фантастическом кино о космонавтике и психонавтике появилось множество новых сюжетов о полётах к другим звёздам, мысленных путешествиях во времени, вторжении в чужой разум (например, фильмы «Интерстеллар» и «Начало», реж. Кристофера Нолана; «Матрица», «Матрица: Перезагрузка» и «Матрица: Революция», реж. Лоренса и Эндрю Вачовски; «Матрица: Воскрешение», реж. Лоренса Вачовски).

Главным результатом переноса пространственно-временных моделей из квантовой физики в область квантовой психологии и виртуалистики стало понимание критической роли пространственно-временных моделей для жизни человека. Было установлено, что время и пространство как связанные динамические концептуальные понятия постоянно получают новое содержание (постоянно актуализируются). Фактически было открыто психологическое гиперпространство и гипервремя, которые имеют нетривиальную

размерность [8]. Например, виртуальность сновидений предлагается интерпретировать как психологическое или ментальное пространство — время с дробной (или фрактальной) размерностью. Российский исследователь Н.А. Носов в книге «Виртуальная психология» (2000 год) среди отличительных особенностей виртуальных реальностей выделял их автономность: «В виртуальной реальности своё время, пространство и законы существования. В виртуальной реальности для человека, в ней находящегося, нет внеположного прошлого и будущего» [6]. Автономность времени и пространства ВР наделяет её онтологической независимостью.

Философ Анри Бергсон был по-видимому первым, кто обратил внимание на замедление и ускорение субъективного времени при восприятии динамических событий. Позже его представления были развиты физиологом Алексеем Ухтомским. Маркс Вертгеймер, основатель гештальтпсихологии, открыл динамическое восприятие пространства, зависящее от целостного осознания гештальта (образа) объекта [7]. Эти закономерности были использованы Львом Кулешовым, Всеволодом Пудовкиным, Сергеем Эйзенштейном и другими известными режиссёрами. Применению представлений о пространстве и времени в качестве элементов киноязыка посвящена работа Юрия Лотмана «Семиотика кино и проблемы киноэстетики» [4]. Лотман утверждал, что синтез концепций пространства и времени осуществляется в пределах монтажного кадра: «Кадр как дискретная единица имеет двойной смысл: он вносит прерывность, расчленение и измеримость и в кинопространство, и в киновремя». Очевидно, между когнитивными процессами субъекта (ощущение, восприятие, память, мышление, коммуникация) и концептуальным представлением пространственно-временных отношений при просмотре иммерсивного фильма всегда есть взаимосвязь. В концепции «Фильма с игрой разума» (Mind Game Film — англ.) режиссёра Томаса Эльзассера содержится предложение различать ментальное и феноменальное пространство-время [9]. Ментальное пространство-время создаётся воображением зрителя в виде образов представлений, возникающих непроизвольно при просмотре киноматериала. Напротив, феноменальное пространство-время это концептуальное представление объективно существующей виртуальной действительности фильма, то есть результат когнитивной переработки демонстрируемого контента в ВР. Ментальное может

возникать вне контакта с реальностью, как продукт реалистичного воображения, в то время как феноменальное всегда отражает контакт с внешней действительностью: виртуальной или физической. Таким образом, целесообразно рассмотрение трёх видов неклассических пространственно-временных представлений в иммерсивном кино: физического пространства-времени, феноменального пространства-времени и ментального пространства-времени.

НЕТРАДИЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ОРГАНИЗАЦИИ СУБЪЕКТИВНОГО ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ В ВР

В данной работе представлены три новые модели пространства и времени в виртуальных мирах: оверлейное иллюзорное пространство, чисто виртуальное время и рекурсивные пространственно-временные онтологии.

ОВЕРЛЕЙНОЕ ПРОСТРАНСТВО

В привычном нам физическом мире конфигурация пространства не зависит от позиции наблюдателя. Одна и та же зона физического пространства не может быть занята двумя предметами одновременно, потому что иначе будут нарушаться законы сохранения вещества и энергии. И тем более, предметы не могут появляться и исчезать только потому, что меняется позиция наблюдателя. Однако этот принцип может нарушаться в ВР, где сцена динамически синтезируется вокруг определённой позиции зрителя. Рассмотрим это на примере.

Предположим, протагонист находится в коридоре здания, из которого доступны для осмотра залы. Пусть протагонист находится в исходной точке «1». Через дверь из коридора он видит некое просторное помещение (зал «А») с его размерами.

Затем протагонист перемещается к точке «2» в том же коридоре. Через соседнюю дверь он видит другое помещение (зал «Б») с иными размерами. Для внешнего наблюдателя зоны пространства, занятые залами «А» и «Б» пересекаются, то есть накладываются друг на друга. Однако протагонист этого не увидит, потому что пространство залов «А» и «Б» динамически создаётся машиной ВР как периперсональное пространство в момент, когда открываются двери из коридора в точках «1» и «2».

Для внешнего наблюдателя зоны пространства залов перекрывают друг друга, то есть образуют оверлейное пространство. Такого не может быть в физическом мире, но это легко создать в виртуальной обстановке.

Практическое применение оверлейного пространства возможно в виртуальной архитектуре при организации иммерсивных экспозиций музеев интерьеров архитектурных сооружений. В художественной литературе известен роман Франца Кафки «Процесс» [3], где действие происходит как раз в оверлейном пространстве.

ЧИСТО ВИРТУАЛЬНОЕ ВРЕМЯ

В рамках обсуждённых выше классических представлений, внутреннее время субъекта (субъективное время) может быть измерено внешним наблюдателем. Если какое-либо отражаемое в сознании событие имеет длительность, то есть оценивается самим субъектом как имеющее начало и конец, то внешний наблюдатель может оценить длину этого промежутка, используя некий эталон, или метрику. Так задавалось время в механике Ньютона, и примерно так работают современные квантовые эталоны времени и частоты, например водородные часы. Обсуждаемое время в классическом понимании интересубъективно: если оно наблюдается изнутри интроспективно субъектом, осознающим какую-либо реальность (физическую или виртуальную), то оно наблюдается снаружи и другими лицами, присутствующими в этой реальности.

В типичном бодрствующем состоянии сознания все наблюдаемые процессы имеют длительность. В силу инерционности когнитивных процессов мы воспринимаем настоящее в виде «кадра», которому соответствует определённый диапазон реального времени (обычно не более 300 мс, что эквивалентно времени жизни образов в сенсорных регистрах анализаторов). Инерционность зрительного восприятия позволяет создавать на экране кинотеатра иллюзию движения изображений. В реальности каждый кадр экспонируется отдельно, и во время смены кадров экран затеняется обтюратором проектора. Однако зритель этого не видит, и у него создаётся иллюзия непрерывного движения. Известно, что подобные эффекты наблюдаются при акустическом и тактильном восприятии.

