ЛАЗЕРНЫЕ ПРОЕКЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ РАЗВЛЕЧЕНИЙ

С.Хилов, В.Хилов, ООО "Лазервариоракурс"

Термин Entertainment объединяет в себе и технологии, и устройства, привлекающие внимание множества зрителей своей зрелищностью. Провести четкую грань между техникой, иллюзией и искусством сложно. В статье кроме краткого представления о видах современных аудиовизуальных технологий (лазерных световых инсталляциях, мэппинге, лазертагах) дан краткий обзор программного обеспечения профессионального уровня для работы с лазерной графикой.

"Страх растет на незнании. Да будет свет!"

ЧТО ТАКОЕ ЛАЗЕРНЫЙ ENTERTAINMENT?

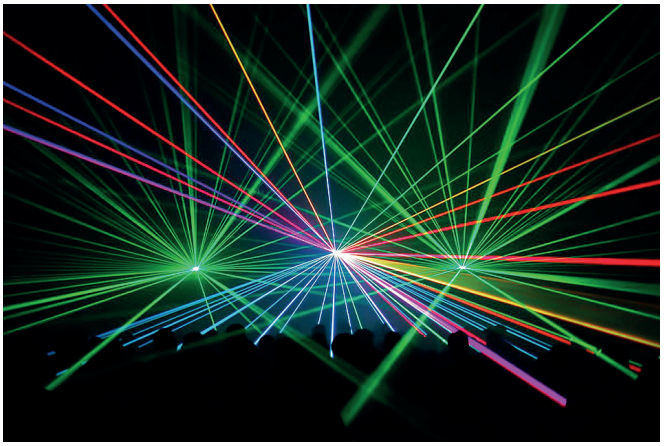
Рынок лазерных кинопроекторов, лазертаг (lasertag) арен, рынок лазерных шоу показывает уверенный рост. Ожидается, что рынок продаж лазеров для развлечений и дисплейных технологий вырастет почти на 11% – до 197 млн. долларов в 2015 году [1]. Но, возможно, и эти цифры несколько занижены из-за трудностей статистического учета производства лазеров для Entertainment в Китае. При этом количественный рост составит более 30% благодаря уменьшению стоимости единичных образцов (рис.1).

Основной объем и рост в данном сегменте рынка вносит оборудование для световых лазерных шоу, Этот бизнес растет последние несколько лет. Быстрые гальванометры, экономичные диодные лазеры различных цветов и лучшие меры безопасности сделали лазерное шоу-оборудование доступным для большего числа приложений при значительно меньших материальных затратах.

Многие муниципалитеты на празднованиях склоняются к использованию лазерных световых шоу вместо фейерверков, которые сильно загрязняют окружающую среду [1]. Лазерным шоу иногда называют видеопроекции (особенно когда говорят о маппинге), использующие видеопроекторы с лазерными источниками света, которые функционируют на клапанных MEMs-структурах, что позволяет построить растровое изображение. К сожалению, успехи в лазерных видеопроекторах не так велики, как обещалось ранее.

В раздел развлечений включают и широко распространенные лазертаги (ходилки-стрелялки, имитирующие бои с применением лазерного "оружия" – непрерывных, низкомощных – менее 5-мВт лазерных указок, используемых в закрытых помещениях и излучающих обычно на зеленых или красных длинах волн).

Способность лазерных устройств создавать в пространстве феерические лучевые изображения или передавать информацию на экране во фронтальной или обратной проекциях с помощью векторных (реже растровых) изо-



бражений, синхронизированных с музыкой, лежат в основе лазерной индустрии развлечений. Мечта Скрябина визуализировать музыкальные звуки с помощью многообразия цветов и научить этому слушателей, наконец-то, осуществилась. Стремительное развитие мультимедийных шоу, в том числе и мэппинг-шоу, позволило совместить в едином сценическом пространстве, на воде и в воздухе, многие виды визуальных зрелищ: фейерверки, огневые шоу, видеопроекции, фонтаны, кино, театр и цирк. Да мало ли что еще может придумать человеческое воображение.

Рис.1. *Объем продаж лазеров для лазерных шоу, игр, цифрового кино фронтальной и обратной проекции, пикопроекторов и лазерных указок (laser pointers)*

КАК ЭТО ДЕЛАЕТСЯ?

