

УДК 229.735.45; 681.3

П.И. Моцарь¹, В.П. Зинченко¹, И.А. Корчин²¹НПО «АВИА», Кременчуг, ²ЦНИИ ВВТ ВС Украины, Киев

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ОТОБРАЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ВИЗУАЛИЗАЦИИ АВИАЦИОННЫХ ТРЕНАЖЕРОВ

На основе анализа средств отображения информации, используемых в системах визуализации авиационных тренажеров, предлагается оптимальная система визуализации тренажера вертолета. Приводятся результаты использования сферического экрана на реальном тренажере.

вертолет, визуализация, авиационный тренажер, средства отображения

Введение

При выборе конфигурации системы визуализации приходится принимать технические решения, зависящие от геометрических размеров кабины, состава экипажа имитируемого летательного аппарата и планируемого использования тренажера. В данной статье рассмотрим некоторые из этих решений, влияющих на выбор средств отображения системы визуализации.

Цель работы. Основной целью проведенного в данной работе анализа является решение по выбору средства отображения в системе визуализации тренажера вертолета.

Материалы и результаты анализа

В большинстве систем визуализации авиационных тренажеров оснащены системами отображения с применением коллиматорного дисплея [1].

Характерная особенность коллиматорного дисплея пилотажного тренажера заключается в том, что световые лучи, поступающие от каждой точки изображения, являются параллельными. Из наличия параллельности лучей вытекают два главных следствия:

– во-первых, для глаза наблюдающего фокус изображения находится в бесконечности, а сходимость лучей нулевая, что дает представление об отдаленности объекта;

– во-вторых, угол зрения для любой точки изображения не изменяется при наблюдении с разных позиций, поэтому геометрические объекты выглядят такими, как будто они находятся на значительном расстоянии от наблюдателя.

Соответствующие сигналы являются самосогласующимися и применимы для любого моделируемого объекта, находящегося на удалении от наблюдателя. В идеальном случае лучи абсолютно параллельны, но в большинстве практических реализаций они лишь приближаются к идеальному случаю. Как правило, дисплей пилотажного тренажера обеспечивает изображение объекта на расстоянии не ближе, чем 6 – 10 м от наблюдателя, причем расстояние изменяется в поле зрения (рис. 1).

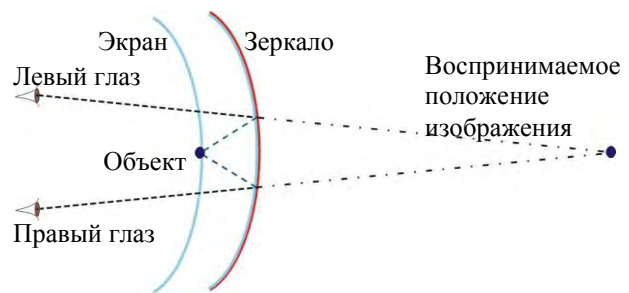


Рис. 1. Положение изображения на коллиматорном дисплее

Коллиматорные дисплеи можно использовать для многих практических задач, когда интересующая зона отдаленна от наблюдателя, а значит, углы наблюдения к объектам не должны зависеть от положения наблюдателя. Рассмотрим изображение взлетно-посадочной полосы, какой ее видят пилоты при заходе на посадку. В реальных условиях взлетно-посадочная полоса находится на значительном расстоянии, значит световые лучи от взлетно-посадочной полосы к глазам будут параллельными. Поэтому обоим членам экипажа кажется, что взлетно-посадочная полоса находится прямо впереди. Эта ситуация хорошо моделируется на коллиматорном дисплее (рис. 2). На рисунке, для большей наглядности, расстояние до взлетно-посадочной полосы показано сокращенным. При соблюдении масштаба, взлетно-посадочная полоса оказывается расположенной на значительно большем расстоянии, и тогда лучи от этих двух точек наблюдения становятся почти параллельными. При применении коллиматорного дисплея необходимо учитывать, что если угол поля зрения по горизонтали можно расширять до $210^\circ \dots 220^\circ$, то угол поля зрения по вертикали ограничен, как правило, величиной $40^\circ \dots 45^\circ$. В пилотажных тренажерах вертолетов коллиматорные дисплеи могут обеспечивать величину угла поля зрения по вертикали до 60° . Эти ограничения, вызванные относительным качеством оптической системы и интерференцией между компонентами дисплея и конструкцией кабины, являются достаточными при получении одобрения соответствия требованиям действующих норм для пилотажных тренажеров.