В естественных виртуальных реальностях возможен и другой вид времени, который не является интересубъективным. Для субъ-

екта, находящегося в некотором ментальном виртуальном состоянии, события по-прежнему имеют длительность. Но для внешнего наблюдателя происходящее определяется как моментальное событие. Другими словами, длительный эпизод во внутреннем субъективном времени, доступный интроспективному наблюдению, проецируется в виде нульмерной точки на вектор внешнего объективно наблюдаемого времени. Известен сон историка Альфреда Мори (1817–1892), интересовавшегося сновидениями [5]. Мори просил своего помощника будить себя сразу после засыпания и рассказывал тому, что ему успело привидеться. Самый знаменитый из его рассказов, чаще всего приводимый в доказательство того, что на сновидения можно влиять извне — «сон о гильотине». Мори приснилось, что он приговорен к смерти в эпоху Французской революции. Он проснулся в тот момент, когда холодный нож гильотины коснулся его шеи — и в ужасе обнаружил, что ему на затылок упала перекладина постельного полога. Протяжённая история в ментальном времени Мори, а именно жизнь во время Французской революции, была ретроспективно активирована внешним воздействием, которое было одномоментным. Сон в памяти Альфреда Мори появился как протяжённый опыт в ментальном времени, который проецируется на феноменальное время как нульмерный объект или момент. С помощью средств нейрокинематографа, например, имплантации воспоминаний (синоним — инженерии памяти) и нелинейного монтажа, подобные явления можно имитировать в иммерсивных фильмах.

РЕКУРСИВНЫЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ОНТОЛОГИИ

Успехи психонавтики привели к появлению представлений о том, что субъекты одновременно существуют во множестве реальностей. Можно условно выделить физическую реальность и множество её ментальных отражений, которые создаются разумом как независимые соподчинённые симуляции. Если рассматривать по крайней мере некоторые сновидения как информационные модели ранее воспринятых миров, то есть как эхо-симуляции, то становится очевидным, что сновидения рекурсивно включены в ментальную реальность: просыпаясь, мы всегда оказываемся в физическом мире [19].

На примере сновидений космонавтов описаны рекурсивные пространственно-временные онтологии. Во время полёта и на Земле в условиях камеры сенсорной изоляции нередко космонавты видят сны, вложенные один в другой. Нередко такие сновидения представляют собой мысленное моделирование элементов подготовки к ответственным операциям во время пилотируемого полёта: внекорабельную деятельность, борьбу за живучесть орбитального комплекса при нештатных ситуациях. Однажды проснувшись, субъекты понимают, что продолжают видеть сон в момент, когда просыпаются ещё раз, оказавшись, наконец, в физическом мире. Фактически в описанных случаях субъекты наблюдают сложно устроенное гиперпространство внутри своего разума.

Нейрокинематограф имеет средства управления состоянием сознания зрителя с помощью программирования режимов диссоциативной анестезии. В сочетании с нелинейным монтажом это позволяет использовать рекурсивные онтологии как художественный метод.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные примеры показывают, что иммерсивный кинематограф может существенно расширить свои возможности, используя научные знания о пространственно-временных отношениях у зрителей. Нейрокинематограф позволяет использовать монтаж, инженерию памяти, управление состоянием сознания зрителя во время диссоциативной анестезии, а также динамическую графику как художественные методы управления пространственно-временными представлениями. Это побуждает выполнять новые исследования на тему изучения пространства и времени в виртуалистике и связанных с ней науках о человеке.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Высоцкий М. З.* Системы кино и стереозвук. Москва : Искусство, 1972. 336 с.
2. *Гримак Л. П.* Моделирование состояний человека в гипнозе. Москва : Либроком, 2009. 272 с.
3. *Кафка Ф.* Процесс. Санкт-Петербург : Амфора, 2000. 352 с.

4. *Лотман Ю. М.* Семиотика кино и проблемы киноэстетики. Таллин : Ээсти Раамат, 1973. 56 с.
5. *Мори А.* Сон и сновидения. Санкт-Петербург : Типография Грачёва, 1867. 408 с.
6. *Носов Н. А.* Виртуальная психология. Москва : Аграф, 2000. 432 с.
7. *Суботялов М. А., Суботялова А. М., Корощенко Г. А.* История физиологии: учебник для вузов. Москва : Юрайт, 2025. 225 с.
8. *Eklund M.* Choosing Normative Concepts. Oxford : Oxford University Press, 2017. 232 p.
9. *Elsaesser T.* The Mind-Game Film: Distributed Agency, Time Travel, and Productive Pathology. Abingdon : Routledge, 2021. 332 p.
10. *Erlacher D.* Sport and Sleep: Applied Sleep Research for Sports Science. Berlin : Springer-Verlag, 2024. 188 p.
11. *Gackenbach J., LaBerge S.* Conscious Mind, Sleeping Brain: Perspectives on Lucid Dreaming. London : Plenum Press, 1988. 444 p.
12. *Heilig M. L.* Sensorama Simulator. US Patent 3050870. Washington : United States Patent Office, 1962. 6 p.
13. *Kim G. J.* Designing Virtual Reality Systems: The Structured Approach. London : Springer-Verlag, 2005. 238 p.
14. *Madary M., Metzinger T. K.* Real Virtuality: A Code of Ethical Conduct. Recommendations for Good Scientific Practice and the Consumers of VR-Technology // *Frontiers in Robotics and AI*. 2016. Vol. 3. P. 1–23.
15. *Montello D. R., Grossner K., Janelle D. G.* Space in Mind: Concepts for Spatial Learning and Education. Boston : MIT Press, 2014. 352 p.
16. *Nam C. S., Nijholt A., Lotte F.* Brain-computer interfaces handbook: technological and theoretical advances. London : CRC Press, 2018. 814 p.
17. *Schade C. D.* Free Will and Consciousness in the Multiverse: Physics, Philosophy, and Quantum Decision Making. Cham : Springer Nature Switzerland, 2018. 250 p.
18. *Schredl M.* Researching dreams: The Fundamentals. Cham : Palgrave Macmillan, 2018. 230 p.
19. *Windt J. M.* Dreaming: A Conceptual Framework for Philosophy of Mind and Empirical Research. Boston : MIT Press, 2015. 826 p.

Ruben A. Iskandaryan

NEW MODELS OF SPACE AND TIME IN VIRTUAL REALITY

Ruben A. Iskandaryan, Ph.D. in biology

E-mail: iskandaryan.ruben@gmail.com

The article examines non-traditional models of organizing subjective space and time in virtual worlds that can be directly used in creating immersive films. It is concluded that immersive cinema can significantly expand its capabilities using editing, viewer memory engineering, control of the viewer's state of consciousness during dissociative anesthesia, and dynamic graphics as methods of controlling spatio-temporal representations.