Архитектура лазерной шоу-установки (рис.2) содержит несколько основных элементов: устройство управления, проектор и пространство распространения излучения. Проектор включает в себя излучатель с модулятором, сканер и систему безопасности. В качестве экрана используется диффузный отражатель или диффузно пропускающая среда (театральный тюль, сценический дым, водяная завеса).

Определяющим элементом для конструкции проектора является лазерный источник излучения видимого диапазона. Им может быть монохромный источник красного (R), зеленого (G), или синего (B) цвета или их комбинация в произвольном соотношении. Но наиболее интересна комбинация, позволяющая получить "белый" лазер R+G+B. До недавнего времени, в конце XX века, пользователям были доступны только газовые лазерные источники, достаточной мощности для создания шоу, но имеющие солидные массогабаритные параметры, высокие энергопотребление и стоимость. В добавок ко всему их эксплуатация требовала квазистационарного или стационарного размещения и серьезной инженерной подготовки и квалификации персонала. Ныне для потребителей стали доступны полупроводниковые диодные лазеры, лишенные этих недостатков.

В качестве устройства отклонения лазерного излучения в оборудовании используются электромеханические гальванометры, зеркально-клапанные системы (от разработанных еще в XX веке до MEMS-систем XXI века), акустооптические дефлекторы AOD. В 70–80-х годах прошлого столетия первое поколение полноцветных лазерных систем было оснащено зеркально-клапанными устройствами переключения луча, которые создавали малоуправляемые в пространстве световые эффекты, построения и стационарные дисплейные изображения. Именно к этому этапу инженерных разработок относятся отечественные санитарные нормы СН2392–81 и его замороженная версия СН5804–91 с их ретроградным представлением о применении лазеров в развлекательном процессе. И лишь с переходом на так называемые столы с оптико-механическими элементами электромеханических и акустооптических сканеров, которые были позаимствованы от технологических установок с довольно примитивным программным обеспечением, наступил новый этап в лазерном шоу – дисплейный. Гальванометрические сканеры позволяли строить векторные изображения, рисовать пером. Но растровые изображения таким сканерам давались с трудом в связи с небольшой скоростью развертки. Первоначально считалось, что быстрый луч представляет большую опасность, так как от него нельзя увернуться и убе-

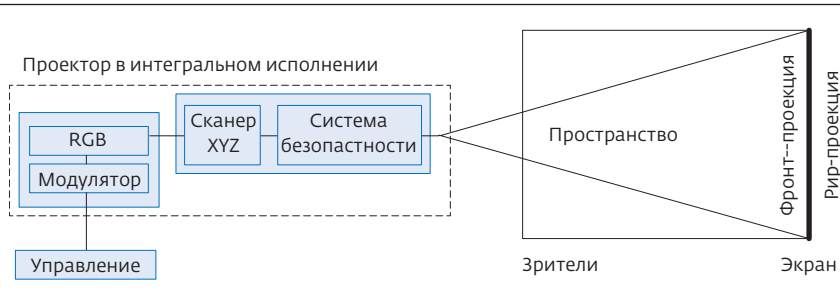


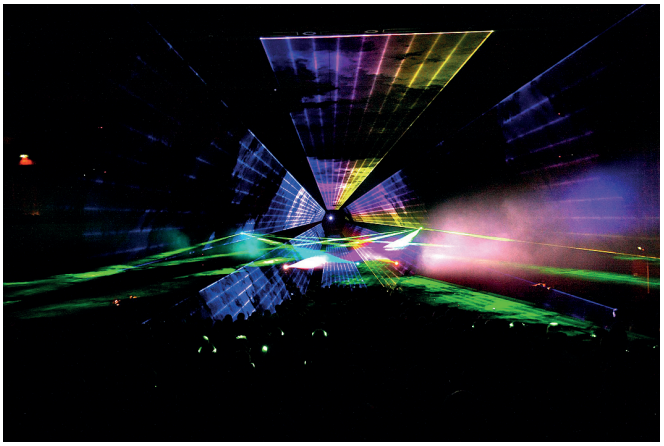
Рис.2. *Архитектура лазерной шоу-установки (ЛШУ)*

жать. При этом совершенно упускалось из виду, что он в отличие от обычных разверток был "ручным", т.е. оператор управлял им вполне сознательно с помощью компьютера. Появившиеся вскоре волоконные линии передачи излучения от источника к сканеру дали возможность выстраивать шоу, доступное не только для суперзвезд Pink Floyd и Nazareth, и демонстрировать представления в открытом и закрытом пространстве.