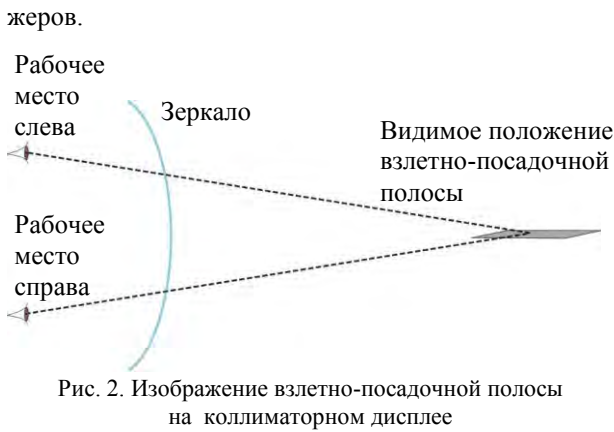


Рис. 2. Изображение взлетно-посадочной полосы на коллиматорном дисплее

С развитием компьютерных систем и проекционных аппаратов в практике тренажеростроения стали внедряться сферические экраны [1]. Остановимся на некоторых особенностях построения изображения на сферическом экране пилотажного тренажера.

При использовании сферического экрана (рис. 3)

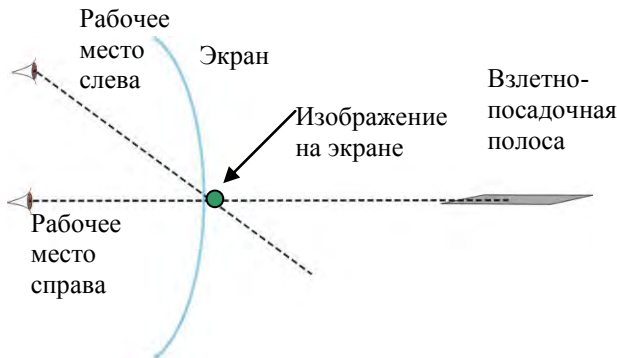


Рис. 3. Пример искаженного восприятия изображения взлетно-посадочной полосы на сферическом экране

наблюдается некоторая некорректная ситуация. Так как в определенный момент построения изображения углы лучей света имеют правильные значения лишь для одной точки наблюдения, то калибровка системы визуализации проводится для частного случая, например, когда наблюдения ведется с правого рабочего места экипажа, при этом наблюдатель видит взлетно-посадочную полосу прямо впереди воздушного судна. Однако, наблюдателю, который находится в левом кресле, кажется, что взлетно-посадочная полоса расположена немного по правую сторону от направления полета воздушного судна. Поскольку воздушное судно продолжает двигаться по направлению к взлетно-посадочной полосе, воспринимаемый вектор скорости будет направлен на взлетно-посадочную полосу, и это будет расцениваться как некоторое отклонение по курсу.

Ситуация изменяется существенным образом в ином случае: объект находится в ближнем поле зрения, т.е. вертолет находится вблизи земной поверхности. В этом случае объекты, воспринимаемые приближенными к наблюдателю, на коллиматорном дисплее, по ошибке, будут отображаться как отдаленные. Ошибка будет значительно меньшей при

использовании сферического экрана (рис. 4, 5).

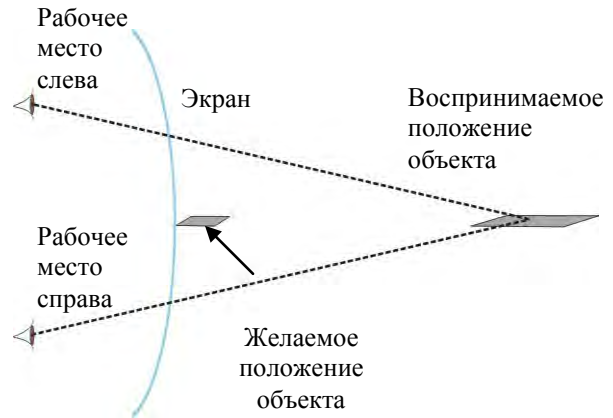


Рис. 4. Отображение в ближнем поле зрения взлетно-посадочной полосы на коллиматорном дисплее

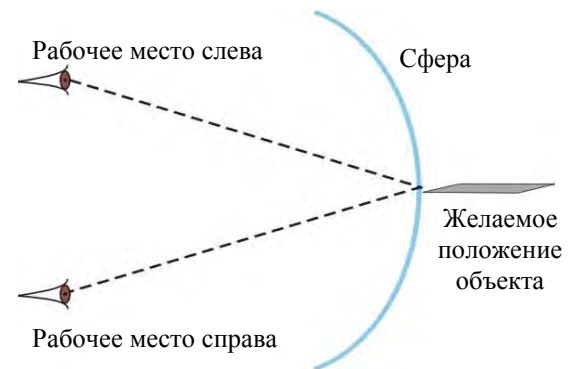


Рис. 5. Изображение близко расположенного объекта на сферическом экране

При использовании сферического экрана угол поля зрения может быть значительно большим, чем в случае применения коллиматорного дисплея. В зависимости от конфигурации мониторов, размеры угла зрения сферического экрана могут составлять $240^\circ \times 90^\circ$ и более [2].