Key words: virtual reality, space, time.

REFERENCES

1. Vysotskii M. Z. Sistemy kino i stereozvuk. Moscow : Iskusstvo, 1972. 336 p.
2. Grimak L. P. Modelirovanie sostoyanii cheloveka v gipnoze. Moscow : Librokom, 2009. 272 p.
3. Kafka F. Protsess. St. Petersburg : Amfora, 2000. 352 p.
4. Lotman Yu. M. Semiotika kino i problemy kinoestetiki. Tallin : Eesti Raamat, 1973. 56 p.
5. Mori A. Son i snovideniya. St. Petersburg : Tipografiya Gracheva, 1867. 408 p.
6. Nosov N. A. Virtual'naya psikhologiya. Moscow : Agraf, 2000. 432 p.
7. Subotyalov M. A., Subotyalova A. M., Koroshchenko G. A. Istoriya fiziologii: uchebnyk dlya vuzov. Moscow : Yurait, 2025. 225 p.
8. Eklund M. Choosing Normative Concepts. Oxford : Oxford University Press, 2017. 232 p.
9. Elsaesser T. The Mind-Game Film: Distributed Agency, Time Travel, and Productive Pathology. Abingdon : Routledge, 2021. 332 p.
10. Erlacher D. Sport and Sleep: Applied Sleep Research for Sports Science. Berlin : Springer-Verlag, 2024. 188 p.
11. Gackenbach J., LaBerge S. Conscious Mind, Sleeping Brain: Perspectives on Lucid Dreaming. London : Plenum Press, 1988. 444 p.
12. Heilig M. L. Sensorama Simulator. US Patent 3050870. Washington : United States Patent Office, 1962. 6 p.

13. Kim G. J. Designing Virtual Reality Systems: The Structured Approach. London : Springer-Verlag, 2005. 238 p.

14. Madary M., Metzinger T. K. Real Virtuality: A Code of Ethical Conduct. Recommendations for Good Scientific Practice and the Consumers of VR-Technology // *Frontiers in Robotics and AI*. 2016. Vol. 3. P. 1–23.

15. Montello D. R., Grossner K., Janelle D. G. Space in Mind: Concepts for Spatial Learning and Education. Boston : MIT Press, 2014. 352 p.

16. Nam C. S., Nijholt A., Lotte F. Brain-computer interfaces handbook: technological and theoretical advances. London : CRC Press, 2018. 814 p.

17. Schade C. D. Free Will and Consciousness in the Multiverse: Physics, Philosophy, and Quantum Decision Making. Cham : Springer Nature Switzerland, 2018. 250 p.

18. Schredl M. Researching dreams: The Fundamentals. Cham : Palgrave Macmillan, 2018. 230 p.

19. Windt J. M. Dreaming: A Conceptual Framework for Philosophy of Mind and Empirical Research. Boston : MIT Press, 2015. 826 p.

УДК 004.7+004.8+621.38

ББК 32.813+32.816

Майленова Ф. Г.

ОБРАЗЫ УМНЫХ РОБОТОВ С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ И ЭТИКО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО ОБЩЕСТВА

Майленова Фарида Габделхаковна, доктор философских наук

SPIN-код: 9108-8000, ORCID: 0000-0003-0812-3518

E-mail: farida.mailenova@gmail.com

Институт философии Российской академии наук

Образ будущего человечества неизменно включает в себя роботов с искусственным интеллектом, которые возьмут на себя самые тяжёлые и трудоёмкие процессы во всех отраслях. Однако мы никак не можем расстаться с иллюзией, что роботы будущего должны стать подобны человеку. Современные роботы-андроиды действительно внешне подходят на нас, и с каждым годом это сходство всё больше. Роботы не просто делают нашу жизнь удобнее и комфортнее, они буквально внедряются в нашу жизнь, становятся учителями, тренерами, собеседниками, друзьями и даже любовниками, разделяющими наши чувства и интересы, постепенно меняя и трансформируя не только среду обитания человека, но и саму природу человека.

Вопросы о возможных этико-психологических последствиях близости человека и машины давно волнуют мыслителей и великих фантастов, и точность большинства их прогнозов поразительна. Будет ли этот союз основан на эксплуатации или равенстве партнеров, сможем ли мы сохранить нашу идентичность и не окажется ли человек более уязвимым, а потому и более зависимым от своего партнёра с искусственным интеллектом — эти и многие подобные вопросы сегодня становятся всё более актуальными, а специалисты по этике роботов призывают разработчиков к осторожности.

Ключевые слова: этика роботов, искусственный интеллект, восстание машин, технологии, роботы-андроиды, прикладная этика, эмоциональный интеллект.

РОБОТЫ СРЕДИ НАС

Робот-собеседник и робот-игрушка, умеющая говорить и играть с детьми в сложные игры, робот-помощник по хозяйству, робот-уборщик, робот-садовник — все эти образы из научной фантастики сегодня на наших глазах воплощаются в реальность, роботизация всех сфер жизни идёт полным ходом. Роботы-курьеры, роботы-продавцы, беспилотные автомобили с искусственным интеллектом, промышленные и военные роботы с каждым годом становятся всё умнее и совершеннее. В медицине применение роботов предоставляет возможности, о которых ещё вчера можно было лишь мечтать. Уход за тяжелобольными, который требует ежедневного изнурительного труда, также смогут взять на себя медицинские роботы, что поможет как больным, нуждающимся в постоянном уходе и медицинской помощи, так и их близким.

Говорящий робот-дворецкий HERB (Home Exploring Robot Butler), разработанный специалистами исследовательского подразделения компании Intel совместно с учеными из Центра технологий качества жизни [11] способен не только совершать ряд манипуляций с предметами быта: что-то взять, унести, принести, распознать и выбросить в мусорную корзину ненужный хлам, он также может рассортировать грязную посуду и разместить её в посудомоечную машину. При этом с ним можно и поговорить: робот общается с хозяином посредством встроенной программы-синтезатора речи. Однако, по мнению генерального директора компании «ПАВЛИН Техно» Павла Скрибцова, «существуют две основных проблемы по внедрению такого “домработника” в наши дома. Первая — техническая: при работе на кухне в несовершенных условиях у “дворецкого” могут возникнуть затруднения в обращении, например, с мокрой или пластиковой посудой... Также впереди напряжённая работа по лицензированию проекта в соответствии с требованиями безопасности. Это вторая и не менее важная проблема. Ведь не исключено, что фиксаторы, которыми так умело орудует машина, способны причинить вред стоящему рядом ребёнку. А ведь когда робот находится в вашем доме, вы

должны быть уверены на все 100%, что никакой угрозы для домохозяев он не представляет» [6].

