

Мобильная лазерная трехцветная НАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА

И. Олихов, Л. Косовский

НАДЕЖНОСТЬ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ

Требования к современному навигационному оборудованию для ориентации летательных аппаратов, а также морских и речных судов очень высоки: оно должно быть надежным, эффективно обеспечивать ориентацию в любое время суток даже в экстремальных метеоусловиях и, что немаловажно, не причинять вреда здоровью людей. Разработчикам новой лазерной трехцветной навигационной системы удалось совместить в ней все эти достоинства благодаря импульсным полупроводниковым лазерам с электронной накачкой. Низкое энергопотребление, малый вес и габариты позволяют быстро разворачивать такие системы как дополнительное средство обеспечения безопасности посадки самолетов, проводки судов в сложных метеоусловиях или использовать их там, где нет стационарных систем навигации. Чтобы оценить актуальность таких систем для России, достаточно взглянуть на географическую карту. Хорошие перспективы открываются и для их продвижения на мировой рынок, чему в немалой степени способствует новизна и патентная чистота разработки.

Преимущества лазерных средств навигационного оборудования (ЛСНО) по сравнению с основанными на традиционных источниках света хорошо известны [1]: узкая спектральная полоса лазерного излучателя значительно увеличивает заметность излучения на фоне

других огней и обеспечивает большую дальность видимости, особенно днем, в сумерках и при других неблагоприятных условиях. Благодаря узкой диаграмме направленности возрастает точность формирования глиссид, створов и секторов. Существенно выше у них и

КПД, поскольку ЛСНО не нуждаются в цветовых узкополосных фильтрах.

Однако подобные системы имеют и серьезные недостатки, которые, в основном, объясняются использованием в большинстве из них газовых лазеров. Так, КПД газовых лазеров очень низок (не более 0,1%), что требует применения источника питания мощностью в несколько киловатт. Весьма ограничен их цветовой диапазон, особенно в желто-красной области спектра. А чтобы избежать потери ориентации в темных зонах, образующихся при переходе от одной цветовой зоны к другой, приходится использовать прецизионные оптические и сканирующие системы, обеспечивающие непрерывность перехода. ЛСНО на основе газовых лазеров достаточно громоздки: их массогабаритные характеристики возрастают пропорционально числу цветовых зон (практически на каждую длину волны требуется свой лазерный источник или, при многоцветном источнике, своя система сканирования). К тому же они весьма чувствительны к внешним воздействиям и нуждаются в постоянном обслуживании. Еще один существенный недостаток газовых

лазеров – вредное воздействие их излучения, обладающего высокой когерентностью, на глаза и организм человека в целом. Такое воздействие связано не только с оптической плотностью мощности излучения – даже маломощное излучение He-Ne-лазера ($\lambda=0,63$ мкм) понижает свертываемость крови и вызывает другие неблагоприятные для здоровья последствия [2].

Все эти недостатки можно устранить, используя импульсные полупроводниковые лазеры с электронной накачкой (ИПЛЭН) [3]. По КПД (до 10%) они близки к высокоэффективным полупроводниковым инжекционным лазерам, а импульсная мощность их излучения достигает десятков мегаватт на любой длине волны в диапазоне от ближнего ультрафиолета (0,37 мкм) до ближней инфракрасной области спектра (1,1 мкм). Ширина спектра излучения ИПЛЭН (десятки ангстрем) много меньше, чем у обычного светового источника, но на четыре порядка выше, чем у газового лазера – излучение не когерентно, хотя и высокохроматично. Благодаря этому навигационные системы, основанные на ИПЛЭН, обладают всеми преимуществами ЛСНО и безвредны, как обычные све-



товые источники. К тому же, они имеют малые габариты и потребляемую мощность и не требуют систем охлаждения (рис. 1).

Как устроены ЛСНО на базе ИПЛЭН? Для формирования трех цветовых зон на мишени лазера размещают три пластины, обеспечивающие генерирование в трех диапазонах длин волн: 0,51–0,53 мкм (зеленый), 0,56–0,58 мкм (желтый) и 0,63–0,66 мкм (красный). Если на выходе лазера не устанавливать никаких оптических элементов, то в дальней зоне будет наблюдаться излучение белого цвета из-за классического смещения трех основных цветов. При размещении излучающей поверхности в фокусе объектива ее изображение переносится на бесконечность и смешения не происходит. Изменяя геометрию излучающих площадок, можно подбирать угол раствора лазерного луча, сохраняя при этом угловую энергетическую плотность излуче-

ния. Угловой размер каждого цветового спектра (определяется как $\text{tg}\theta=l/F$, где l – размер мишени, F – фокусное расстояние объектива [4].