Для работы в шоу рабочими лошадками являются малоапертурные (3–5 мм) сканеры марок CT-6800 и CT-6215 и их китайские и украинские клоны. В практике известен целый ряд других менее популярных гальванометров, выпускаемых другими производителями. Поскольку в нашей стране были весьма развиты специальные применения лазерного излучения, то в качестве сканаторов использовались акустооптические двух-координатные дефлекторы. Широко известна графическая система, разработанная профессором МИФИ С.А.Гончуковым,

которая в 1992 году в Лилихамере произвела впечатление на посетителей выставки благодаря своим возможностям. В системе были использованы твердотельный лазер с удвоением частоты и двухкоординатный акустооптический дефлектор. В более позднее время полноцветная версия была реализована учеными НПО "Астрофизика" в конце XX века, она использовалась для рекламы на здании ЦУМа. Достаточно сказать, что в настоящее время появился только один серьезный российский производитель гальваносканеров (фирма ATEKO-TM), но, к сожалению, до шоу его руки "не дойдут" просто никогда. В наши дни лидером по разработке гальванометрических сканаторов нового поколения является фирма Pangolin Laser Systems (США). Ее специалисты создали самые малогабаритные, самые экономичные, самые высокоскоростные и качественные в управлении сканеры серии ScannerMAX.

В 90-х годах в целом сформировался лазерный проектор для развлечений, который содержал в себе сканер, оптико-механические и электрические системы безопасности. Устройство управлялось от компьютера с помощью весьма совершенного алгоритма формирования векторного изображения и было оснащено организационно-техническими узлами, обеспечивающими безопасность эксплуатации лазерной шоу-установки. Однако, с появлением зеленых твердотельных лазеров с диодной накачкой с удвоением частоты, которые позволили создать моноблочную конструкцию проектора, ситуация существенно изменилась. Такая конструкция позволила резко увеличить мобильность лазерного шоу. Появление затем красных (R) и синих (B) твердотельных составляющих, а вскоре и диодных R.G.B – лазеров, обладающих сверхмалыми массогабаритными параме-



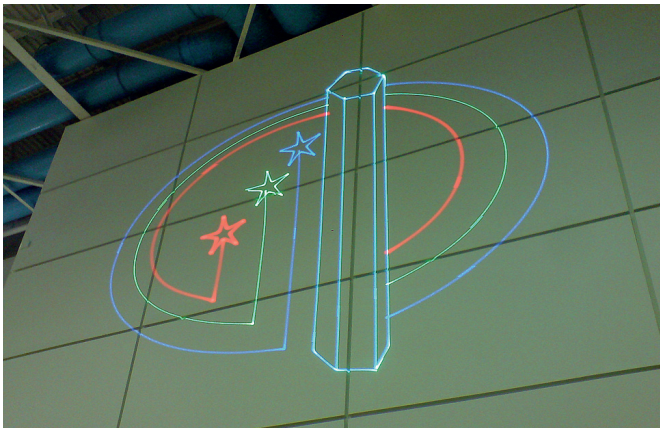
трами и высоким КПД, позволило создать при постоянно снижающейся цене комплектующих очень доступные проекторы для лазерного шоу [2–11].

Но без программного обеспечения даже самый продвинутый проектор не более чем бесполезный железный ящик стандартного черного цвета. После длительного этапа становления ведущие позиции платформы программного/аппаратного обеспечения заняли Lasergraph DSP (Laser Animation Sollinger GmBH, Германия) [5] и Pangolin Laser Show Designer (Pangolin Laser Systems Inc., США) [8]. Современный продукт компании Laser Animation Sollinger GmBH – LasergraphDSP Mark 2 – представляет собой специализированный компьютер. Он был разработан специально под требования лазерной проекции. Lasergraph DSP Mark 2 готов к применению через секунды после включения, поскольку операционная система хранится во внутренней флеш-памяти.

Лазерные шоу программируются и редактируются на ПК Windows, подключенном к сети и работающим под управлением программного обеспечения "LGRemote". Для запуска готовых шоу ПК не требуется. Шоу можно очень просто начать проигрывать с помощью интерфейса воспроизведения "jr. Live". Другие медиасистемы, связанные с DSP через RS232 или Ethernet, также можно использовать для начала шоу. Лазерное шоу работает полностью независимо от компьютера. Возможные сбои в работе компьютерной системы не влияют на живое исполнение шоу.