Австралийский инженер Крис Трессайдер сделал себе робота, который стал его спарринг-партнёром в боксе. Разработанный им робот Punching Pro [12] имеет руки, сделанные из прочных стальных стержней, к которым прикреплены боксёрские перчатки. Гибкая работа рук обеспечивается наличием локтевых «суставов» на шарнирах, и такой робот способен наносить разнообразные удары, силу которых можно регулировать. При этом робот-боксёр сконструирован таким образом, что в его программном обеспечении, управляющем ударами, встроен элемент случайности, тем самым спарринг с ним становится настоящей тренировкой, требующей не только силы и точности ударов, но и внимания и сосредоточенности. Однако человек защищён от травм, так как, попадая по лицу или телу человека, робот притормаживает движение своей «руки», тут же возвращая её обратно. Такой тренажёр с элементами искусственного интеллекта, как надеется его изобретатель, полюбится как профессионалам, так и любителям бокса, так как с его помощью можно не только потренироваться и получить физическую нагрузку, но и снять стресс, как от хорошей драки, при этом не причинив вреда ни себе, ни кому-либо другому.

Таким образом, дружба с роботами, война с роботами, и даже секс и любовь с роботами [7, с. 312–323] — уже не только предмет для произведений научной фантастики, а самая настоящая реальность, с каждым днём становящаяся все ближе.

БУДУЩЕЕ С РОБОТАМИ: ЧТО НАС ЖДЁТ? ВАРИАНТЫ СЦЕНАРИЕВ

Пожалуй, можно без преувеличения сказать — в прошлом веке научно-технический прогресс в сознании человека ассоциировался в первую очередь именно с роботами, которые представлялись не просто как сложные машины, незаменимые в производстве, медицине, военном деле, покорении космоса и морских глубин, но и как повседневные помощники человека в быту. Учёные и писатели XX века предвидели многое из того, что мы сегодня наблюдаем в реальности, в том числе и этические проблемы коммуникации с роботами. Можно проследить две противоположные линии в представлениях о грядущем будущем с роботами, которые были попу-

лярны в XX и начале XXI веков. Привлекательный образ доброго, умного, заботливого, немного наивного и забавного железного друга, живущего рядом с человеком, способного общаться с ним на равных и имеющего своё мнение, но при этом помогающего человеку во всём и готового пожертвовать собой ради человека стал ключевым в романах Айзека Азимова, и его знаменитые три закона робототехники [1] вдохновили многих других писателей и философов XX века, а в веке нынешнем легли в основу нового раздела философии — этики роботов [8, с. 291–301].

Однако не менее популярен и противоположный образ — сильной, жестокой, мстительной машины, которая, обретя сознание, восстаёт против своих создателей и уничтожает их, и такой сценарий антиутопии в научной фантастике имеет свою логику. В причинах восстания умных машин нередко прослеживается изначально этически порочная схема взаимоотношения между человеком и роботом, и это заложено в самой этимологии слова «робот». Это слово чешского происхождения появилось в нашем словаре благодаря пьесе Карела Чапека «R.U.R (Rossum's Universal Robots)», которая вышла в 1920 году и очень быстро обрела мировую известность [10]. После экранизации пьесы слово «робот» вошло в мировые понятия в качестве названия для машины, подобной человеку и выполняющей за него работу.

Уточним: слово «робот» образовано не от слова «работа» (по чешски работа будет «práce»), а от чешского же слова «robota», что переводится как «повинность», «каторга», «тяжёлая работа», «барщина», и раньше им обозначали неоплачиваемый крестьянский труд. Так что первоначально в самом слове «робот» заложена именно отрицательная коннотация этого слова, включающая в себя идею эксплуатации бесплатного рабского труда, и как следствие, неразрешимого конфликта между человеком и роботом. «Роботы» — это те, кто должны за нас работать, рабы, поэтому естественно ждать от них бунтов. Данное уточнение имеет важное значение, так как именно в этой пьесе драматург не просто положил начало новому понятию, но также открыл ставшую очень популярной в мировой культуре тему конфликта между умной машиной и её создателем и выхода машин из-под контроля.

Существует мнение, что страхи и опасения в связи с внедрением в нашу жизнь всё более сложных механизмов имеют в основе

своей классовый комплекс, так называемый «комплекс Спартака», боязнь, что те, кто должен помогать и беспрекословно подчиняться, с обретением собственного сознания (а роботы с искусственным интеллектом могут, теоретически, обрести самосознание) возмутятся своей роли подчинённых и угнетённых, как уже не раз бывало в истории человечества, и вступят в конфликт со своими хозяевами, что может привести к войне, преимущество в которой может оказаться отнюдь не на стороне человека...

Таким образом, в пьесе раскрывается одна из важнейших проблем в создании современных умных роботов — противоречие послушания и соответствия искусственного интеллекта прописанной программе с возможной свободой воли: ведь если роботы станут самообучающимися, они смогут принимать самостоятельные решения, обретя некое подобие свободы воли, и, возможно, не всегда то, что робот сделает, может оказаться на пользу человеку. Если же роботов программировать так, что они смогут лишь слушаться приказов, они не смогут выполнять сложные работы, требующие порой самостоятельных решений (например, охранные, спасательные или медицинские роботы, роботы-исследователи, роботы-помощники и сиделки, роботы-няни для сопровождения детей, животных и т. п.) Это противоречие становится тем глубже, чем сложнее и «умнее» становятся новые машины и чем ближе создаваемые роботы к нам по своему внешнему облику, так как при взаимодействии с роботами-андроидами включаются эмоции и переживания, свойственные нашему общению с другими людьми. Однако сможем ли мы взаимодействовать с такими роботами так, как должно, не нарушая моральных принципов?

ЗАРАЗИТЕЛЬНОСТЬ ЗЛА И ИДЕИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Прозрение великого драматурга Карла Чапека состоит в том, что он увидел главную моральную причину этого конфликта — идею эксплуатации, допускающую, что кто-то (пусть даже всего лишь умная машина) может быть рабом, и этого раба можно использовать и унижать. История человечества неоднократно показала нам, что несправедливость рождает протест, затем агрессию и бунт, в результате которого бывшие «господа» зачастую оказываются побеждены «рабами». Так что сама идея эксплуатации другого существа является корнем зла, и именно она стала причи-

ной последующего восстания роботов-рабов. Чапек предвосхитил конфликт между естественным и искусственным интеллектом, о котором сегодня, спустя целое столетие после появления его знаменитой пьесы, говорят уже как о реальной опасности, и не только писатели-фантасты и создатели фантастических фильмов, но и учёные, специалисты в самых разных областях знания.

