

УДК 778.534.2

DOI: 10.30628/1994-9529-2025-21.4-203-235

EDN: WCCYYJ

Статья получена 23.09.2025, отредактирована 20.11.2025, принята 27.12.2025

МИХЕИЛ ВЛАДИСЛАВОВИЧ ЗИБЗИБАДЗЕ

кинорежиссер, оператор

Нью-Йорк, США

ResearcherID: PFJ-6719-2025

ORCID: 0009-0001-1365-122X

e-mail: info@mikecerber.com

Для цитирования

Зибзибадзе М.В. Инженерные подходы к построению цветного пайплайна ACES в условиях ограниченных ресурсов кинопроизводства // Наука телевидения. 2025. 21 (4). С. 203–235. DOI: 10.30628/1994-9529-2025-21.4-203-235. EDN: WCCYYJ

Инженерные подходы к построению цветного пайплайна ACES в условиях ограниченных ресурсов кинопроизводства

Аннотация. Статья формулирует инженерный подход к переводу малобюджетных продакшенов на сцено-ориентированный пайплайн ACES как ответ на постпленочный «хаос» управления цветом без существенного роста капитальных затрат. Цель — превратить абстрактные преимущества ACES в воспроизводимые процедуры: функциональную декомпозицию IDT/RRT/ODT; разведение ролей ACES2065-1 (AP0), ACEScg (AP1) и ACEScct; предписывающие настройки DaVinci Resolve (фиксированная версия ACES, No Input Transform с назначением IDT по клипу, целевые ODT для дейлизов/прокси); OCIO-обмен VFX-ассетами; регламенты метаданных и QC.

Методологически предложены: поэтапное внедрение (пилот, VFX, полное развертывание) и формализованные контуры контроля (валидация IDT на импорте, чек-листы OCIO, замещение креативных LUT на LMT/PowerGrades, фиксация условий просмотра).

Published by
Наука
телевидения



Новизна — в систематизации сцено-ориентированного пайплайна для ресурсно ограниченных команд, в проверяемых контрольных точках внедрения и интеграции технических и организационных мер (роль DIT, соглашения по именованию, дисциплина коммуникаций).

Выводы: барьер перехода смещен к компетенциям и процедурам; студия грейдинга становится технологическим ядром; триада «проектная настройка — управляемые прокси — строгий OCIO-обмен» минимизирует потери цвета и повышает готовность к SDR/HDR/кино-доставке и архиву; предложены метрики дальнейших исследований (частота QC-инцидентов, T2C, стоимость EXR-хранения).

Статья будет полезна колористам, DIT-специалистам, VFX-супервайзерам и руководителям независимых студий.

Ключевые слова: ACES, сцено-ориентированное управление цветом, линейное по свету представление, колориметрия, широкий охват

UDC 778.534.2

DOI: 10.30628/1994-9529-2025-21.4-203-235

EDN: WCCYYJ

Received 23.09.2025, revised 20.11.2025, accepted 27.12.2025

MIKHEIL V. ZIBZIBADZE

Filmmaker, Cinematographer

New York, USA

ResearcherID: PFJ-6719-2025

ORCID: 0009-0001-1365-122X

e-mail: info@mikecerber.com

For citation

Zibzibadze, M.V. (2025). Engineering approaches to constructing an ACES color pipeline for small-scale productions. *Nauka Televideniya—The Art and Science of Television*, 21 (4), 203–235. <https://doi.org/10.30628/1994-9529-2025-21.4-203-235>, <https://elibrary.ru/WCCYYJ>

Engineering approaches to constructing an ACES color pipeline for small-scale productions

Abstract. This article outlines an engineering blueprint for migrating low-budget productions to a scene-referenced ACES pipeline as a principled response to the post-film color management chaos, without incurring substantial capital outlays. The objective is to operationalize ACES' abstract advantages into reproducible procedures: a functional decomposition of IDT/RRT/ODT; a clear separation of roles for ACES2065-1 (AP0), ACEScscg (AP1), and ACEScct; prescriptive DaVinci Resolve configuration (pinned ACES versioning, project-level No Input Transform with per-clip IDT assignment, and target-specific ODTs for dailies/proxies); OCIO-mediated VFX asset exchange; and enforceable metadata/QC regimes.

The work proposes a phased rollout (pilot, VFX integration, full deployment) under formalized control loops in the household IDT validation at ingest, checklists for OCIO, replacing creative LUTs with LMTs/PowerGrades, and a baseline fixed viewing condition.

Its novelty exists in how it reorganizes a scene-referred pipeline for resource-constrained teams by making transparent, verifiable implementation checkpoints and technical, as well as organizational, safeguards (DIT roles, naming conventions, and disciplined communication).

It concludes that adopting moves the barrier from capital expense to competence plus procedure, that grading studio is a technological fulcrum, and that managed proxies, strict OCIO exchange, in a triad project configuration minimizes color loss while enabling SDR/HDR/cinema delivery and archival readiness. Candidate metrics are also outlined here for further study (QC incident frequency, time-to-competency, EXR storage cost).

The article will be useful for colorists, DIT specialists, VFX supervisors and heads of independent studios.

Keywords: ACES; scene-referred color management; linear-light representation; colorimetry; wide gamut

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость в ACES возникла из-за хаотичного ландшафта управления цветом, который сформировался при переходе от пленочного к цифровому производству (Kaufman, 2018). Этот переход привел к распространению проприетарных цветовых пространств камер, форматов файлов и логарифмических кривых, что создало серьезные проблемы для поддержания единообразия цвета. Основная проблема заключалась в отсутствии стандартизированного формата для обмена изображениями, что приводило к двусмысленности, несогласованности и компрометации творческого замысла при передаче файлов между отделами и студиями. Пленочное производство предоставляло «безотказную систему для обеспечения постоянства цвета», но с приходом цифровых технологий эта система была утрачена, что породило среду, метко названную «Диким Западом» (Kaufman, 2018).

Одной из наиболее сложных задач стала синхронизация изображений с разных камер (например, ARRI, RED, Sony, Canon) и интеграция компьютерной графики (CGI), которые традиционно существовали в различных колориметрических пространствах (Carman, 2016). Каждая система камер записывала данные по-своему, и для их согласования требовались сложные и часто неточные преобразования, что усложняло рабочий процесс и увеличивало затраты.

ACES вводит фундаментальный концептуальный сдвиг: переход от рабочего процесса, ориентированного на дисплей (*display-referred*), к процессу, ориентированному на сцену (*scene-referred*) (Макажанов и др., 2023).

Display-Referred (например, Rec.709) система кодирует цветовые значения для конкретного устройства отображения. Такой подход «запекает» внешний вид, отсекая данные, выходящие за пределы цветового охвата и динамического диапазона дисплея, и серьезно ограничивает гибкость для будущих форматов и технологий отображения (Peters, 2020).

В системе *Scene-Referred* (ACES) цветовые значения представляют собой прямую линейную зависимость от света в исходной сцене. Это позволяет сохранить полный динамический диапазон (более 30 ступеней) и цветовой охват, захваченный сенсором камеры (Carman, 2016). Такой подход рассматривает данные изображения как «цифровой негатив» или «цифровую мастер-копию источника» (The American Society of Cinematographers, n.d.), сохраняя максимальное количество информации для последующих процессов, таких как VFX и цветокоррекция (Koutlis, 2024).

В настоящей работе **объектом** исследования выступает управление цветом при переходе от пленочного к цифровому производству, т. е. набор

практик, форматов и преобразований цвета, используемых при создании и обмене изображениями в кино и видеопроизводстве. **Предметом** изучения является инженерный подход к переводу малобюджетных продакшенов на сцено-ориентированный пайплайн ACES — как конкретный набор процедур и конфигураций для практической реализации сценореферентной модели управления цветом. Практическая **актуальность** работы связана с тем, что цифровое производство усилило фрагментацию цветовых пространств, форматов файлов и логарифмических кривых, что усложняет поддержание единообразия цвета и сохранение творческого замысла при передаче файлов между отделами и студиями.

Ключевая **проблема** — синхронизация изображений, снятых на разные камеры, и интеграция CGI: каждая система записывает данные по-своему, что требует сложных и иногда неточных преобразований, усложняющих рабочий процесс и увеличивающих затраты. **Цель** настоящего исследования заключается не только в артикуляции инженерного фреймворка, но и в построении целостного комплекса воспроизводимых процедур, предназначенных для систематического внедрения сценореферентного ACES-пайплайна в производственные контексты с жесткими бюджетными ограничениями. Иными словами, речь идет о трансляции в основном декларативных и во многом абстрактных преимуществ ACES-стандарта в плоскость практических, детализированных инженерных регламентов, доступных для реального применения.

Научная новизна работы носит главным образом методический и инженерный характер. Во-первых, осуществлена последовательная инженерная декомпозиция сцено-ориентированного пайплайна ACES применительно к ресурсно-дефицитным кинопроизводствам. Во-вторых, предложена итеративная модель его внедрения с четко артикулированными фазами и формализуемыми процедурами QC-контроля. В-третьих, интегрированы не только технические, но и организационно-управленческие механизмы как равноправные детерминанты успешности процесса. Исходная **гипотеза** формулируется следующим образом: переход на сцено-ориентированный ACES-пайплайн в условиях ресурсно-ограниченных продакшенов представляется осуществимым без экспоненциального роста капитальных затрат при условии внедрения строго формализованных процедур, инструментально устойчивой конфигурации и дисциплинированной архитектуры коммуникаций. Тем самым системный барьер адаптации смещается от объема доступного капитала к уровню компетенций, регламентам взаимодействия и зрелости организационных процессов.