Приведенные выше ситуации касаются некоторых отдельных позиций наблюдения. Однако, те же аргументы могут быть распространены и на случаи, когда положение глаз наблюдателя изменяется, т.е. в случае, когда он двигает головой. В реальных условиях эффект параллакса, вызванный движением головы, приводит к сигналам, которые создают ощущение расстояния. Этот эффект наиболее реально проявляется в случае относительного движения конструкции кабины в ближнем поле на фоне отдаленных моделируемых объектов. На коллиматорных дисплеях также наблюдается создание сигналов параллакса для отдаленных объектов, однако, эти сигналы менее точные для объектов, находящихся в ближнем поле зрения. Поэтому эффект параллакса используется при применении сферического экрана в тренажерах вертолета.

Стереоскопические сигналы, возникающие при восприятии каждым глазом отдельно, различных

изображений объекта, расположенного сравнительно близко от наблюдателя, также создают ощущение глубины изображения. Коллиматорные дисплеи и сферические экраны обеспечивают создание более или менее точных сигналов в зависимости от моделируемого расстояния к объектам, находящихся в поле зрения. Анализ качества и точности изображения на системах отображения визуализации на близких расстояниях приводит к выводу, что в случае разработки тренажера вертолета, наиболее целесообразно применение сферического экрана.

Из вышесказанного становится понятным, что ни одна из моделей систем отображения (коллиматорный дисплей или сферический экран) не обеспечивает абсолютно точного изображения объекта при различных расстояниях до него. Поэтому при выборе конфигурации системы отображения важно принимать во внимание назначения тренажера. В зависимости от того, с какой целью будет вестись подготовка, следует осуществлять оптимальный выбор отображающей системы.

При выборе конструкции отображающей системы следует учитывать такие факторы, как:

- важность выполнения тренировки по выполнению полетов на малой высоте;
- роль каждого члена экипажа в выполнении полетной задачи;
- необходимые размеры угла поля зрения, как условие для выполнения специальных учебных задач.

Комплексный тренажер КТВ-8МТВ, разработанный ООО «НПО «АВИА», предназначен для обучения, поддержания и совершенствования уровня квалификации летного состава на вертолетах Ми-8МТВ [3]. При разработке тренажера, основываясь на специфике применения вертолетов, и, учитывая анализ фактов об достоинствах и недостатках отображающих систем, было принято решение о применении в системе визуализации тренажера отображающей системы со сферическим экраном.

Проекционный экран для панорамного отображения с помощью проекторов (рис. 6) выполнен в виде срезанной, в пределах угла обзора, поверхности в виде полной сферы.

Он составлен из отдельных элементов в виде сегментов сферы – срезанного икосаэдра. Его длина ребер определяется из соотношения

$$a = kR, \quad (1)$$

где k – коэффициент пропорциональности, для срезанного икосаэдра $k = \sqrt{\frac{10 - 2\sqrt{5}}{5}}$; R – радиус сферы.

Сферическая поверхность экрана составлена из частей сферических элементов, полученных путем

срезания плоскостями, проведенными через центр сферы и вершины многогранника. Сферические сегменты изготовлены из стеклопластика. С наружной стороны, вдоль граней сторон, сегменты имеют ребра жесткости.

Размеры и кривизна сферического сегмента определяются в соответствии с выражением (1) и технологическими возможностями.

Сферическую поверхность получают путем составления сферических сегментов ребром к ребру и последующего их крепления. Рабочая поверхность экрана покрывается светоотражающим материалом.

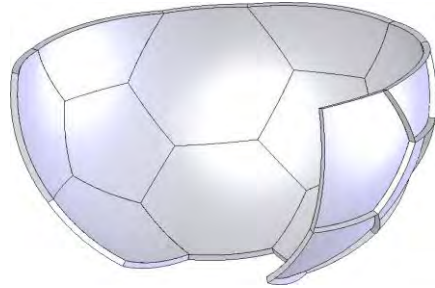


Рис. 6. Проекционный сферический экран

Выводы

Решение о применении в системе визуализации средства отображения в виде сферического проекционного экрана и изготовление его по принципу сборки сферических сегментов подтвердило на практике, что экран имеет высокую технологичность при изготовлении, необходимое качество поверхности и требуемую механическую прочность. Применение тренажера с разработанной системой визуализации полностью подтвердило правильность и перспективность принятого решения.

Список литературы

1. ДСТУ 3155-95. Тренажери та моделювальні комплекси авіаційні. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1995. – 18 с.
2. Спільні авіаційні вимоги. JAR-STD 1Н. Пілотажні тренажери вертольота. – JAA, 2001. – 116 с.
3. Акт кваліфікаційних испытаній комплексного тренажера вертолета Ми-8МТВ(АМТ) и его модифікацій.. Ч. 1, ч. 2. – Кременчуг: ООО «НПО «АВИА», 2005. – 215 с.

Поступила в редколлегию 2.10.2006

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.Н. Фоменко, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.