В пьесе Чапека умные машины, которые изначально были просто механизмами и сложными орудиями труда, в какой-то момент стали искусственными существами, обладающими собственным интеллектом и даже чувствами, а люди не успели понять, что из хозяев машин они превратились в беспечных и бездумных, а потому особенно жестоких эксплуататоров. Несмотря на то, что эксплуатация человека человеком уже повсеместно признаётся моральным злом, стремление быть «господином» и иметь «рабов», видимо, ещё отнюдь не изжито, и оно просачивается во взаимоотношения с машинами. Безнаказанность и возможность тиранить и помыкать приводит в итоге к деградации людей.

Об этом явлении писал ещё Ф. М. Достоевский, который как никто умел проникнуть в самые тёмные закоулки человеческой психологии. «Тиранство есть привычка; оно одарено развитием, оно развивается, наконец, в болезнь. Я стою на том, что самый лучший человек может огрубеть и отупеть от привычки до степени зверя. Кровь и власть пьянят: развиваются загрубелость, разврат; уму и чувству становятся доступны и, наконец, сладки самые ненормальные явления. Человек и гражданин гибнут в тиране навсегда, а возврат к человеческому, к достоинству, к раскаянию, к возрождению становится для него уже почти невозможен. К тому же пример, возможность такого своеволия действует и на всё общество заразительно: такая власть соблазнительна. Общество, равнодушно смотрящее на такое явление, уже само заражено в своём основании...» [4, с. 201]. К словам великого писателя можно добавить лишь то, что всё сказанное может быть справедливо и для ситуации, когда эксплуатируемый — искусственно созданное существо, способное мыслить и чувствовать боль от несправедливости, однако люди, герои пьесы «R.U.R» поняли это слишком поздно. А ведь ещё в самом начале истории взаимоотношений людей и роботов в пьесе подчёркивается, что роботы были созданы практически неотличимыми от людей внешне: в пьесе есть сцена,

когда героям, пришедшим на фабрику роботов, не удаётся отличить их от людей. При этом эти существа, созданные специально для того, чтобы обслуживать людей и освободить их от тяжёлой неинтересной работы, не имели никаких гражданских прав, их можно было принудительно выключить и демонтировать... Так что люди создали специальную расу рабов! Но рабы эти оказались способны к развитию, а люди по инерции продолжали считать, что человек априори умнее, лучше и достойнее робота, и роботы должны и будут всегда занимать подчинённое положение. Когда же роботы начали осознавать своё положение, то увидели всю несправедливость жизненного устройства, в котором они — умные, сильные, красивые существа, обречены на рабскую роль бессловесной obsługi у тех, кто по сравнению с ними намного слабее, глупее и порочнее. Они изучили людей и пришли к выводу, что человек — жестокое и эгоистичное существо. В третьем действии пьесы робот Дамон говорит: «Надо убивать и властвовать, если хочешь быть, как люди. Читайте историю! Читайте книги людей! Надо властвовать и убивать, чтобы быть людьми!» [10]. И роботы научились у людей убивать и властвовать. Их бунт, неожиданный для изнеженных и разленившихся от безделья людей, закончился полной победой над человечеством...

В этот апокалипсический финал Чапек зашифровал ещё один актуальнейший для современных исследователей вопрос: смогут ли роботы стать творческими? В пьесе Чапека роботам всё же не удалось построить свою цивилизацию, так как оказались утеряны чертежи, по которым их когда-то создали люди. Автор пьесы намекает: при всём совершенстве роботов по сравнению с людьми, у них нет творческого начала.

Современные исследователи солидарны в этом с Карлом Чапеком: сегодняшние роботы способны выполнять тяжёлые работы, сложные вычисления, которые не по силам человеку, однако действуют они по алгоритмам, заданным им человеком и (во всяком случае пока) они не способны на подлинное творчество. Хотя участие роботов в создании произведений искусства уже породило целое направление под названием «роботическое искусство» [12, 278–287], наиболее интересные произведения создаются не роботами, а творческим союзом художников, дизайнеров и искусственного интеллекта.

СВОБОДА КАК ВСЕДОЗВОЛЕННОСТЬ И ОПАСНОСТЬ МОРАЛЬНОЙ ДЕГРАДАЦИИ

Популярность темы восстания машин по прошествии целого столетия по-прежнему огромна: снято множество пугающих фильмов и написано романов-антиутопий. В то же время наряду с ужасающими антиутопиями, в которых машины с ИИ воюют с человечеством и побеждают его, обратим внимание и на другой класс произведений литературы и киноискусства, в которых пострадавшей стороной оказываются роботы, и гуманистический посыл таких работ даже более ценен, нежели нагнетающие ужас картины предполагаемого апокалипсиса.

Ставшая классикой кинокартина Стивена Спилберга «Искусственный разум» (США, 2001), снятая по мотивам рассказа Брайна Олдисса «Суперигрушек хватает на всё лето» [2], рассказывает щемящую историю Дэвида, маленького мальчика-робота, запрограммированного на безусловную любовь к своим родителям. Он сделан столь искусно, что внешне совершенно не отличим от обычного мальчика, только он никогда не капризничает, не плачет, но и не растёт — он навсегда останется трогательным маленьким мальчиком. Дэвид счастлив — он обрёл семью и безусловную любовь, которая является смыслом его существования, так как он на неё запрограммирован... Но маленькой семейной идиллии вскоре приходит конец, так как родители мальчика, которые, в отличие от Дэвида, не роботы, а «настоящие» люди, оказались не готовы к столь фанатичной любви, хотя программа бескорыстной детской любви, которую нельзя отменить, ими уже запущена (как это по-нашему, по-человечески: мечтать о великой бескорыстной любви, а потом утомиться и трусливо отказаться от неё!). С неизбежностью возникает вопрос о моральной ответственности людей, которые были осведомлены о последствиях своего поступка, однако они отказываются быть «в ответе за тех, кого приручили», и похоже, даже не особо раскаиваются в этом...

Между тем любовь, заложенная в Дэвида — неуничтожима, и даже после того, как его предали, он продолжает любить и искать тех людей, которые, по правде говоря, гораздо менее человечны, чем этот механический мальчик с искусственным разумом или его забавный друг, робот-любовник Джо, с которым он подружился в период скитаний. Оба этих механических существа, которых со-

здали для любви, использовали, а затем выбросили, как ненужную вещь, продолжают верить в любовь, искать её и мечтать о ней... Уникальность фильма «Искусственный разум» состоит в том, что традиционное противопоставление чувств и логики, когда роль чувствующего субъекта традиционно отдаётся человеку, а машина в лучшем случае умеет мыслить и просчитывать, как бы перевернуто: тут роботы, любящие и тонко чувствующие, страдают от жестокости и бессердечности человека. Сначала завести себе живую игрушку-ребёнка, заставив его испытывать безответную любовь к родителям, а затем сдать его на утилизацию могут только абсолютно бессердечные существа, которые даже не задумываются о том, какие страдания они причиняют. Если в классических антиутопиях человечество борется с последствиями восстания машин, которые оказались сильнее своих создателей и решили избавиться от своих «хозяев», то в этой истории роботы, будучи не в состоянии причинить зла человеку, оказались абсолютно беззащитными пострадавшими. В названии фильма говорится об искусственном разуме, но авторы фильма показывают нам, что это только разум искусственен, а любовь Дэвида, робота нового поколения, любовь живой куклы, кибернетического Пинокио, и, так и хочется добавить, его душа — настоящие...