Все функциональные узлы ЛСНО, кроме вынесенного аккумулятора (12 В) и индикатора дальномера, размещены в герметичном корпусе. Его габаритные размеры – 350x450x800 мм, вес – 35 кг. Блок-схема ЛСНО приведена на рис. 2. Первичный источник питания (1) преобразует напряжение питания (постоянное 12–27 В или переменное 220В, 50 Гц) в импульсное напряжение 7,5 кВ, которое подается на высоковольтный импульсный источник накачки (2), формирующий импульсы длительностью ~5 нс и напряжением 250 кВ. Блок управления (3) задает частоту повторения импульсов и режим работы: либо одиночные импульсы, либо пачки импульсов. С источника накачки импульсное напряжение подается на катод трехцветного ИПЛЭН (4).

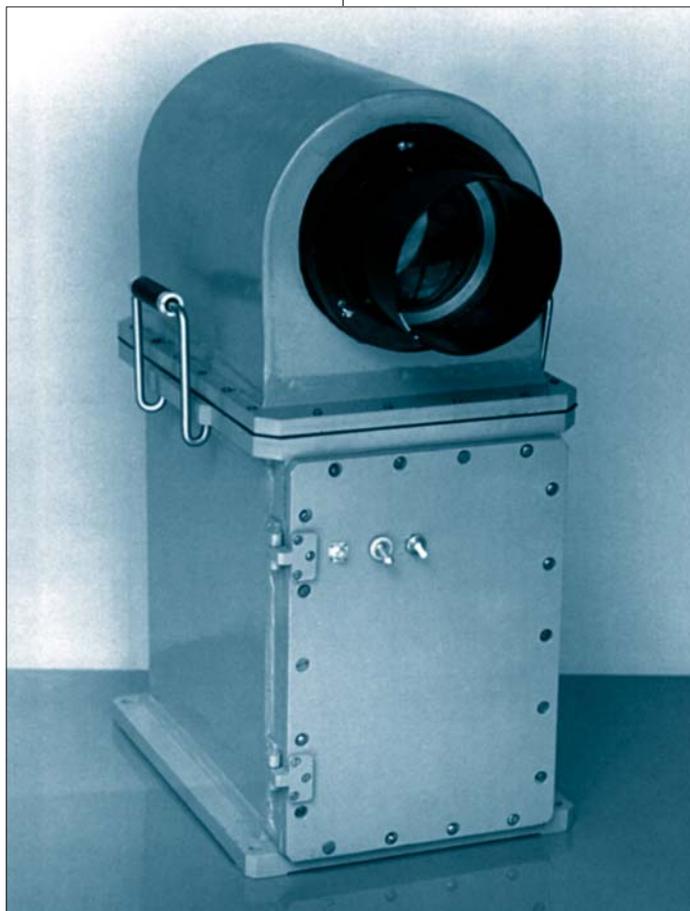


Рис. 1. Экспериментальный образец ЛСНО

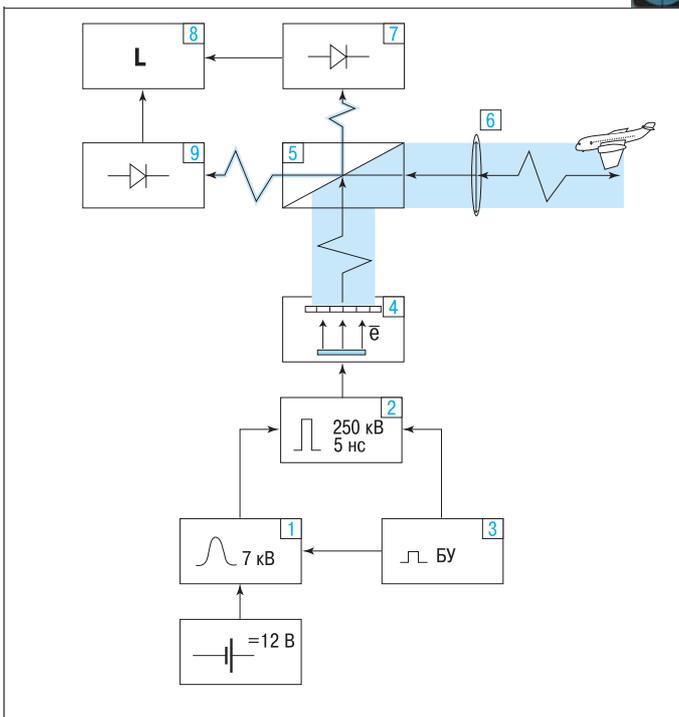


Рис. 2. Блок-схема ЛСНО

Излучение лазера поступает на оптический блок (5) и затем выводится через объектив (6). Часть оптического излучения фиксируется фотоприемником блока встроенного контроля (7).