Наиболее важная особенность Lasergraph DSP – способность наблюдать эффект любого редактирования на экране в проекции или в окне предварительного просмотра программного интерфейса. Все расчеты для масштабирования, деформации, смещения, вращения, для всех анимаций, классические анимации кадр за кадром, а также такие компьютерные анимации, как морфинг, абстракции, цветные циклы, выполняются в режиме реального времени.

Великолепные цвета Lasergraph DSP безошибочно выделяют его среди других контроллеров шоу. Яркие цвета в картинках, в движениях цвета, такие как цветные циклы или абстракции, удивительно плавные переходы цветов или яркие цветные лучи, а также затухания блеска каждого соответствующего цвета – тор-



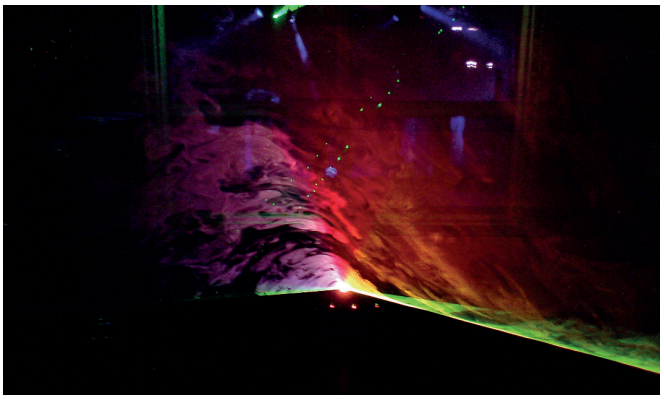
говые марки Lasergraph DSP – очевидны для любого зрителя.

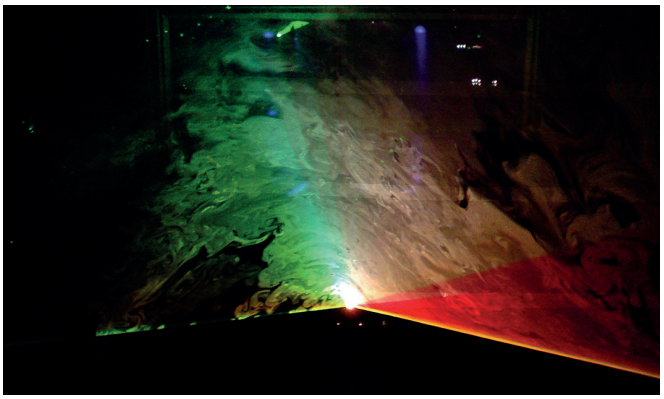
Lasergraph DSP имеет шесть выходов цвета, что означает, что он поддерживает лазер с шестью различными линиями цвета. Лазерные цвета можно настроить на любой лазерной системе. Цвета для редактирования изображений определяются через палитры, которые обеспечивают более 281 триллиона оттенков цвета. Эти палитры всегда могут быть адаптированы в режиме реального времени для мягкого перехода, затемнения, скрещенного затухания, цветных циклов и так далее. Mark 2 позволяет сканировать со скоростью до 250 кГц. Изображения, отправленные с DSP на лазерный проектор, автоматически оптимизируются. Выход изображения идеально приспосабливается к любому используемому лазерному профессиональному проектору.

Несколько устройств Lasergraph DSP Mark 2 могут быть связаны с другими компьютерами (DSP, ПК) по сети. Каждый Lasergraph DSP Mark 2 обрабатывает и хранит все данные локально. Это позволяет подключить практически любое количество DSP в сети и использовать их в шоу, не сталкиваясь с задержками при загрузке, редактировании или сохранении. В дополнение к работе в сети для удаленного управления DSP может быть подключен к модему.

Pangolin LD2000 является самым распространенным программным обеспечением профессионального уровня. Используется для создания лазерных шоу высокого качества. Это полная система, поставляется с программным обеспечением LaserShow Designer2000 и аппаратным контроллером QM2000. По функциональным возможностям комплекты доступны в трех уровнях: Intro, Basic, Pro. Так же Pangolin предлагает удобный способ обновления этих версий. Практически все, что вы хотите сделать с лазерной графикой и лучевым шоу, выполнит редактор LD2000. Он поставляется с 150 готовыми запрограммированными лазерными шоу, и более чем 300 000 лазерных кадров для создания клипа. LD2000 получил большое количество наград, заслуженное признание и популярность среди пользователей.