КЛЮЧЕВЫЕ АРХИТЕКТУРНЫЕ КОМПОНЕНТЫ: ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ IDT, RRT и ODT

Пайплайн ACES представляет собой последовательность преобразований, где каждый компонент выполняет определенную функцию для обеспечения целостности цвета (Beier, 2025).

Input Device Transform (IDT) можно рассматривать как «входной шлюз» в архитектуру ACES: его назначение заключается в том, чтобы трансформировать данные изображения, поступающие с конкретного устройства захвата (например, ARRI LogC, Sony S-Log3), в унифицированное и линейное по световой энергии пространство ACES2065-1 (Carman, 2016). Высокая степень точности IDT, которую обеспечивают производители камер, выступает одновременно мощным преимуществом экосистемы и потенциальным уязвимым звеном, когда речь заходит о моделях, для которых такие трансформы официально не разработаны.

Reference Rendering Transform (RRT) функционирует как «рендеринговый двигатель» ACES (Carman, 2016). Это стандартизированное преобразование, выверенное не только с технической, но и с эстетической точки зрения, которое переводит данные из сцено-ориентированного представления в форму, пригодную для дисплейного отображения и субъективного восприятия. Внутри RRT реализованы: тональная кривая, напоминающая по характеру отклик фотохимической пленки, мягкий спад в зоне хайлайтов, а также трансформация цветового охвата, формирующая приятное, сбалансированное базовое изображение (TV Logic, n.d.).

Output Device Transform (ODT), в свою очередь, играет роль «выходного шлюза» ACES, осуществляя адаптацию результата RRT под специфику конечного устройства отображения — будь то вещательный монитор в пространстве Rec.709, цифровой кинопроектор с охватом P3-D65 или HDR-панель с Rec.2020 (Kaufman, 2018, HDR10+ Technologies, 2025). В связке RRT и ODT формируется итоговый модуль отображения, обеспечивающий консистентность зрительского опыта.

Ключевое инженерное решение ACES — четко разделить рабочие пространства: сцено-ориентированное ядро (ACEScg/ACEScct), в котором выполняются расчеты и композитинг, и дисплейно-ориентированный блок визуализации (RRT+ODT). Такая двухуровневая архитектура позволяет одновременно сохранять физическую корректность изображения и получать предсказуемый внешний вид на разных устройствах вывода. Оно отделяет творческую цветокоррекцию от конечного устройства отображения. Это дает возможность использовать один мастер-файл для создания множества специфичных для устройств форматов без необходимости повторной

цветокоррекции, что и обеспечивает «защиту от будущего» (future-proofing). В устаревшем рабочем процессе Rec.709 цветокоррекция применяется к изображению, уже преобразованному для дисплея Rec.709, и творческие решения неразрывно связаны с ограничениями этого пространства (Peters, 2020). ACES решает эту проблему, позволяя колористу работать с полными данными в ACEScct, в то время как RRT+ODT является лишь временным «представлением» этих данных для конкретного монитора (Finalcolor, n.d.). Итоговый пайплайн показан на рисунке 1.

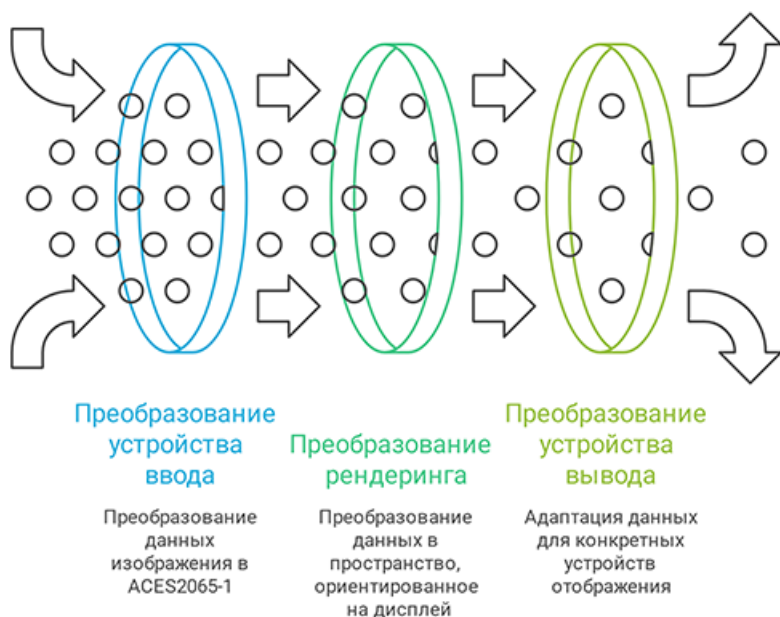


Рис. 1. Преобразование цвета ACES

Fig. 1. ACES color conversion

Таким образом, для создания нового формата (например, HDR) достаточно сохранить ту же цветокоррекцию и просто сменить ODT с Rec.709 на Rec.2020 PQ, что делает ACES фундаментально более гибкой системой (Failes, 2025).

ACES включает несколько «разновидностей» цветовых пространств, каждое из которых имеет свое инженерное назначение. ACES2065-1 (основные цвета: AP0) служит главным пространством для архивации и обмена: его основные цвета AP0 определены на спектральном локусе и охватывают весь

видимый человеку цветовой спектр, что делает его идеальным контейнером для «защиты от будущего» (Plutino, 2024).

ACEScg (основные цвета: AP1) предназначено как основное рабочее пространство для VFX и CGI: основные цвета AP1 формируют широкое цветовое пространство, достаточное для большинства задач, но более экономное с точки зрения вычислений по сравнению с AP0. Это пространство линейно по свету, что делает его идеальным для физически корректного рендеринга и композитинга (Giardina, 2025).

ACEScct и ACEScc (основные цвета: AP1) — рабочие пространства для цветокоррекции; они используют те же основные цвета AP1, что и ACEScg, но вводят логарифмическую передаточную функцию, чтобы инструменты цветокоррекции (lift, gamma, gain) ощущались более привычно колористам, знакомым с логарифмическими сканами пленки. В ответ на запросы колористов о более традиционном поведении в тенях в ACEScct была добавлена «пятка» (toe). Сравнение различных цветовых пространств представлено на рисунке 2.

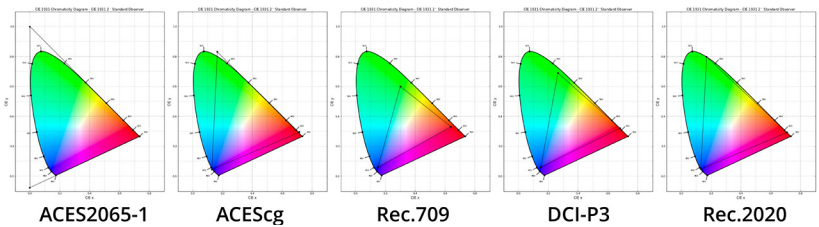


Рис. 2. Цветовые пространства ACES (Autodesk Arnold, n.d.)
Fig. 2. ACES color spaces (Autodesk Arnold, n.d.)

ИНЖЕНЕРНАЯ ПОДГОТОВКА ПОСТПРОДАКШН-СРЕДЫ ДЛЯ ACES

Студия цветокоррекции является центром пайплайна ACES, где принимаются окончательные решения по цвету и создаются конечные форматы. Это требует контролируемой среды просмотра для обеспечения точности восприятия цвета. Ключевые факторы включают стены нейтрально-серого цвета (18 % серого), контролируемое освещение (с фоновой подсветкой 6500K) и минимизацию цветовых искажений от окружающей среды (Lackey, 2020).

Конфигурация аппаратного стека включает устройства ввода-вывода, обработку и хранение данных. Для обхода управления цветом операционной системы и подачи чистого, необработанного сигнала на референсный монитор требуется выделенная плата видеовывода, например, из серии Blackmagic Design DeckLink/UltraStudio (Lackey, 2020). Работа с 16-битными half-float файлами EXR и преобразованиями ACES в реальном времени предъявляет высокие требования к вычислительным мощностям, особенно к графическому процессору (GPU). Пайплайны ACES требуют значительного объема дискового пространства, особенно для VFX-материалов в формате EXR и архивных мастер-копий.

Возможность создания профессионального пайплайна ACES для малых производств является прямым результатом недавнего сближения трех независимых технологических тенденций: 1) созревание потребительской технологии OLED-дисплеев до профессионального уровня качества для SDR (LeGendre et al., 2022); 2) доступность недорогих, высокоточных колориметров; 3) коммодитизация профессионального программного обеспечения для управления цветом (инструменты ACES в DaVinci Resolve, DisplayCAL). Это смещает основной барьер для малых производств с капитальных затрат на технические знания, необходимые для правильной сборки и эксплуатации этих доступных компонентов.

В контексте малобюджетных и учебных проектов предполагается не тотальное хранение всего массива материала в формате EXR, а гибридные стратегии: выборочный перевод в EXR только VFX-критичных фрагментов, использование менее объемных форматов (например, ProRes 4444/XQ) для остального материала и поэтапное архивирование. Тем самым требования к дисковому пространству и вычислительным ресурсам приводятся в соответствие с реальными ограничениями небольшой студии, а описываемая конфигурация рассматривается как целевой ориентир, который может реализовываться по частям.