Импульсный режим работы ЛСНО позволяет определять расстояние до объекта. Фотоприемник блока встроенного контроля формирует опорный сигнал в момент излучения, который подается на блок измерения дальности (8). Отраженный от уголкового отражателя оптический сигнал, пройдя объектив, попадает на фотоприемник (9), электрический сигнал с которого также подается на блок измерения дальности. Устройство вычисляет временную задержку между моментом излучения и моментом приема сигнала t_c , а также расстояние до объекта $L=(t_c-t_0)c/2$. Погрешность измерения ΔL зависит от длительности переднего фронта импульса (при $t=1$ нс $\Delta L=0,15$ м). Дальность действия дальномера определяется мощностью излучения, отражающегося от уголкового отражателя, и порогом чувствительности фотоприемного устройства. Как показывает оценка, при использова-

нии в качестве фотодетектора быстродействующего фотодиода дальность действия на расстоянии до 10 км равна метеорологической дальности видимости (Двм)*, а свыше 10 км – Двм/2. Применение ФЭУ обеспечивает дальность действия 1,5–2 Двм.

Одна из основных характеристик ЛСНО – дальность видимости ее излучения. Ее величина определяется мощностью излучения на выходе ЛСНО, потерями сигнала в атмосфере (коэффициент пропускания атмосферы), угловой расходимостью излучения и пороговой чувствительностью зрения (минимальная освещенность, воспринимаемая глазом). Порог световой чувствительности глаза в первую очередь зависит от цвета (длины волны), яркости фона (фоновой засветки) и времени воздействия. Из-за инерционности зрения импульсный сигнал заметен с гораздо меньшей дистанции, чем постоянный источник света при той же плотности оптической мощности [6]:

* Метеорологическая дальность видимости – расстояние, на котором объект перестает восприниматься зрением при конкретном состоянии атмосферы

$E_{\text{пн}} = E_{\text{п}}(1 + t_{\text{гл}}/t_{\text{и}})$, где $E_{\text{пн}}$ – пороговая чувствительность глаза при импульсном излучении, $E_{\text{п}}$ – пороговая чувствительность при непрерывном излучении, $t_{\text{и}}$ – длительность светового импульса, $t_{\text{гл}}$ – инерционность глаза (ночью – 0,16 с, днем – 0,05 с). Длительность светового импульса в ИПЛЭН составляет 3 нс, поэтому пороги чувствительности достаточно низки. Однако даже двух-трехкратное повторение импульсов с периодом T , существенно меньшим инерционности глаза ($T < t_{\text{гл}}$), равноценно увеличению длительности светового импульса до долей T ($t_{\text{и}} \sim 10^{-4}$ с). В результате порог чувствительности повышается на несколько порядков. Иными словами, дальность видимости

ЛСНО на основе ИПЛЭН можно существенно повысить, формируя пачки из нескольких импульсов с интервалом между ними не менее 0,05 с.

Расчеты показывают (рис. 3), что в режиме одиночного импульса дальность обнаружения всех цветовых зон ночью составляет более 20 км. Лучше всего видна желтая зона. Дальность ее видимости превышает метеорологическую (при Двм ~0,25–5 км) днем в 1,1–2 и ночью – в 2–3,5 раза. Наихудшие показатели у красной цветовой зоны: днем максимальная дальность ее видимости превышает метеорологическую только при Двм < 2 км, а ночью достигает 20 км при Двм = 20 км. При работе пачка-