Pangolin QuickShow – самый популярный и продаваемый лазерный контроллер в мире. Создан на основании 20-летнего опыта и экспериментов с программными продуктами и оборудованием. QuickShow позволяет легче, чем когда-либо, сделать высококачественное лазерное шоу. Разработан специально для начинающих лазерщиков и энтузиастов. Мощный, доступный, простой и готовый к использованию полный пакет включает в себя программное обеспечение и USB/ILDA-интерфейс FB 3. QuickShow содержит около 2000 запрограммированных статических и динамических сцен. Встроенные инструменты и готовые кадры позволяют пользователю легко создавать свои собственные графические шоу, лучевые эффекты, тексты, абстракции. Любой новичок или опытный профессионал может моментально получить удивительные результаты.





Pangolin Beyond – это простой и удобный интерфейс QuickShow и мощь Lasershow Designer 2000. Является основной программой следующего поколения с интерфейсом LAN/ILDA FB4. Beyond необходим для пользователей, которым нужны новые передовые функции, требуется больше программной мощности и возможностей для создания лазерных шоу. Beyond – это самый новый и самый инновационный программный пакет, доступный на сегодняшнем рынке. Возможность контроля не только лазерных проекторов, а также создание и управление мультимедийным шоу с использованием различных типов видеооборудования, световых приборов и специальных эффектов. Beyond – гибкая система, которая имеет уникальные возможности совместного использования различных пакетов программного обеспечения и устройств с протоколами OSC, MIDI, DMX или ArtNet.

Менее известны другие программные продукты, о которых следует рассказать.

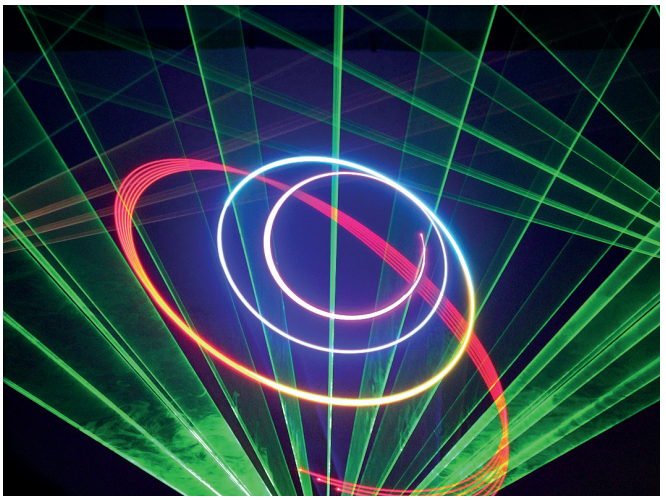
Medialas GmBH (Германия). Программно-аппаратное обеспечение (интерфейс для PC) Mamba Black. Компания производит в основном популярные проекторы небольшой мощности до 10Вт [7].

LOBO GmBH (Германия) одна из самых мощных фирм Старого света [6]. Специализированные компьютеры Lacon и Modula, собственное программно-аппаратное обеспечение с собственным интерфейсом DDl-2. Компания производит лазерные проекторы высочайшего класса.

Все типы программно-аппаратного обеспечения в той или иной степени имеют функции обеспечения безопасности по стандарту ILDA, а так же дополнительные средства безопасности.

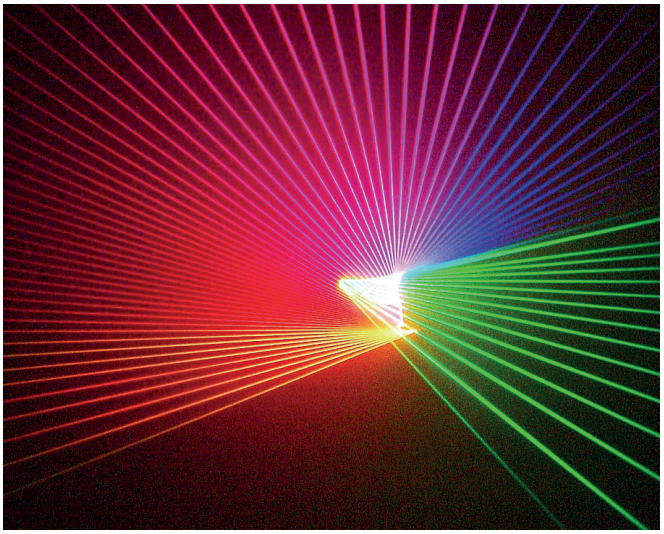
Развитие ПО привело к созданию встраиваемых микроконтроллеров для управления лазерным излучением и превратило лазерные проекторы в сверхдоступный световой прибор, который не требует особых навыков при управлении и монтаже.