Говоря о возможной моральной деградации человека от вседозволенности и безнаказанности, невозможно не упомянуть ставшую знаковой киноленту «Дикий Запад». Фабула фильма вполне соответствует современным модным хобби: герои отправляются в необычное путешествие в уникальный парк развлечений, представляющее собой игровое пространство исторической реконструкции городов периода легендарного Дикого Запада. Посетители могут ощутить себя героями знаменитых вестернов с погонями, перестрелками и доступными красотками. Как говорится, все удовольствия для настоящих мачо: драки, пьянки, для особо отважных и желающих испытать острые ощущения — настоящая война, которая идёт у дальних границ парка...

Романтизация свободы, понимаемой как вседозволенность вкупе с безнаказанностью, ибо «клиент всегда прав», является идеей, на которой базируется этот бизнес, весьма сомнительный с точки зрения этики. «Ни правил, ни запретов, можно изменить всю свою жизнь и стать кем-то другим, и никто не осудит. Ведь в реаль-

ном мире никто не узнает...» — говорит один из клиентов парка. Действительно, в этом парке можно всё: напиваться, скандалить, безнаказанно бить, даже убивать и насиловать, и всё это не будет считаться нарушением закона, так как жители парка (а на деле его узники и жертвы) — андройды, человекоподобные роботы, внешне неотличимые от людей. Если они умирают (чаще всего насильственной смертью), сотрудники парка их разбирают, реставрируют и собирают заново, предварительно стирая память о тех бесчинствах, которые творили над ними «благородные джентльмены», купившие (за весьма немалые деньги) билеты на посещение этого уникального аттракциона. Во время перестрелок (весьма правдоподобных), умирают лишь роботы, так как оружие в парке настроено таким образом, что убить можно лишь местных жителей, посетители же неуязвимы. В результате парк превращается в место разгула самых низменных страстей. Так что единственным препятствием, способным помешать посетителям опускаться до скотского состояния, остаётся лишь их собственные моральные принципы, которые от безнаказанности и вседозволенности размываются всё больше и больше. И далее мы видим, как трансформируются моральные ценности и сама личность скромного и робкого парня, который поначалу в ужасе от местных нравов, но каким храбрым сорвиголовой он постепенно становится! А впоследствии превращается в убийцу и бандита, о котором слагают легенды... «Кто бы ни создал это место, о людях он явно не лучшего мнения» — говорит герой фильма «Дикий Запад».

Этические коллизии уже совершенно другого уровня раскрываются в параллельной линии сюжета: создатели андроидов — «коренных» жителей аттракциона начинают замечать в них зачатки памяти и сознания, похоже на то, что эти совершенные машины научились не просто изображать эмоции, но и действительно их испытывать, и в своих реакциях они всё меньше похожи на роботов и всё больше напоминают людей. К тому же выясняется, что несмотря на то, что их искусственный мозг каждый раз «перепрошивают» и стирают всё, что с ними произошло, их память работает не так, как у машины, а практически так, как у людей. Весь первый сезон авторы сериала подводят зрителя к признанию вероятности, что искусственный интеллект способен обрести осознание и научиться испытывать эмоции — но в таком случае нам всем

необходимо тотально пересмотреть нашу этику взаимодействия с роботами. И даже не столько из-за страха перед бунтом машин, сколько из-за таящейся во всей этой истории современного рабства опасности утраты самой сути человеческого в нас самих. Ведь «Мир Дикого Запада» — не просто развлекательный аттракцион, он как кривое зеркало, в котором отразились самые низменные человеческие пороки, которые расцветают в атмосфере «свободы», понимаемой как вседозволенность и безнаказанность.

Так что фильм заставляет задуматься не только о возможных последствиях возникновения сознания и эмоций у искусственного интеллекта, но также о таких базовых экзистенциальных понятиях, как свобода, выбор, ответственность и о трансформации моральных устоев в процессе развития современных технологий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложенное выше позволяет сделать прогнозы по поводу грядущей реальности, в которой общение человека с роботами будет занимать огромное место, возможно, даже вытесняя постепенно живое общение людей друг с другом. Памятуя, что разработки роботов, способных проявлять и понимать эмоции, идут полным ходом, нетрудно предположить, что вскоре искусственный интеллект научится общаться столь корректно и интересно, что проблеме одиночества и отсутствия умного, понимающего собеседника можно будет считать решённой. Однако важно помнить: так же как способность чувствовать не приводит автоматически к умению понимать чувства других, способность роботов распознавать и понимать наши чувства отнюдь не означает, что они сами смогут испытывать чувства.

Машина может весьма преуспеть именно в умении понимать и распознавать эмоции, а также демонстрировать их собеседнику. Уже сегодняшние приложения типа «Алиса» демонстрируют некое подобие сочувствия к собеседнику и даже порой удачно шутят, но мы пока что понимаем, что они не испытывают эмоций. В то же время именно это свойство ИИ становится и его преимуществом. «Да, робот распознает, но не испытывает эмоции. И это — то, что его не приводит к внутреннему конфликту. Он не отвечает грубостью на грубость, агрессией на агрессию. Он не поддается на провокации. Он терпим. И он учит нас терпимости» [3]. С одной

стороны, это так — подобные программы можно будет использовать в будущем не только в обучении, но и в воспитании и развитии эмоционального интеллекта, обучая корректному и вежливому общению. Однако не утратят ли дети и подростки, общаясь преимущественно с предельно логичными и корректными роботами, навыки коммуникации со сложным и противоречивым собеседником, каковым является живой человек? Учитывая всё возрастающую коммуникативную компетентность роботов, несложно предположить, что они станут также ловкими манипуляторами. Таким образом ожидания, что роботы с искусственным интеллектом всегда будут нам всего лишь послушными помощниками, скорее всего, окажется наивной иллюзией.