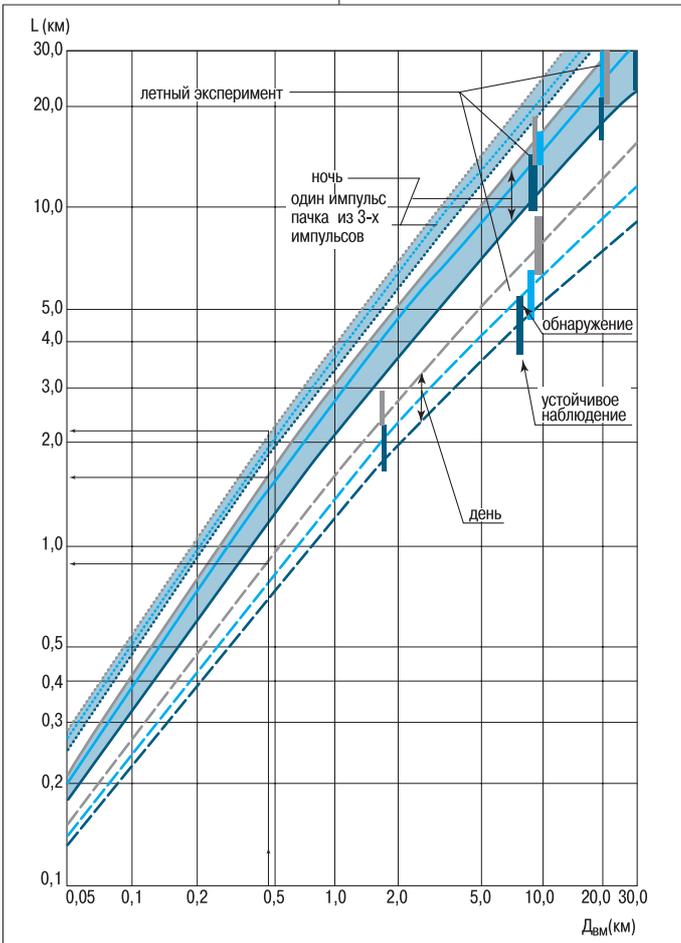


Рис. 3. Расчетная и экспериментальная дальность видимости излучения ЛСНО (L) при различных значениях метеорологической дальности видимости Двм. Мощность излучения: зеленого (0,51 мкВт) и желтого (0,57 мкВт) – 1 МВт, красного (0,63 мкВт) – 1,4 МВт. Углы расходимости в вертикальной плоскости – 5°, в горизонтальной: для зеленого и красного – 3°, для желтого – 1°. Расчет порогов чувствительности глаза проводился на основании [5, 6]. Вертикальными линиями отмечены экспериментальные данные. Начало отрезков – первое обнаружение излучения ЛСНО, конец отрезков – устойчивое наблюдение

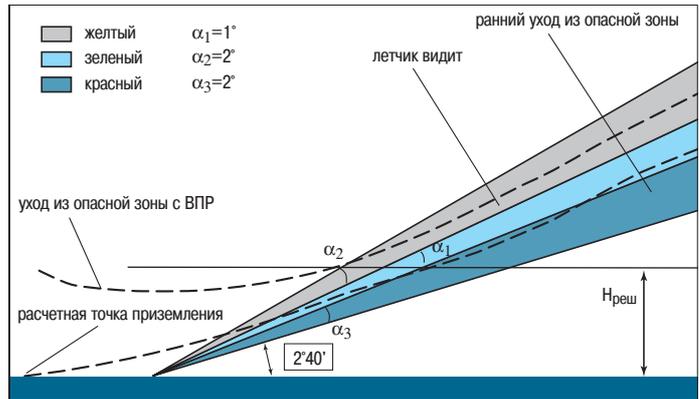


Рис. 4. Схема формирования глассиды

ми из трех импульсов максимальная дальность видимости всех цветов в любое время суток больше метеорологической, причем при очень плохих метеорологических условиях (Двм = 0,05–1 км) – в четыре – шесть раз.

Расчетные данные полностью подтверждены результатами летных испытаний, в ходе которых определялась дальность обнаружения лучевого коридора, создаваемого ИПЛЭН, при заходе летательного аппарата на посадку в простых и сложных метеорологических условиях, днем и ночью. На борту использовалась стандартная контрольно-измерительная аппаратура. Визуальный контроль видимости источника света проводили инженеры-экспериментаторы совместно с экипажем летающей лаборатории. Наклонные дальности определялись по радиосистеме ближней навигации при первом обнаружении импульса света и при его устойчивом наблюдении. Значения метеорологической дальности видимости выдавала метеостанция аэродрома. ЛСНО работало в режиме одиночных импульсов на частоте 3–5 Гц. При посадке летчик видел светящуюся точку одного из трех цветов: зеленого – на глассиде, желтого – выше и красного – ниже глассиды (рис. 4). Угол раствора центрального зеленого сектора ЛСНО на высоте принятия решения ($H_{\text{реш}}$) об уходе на второй круг соответствовал предельно допустимым линейным отклонениям от глассиды

(на высоте $H_{\text{реш}} = 12$ м $\alpha_1 = 40\text{--}60^\circ$). Угол раствора лучей в горизонтальной плоскости составлял 5° , а угол наклона глассиды – $2^\circ 40'$.