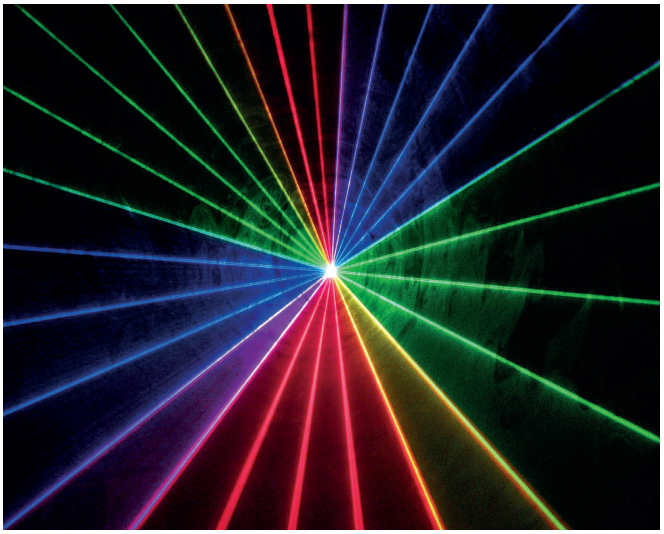
Но надо помнить, что лазерный свет отличается от тепловых, люминесцентных и светодиодных источников света. Во-первых, лазерное излучение имеет линейчатый спектр с высокой спектральной плотностью мощности излучения. (Справка: ширина полосы излучения газовых лазеров ≈0,02 нм, твердотельных ≈0,1 нм, диодных и волоконных ≈2–10 нм, светодиодов ≈10–50 нм, люминесцентных ламп ≈300 нм, ламп накаливания ≈3000 нм). Во-вторых, из-за того, что лазерное излучение вынужденное, оно обладает когерентным модовым составом поля, которое придает ему высокую степень направленности. То есть излучение от лазерного источника распространяется в узком телесном угле, и это позволяет иметь в дальней зоне высокую степень концентрации энергии. В настоящее время из-за бесконтрольного распространения источников лазерного излучения возникла ситуация, получившая, к сожалению, широкое распространение, когда неподготовленный пользователь монтирует лазер без учета безопасности его применения.



Хорошо известно, что при прямом попадании света в глаза может наступить дисфункция зрения – кратковременное ослепление или потеря цветового восприятия ("все стало вокруг голубым и зеленым" или розовым, в зависимости от того, какого "зайца" – красного или зеленого – поймал зритель). А при попадании в глаза излучения определенного уровня энергии облучения может произойти поражение органов зрения той или иной степени тяжести (сетчатки, роговицы, хрусталика). Наиболее опасным является импульсное излучение, мощность которого может достигать феноменальных значений – порядка нескольких мегаватт. Поэтому импульсное лазерное излучение категорически запрещено для использования в случаях, подразумевающих возможность бесконтрольного распространения излучения и сканирования пространства, в котором находятся посетители.

Подчеркнем, что все эти рассуждения относятся к лазерам, генерирующим излучение в непрерывном режиме. Зрительное ощущение





у человека или попросту зрение обладает громадным динамическим диапазоном по амплитуде (чувствительности) и цветопередаче. При этом различают ночное зрение и дневное зрение. Максимум чувствительности к цветопередаче ночного зрения сдвинут в синюю область спектра на 30 нм по сравнению с максимумом дневного зрения, которому соответствует желто-зеленая длина волны излучения – 566 нм. Физиологи определили, что наиболее ярким для человека является зеленый цвет, наиболее опасным и резким – красный, а наиболее приятным – синий. У лазерных источников цвета настолько насыщены, что их излучение, несомненно, обладает притягательной силой, оставляя незабываемые впечатления от демонстрации.

ЧТО ТАКОЕ ХОРОШО И ЧТО ТАКОЕ ПЛОХО?