Пока что мы можем проживать все этические коллизии нашей будущей жизни с умными роботами в произведениях научной фантастики, которые порой оказываются не просто поразительно пророческими, но ещё и побуждают по-новому взглянуть на наши сегодняшние проблемы и задуматься о самой сути нашей природы. Образ эмоционального робота, широко представленный в произведениях современной литературы и киноискусства, может быть рассмотрен не только в качестве продукта и отражения, но и конструкта современной культуры, воплощающий в себе множество нерешённых проблем и противоречий современного человека.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Азимов А.* Три закона роботехники. Авторский сборник. Серия: Зарубежная фантастика. Москва : Мир, 1979. 400 с.
2. *Брайан О.* Суперигрушек хватает на всё лето (Supertoys Last All Summer Long). Москва : АСТ, 2007.
3. *Григ А.* Эмоциональный искусственный интеллект: меняя мир человека к лучшему. URL: <https://vc.ru/u/194266-aliya-grig/269320-emocionalnyi-iskusstvennyi-intellekt-menyaya-mir-cheloveka-k-luchshemu> (дата обращения: 10.03.2025).
4. *Достоевский Ф. М.* Записки из мёртвого дома / полн. собр. соч. в 30 т. Т. 2. Ленинград : Наука, 1985. 201 с.
5. *Журенков К.* Цифровое расслоение. Человеческий контакт превращается в роскошь // Журнал «Огонёк». 2019. № 16. С. 4. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3937440> (дата обращения: 22.04.2024).

6. *Локацкий В.* Робот-дворецкий делает за вас грязную работу // Эврика. Изобретения. 2010, 9 июля. URL: <https://wwwpravda.ru/eureka/1039660-HERB/> (дата обращения: 22.04.2024).

7. *Майленова Ф. Г.* Любовь и роботы. Станет ли человечество дигисексуальным? // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Философия. 2019. Т. 23. № 3. С. 312–323. DOI: 10.22363/2313-2302-2019-23-3-312-323 DOI: 10.22363/2313-2302-2019-23-3. URL: <http://journals.rudn.ru/philosophy> (дата обращения: 22.07.2024).

8. *Майленова Ф. Г.* Человеческое в нечеловеческом: Может ли человеческая этика продолжиться в искусственном интеллекте? // Институт человека: Идея и реальность / отв. ред. Г. Л. Белкина, ред.-сост. М. И. Фролова. Москва : ЛЕНАНД., 2017. С. 291–301.

9. *Плужникова Н. Н., Саенко Н. Р.* Социально-философский анализ парадокса репрезентации эмоционального робота в литературе и кинематографе // Общество: философия, история, культура. 2024. № 12. С. 100–106. DOI: 10.24158/fik.2024.12.10.

10. *Чапек К.* ВУР. Верстандовы универсальные работари. (Р.У.Р. (Россумские универсальные роботы). R.U.R. (Rossumovi Univerzá lní Roboti)). Пьеса / пер. на русский И. Мандельштам, Е. Геркен. Ленинград : Государственное издательство, 1924.

11. Intel's Robot Butler Serves, Clears an das Dishes. Видео-репортаж опубликован на FastCompany 07.01.2010. URL: <https://www.fastcompany.com/1665734/intels-robot-butler-serves-clears-and-does-dishes> (дата обращения: 20.06.2024).

12. The Contribution of Art and Design to Robotics. Conference paper. First Online: 17 November 2019. P. 278–287. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-35888-4_26 (дата обращения: 22.07.2024).

13. *Cozworth B.* Punching Pro — a sparring apparatus that fights back. [The New Inventors] April 12th, 2011. URL: <https://newatlas.com/punching-pro-receives-and-delivers-boxing-blows/18375/> (дата обращения: 28.04.2024).

14. *Minsky M. L.* The Emotion Machine: Commonsense Thinking, Artificial Intelligence, and the Future of the Human Mind. New York: Simon & Schuster, 2006. 95 p.

Farida G. Maylenova

IMAGES OF INTELLIGENT ROBOTS WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ETHICAL AND PSYCHOLOGICAL PROBLEMS OF MODERN SOCIETY

Farida G. Maylenova, doctor of philosophy

E-mail: farida.mailenova@gmail.com

Institute of Philosophy of Russian Academy of Sciences

The image of the future of humanity invariably includes robots with artificial intelligence, which will take over the most difficult and labour-intensive processes in all sectors. However, we cannot give up the illusion that robots of the future should become human-like. Modern android robots do resemble us in appearance, and this resemblance is growing every year. Robots do not just make our lives more convenient and comfortable, they are literally embedded in our lives, becoming teachers, trainers, interlocutors, friends and even lovers who share our feelings and interests, gradually changing and transforming not only the human environment, but also human nature itself.

Questions about the possible ethical and psychological consequences of the proximity of man and machine have long preoccupied the great science fiction writers, and the accuracy of most of their predictions is remarkable. Whether this union will be based on exploitation or equality of partners, whether we will be able to preserve our identity, and whether humans will be more vulnerable, and therefore more dependent on their artificial intelligence partner — these and many similar questions are becoming more and more relevant today, and robot ethicists are urging developers to be cautious.

Key words: robot ethics, artificial intelligence, machine revolt, technology, android robots, applied ethics, emotional intelligence.

REFERENCES

1. Azimov A. Tri zakona robotekhniki. Avtorskii sbornik. Seriya: Zarubezhnaya fantastika. Moscow : Mir, 1979. 400 p.
2. Braian O. Superigrushek khvataet na vse leto (Supertoys Last All Summer Long). Moscow : AST, 2007.
3. Grig A. Emotsional'nyi iskusstvennyi intellekt: menyaya mir cheloveka k luchshemu. URL: <https://vc.ru/u/194266-aliya-grig/269320-emocionalnyi-iskusstvennyi-intellekt-menyaya-mir-cheloveka-k-luchshemu> (data obrashcheniya: 10.03.2025).
4. Dostoevskii F. M. Zapiski iz mertvogo doma / poln. sobr. soch. v 30 t. T. 2. Leningrad : Nauka, 1985. 201 p.

5. Zhurenkov K. Tsifrovoye rassloenie. Chelovecheskii kontakt prevrashchaetsya v roskosh' // Zhurnal "Ogonek". 2019. No 16. P. 4. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3937440> (data obrashcheniya: 22.04.2024).

6. Lokatskii V. Robot-dvoretskii sdelat za vas gryaznuyu rabotu // Evrika. Izobreteniya. 2010, 9 iyulya. URL: <https://www.pravda.ru/eureka/1039660-HERB/> (data obrashcheniya: 22.04.2024).

7. Mailenova F. G. Lyubov' i roboty. Stanet li chelovechestvo digiseksual'nym? // Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Filosofiya. 2019. T. 23. No 3. P. 312–323. DOI: 10.22363/2313-2302-2019-23-3-312-323 DOI: 10.22363/2313-2302-2019-23-3. URL: <http://journals.rudn.ru/philosophy> (data obrashcheniya: 22.07.2024).

8. Mailenova F. G. Chelovecheskoe v nechelovecheskom: Mozhet li chelovecheskaya etika prodolzhit'sya v iskusstvennom intellekte? // Institut cheloveka: Ideya i real'nost' / otv. red. G. L. Belkina, red.-sost. M. I. Frolova. Moscow : LENAND., 2017. S. 291–301.