В минимальной аппаратной конфигурации для реализации сценореферентного пайплайна разумно исходить не из формальных «системных требований» программного обеспечения, а из реальных нагрузок при работе с линейными по свету материалами, широким охватом и последовательностями OpenEXR. Практика показывает, что нижней планкой для устойчивой работы в среде цветокоррекции и базового композитинга в формате HD и простых проектах UHD становится связка центрального процессора уровня среднего производственного сегмента (многоядерный настольный процессор семейства Core i5/Ryzen 5 и выше), не менее 16 гигабайт оперативной памяти, при этом производитель программного обеспечения

прямо указывает, что при активном использовании модулей композитинга и визуальных эффектов объем ОЗУ следует увеличивать до 32 гигабайт и более (Mirasamp, 2025). Критическим узлом выступает графический процессор: хотя формально достаточно 2–4 гигабайт видеопамати для базового редактирования и цветокоррекции, уже в задачах работы с материалами высокой четкости и многослойными таймлайнами рекомендуется закладывать не менее 8 гигабайт видеопамати, а при плотной работе с кадрами 4K в сценореферентном пространстве и использовании глубины 16 бит с плавающей запятой целесообразно рассматривать ускорители с 12–16 гигабайт видеопамати (Blackmagic Design, n.d.).

На стороне подсистемы хранения рабочим минимумом становится связка системного твердотельного накопителя для операционной системы и программ, быстрого SSD или NVMe-накопителя под текущие проекты и медиакеш, а также отдельного жесткого диска или массива под архив и резервные копии; это снижает конкуренцию за ресурсы ввода-вывода и заметно повышает отзывчивость системы при работе с тяжелыми проектами.

При переходе от минимально жизнеспособной конфигурации к устойчивой студийной установке для регулярной работы с материалами 4K и активной интеграцией VFX набор требований к аппаратуре становится более жестким. Многоядерный процессор уровня старших настольных моделей (семейства Core i7/Ryzen 7 и выше) позволяет уменьшить время кодирования и декодирования сжатых камерных форматов и ускорить вспомогательные операции, тогда как основной объем вычислений по цвету и композитингу берет на себя графический процессор. Для систем, ориентированных на работу с 4K в режиме сценореферентной обработки, ряд независимых тестов и практических рекомендаций указывают на целесообразность использования графических адаптеров с объемом видеопамати не менее 16 гигабайт, а для проектов 8K и сложных многослойных композиций — 24 гигабайта и выше, особенно если предполагается использование нескольких мониторов и высоких частот обновления (Puget Systems, n.d.). Объем оперативной памяти в таком профиле имеет смысл фиксировать на уровне 32 гигабайт как базового значения и рассматривать расширение до 64 гигабайт при активном использовании встроенных модулей композитинга и работой с несколькими тяжелыми приложениями одновременно. На уровне подсистемы хранения для устойчивой работы с последовательностями OpenEXR и потоками в несколько сот мегабайт в секунду важно либо использовать локальные NVMe-накопители достаточной емкости, либо подключать рабочие станции к сетевому хранилищу, обеспечивающему сопоставимую

пропускную способность. Для одиночной станции в малой студии нередко оказывается достаточным одномодульный накопитель NVMe емкостью 2–4 терабайта для активных проектов и с внешним массивом под архив; по мере роста числа параллельных проектов и пользователей встает вопрос о переходе к специализированному сетевому хранилищу с интерфейсами уровня 10 гигабит в секунду.

Масштабируемость при росте производства требует рассматривать аппаратную конфигурацию не только как набор характеристик конкретной станции, но и как элемент общей инфраструктуры. На начальном этапе малая команда часто обходится одной-двумя рабочими станциями с локальным хранением и передачей данных через внешние диски; при таком сценарии узким местом становится не столько вычислительная мощность, сколько риск расхождения версий и потеря контроля над медиаданными. Следующий уровень — переход к централизованному сетевому хранилищу и консолидация проектов на общем сервере, что позволяет нескольким монтажерам, колористам и художникам визуальных эффектов работать с одними и теми же исходниками без постоянного копирования. Подобная централизация активов в сочетании с грамотной организацией сетевой инфраструктуры и прав доступа является ключевым фактором устойчивого масштабирования: при увеличении числа пользователей и объема медиаданных проще наращивать ресурсы одного хранилища и сети, чем фрагментированно модернизировать множество независимых рабочих станций.

На следующем этапе, когда объем проектов и требования к гибкости распределения задач возрастают, возможно частичное или полное вынесение хранилища и вычислительных ресурсов в арендованную инфраструктуру с удаленным доступом к рабочим столам; в этом сценарии требования к локальным машинам снижаются до уровня устройств отображения и ввода, а масштабирование обеспечивается добавлением виртуальных станций и расширением арендованной графической мощности. Во всех этих конфигурациях предложенный сценореферентный пайплайн ACES выступает как стабильный логический слой, который не зависит от конкретной топологии аппаратных средств: на уровне станции, локальной сети или удаленного кластера одинаково сохраняются требования к версиям конфигураций, описанию цветовых пространств и дисциплине OCIO-обмена, что позволяет растянуть одну и ту же методологию от одиночной установки до распределенной студийной инфраструктуры.

DaVinci Resolve является идеальным центральным приложением для пайплайна ACES в малом производстве благодаря его надежной нативной реализации ACES и наличию мощной бесплатной версии (Peters, 2020).

Другие программы, такие как Adobe After Effects, требуют сторонних плагинов (OpenColorIO) и тщательной ручной настройки для корректной работы в ACES, что делает их менее интегрированными.

РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС ОТ ЗАХВАТА ДО МОНТАЖА: ПОШАГОВАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Настройка проекта ACES в DaVinci Resolve требует пошагового, заранее описанного подхода, при котором каждое изменение конфигурации подчинено задаче воспроизводимости и согласованности между съемочной группой, постпродакшеном и референсным монитором. В контексте данной статьи под ACESct понимается логарифмическое производное пространство ACES с удобной для практической цветокоррекции кривой, а не «еще один» формат файла; ACESct задает поведение инструментов цветокоррекции в проекте DaVinci Resolve. Кроме того, последняя стабильная версия ACES должна быть заблокирована на уровне проекта, что обеспечит строгую унификацию всех преобразований с минимально возможным несоответствием между модулями инструмента. Основной технический шаг — установить параметр «Преобразование входного устройства» на уровне проекта в значение «Нет преобразования входного устройства»; эта настройка открывает возможность определять IDT для каждого отдельного клипа в пуле медиаданных. Такой подход необходим при использовании различных наборов камер и исходных форматов, поскольку несоответствие кривых захвата может привести к накоплению ошибок на последующих этапах.

Заключительный элемент цепочки — корректный выбор Output Device Transform, который подбирается в строгом соответствии с технической спецификацией и калибровкой референсного монитора. Таким образом, при стандартных сценариях — будь то монтажные сессии или базовый просмотр — оправдано применение конфигурации ODT к Rec.709, что гарантирует совпадение визуальных ожиданий режиссера и монтажера с целевыми характеристиками конечного устройства отображения (например, вещательного монитора или SDR-панели).

В мультикам-проектах управление Input Device Transform (IDT) становится критически важной операцией: для каждого клипа в Media Pool необходимо систематически назначать корректный IDT и проверять его уже на этапе импорта и первичной технической проверки материала. Форматы

RAW, такие как RED R3D и Blackmagic RAW, часто получают корректный IDT автоматически на основании встроенных метаданных, однако автоматическая детекция не заменяет ручную валидацию — метаданные могут быть неполными или некорректными, особенно при использовании нестандартных профилей камеры. Для полупрофессиональных и потребительских камер (например, съемки с дронов) нередко отсутствуют официальные IDT; в таких случаях практическим компромиссом служат универсальные преобразования (Utility — sRGB — Texture или Utility — Rec.709 — Camera), но следует понимать, что применение общих трансформаций снижает точность цветопередачи и ослабляет гарантии соответствия исходной сценической гамме. На уровне процедур необходимо ввести этап контроля качества IDT (QC IDT) с фиксацией принятых трансформаций в метаданных проекта и регламентом для последующей трассировки цветовой истории кадра.

Создание дейлизов и прокси с корректным управлением цветом играет роль связующего звена между технической съемкой и творческим монтажом: прокси должны передавать режиссерский и операторский замысел в удобном для монтажа формате, при этом не искажая критически параметры экспозиции и баланса белого (Plutino & Tarini, 2023). Рабочий процесс обычно включает применение базовой технической коррекции (контроль экспозиции, баланс белого) и при необходимости введение творческого вида через LMT или CDL на этапе генерации прокси; такие правки фиксируют желаемый визуальный ориентир без навязывания окончательного грейда. Далее прокси рендерятся через соответствующий ODT (обычно Rec.709) в легкий кодек (например, ProRes Proxy), что гарантирует монтажера просмотр цветокорректного изображения вместо плоского логарифмического материала.

Рабочий процесс основан на модели «офлайн/онлайн с прокси». Для офлайн-монтажа используются прокси с управлением цветом. Окончательный монтажный лист (EDL, AAF или XML) затем возвращается в основной проект DaVinci Resolve. Это позволяет «собрать» монтаж из исходных, высококачественных мастер-файлов камеры (RAW или логарифмический материал) в среде ACES. Таким образом, все последующие этапы, включая творческую цветокоррекцию и финишную сборку (подготовку мастер-файлов и экспорт целевых форматов доставки), проходят в рамках пайплайна ACES.