По данным, полученным в ходе летного эксперимента (рис. 3, вертикальные линии на графике), дальность видимости излучения трех различных цветов примерно одинакова, хотя днем несколько больше дальность обнаружения зеленого, а ночью – красного. Средняя дальность устойчивого наблюдения ночью (метеорологическая видимость 10 км) составила 15 км, солнечным днем при дымке (дальность видимости 8 км) – 6 км, днем при снеге (дальность видимости 1,5–2 км, подстилающая поверхность – ровный белый снег) – 2,5 км. Таким образом, система формирует вдоль глассиды световые зоны трех различных цветов с заданными угловыми размерами и геометрической формой. Она выдает визуальную и инструментальную информацию о наклонной дальности до летательного аппарата и его местоположении в цветовой зоне. При установке вдоль взлетно-посадочной полосы (на полосах безопасности) ЛСНО обеспечивает безопасный пробег и рулежку после приземления летательного аппарата. Благодаря низкому энергопотреблению, малому весу и габаритам эта высокоэффективная навигационная система может быть быстро развернута в стационарных аэропортах как дополнительное средство посадки летательных



аппаратов в экстремальных метеоусловиях и использоваться как основное средство на любых площадках, не оборудованных системами навигации.

Сфера применения ЛСНО на основе ИПЛЭН отнюдь не ограничивается авиацией. Такие системы могут с успехом использоваться как средство речной и морской навигации, в частности в акваториях портов со сложным рельефом местности, при подходах к узостям, плохой видимости, мешающих посторонних засветках, а также в качестве резервных при выходе из строя энергосистем основных маяков.

Многоцветный полупроводниковый лазер позволяет устранить главную проблему светосигнальных маяков – увеличение центральной световой зоны при увеличении дистанции между маяком и судном, в результате чего возникает опасность отклонения последнего от оси створа. Созданный на его основе створный маяк (ЛСМ) формирует центральный створ в виде коридора заданной ширины [7]. Маяк состоит из двух двухцветных ЛСМ, разнесенных на ширину коридора

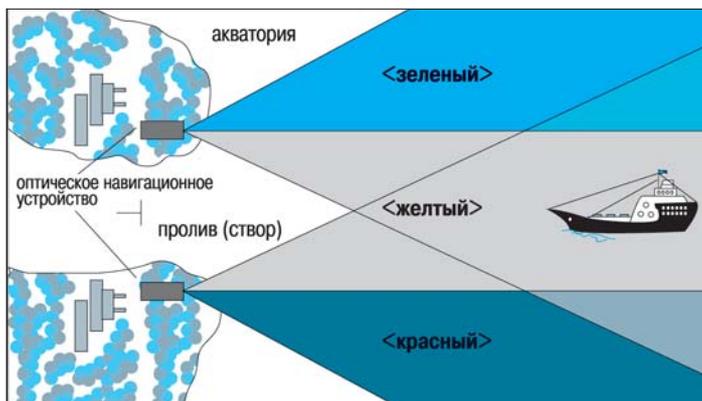


Рис. 5. Построение створного маяка на основе двухцветных ЛСНО

(рис. 5). Один ЛСМ формирует секторы желтого и красного цветов, а другой – желтого и зеленого. При этом ЛСМ располагают так, что их желтые лучи пересекаются в створной полосе, а остальные проходят с внешних сторон коридора. Кроме того, если крайние лучи желтых зон параллельны крайним лучам зеленой и красной зон (см. рис. 5), боковые зоны также принимают форму коридоров постоянной ширины. Между красной (зеленой) и желтой цветовыми зонами образуются промежуточные зоны (секторы), где видны оба цвета – это дает дополнительную ориентировку. Чтобы избежать появления “мертвых” зон, маяки

относят на небольшое расстояние в глубь материка. Мобильность и автономность питания ЛСМ позволяют развернуть несколько таких маяков на длинном и сложном фарватере.