Легко и просто обнаружить в Интернете предложения покупки лазерных проекторов от ведущих производителей из Германии, Испании, Словакии, Китая, Украины, России. Но в большинстве случаев речь идет о маломощных непрофессиональных системах для "домашнего" пользования, которые являются малоинтелектуальными и практически неуправляемыми приборами лучевых лазерных эффектов китайского производства. В мире созданы и работают профессиональные международные союзы, которые ставят перед собой задачи стандартизации лазерных изделий – проекторов и дисплеев – это ILDA (Internation Laser Display Association) и LIPA (Laser Illuminated Projector Association). ILDA разработала и внедрила следующие стандарты –ISP:

- ISP30K – определяет скорость сканирования проектора в соответствии с тестовой картиной ILDA;
- ISP DB25 – стандарт определяет тип разъема, распиновку разъема и управляющие сигналы, подаваемые на проектор, включая сигналы безопасности – аварийный прерыватель лазерного излучения – шуттер и блокировку Interlock;
- ISP DMX – документ определяет стандартные каналы DMX, используемые в проекторе;
- ISP EFX – в стандарте определен перечень специальных световых эффектов и дано их описание.

Типичные проекторы для профессионального лазерного шоу мощного и сверхмощного диапазона представлены в таблице. Приведенный перечень проекторов достаточно подвижен и не охватывает всего спектра изделий для лазерного шоу со всеми возможными спецификациями, это дело профессионалов, которые формируют свое шоу.

Лазерное излучение обладает повышенной опасностью, связанной с высокой концентрацией световой энергии. Лазерная шоу-установка (ЛШУ) должна обеспечить безопасность зрителей, а также артистов, участвующих в представлении, и, несомненно, обслуживающего персонала, работающего в зоне наблюдения световых и дисплейных эффектов и построений при подготовке и проведении шоу. При этом надо помнить, что в соответствии с законом, ответственность за дело рук своих лежит на лице, эксплуатирующем оборудование. И хотя ценовой диапазон профессиональной аппаратуры ограничивает его доступность, с каждым годом ее стоимость постоянно снижается. Это накладывает дополнительные

Alma Mater Пёрышкина

Знаете ли вы, где учился Александр Васильевич Пёрышкин, автор знаменитого, ставшего классическим, учебника по физике для школьников? Перышкин закончил Рязанский государственный университет. В этом году Рязанский государственный университет им. С.А.Есенина отмечает свой вековой юбилей. Сто лет университет готовит профессионалов по самым востребованным специальностям, в том числе по направлениям технической физики, среди которых лазерная физика, по фундаментальной информатике и информационным технологиям. Сегодня в стенах университета обучаются более 10 тысяч студентов. В настоящее время РГУ имени С.А. Есенина представляет собой университетский комплекс "классического" типа, с 7 учебными корпусами, в историческом центре города недалеко от студенческого городка. В университете 8 факультетов и 2 института, где трудятся более 500 человек профессорско-преподавательского состава. Еженедельно в университете проходят масштабные и значимые мероприятия регионального, федерального или международного значения.

Среди выпускников университета разных лет – автор знаменитого учебника по физике А.В.Перышкин, известный историк академик Л.В.Черепнин, крупный специалист в области древнерусского летописания А.Г.Кузьмин, Л.Л.Любимов, автор многочисленных трудов по экономической теории, Э.М.Щагин, видный ученый по аграрной истории России, и многие другие специалисты и ученые, артисты и спортсмены, руководители органов власти и крупных предприятий, чьи имена по праву составляют гордость Рязанского государственного университета.

Университет стремится вперед, открывая новые современные специальности. Подписаны договоры о стратегическом партнерстве с Ереванским государственным университетом, Национальным исследовательским Мордовским государственным университетом им.Н.П.Огарева и Курским государственным университетом. Созданы совместные научные рабочие группы по естественно-научным и физико-математическим направлениям, которые играют ключевую роль в деятельности университета.