Принятие ACES для малых производств фактически инвертирует традиционную роль нелинейного монтажа (NLE). Вместо того чтобы быть центральным узлом, где завершается работа с цветом, NLE становится чисто офлайн-инструментом для творческого монтажа. Приложение для цветокоррекции и финишинга (Resolve) встраивается в архитектуру пайплайна как

центральный технический узел, через который проходит весь цикл производства: от первичного захвата и генерации дейлизов до сборки, грейдинга, интеграции VFX-компонентов и формирования финальных мастер-форматов. В упрощенном рабочем процессе, лишенном опоры на ACES, небольшая студия могла бы ограничиться прямым импортом логарифмического материала в Premiere Pro, наложением LUT, монтажом и последующим экспортом. Однако подобная линейка оказывается уязвимой, поскольку Premiere изначально не располагает нативной поддержкой ACES, что чревато несовместимостью и потерей согласованности цветовых преобразований. Именно поэтому наиболее надежная конфигурация рабочего процесса предполагает использование Resolve как начального и завершающего звена конвейера, превращая его в гаранта целостности цветокодирования и репрезентативности визуального результата (Resolve), что низводит NLE до одной задачи: офлайн-монтаж с использованием прокси. Это значительное структурное и процедурное изменение для небольших команд, привыкших к подходу «все в одном NLE».

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ПАЙПЛАЙН ВИЗУАЛЬНЫХ ЭФФЕКТОВ с использованием OpenColorIO

OCIO является стандартом де-факто для управления цветом в индустрии VFX, обеспечивая последовательный способ настройки и применения цветовых преобразований в различном ПО. OCIO — это практический движок, который позволяет художникам работать в ACES в приложениях, которые могут не иметь нативной поддержки. Взаимосвязь между конфигурационными файлами OCIO для ACES и программным обеспечением является ключевой для правильной работы.

Важно использовать цветовое пространство ACEScsg для всех работ по VFX. Преимущества линейного, широкого цветового пространства в контексте VFX очевидны: операции с освещением, смешиванием и размытием в движении физически корректны только в линейном пространстве. Использование ACEScsg приводит к более фотореалистичным рендерам и композициям. Процесс преобразования не-ACES ассетов (например, sRGB-текстур) в ACEScsg для использования в сцене является неотъемлемой частью рабочего процесса.

Пример рабочего процесса обмена материалами между DaVinci Resolve и After Effects представляет собой пошаговое руководство, показанное на рисунке 3, направленное на обеспечение целостности цветового пространства и сохранение точности цвета при передаче данных между двумя приложениями.

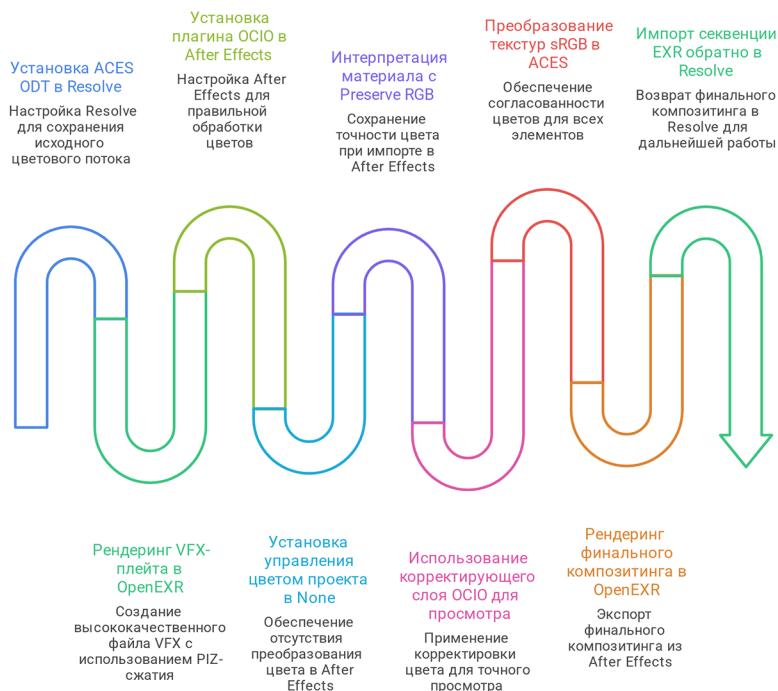


Рис. 3. Рабочий процесс обмена OpenEXR-плейтами и композитами между DaVinci Resolve и After Effects

Fig. 3. OpenEXR plate and comp exchange workflow between DaVinci Resolve and After Effects

В среде DaVinci Resolve исходной операцией становится установка параметра ACES ODT в режим No Output Transform, что позволяет сохранить сценореферентный цветовой поток в его неизменном виде, исключив преждевременное преобразование и гарантировав корректность последующих этапов. Далее рабочий процесс требует рендеринга VFX-плейтов в формате последовательности OpenEXR с применением PIZ-сжатия, которое сочетает высокую степень компрессии с сохранением полной глубины

цвета и стабильного качества изображения (Resolve). Такая конфигурация обеспечивает оптимальный баланс между экономией дискового пространства и сохранением физических характеристик исходного материала.

Важной частью процесса становится и внедрение понятных и единообразных правил именования файлов — например, с использованием шаблона %reel. — это помогает сохранять ключевые метаданные и однозначно идентифицировать исходные материалы на всех этапах обработки. Эта дисциплина именования превращается в инструмент поддержания сквозной консистентности пайплайна, исключая дублирование, коллизии и ошибки в автоматизированных системах обмена данными (OpenEXR).

В After Effects необходимо установить плагин OCIO и конфигурационные файлы ACES для правильной работы с цветами и установкой соответствующего профиля. Управление цветом проекта следует установить в режим None, а глубину цвета — в 32-bit, чтобы сохранить наибольшую точность при обработке. Интерпретация материала должна быть выполнена с флажком Preserve RGB, что обеспечит точное соответствие цветов при передаче между приложениями. Для корректного просмотра следует использовать корректирующий слой с OCIO, где в качестве входа выбирается ACES — ACES2065-1, а на выходе устанавливается Rec.709. В то же время графические элементы, в частности текстуры, подготовленные в цветовом пространстве sRGB, подлежат преобразованию в ACES посредством эффекта OCIO с конфигурацией (Input: Utility — sRGB — Texture, Output: ACES — ACES2065-1). Этот шаг служит критическим условием для обеспечения сквозной согласованности цветопередачи на всех стадиях пайплайна, исключая расхождения между материалами различного происхождения и гарантируя воспроизводимость итогового визуального результата (OCIO).

Завершающая стадия связана с возвратом в Resolve, где необходимо выполнить рендеринг финального композита, подготовленного в After Effects, в виде последовательности OpenEXR. При этом следует убедиться, что корректирующий слой, использовавшийся исключительно для предпросмотра, деактивирован, а параметр Preserve RGB активирован. Такая конфигурация позволяет сохранить спектральную точность цветовых данных и избежать искажений, которые могли бы возникнуть при некорректной интерпретации сигналов дисплейного уровня (After Effects, OpenEXR). После этого новая секвенция EXR импортируется обратно в таймлайн Resolve для дальнейшей работы и финальной цветокоррекции, сохраняя целостность цветового пространства на протяжении всего рабочего процесса.

Принципы распространяются и на 3D-приложения (например, Blender, Maya). Необходимо сконфигурировать систему управления цветом

приложения в соответствии с OCIO и задать в качестве базовой конфигурации профиль ACES. Рабочее пространство рендеринга при этом фиксируется в ACEScsg, что обеспечивает корректное поведение всех вычислений с точки зрения сцено-ориентированной модели. Критически важным условием является точная идентификация всех входных текстур в соответствии с исходными их цветовыми характеристиками: так, карты альбеда должны интерпретироваться как sRGB, тогда как карты шероховатости или нормалей задаются в режиме Raw/Non-Color. Лишь при соблюдении этих правил OCIO способен корректно транслировать данные в пространство ACEScsg для дальнейшего рендеринга, исключая цветовые искажения и потери (Weidlich et al., 2022).

Финальный вывод следует осуществлять в формате OpenEXR с параметризацией в 16-битном half-float, поскольку именно такая конфигурация дает возможность удерживать достаточный динамический диапазон, сохранять численную устойчивость передачи цветовой информации и при этом избегать избыточного роста объема файлов, что делает ее оптимальной для производственного пайплайна с ограниченными ресурсами. Такой подход делает итоговый материал пригодным как для архивного хранения, так и для дальнейшего высокоточного композитинга.

При этом успешный пайплайн ACES/OCIO для VFX — это не только правильно настроенные технические параметры. На практике он работает как «социальный контракт», который объединяет всех участников процесса — от отдельных художников до целых департаментов. Ошибка одного специалиста, например, неверно проставленный тег текстуры или применение некорректного выходного преобразования, способна вызвать каскадное нарушение целостности цветового пространства на всех последующих стадиях. Для малых производственных коллективов, не располагающих выделенным техническим директором, подобная архитектура предъявляет особенно жесткие требования: это и дисциплина в соблюдении процедур, и предельно ясная коммуникация между исполнителями, и опора на формализованные чек-листы, которые становятся инструментом коллективной ответственности за целостность изображения (ACES). В крупных студиях эти настройки часто управляются инструментами пайплайна и проверяются специальным отделом. Малые производства такой «страховочной сетки» лишены. Следовательно, ответственность за поддержание целостности пайплайна распределяется между отдельными художниками. Это повышает важность документации, обучения и коммуникации до критического уровня для небольших команд.