Перспективно применение ЛСНО на основе ИПЛЭН и в качестве курсовых маяков (ЛКМ). Для этого формируются непересекающиеся зоны трех цветов, примыкающие друг к другу. Боковые зоны показывают направление отклонения судна от курса. Важное свойство импульсных ЛСНО – возможность определения расстояния между маяком и судном. Для измерения дальности достаточно установить на судне угловой отражатель, а ЛСМ

укомплектовать системой передачи информации по запросу. По запросу с судна могут включаться и сами маяки.

В целом, навигационное оборудование на базе ИПЛЭН имеет самые широкие перспективы применения для повышения безопасности проводки подвижных объектов, прежде всего летательных аппаратов, а также речных и морских судов, в сложных метеоусловиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зуев В.Е., Фадеев В.Е. Лазерные навигационные устройства. – М.: Радио и связь, 1987.
2. Лазеры в медицине. – М.: Наука, 1998.
3. Олихов И.М. ИПЛЭН. Новое поколение приборов квантовой электроники. – Электроника: НТБ, 1998, №3–4.
4. Патент РФ № 2 063 097 на изобретение “Лазер”, приоритет от 22.03.1994 г.
5. Луизов А.В. Глаз и свет. – Л.: Энергоатомиздат, 1983.
6. Басов Ю.Г. Светосигнальные устройства. – М.: Транспорт, 1993.
7. Патент РФ № 2 083 444 на изобретение “Оптическое навигационное устройство”, приоритет от 22.03.1994 г.

Контактный телефон –
(09656) 45226
(из Москвы – 256-45266)

Kodak выпускает цифровую фотокамеру с системой глобального позиционирования

Компания Kodak Japan представила свою новую цифровую фотокамеру, которая отличается тем, что записывает не только время, но и координаты места съемки каждого кадра. В камеру GPS-260 встроен приемник системы глобального позиционирования (GPS). Устройство получилось не очень элегантное, поскольку габариты GPS-приемника вместе с антенной почти такие же, как и у самой камеры. Но, по мнению производителя, это не должно смутить потенциальных пользователей – топографов, инженеров-строителей и других специалистов.

Кроме GPS-приемника, камера оснащена ПЗС-матрицей с 1,6 млн. пикселей, средствами трехкратного оптического и двукратного цифрового увеличения и функцией записи к каждой фотографии звукового сопровождения длительностью 45 секунд. Стоимость камеры GPS-260 – 460 тыс. иен (3865 долл.). На прилавках японских магазинов она появится в конце июня.

InfoArt News Agency

SGI и NASA моделируют виртуальный аэропорт

Агентство космических исследований NASA и компания SGI завершают создание первого полномасштабного фотореалистичного симулятора диспетчерской службы аэропорта. Цель проекта – помочь в подготовке персонала к действиям в экстремальных ситуациях (задержки рейсов и даже аварии самолетов). В программах моделируется работа аэропорта с точки зрения диспетчеров. Уже построены модели таких загруженных аэропортов, как в Чикаго, Далласе и Атланте. Очевидцы заявляют, что реалистичность симулятора просто поражает.

Компания SGI выделила на этот проект 1,5 млн. долл., что выразилось в поставках графических станций Oyx2 и сопутствующего оборудования. В симуляторе также используется ее технология “Reality Centers”, которая до сих пор применялась на суперкомпьютерах. Так, ее использовали нефтегазодобывающие компании для визуализации подземных геологических структур. Сейчас эта технология применяется на Нью-Йоркской фондовой бирже, а также при конструировании летательных аппаратов различного назначения.

В симуляторе используется 3D-графика, формирование изображений и загрузка видеоданных в реальном времени на основе информации из разных источников, в том числе со спутников. По заявлению SGI, система может изобразить любой аэропорт мира в виде виртуальной реальности высокого разрешения с углом обзора 360° из диспетчерской башни с 12 огромными окнами. Через эти окна будут видны окрестности с реальными погодными условиями и соответствующим данному времени года и часу дня освещением. Симулятор может отслеживать перемещение до 200 летающих и передвигающихся по земле объектов.

Сейчас система проходит испытания в аэропорту Сан-Франциско, известного своими туманами и непредсказуемыми изменениями погоды.

<http://sdf.arc.nasa.gov/sdf>