Рязанский государственный университет имени С.А.Есенина,
www.rsu.edu.ru; Россия, 390000, Рязань, ул. Свободы, д. 46;
тел/факс +7 (4912) 28-03-89; e-mail: rsu@rsu.edu.ru, info@rsu.edu.ru

Типичные проекторы для профессионального лазерного шоу мощного и сверхмощного диапазона (ILDA Standart Projector – ISP) [10]

Тип Модель Страна	Установленная мощность, Вт Длина волны, нм / Мощность, Вт	Расходимость, мрад Диаметр пучка, мм	Тип сканера, максимальная скорость, 8° ILDA (тыс. точек в секунду). Типичный (максимальный) угол сканирования	Масса, кг Габариты, мм	Цена в стране производителя, евро
Диодный Arctos Regus, Германия [3]	7,4 637 / 2,4 520 / 1,7 445 / 3,3	0,65/4	CT6800 35kpps 60°	12 185×195×290	от 10 500
Диодный Kvant Atom 9 HPS, Словакия [4]	9 637 /3 520 / 1,8 445+460 / 4	1/3	CT6215 60kpps 60°	28 380×320×254	от 17 910
Диодный/OPSL LaserAnimation Sollinger PHAENON X Mini, Германия [5]	11,8 638 / 4 532 / 3 445 / 4,8	1,1/4	CT6210H 35kpps 50° (80°)	11 375×291×223	от 36 500
Диодный SwissLas PM-5700RGB, Швейцария [9]	5,7 638 / 1,2 520 /1 450 / 3,5	1/3,5	CT6210H 50pps	4,2 185×165×125	от 3 779
Диодный/DPSS Arctos Arcthron-L, Германия [3]	30 637 / 5 650 / 5 532 / 10 445 / 10	0,8/5	CT6215 60kpps 60° (80°)	65 244×510×450	от 48 350
Диодный/OPSL Kvant Spectrum 20, Словакия [4]	20 637 / 6 532 / 8 445 / 6	1/5	CT6215HP 35kpps/8 60°	44 462×603×197	от 35 000
OPSL LaserAnimation Sollinger PHAENON X AT, Германия [5]	30 639 / 5 590+577 / 6 532 / 10 488+480 / 5 460 / 4	1,1/4	CT6210H 35kpps 50° (80°)	> 60 620×406×223	от 164 200
Диодный/DPSS Able laser TRIUMPH RGB 15000, Китай [2]	15 637 / 4 532 / 5 445 / 6	1 /4,5	DT40 PRO 40kpps 450 (600)	24 412×297×206	12 500 (долларов)
OPSL Arctos Arc OPSL, Германия [3]	70 639 / 10 590 / 6 577 /12 532 / 20 488 / 10 480 /8 460 / 4	1,2–0,6 / 2,5–5	CT6215 60kpps 600 (800)	> 95 390×715×600	310 700

обязанности на производителя, требуя от него информировать потребителей о товаре. В настоящее время в РФ действует достаточно отработанная система допуска оборудования и эксплуатантов к проведению мероприятий с использованием лазерных шоу-установок. Основным ограничением, как и во всем мире, является недопустимость сканирования аудитории в лазеропасной зоне. К сожалению, понятие лазеропасной зоны в Америке, Европе и России различаются между собой в десятки раз. За рубежом проводятся многочисленные работы по разработке безопасных продуктов для лазерных развлечений индустрии отдыха, инициированные международными организациями – ILDA и LIPA.

Мы убеждены в том, что если в конструкции вашего проектора и его программном обеспечении будут предусмотрены возможности создания зон, свободных от лазерного излучения, превращения лазерного луча в кисть, создания зоны с повышенной расходимостью излучения, устранения режима неподвижности луча и отключения установки в случае пропадания управления, то результат удовлетворит ожидания и режиссеров, и зрителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Overton G., Belforte D., Nogee A., Holton C.** Laser Marketplace 2015: Lasers surround us in the Year of Light. – LaserFocusWorld, 2015, № 01. http://www.laserfocusworld.com/articles/print/volume-51/issue-01/features/laser-marketplace-2015.
2. ABLE Laser Technology Co., Ltd., Китай / www.able-laser.com/
3. ARCTOS Showlasertechnik, Германия / www.arctos-showlaser.com/
4. KVANT Ltd, Словакия http://kvantlasers.sk/
5. Laser Animation Sollinger GmBH, Германия /laseranimation.com/
6. LOBO, Германия /www.lobo.de/
7. Medialas http://www.medialas-showlaser.de
8. Pangolin Laser Systems Inc., США /www.pangolin.com/
9. SwissLas, швейцария http://www.swisslas-laser.com/
10. Internation Laser Display Association /www.laserist.org
11. Laser Illuminated Projector Association / lipainfo.org/