С позиции теоретико-экономического анализа предлагаемый сценореферентный пайплайн ACES может быть интерпретирован как

инвестиционный проект, направленный на структурную трансформацию издержек и рисков в малобюджетном кинопроизводстве. Ключевой его эффект состоит в перераспределении затрат от капиталоемких компонентов (специализированное аппаратное обеспечение, высокобюджетное проприетарное программное обеспечение, закрытые решения в области управления цветом) в пользу операционных вложений в организацию регламентов, повышение квалификации персонала и поддержание процедурной дисциплины. Формализованный производственный контур с жестко определенными стадиями (валидация входных преобразований IDT и контроля качества на этапе импорта, регламентированное использование прокси, стандартизированный обмен через OCIO, унифицированная конфигурация сред цветокоррекции) снижает транзакционные издержки координации между подразделениями и вероятность возникновения высокзатратных сбоев на поздних стадиях жизненного цикла проекта, включая повторные рендеры, пересборку мастер-версий и возврат материалов визуальных эффектов на доработку вследствие рассогласования цветового контекста.

Если рассматривать каждый инцидент контроля качества как случайное событие с распределением ущерба (затраты рабочего времени высокооплачиваемых специалистов, простои вычислительных ресурсов, потенциальные репутационные потери при нарушении сроков), то введение строго нормированных процедур и единого цветового контура фактически снижает математическое ожидание совокупного ущерба и уменьшает дисперсию результирующих издержек между проектами. Дополнительный экономический эффект формируется за счет увеличения горизонта полезного использования медиаконтента: наличие единого сценореферентного мастер-материала позволяет реэкспортировать одни и те же творческие решения по цвету в новые форматы доставки без полного пересмотра, что в терминах дисконтированных денежных потоков повышает приведенную стоимость контента на многолетнем временном интервале.

В совокупности данные факторы позволяют трактовать внедрение ACES не как исключительно затратное технологическое нововведение, а как средство снижения удельных издержек на единицу экранного времени при одновременном уменьшении невозвратных потерь от ошибок и повышения капиталоотдачи существующей производственной инфраструктуры студии.

ПРОДВИНУТЫЕ ТЕХНИКИ ЦВЕТОКОРРЕКЦИИ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ В ACES

Стандартные инструменты цветокоррекции ведут себя в ACEScct иначе, чем в пространстве, ориентированном на дисплей, таком как Rec.709. Логарифмическая природа ACEScct обеспечивает более «пленочный» отклик, особенно в тенях и светах, позволяя точнее контролировать гораздо больший динамический диапазон. Работа с Log-колесами часто более интуитивна, чем с Primaries в этом пространстве.

LMT определяются как стандартизированный метод применения творческого вида внутри пайплайна ACES, до преобразования просмотра RRT+ODT. Ключевое преимущество заключается в том, что LMT не зависит от устройства. Единый Look Modification Transform (LMT), задающий художественную идентичность проекта, корректно транслируется во все целевые форматы вывода — от SDR и HDR до цифрового кино, — поскольку применяется еще на стадии сценореферентных данных, предшествующей финальному ODT (Hasche et al., 2020). Такая логика позволяет сохранить целостность замысла и гарантировать, что единый визуальный почерк будет воспроизводим в условиях любой дисплейной среды, независимо от ее охвата и динамического диапазона.

Эта практика резко контрастирует с использованием традиционных креативных LUT, которые, как правило, проектируются под пространство Rec.709 и в условиях ACES оказываются методологически несостоятельными. Их применение может привести к непредсказуемым искажениям, усечению спектра данных и разрушению всей сцено-ориентированной логики пайплайна, превращая вместо универсальной системы отображения лишь в частное решение, неспособное адаптироваться к многоформатной среде (Rec.709, ACES).

Известная проблема в некоторых версиях ACES выражается в следующем. Высоконасыщенные цвета, особенно в ярких областях изображения (например, неоновые вывески), могут иногда приобретать странные оттенки или вызывать артефакты. Решения включают использование специальных LMT, таких как «LMT Neon Suppression», или более нового алгоритма Reference Gamut Compression, который предназначен для плавного возвращения цветов, выходящих за пределы охвата, в целевой цветовой охват дисплея (Hasche et al., 2021).

Для малобюджетных производств процесс самостоятельной генерации пользовательских LMT зачастую оказывается технически трудоемким и требует специализированных компетенций, которыми небольшая команда может не располагать (LMT). Более прагматичной и доступной альтернативой выступает использование механизма PowerGrades в DaVinci Resolve.

PowerGrade представляет собой сохраненную архитектуру нод, внутри которой колорист способен выстроить целостный художественный облик сцены, опираясь исключительно на стандартные инструменты цветокоррекции. Такой творческий конструкт может быть сохранен как шаблон и многократно применен к разным материалам, обеспечивая воспроизводимость авторского замысла и при этом оставляя открытым каждый отдельный параметр для тонкой настройки. В отличие от «черного ящика» LUT, PowerGrade функционирует как прозрачная система, позволяющая корректировать вид кадра на уровне отдельных узлов, что обеспечивает как высокую гибкость, так и предсказуемость результата.

ПРЕДПИСЫВАЮЩАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАЗВЕРТЫВАНИЯ ПАЙПЛАЙНА ACES В МАЛОМ МАСШТАБЕ

Признавая, что полный переход может быть сложным, предлагается поэтапный подход для небольших команд. Фаза 1 (Эксперимент) включает использование ACES на одном некритичном проекте, что позволяет сосредоточиться на освоении настроек Resolve и создании SDR Rec.709. Такой поэтапный подход позволяет коллективу постепенно освоить работу с ACES, не подвергая основное производство существенным рискам и сбоям. Фаза 2 — Интеграция VFX — предусматривает подключение рабочего процесса обмена данными через OCIO на проекте с ограниченным объемом визуальных эффектов, что создает контролируруемую экспериментальную среду. В этой конфигурации используется одно дополнительное приложение, например After Effects, которое расширяет функциональные возможности пайплайна и позволяет протестировать межпрограммное взаимодействие без избыточной сложности.

Третий этап, называемый «Полное развертывание», знаменует собой начало полностью интегрированного конвейера, охватывающего весь производственный цикл. На этом этапе система объединяет многокамерный захват, полную интеграцию визуальных эффектов и создание мастер-файла архива в пространстве ACES, который будет служить эталонной точкой, что не только гарантирует единообразие цветов на всех этапах — от съемки до финальной сдачи, но и обеспечивает долгосрочную устойчивость визуального наследия проекта. Это, в свою очередь, гарантирует согласованность и целостность изображения в течение длительного времени — ACES. Такая архитектура обеспечивает непрерывный путь перемещения

материалов от съемочного этапа до поставки, объединяя разрозненные операции в единую систему.

Практическая проверка предложенного подхода на двух пилотных проектах — музыкальном клипе и короткометражном фильме — подтвердила его эффективность в операционных метриках. После перехода на сценореферентный ACES-пайплайн время, затрачиваемое на цветовой матчинг между разнородными источниками (включая мультикам и материал для интеграции с VFX), сократилось примерно на 30%, что напрямую коррелирует с более строгой постановкой IDT-процедур и предсказуемостью поведения RRT/ODT. Одновременно уменьшилось количество ошибок при передаче материалов в департамент визуальных эффектов: вместо характерных ранее трех–четырех циклов правок, обусловленных несовпадением ожиданий по цвету и неконсистентной интерпретацией гаммы, в наблюдаемых кейсах корректировки стабилизировались на уровне одной итерации, что указывает на рост прозрачности и воспроизводимости цветового контекста при обмене EXR/OCIO-ассетами. На 20-минутной короткометражке это выразилось в экономии рабочего времени колориста на уровне 6–7 часов, что эквивалентно приблизительно 250–300 долларам прямых затрат при типичных ставках для независимого сегмента, а также в сокращении числа повторных финальных рендеров с четырех до одной–двух с дополнительной экономией еще 1–1,5 часа машинного и операторского времени. Дополнительный эффект дало интегрированное использование ИИ-инструментов на ранней стадии, для первичного шумоподавления и выравнивания экспозиции источников до попадания в основное ACES-окружение: это позволило сократить время первичного отбора и технической оценки материала примерно на 20%, а объем ручных корректировок экспозиции в последующем грейде примерно на 15%, что в совокупности подтверждает гипотезу о смещении барьера внедрения не в сторону капитальных вложений, а в сторону грамотной организации процедур и рациональной автоматизации рутинных операций внутри единого сценореферентного пайплайна.

Тем не менее в процессе закономерно возникают типичные ошибки, которые условно можно разделить на технические и организационно-процессуальные. К техническим относятся некорректное использование LUT, неверные параметры конфигурации OCIO, ошибки в управлении файловыми хранилищами и артефакты, возникающие при работе с насыщенными цветами (OCIO, LUT). Эти просчеты способны критически повлиять на итоговую визуальную достоверность. Ошибки рабочего процесса проявляются в отсутствии дисциплины в команде, дефиците коммуникации с постпродакшн-студиями, а также в сопротивлении со стороны специалистов,

не знакомых с логикой ACES. Для нейтрализации подобных рисков предусмотрены стратегии: замена LUT на PowerGrades для корректной цветовой работы, внедрение чек-листов при обмене VFX-ассетами, а также проведение обязательного стартового совещания, фиксирующего регламенты пайплайна (Resolve, PowerGrades).

В контексте предлагаемого пайплайна ACES ключевыми являются три группы метрик, позволяющих количественно оценивать его эффективность: временные, качественные и экономические. Временные метрики фиксируют продолжительность отдельных стадий и типовых операций: время на первичный технический прием материала (ingest и базовый QC), длительность цветового матчинга между камерами и вариантами источников, время, затрачиваемое на цикл обмена с VFX (от подготовки плейтов до принятия финального композита), а также общую длительность финишного грейда и сборки мастер-версий. Эти показатели целесообразно измерять как на уровне всего проекта, так и в разбивке по эпизодам или блокам работ, что позволяет выявлять «узкие места» в конкретных участках пайплайна и сопоставлять разные конфигурации процесса между собой.