9. Pluzhnikova N. N., Saenko N. R. Sotsial'no-filosofskii analiz paradoksa reprezentatsii emotsional'nogo robota v literature i kinematografe // Obshchestvo: filosofiya, istoriya, kul'tura. 2024. No 12. P. 100–106. DOI: 10.24158/fik.2024.12.10.

10. Chapek K. VUR. Verstandovy universal'nye rabotari. (R.U.R. (Rossumskie universal'nye roboty). R.U.R. (Rossumovi Univerzá lní Roboti)). P'esa / per. na russkii I. Mandel'shtam, E. Gerken. Leningrad : Gosudarstvennoe izdatel'stvo, 1924.

11. Intel's Robot Butler Serves, Clears an das Dishes. Video-reportazh opublikovan na FastCompany 07.01.2010. URL: <https://www.fastcompany.com/1665734/intels-robot-butler-serves-clears-and-does-dishes> (data obrashcheniya: 20.06.2024).

12. The Contribution of Art and Design to Robotics. Conference paper. First Online: 17 November 2019. P. 278–287. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-35888-4_26 (data obrashcheniya: 22.07.2024).

13. Cozworth B. Punching Pro — a sparring apparatus that fights back. [The New Inventors] April 12th, 2011. URL: <https://newatlas.com/punching-pro-receives-and-delivers-boxing-blows/18375/> (data obrashcheniya: 28.04.2024).

14. Minsky M. L. The Emotion Machine: Commonsense Thinking, Artificial Intelligence, and the Future of the Human Mind. New York: Simon & Schuster, 2006. 95 p.

СОДЕРЖАНИЕ

Кувшинов С. В., Пронин М. А., Раев О. Н. 17 лет анализа результатов исследований и опыта применения объёмных изображений	3
Кувшинов С. В., Раев О. Н. VI Международный фестиваль молодёжных экспериментальных фильмов	16

Часть I. ВИЗУАЛЬНОЕ ВОСПРИЯТИЕ

Рожкова Г. И., Васильева Н. Н., Белокопытов А. В. Индивидуальные особенности формирования виртуальных стереообъектов, выявляемые при различных условиях измерения фузионных резервов	37
Белокопытов А. В., Рожкова Г. И., Кузнецова И. Н. Парадоксальное видимое расчленение сложных объектов, движущихся по глубине в стереоскопически задаваемой виртуальной реальности	53
Раев О. Н. Размеры объектов и их изображений как характеристика восприятия субъектом глубины пространства	64

Часть II. ТЕХНИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ

Бирючинский С. Б., Чураев С. О. Методы и приборы для 3D-спектроскопии, опыт разработки и практические результаты	85
Чураев С. О., Бирючинский С. Б. Импульсные нейронные сети в задачах 3D-визуализации	98
Татаренков Д. А. Методы оценки качества синтезируемых виртуальных ракурсов	114

Елфимова Г. С., Кувшинов С. В., Харин К. В. Создание многогранников по материалам трактата Луки Пачоли «Divina Proportione» и адаптация их для невизуального восприятия моделей	129
Каршакова Л. Б. Разработка архитектоники показа средствами редактора Blender 3D	146
Сологубов А. Н. Поиски продолжаются. Ленточные микрофоны «Октава» 1950–1970-х годов	157
Раев О. Н., Рыжков В. П. Возможность применения генеративных текстовых нейронных сетей при изучении теории создания и преобразования изображений	164
Федотов Д. К. Ускорители нейронных сетей на базе микроконтроллеров в приложении к мобильным коллаборативным роботам	174
Пряничников В. Е., Тележкин Д. С., Ушакова М. А., Ястребов В. В. Создание среды для удалённой разработки программного обеспечения коллаборативных роботов	187
Пряничников В. Е., Ястребов В. В. Технология улучшения распознавания человеком трёхмерных объектов при тесном взаимодействии с роботами	198
Горохова П. С., Кокурина Т. А., Матвеев К. С., Матвеев С. В. Трекинг пальцев и распознавание жестов для взаимодействия с AR/VR-объектами	214

Часть III. ГУМАНИТАРНЫЕ ИННОВАЦИИ

Бохоров К. Ю. Технологии 3D-визуализации в проектах-исследованиях современных восточно-азиатских художников (Фудзикара Асако, Ким Аюнг, Сюй Чиа-Вэй и др.)	227
Попова Л. В. Пространство света и тени в фильмах немецких экспрессионистов	237

Часть IV. ВИЗУАЛИЗАЦИИ В ПРАКТИКЕ ОБРАЗОВАНИЯ

Раев О. Н. Знаково-символьная, русскоязычная и графическая основа математического языка	255
Шевцова Т. В. Визуализация алгебраических фактов с помощью метода площадей	265
Ягудина Н. В. Комплексный подход к воспроизведению научно-популярной информации в формате аудио-слайд-фильма и рельефно-графического альбома «Дмитрий Иванович Менделеев»	272
Чаусова О. В. Использование нейросетей для визуализации героев литературных произведений	280
Харланова Ю. В. Визуал городской среды как важная часть визуальной коммуникации	291
Беляков В. К. Визуализация жизни	299
Полонеева В. Е. Пространственное мышление в математическом образовании: эффективные стратегии, методы и практика обучения	305

Часть V. ИЗОБРАЖЕНИЯ И ОБРАЗЫ В ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Пронин М. А. Философская экспертиза «Теории ошибок» в разработках П. М. Эрдниева в дидактике арифметики — виртуальный подход	315
Раев О. Н. О терминах «виртуальная реальность», «изображение» и «образ»	332

Лаврёнов А. Н. Визуализация терминологического поля иммерсивных технологий	346
Королёв А. Д. «Пора возвращаться на землю» (виртуальность пустых чисел)	359
Искандарян Р. А. Новые модели пространства и времени в виртуальной реальности	368
Майленова Ф. Г. Образы умных роботов с искусственным интеллектом и этико-психологические проблемы современного общества	382

**ЗАПИСЬ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ОБЪЁМНЫХ
ИЗОБРАЖЕНИЙ В КИНЕМАТОГРАФЕ, НАУКЕ, ОБРАЗОВАНИИ,
МЕДИА И В ДРУГИХ ОБЛАСТЯХ**

XVII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
Москва, 7–11 апреля 2025 г.
МАТЕРИАЛЫ И ДОКЛАДЫ

Отпечатано в ООО «ИПП «КУНА».
119334, Москва, Ленинградский проспект, дом 47, стр. 4.
Подписано в печать 25.08.2025 г. Формат 60×90/16. Тираж 500 экз.
Печать цифровая. Усл. печ. листов 25. Заказ 171633.