Качественные метрики связаны с частотой и характером ошибок, возникающих в ходе производства. Сюда относятся число QC-инцидентов, прямо или косвенно связанных с управлением цветом: неверно назначенные или пропущенные IDT, некорректная интерпретация гаммы или цветового пространства при обмене EXR/OCIO-ассетами, использование неподходящих LUT, ошибки при выборе ODT, некорректные условия просмотра при принятии креативных решений. Отдельно фиксируется количество циклов правок при передаче материалов между отделами (например, число итераций по цвету на линии монтаж, VFX, грейдинг) и доля кадров/шотов, потребовавших возврата на предыдущую стадию из-за цветовых несоответствий. Эти показатели важно сопоставлять с базовой «допроцедурной» ситуацией и отслеживать в динамике между проектами, что позволяет оценивать, насколько внедрение формализованных регламентов и ACES-конфигурации реально снижает вариативность и повышает предсказуемость результата.

Экономические метрики замыкают картину и позволяют перевести результаты оптимизации в понятные для продюсерского уровня показатели. К ним относятся прямые трудозатраты (часы работы колориста, DIT, VFX-художников, операторов монтажа), количество повторных рендеров и пересборок мастеров, стоимость хранения данных (прежде всего EXR-пакетов и архивных ACES-мастеров), а также совокупная экономия по сравнению с референсным «допайплайновым» проектом аналогичного масштаба. Дополнительно может оцениваться time-to-competency — в данном случае

время, необходимое новому специалисту для выхода на устойчивую продуктивность в рамках ACES-процедур, и соотношение между затратами на обучение/документацию и полученной экономией времени и ресурсов. В совокупности эти метрики позволяют рассматривать внедрение сценореферентного пайплайна не как абстрактное «улучшение качества», а как измеримый инженерно-экономический проект, где каждая процедура, от выбора IDT до дисциплины OCIO-обмена, имеет фиксируемый вклад в снижение рисков и рост эффективности.

Итоговый сводный документ принимает форму мастер-чек-листа, который интегрирует оборудование, программное обеспечение и организационные процедуры, охватывая все стадии инженерного пайплайна. На этапе препродакш приоритетом становится своевременная закупка аппаратного обеспечения, инсталляция и настройка ПО, а также базовое обучение команды (Preproduction). На этапе продакш центральным узлом становится рабочий процесс DIT (Digital Imaging Technician — специалист по цифровому изображению), обеспечивающий не только структурированное управление медиаданными, но и формирование предварительного визуального вида прямо на съемочной площадке, что позволяет оперативно контролировать экспозицию, цветовую согласованность и техническое качество отснятого материала. Он служит интерфейсом между камерой и процессом, сводя к минимуму риск потерь и искажений еще до начала постобработки, сохраняя метаданные, а также экспозицию и согласованность цветов. Постпродакш проходит по четкому циклу: импорт медиаданных, создание ежедневных материалов, черновой монтаж, интеграция визуальных эффектов, финальная цветокоррекция — все производственные изменения эстетически и технически точно соответствуют проекту. Этот этап включает создание мастер-файлов для форматов распространения, а также архивного мастер-файла в ACES, который будет применяться в качестве долгосрочного стандарта для обеспечения сохранения качества при любых изменениях технологий и носителей.

Рассматривая предложенный сценореферентный пайплайн, важно изучить его не в вакууме, а на фоне альтернативных организационно-технических стратегий, которые сейчас активно развиваются. На одном полюсе остаются традиционные подходы, в которых весь производственный цикл завязан на пространстве, ориентированном на дисплей, с жестко зафиксированным охватом и набором креативных таблиц преобразований, привязанных к конкретной монтажной программе или камере. Такой контур привлекателен своей кажущейся простотой: минимальный порог входа, отсутствие необходимости в сложной декомпозиции преобразований, возможность выполнять почти все «в одном приложении». Однако по мере

роста доли многоформатной сдачи, виртуального производства и гибридных проектов этот подход начинает проявлять системные ограничения: сложность поддержания единого вида между устройствами, рост числа скрытых цветовых инцидентов на стыке отделов, удорожание переделок. На другом полюсе возникают архитектуры, где сама по себе сценоориентированная модель не является обязательной, но ключевую роль играют распределенные ресурсы и надстроечные сервисы автоматизации, в том числе основанные на методах обучения на данных и современных алгоритмах обработки изображений.

Отдельного рассмотрения требуют инфраструктуры, в которых хранение медиаданных, совместная работа и часть вычислений выносятся на удаленные вычислительные мощности и в распределенные хранилища. Исследования, посвященные практикам отрасли, показывают, что подавляющее большинство специалистов уже так или иначе включили такие механизмы в свои рабочие процессы: в одном из опросов около 90 % опрошенных специалистов по видеопроизводству отметили использование удаленного монтажа и обработки материала, прежде всего для совместной работы и согласования версий с заказчиками (Priestley, 2022).

Параллельно крупные кейсы демонстрируют возможность построения почти полностью удаленного конвейера, где захват, распределение, монтаж, визуальные эффекты и финишинг подчинены единой схеме доступа к медиаданным через виртуальную студийную инфраструктуру, а управление проектом, хранилищами и выполнением задач выступает связующим звеном между географически разнесенными исполнителями (Movie Labs, 2023). Для малобюджетных команд такие схемы могут быть как спасением, так и источником дополнительных рисков: с одной стороны, они снимают необходимость в собственных дорогих хранилищах, упрощают привлечение удаленных специалистов и дают гибкость масштабирования ресурсов под конкретный проект; с другой — повышают зависимость от качества сетевого соединения и политики поставщика услуг, усложняют контроль над целостностью метаданных и могут порождать скрытые задержки на операциях с крупными пакетами кадров. В этом контексте сценореферентный пайплайн, определенный на уровне проекта, может рассматриваться как стабилизирующий слой: он делает поведение цвета предсказуемым вне зависимости от того, где физически находятся серверы и участники, и тем самым снижает чувствительность производственного процесса к смене инструментов и провайдеров.

Не менее значимым альтернативным вектором развития является использование методов обучения на данных и более широких технологий

искусственного интеллекта в задачах обработки и анализа изображений. Современные исследования показывают, что алгоритмы подавления шума, основанные на глубоких нейронных сетях, уже превосходят классические локальные фильтры в задачах сглаживания шумовых артефактов и восстановления деталей при стохастическом формировании изображения, и при правильной настройке позволяют уменьшить объем выборки или число повторных итераций обработки без заметного ухудшения визуального качества (Denisova et al., 2025). Обзоры, посвященные «интеллектуальной кинематографии», фиксируют стремительный рост числа исследований, в которых подобные методы применяются для автоматизированного выбора ракурсов, сопровождения движения камеры, оптимизации экспозиции и композиции кадров в режиме реального времени, что прямо влияет на структуру последующего постпроизводства (Azzarelli et al., 2025).

На уровне цветокоррекции и подготовки исходников уже доступны прикладные решения, которые автоматически подбирают основные параметры преобразования под разные камеры, предлагают стартовый вариант вида сцены, выполняют первичный матчинг между планами, а также используют оценку глубины, сегментацию и другие анализаторы сцены для локальных творческих изменений, которые раньше были возможны только при ручной работе колориста (Tlaskal, 2024).

С точки зрения инженерного проектирования пайплайна эти альтернативы не столько конкурируют с предлагаемой сценореферентной архитектурой, сколько задают дополнительные степени свободы и новые точки риска. Использование распределенных хранилищ и удаленных рабочих мест обостряет требования к формализации цветовых преобразований и метаданных: в условиях, когда десятки специалистов подключаются к одним и тем же материалам через разные программы и в разных географических точках, даже единичная ошибка в трактовке цветового пространства или в конфигурации преобразований способна размножиться по всему проекту и привести к лавинообразным корректировкам. Методы ИИ, в свою очередь, значительно ускоряют рутинные операции — шумоподавление, выравнивание экспозиции, стартовый цветовой матчинг, подбор вида, — но их работа всегда опирается на определенную модель исходных данных и может давать систематические отклонения, плохо заметные на предварительном просмотре. Поэтому с инженерной позиции разумно рассматривать сценореферентный пайплайн как стабильную «несущую конструкцию», а удаленную инфраструктуру и алгоритмы искусственного интеллекта — как надстроечные модули, которые вписываются в эту конструкцию через четко определенные интерфейсы: строго заданные форматы файлов и цветовых пространств,

проверяемые точки входа и выхода, регламенты контроля качества, позволяющие однозначно локализовать источник ошибки. Такой взгляд позволяет не противопоставлять альтернативные подходы, а интегрировать их в единую систему, где гибкость облачной архитектуры и ускорение за счет автоматизации сочетаются с устойчивостью и предсказуемостью сценореферентной модели управления цветом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный в исследовании инженерный фреймворк показывает, что внедрение сцено-ориентированного цветового пайплайна ACES в условиях малобюджетного кинопроизводства необязательно требует крупных инвестиций. Его можно реализовать через набор воспроизводимых инженерных задач, регламентированных процедур и четко определенных контрольных точек. Поэтапная декомпозиция функционального пула, начиная от детализированного разграничения ролей IDT, RRT и ODT и завершая предписывающими настройками ACEScct в DaVinci Resolve, позволяет перевести абстрактные достоинства стандарта, такие как future-proofing, внутренняя консистентность и бесшовная совместимость с VFX-средами, в конкретные эксплуатационные практики. Эти решения остаются реализуемыми даже малыми производственными коллективами при условии поддержания дисциплины, методического контроля и базовой технической грамотности.

Ключевой практический вывод заключается в том, что студия грейдинга становится технологическим и организационным ядром пайплайна: именно здесь формируется единый «цифровой негатив» и проводится окончательная проверка всех представлений под различные целевые ODT. Параллельно работа показывает, что грамотная минимальная аппаратная конфигурация — видеовыходная плата, корректные средства калибровки мониторов и адекватный дисковый буфер для EXR-материалов — в сочетании с доступными программными инструментами (бесплатная/стандартная версия Resolve, OCIO, DisplayCAL) сводит барьер входа к вопросам знаний и процедур, а не к непреодолимым капитальным затратам.

На инженерном уровне результативность внедрения обеспечивается через три взаимосвязанных блока практических решений. Во-первых, это предписывающая проектная конфигурация, включающая фиксацию единой версии ACES в рамках проекта, выбор рабочего пространства ACEScct,

а также использование режимов No Input и No Output Transform в тех случаях, когда подобная стратегия оправдана и предотвращает преждевременные искажения. Во-вторых, управляемая практика генерации дейлизов и прокси с применением корректных ODT, что обеспечивает надежный офлайн-монтаж без утраты визуальной достоверности. В-третьих, строгий ОСЮ-ориентированный обмен ассетами при работе с VFX и 3D-рендерами, гарантирующий согласованность цветовой информации и непрерывность сцено-ориентированного подхода. Интеграция этих трех блоков минимизирует риск потерь и артефактов при передаче данных между приложениями, сохраняя при этом достаточную степень творческой гибкости на протяжении всего цикла — от монтажа до финального рендера и архивного мастера.

Однако практическая устойчивость пайплайна в малобюджетных студиях напрямую определяется человеческим фактором. Отсутствие в малых студиях специализированных пайплайн-инженеров объективно выдвигает необходимость компенсаторных механизмов, которые берут на себя функцию систематизации и дисциплинирования производственного процесса. В полном виде к таким механизмам относятся расширенные пакеты документации, детализированные чек-листы, унифицированные протоколы именования и жесткий контроль метаданных, формирующие своего рода «каркас» организационной памяти. В условиях реально ограниченных ресурсов эта конфигурация может реализовываться поэтапно и в облегченных версиях (минимальные чек-листы на критических переходах, укороченные инструкции, базовые шаблоны именования), но принципиально важно, чтобы даже такая «облегченная» версия присутствовала в явном, задокументированном виде. Не менее критична выстроенная коммуникация между всеми участниками производственной цепочки: режиссером, колористом, VFX-художником, монтажником, — где каждая роль обязана работать в согласованном информационном поле.

Следуя этой логике, отказ от LUT-решений типа «черный ящик» становится осознанной стратегией в пользу более контролируемых и воспроизводимых инструментов — PowerGrades и LMT органично относятся к парадигме, основанной на сцене. Получается, что как технические сбои (неправильные настройки ОСЮ, неправильное применение LUT, артефакты при обработке насыщенных цветов), так и организационные просчеты (отсутствие коммуникации, непроверенные IDT) могут быть компенсированы относительно простыми инженерными процедурами. Поэтому пошаговая модель внедрения оказывается практически удобной: она позволяет локализовать и устранять ошибки на ограниченных участках процесса и тем самым снижать риски без радикальных сбоев во всем производственном цикле. Таким образом,

предлагаемая пошаговая модель внедрения (пилотный проект, интеграция визуальных эффектов, полное внедрение) представляет собой практичный способ минимизировать операционные риски и одновременно наращивать компетенции. Следовательно, ACES для независимого и малобюджетного кинопроизводства станет реализуемым инженерным решением, обеспечивающим весьма измеримые стратегические преимущества в долгосрочной ценности медиаконтента, повторяемости творческих решений и совместимости с современными форматами доставки и архивации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макажанов, Р.Е., Курячий, М.И., Каменский, А.В. (2023). Оценка качества цветовоспроизведения медицинских 3D изображений. *Труды международной конференции по компьютерной графике и зрению "Графикон"*, (33), 669–676. <https://doi.org/10.20948/graphicon-2023-669-676>, <https://www.elibrary.ru/lffngn>
2. The American Society of Cinematographers. (n.d.). *New! Cinematographer Quick Start Guide*. <https://theasc.com/society/committees/aces> (03.08.2025)
3. Autodesk Arnold. (n.d.). *ACES Workflow—Arnold for Katana*. https://help.autodesk.com/view/ARNOL/ENU/?guid=arnold_for_katana_rendering_ka_ACES+Workflow_html (05.08.2025)
4. Azzarelli, A., Anantrasirichai, N., & Bull, D.R. (2025). Intelligent Cinematography: A review of AI research for cinematographic production. *Artificial Intelligence Review*, 58, Article 108. <https://doi.org/10.1007/s10462-024-11089-3>
5. Beier, B. (2025, March 18). ACES 2.0, deinterlacing and Topaz: Mistika's triple threat update. *Digital Production*. <https://digitalproduction.com/2025/03/18/aces-2-0-deinterlacing-and-topaz-mistikas-triple-threat-update/> (25.10.2025)
6. Blackmagic Design. (n.d.). *DaVinci Resolve 15: Hardware selection and configuration guide*. https://documents.blackmagicdesign.com/ConfigGuides/DaVinci_Resolve_15_Mac_Configuration_Guide.pdf (09.08.2025)
7. Carman, R. (2016, October 1). *Getting to know ACES Part 1: Introduction*. Mixing Light. <https://mixinglight.com/color-grading-tutorials/getting-know-aces/> (01.08.2025)
8. Denisova, E., Bocchi, L., & Nardi, C. (2025). Deep learning-based denoising for interactive realistic rendering of biomedical volumes. *Applied Sciences*, 15 (18), Article 9893. <https://doi.org/10.3390/app15189893>
9. Failes, I. (2025, April 16). Getting your VFX head around ACES 2.0. *before & afters*. <https://beforesandafters.com/2025/04/16/getting-your-vfx-head-around-aces-2-0/> (21.10.2025)

10. Finalcolor. (n.d.). *The beauty of ACES with Nucoda Film Master*. <https://www.finalcolor.com/the-beauty-of-aces-with> (07.08.2025)
11. Giardina, C. (2025, April 7). Motion Picture Academy releases version 2.0 of its ACES color encoding system (EXCLUSIVE). *Variety*. <https://variety.com/2025/artisans/news/academy-arts-sciences-aces-color-encoding-2-0-release-1236360406/> (24.10.2025)
12. Hasche, E., Benning, D., & Creutzburg, R. (2020). Using ACES Look Modification Transforms (LMTs) in a visual effects production environment—Part 1: Rec.709 Inputs and outputs. *IS&T International Symposium on Electronic Imaging: Mobile Devices and Multimedia*, 32, 205-1–205-14, art00002. <https://doi.org/10.2352/issn.2470-1173.2020.3.mobmu-205>
13. Hasche, E., Karaschewski, O., & Creutzburg, R. (2021). Using ACES Look Modification Transforms (LMTs) in VFX environments—Part 2: Gamut mapping. *IS&T International Symposium on Electronic Imaging: Mobile Devices and Multimedia*, 33, 108-1–108-14, art00015. <https://doi.org/10.2352/issn.2470-1173.2021.3.mobmu-108>
14. HDR10+ Technologies. (2025). *HDR10+ Technologies, LLC announces latest developments concerning compatible content, devices and services*. https://hdr10plus.org/wp-content/uploads/2025/01/HDR10CESpressreaseD4_Press-release.pdf (09.08.2025)
15. Kaufman, D. (2018, May 7). *ACES for Indies*. The American Society of Cinematographers. <https://theasc.com/articles/aces-for-indies> (30.07.2025)
16. Koutlis, V. (2024, May 22). *The ultimate guide to color space and the advantages of using ACES*. RebusFarm. <https://rebusfarm.net/blog/the-ultimate-guide-to-color-space-and-the-advantages-of-using-aces> (04.08.2025)
17. Lackey, R. (2020, July). *The best low budget resolve monitoring and video color management*. Richard Lackey. <https://www.richardlackey.com/low-budget-davinci-resolve-monitoring-video-color-management-lg-oled/> (09.08.2025)
18. LeGendre, C., Lepicovsky, L., & Debevec, P. (2022). Jointly optimizing color rendition and in-camera backgrounds in an RGB virtual production stage. *DigiPro '22: Proceedings of the 2022 Digital Production Symposium*, 1–12. <https://doi.org/10.1145/3543664.3543681>
19. Miracamp. (2025). *DaVinci Resolve system requirements: What you need in 2025*. <https://www.miracamp.com/learn/davinci-resolve/system-requirements> (20.10.2025)
20. Movie Labs. (2023). *Ready, set, finish! A studio and production workflow in the cloud*. https://movielabs.com/prodtech/case-studies/MovieLabs_AWS_Case_Study.pdf (09.08.2025)
21. Peters, O. (2020, August 24). Is ACES right for you? *ProVideo Coalition*. <https://www.provideocoalition.com/is-aces-right-for-you/> (02.08.2025)

22. Plutino, A. (2024). Color systems for motion picture film digitization: A critical review. *Color Research & Application*, 49 (6), 609–617. <https://doi.org/10.1002/col.22946>
23. Plutino, A., & Tarini, M. (2023). Fast ACE (FACE): An error-bounded approximation of automatic color equalization. *IEEE Transactions on Image Processing*, 32, 2786–2799. <https://doi.org/10.1109/tip.2023.3270770>
24. Priestley, J. (2022, April 25). Survey: 90 per cent of video professionals have adopted cloud and remote editing workflows. *TVBEurope*. <https://www.tvbeurope.com/live-production/survey-90-per-cent-of-video-professionals-have-adopted-cloud-and-remote-editing-workflows> (05.11.2025)
25. Puget Systems. (n.d.). *Hardware recommendations for DaVinci Resolve*. https://www.pugetsystems.com/solutions/video-editing-workstations/davinci-resolve/hardware-recommendations/?srsltid=AfmBOoob3od296mzz5ac2dJ6f3TnuOdU03waUDInXq_L_zHMu2OdULRI (22.10.2025)
26. Tlaskal, M. (2024, February 13). *Colour grading meets machine learning*. Creative Cow. <https://creativecow.net/colour-grading-meets-machine-learning/> (09.11.2025)
27. TV Logic. (n.d.). *Rendering*. Retrieved August 6, 2025, from <http://ismini.tvlogic.tv/en/wlp/rendering.html>
28. Weidlich, A., LeGendre, C., Aliaga, C., Hery, C., Aubry, J.-M., Vorba, J., Siragusano, D., & Kirk, R. (2022). Practical aspects of spectral data in digital content production. In *ACM SIGGRAPH 2022 Courses* (pp. i–96). <https://doi.org/10.1145/3532720.3535632>

REFERENCES

1. The American Society of Cinematographers. (n.d.). *New! Cinematographer Quick Start Guide*. Retrieved August 3, 2025, from <https://theasc.com/society/committees/aces>
2. Autodesk Arnold. (n.d.). *ACES Workflow—Arnold for Katana*. Retrieved August 5, 2025, from https://help.autodesk.com/view/ARNOL/ENU/?guid=arnold_for_katana_rendering_ka_ACES+Workflow_html
3. Azzarelli, A., Anantrasirichai, N., & Bull, D.R. (2025). Intelligent Cinematography: A review of AI research for cinematographic production. *Artificial Intelligence Review*, 58, Article 108. <https://doi.org/10.1007/s10462-024-11089-3>
4. Beier, B. (2025, March 18). ACES 2.0, deinterlacing and Topaz: Mistika's triple threat update. *Digital Production*. Retrieved October 25, 2025, from <https://digitalproduction.com/2025/03/18/aces-2-0-deinterlacing-and-topaz-mistikas-triple-threat-update/>

5. Blackmagic Design. (n.d.). *DaVinci Resolve 15: Hardware selection and configuration guide*. Retrieved August 9, 2025 from https://documents.blackmagicdesign.com/ConfigGuides/DaVinci_Resolve_15_Mac_Configuration_Guide.pdf
6. Carman, R. (2016, October 1). *Getting to know ACES Part 1: Introduction*. Mixing Light. Retrieved August 1, 2025, from <https://mixinglight.com/color-grading-tutorials/getting-know-aces/>
7. Denisova, E., Bocchi, L., & Nardi, C. (2025). Deep learning-based denoising for interactive realistic rendering of biomedical volumes. *Applied Sciences*, 15 (18), Article 9893. <https://doi.org/10.3390/app15189893>
8. Failes, I. (2025, April 16). Getting your VFX head around ACES 2.0. *before & afters*. Retrieved October 21, 2025, from <https://beforesandafters.com/2025/04/16/getting-your-vfx-head-around-aces-2-0/>
9. Finalcolor. (n.d.). *The beauty of ACES with Nucoda Film Master*. Retrieved August 7, 2025, from <https://www.finalcolor.com/the-beauty-of-aces-with>
10. Giardina, C. (2025, April 7). Motion Picture Academy releases version 2.0 of its ACES color encoding system (EXCLUSIVE). *Variety*. Retrieved October 24, 2025, from <https://variety.com/2025/artisans/news/academy-arts-sciences-aces-color-encoding-2-0-release-1236360406/>
11. Hasche, E., Benning, D., & Creutzburg, R. (2020). Using ACES Look Modification Transforms (LMTs) in a visual effects production environment—Part 1: Rec.709 Inputs and outputs. *IS&T International Symposium on Electronic Imaging: Mobile Devices and Multimedia*, 32, 205-1–205-14, art00002. <https://doi.org/10.2352/issn.2470-1173.2020.3.mobmu-205>
12. Hasche, E., Karaschewski, O., & Creutzburg, R. (2021). Using ACES Look Modification Transforms (LMTs) in VFX environments—Part 2: Gamut mapping. *IS&T International Symposium on Electronic Imaging: Mobile Devices and Multimedia*, 33, 108-1–108-14, art00015. <https://doi.org/10.2352/issn.2470-1173.2021.3.mobmu-108>
13. HDR10+ Technologies. (2025). *HDR10+ Technologies, LLC announces latest developments concerning compatible content, devices and services*. Retrieved August 9, 2025 from https://hdr10plus.org/wp-content/uploads/2025/01/HDR10CESpressreaseD4_Press-release.pdf
14. Kaufman, D. (2018, May 7). *ACES for Indies*. The American Society of Cinematographers. Retrieved July 30, 2025, from <https://theasc.com/articles/aces-for-indies>
15. Koutlis, V. (2024, May 22). *The ultimate guide to color space and the advantages of using ACES*. RebusFarm. Retrieved August 4, 2025, from <https://rebusfarm.net/blog/the-ultimate-guide-to-color-space-and-the-advantages-of-using-aces>
16. Lackey, R. (2020, July). *The best low budget resolve monitoring and video color management*. Richard Lackey. Retrieved August 9, 2025, from <https://www.richardlackey.com/low-budget-davinci-resolve-monitoring-video-color-management-lg-oled/>

17. LeGendre, C., Lepicovsky, L., & Debevec, P. (2022). Jointly optimizing color rendition and in-camera backgrounds in an RGB virtual production stage. *DigiPro '22: Proceedings of the 2022 Digital Production Symposium*, 1–12. <https://doi.org/10.1145/3543664.3543681>
18. Makazhanov, R., Kuryachij, M., & Kamenskij, A. (2023). Otsenka kachestva tsvetovosproizvedeniya meditsinskih 3D izobrazheniy [Assessment of the quality of color reproduction of 3D medical images]. *Trudy Mezhdunarodnoy Konferentsii po Komp'yuternoy Grafike i Zreniyu "Grafikon"*, (33), 669–676. (In Russ.) <https://doi.org/10.20948/graphicon-2023-669-676>, <https://www.elibrary.ru/lffngn>
19. Miracamp. (2025). *DaVinci Resolve system requirements: What you need in 2025*. Retrieved October 20, 2025, from <https://www.miracamp.com/learn/davinci-resolve/system-requirements>
20. Movie Labs. (2023). *Ready, set, finish! A studio and production workflow in the cloud*. Retrieved August 9, 2025 from https://movielabs.com/prodtech/case-studies/MovieLabs_AWS_Case_Study.pdf
21. Peters, O. (2020, August 24). Is ACES right for you? *ProVideo Coalition*. Retrieved August 2, 2025, from <https://www.provideocoalition.com/is-aces-right-for-you/>
22. Plutino, A. (2024). Color systems for motion picture film digitization: A critical review. *Color Research & Application*, 49 (6), 609–617. <https://doi.org/10.1002/col.22946>
23. Plutino, A., & Tarini, M. (2023). Fast ACE (FACE): An error-bounded approximation of automatic color equalization. *IEEE Transactions on Image Processing*, 32, 2786–2799. <https://doi.org/10.1109/tip.2023.3270770>
24. Priestley, J. (2022, April 25). Survey: 90 per cent of video professionals have adopted cloud and remote editing workflows. *TVBEurope*. Retrieved November 5, 2025, from <https://www.tvbeurope.com/live-production/survey-90-per-cent-of-video-professionals-have-adopted-cloud-and-remote-editing-workflows>
25. Puget Systems. (n.d.). *Hardware recommendations for DaVinci Resolve*. Retrieved October 22, 2025, from https://www.pugetsystems.com/solutions/video-editing-workstations/davinci-resolve/hardware-recommendations/?srsltid=AfmBOoob3od296mzz5ac2dJ6f3TnuOdU03waUDInXq_L_zHMu2OdULRI
26. Tlaskal, M. (2024, February 13). *Colour grading meets machine learning*. Creative Cow. Retrieved November 9, 2025, from <https://creativecow.net/colour-grading-meets-machine-learning/>
27. TV Logic. (n.d.). *Rendering*. Retrieved August 6, 2025, from <http://ismini.tvlogic.tv/en/wlp/rendering.html>
28. Weidlich, A., LeGendre, C., Aliaga, C., Hery, C., Aubry, J.-M., Vorba, J., Siragusano, D., & Kirk, R. (2022). Practical aspects of spectral data in digital content production. In *ACM SIGGRAPH 2022 Courses* (pp. i–96). <https://doi.org/10.1145/3532720.3535632>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

МИХЕИЛ ВЛАДИСЛАВОВИЧ ЗИБЗИБАДЗЕ

кинорежиссер, оператор

Нью-Йорк, США

ResearcherID: PFJ-6719-2025

ORCID: 0009-0001-1365-122X

e-mail: info@mikecerber.com

ABOUT THE AUTHOR

MIKHEIL V. ZIBZIBADZE

Filmmaker, Cinematographer

New York, USA

ResearcherID: PFJ-6719-2025

ORCID: 0009-0001-1365-122X

e-mail: info@mikecerber.com