

Межрегиональная общественная организация «Эргономическая ассоциация»

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт психологии Российской академии наук»

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Петербургский энергетический институт повышения квалификации»

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)»

Обнинский институт атомной энергетики – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина»

Акционерное общество «Московский вертолетный завод имени М. Л. Миля»



**Труды Второй международной
научно-практической конференции
«Человеческий фактор в сложных
технических системах и средах»
Санкт-Петербург, 6–9 июля 2016 г.**

Ответственные редакторы

А. Н. Анохин, П. И. Падерно, С. Ф. Сергеев

Санкт-Петербург
2016

УДК 333.101:007:78

ББК 30.17

Т 78

- Т 78 Труды Второй Международной научно-практической конференции «Человеческий фактор в сложных технических системах и средах» (Эрго-2016) (Санкт-Петербург, Россия, 6–9 июля 2016) / Под ред. А. Н. Анохина, П. И. Падерно, С. Ф. Сергеева. – СПб.: Межрегиональная эргономическая ассоциация, ФГАОУ ДПО «ПЭИПК», Северная звезда, 2016. – 536 с.

В сборник включены тексты докладов, представленных на Вторую Международную конференцию «Человеческий фактор в сложных технических системах и средах» (Эрго-2016). Материалы содержат актуальные методологические, теоретические и прикладные проблемы дисциплин человеческого фактора.

Proceedings include the papers presented at the Second International conference “Human factors in complex technological systems and environments” (Ergo-2014). The materials concern of relevant methodological, theoretical and applied problems of human factor related subjects.

© Межрегиональная эргономическая ассоциация, 2016

© ФГАОУ ДПО «ПЭИПК», 2016

© Авторы, 2016

© ООО «Северная звезда», оформление, 2016

ISBN 978-5-905042-39-3

Заключение

В работе предложена методика сбора данных с целью получения характеристик надежности исполнения управляющих воздействий оператором АСУ ТП с использованием интерактивных дисплейных форм. Методика состоит в проведении экспериментов с симулятором АСУ ТП в условиях наложения ряда факторов, таких как отвлечение оператора вопросами, выработка навыка оператором, наличие фаз вработывания и утомления.

Предварительная серия экспериментов продемонстрировала работоспособность разработанной методики сбора данных. Для получения статистически достоверных выводов планируется увеличение выборки экспериментальных данных и уточнение тактики проведения экспериментов.

Список литературы

1. Лавров Е.А. Состояние и задачи развития компьютерного моделирования дискретных систем «человек-машина» // Научная мысль. – 2013. – № 2-3 (10). – С. 73–79.
 2. Swain A.D., Guttman H.E. Handbook of human reliability analysis with emphasis on nuclear power plant application (NUREG/CR-1278). – Springfield, VA: National Technical Information Service, 1983.
 3. Губинский А.И. Надежность и качество функционирования эргатических систем. – Л.: Наука, 1982.
 4. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: исследование, проектирование, испытания: Справочник / Под ред. А.И. Губинского, В.Г. Евграфова. – М.: Машиностроение, 1993. – 528 с.
 5. Ашерев А.Т., Арзангулян А.А., Лавров Е.А. Банк данных о надежности человека для САПР алгоритмов операторской деятельности: моделирование предметной области // Тезисы докладов Всесоюзной конференции по автоматизации проектирования систем планирования и управления. – М.: АН СССР. Науч. Совет по компл. проблеме «Кибернетика», 1987. – С. 212–214.
 6. Анохин А.Н., Сивоконь В.П., Боженков О.Л., Алонцева Е.Н. Опыт и новые возможности в проектировании человеко-машинного интерфейса БПУ новых АЭС с ВВЭР // Ядерные измерительно-информационные технологии. – 2010. – № 4 (36). – С. 62–72.
-

УДК 629.7

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ ЗАХОД НА ПОСАДКУ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ПИЛОТАЖНОЙ ИНФОРМАЦИИ

О.Н. Корсун, Е.А. Бурлак, А.М. Набатчиков

Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем, Москва, Россия

Г.В. Столяров

ОАО «НПО «Лианозовский электромеханический завод», Москва, Россия

Ключевые слова: заход на посадку, человеческий фактор, посадка по глиссаде, дефицит информации, высокоточные маневры, человек-оператор, инструментальная посадка, обзорно-посадочный радиолокационный комплекс

Аннотация: в статье рассмотрены результаты моделирования инструментальной посадки в условиях ограниченной частоты обновления курсо-глиссадных планок на приборе ПНП. Приведено описание высокомобильного обзорно-посадочного радиолокационного комплекса. Представлен используемый полунатурный стенд. Описана методика проведения экспериментов.

Введение

На ранних этапах разработки мобильных систем посадки необходимым инструментом является проведение моделирования процесса посадки на тренажных стендах для обеспечения требуемых классов точности [1]. В работе представлены результаты дополнительных экспериментов по моделированию приборного захода на посадку при ограничениях на частоту обновления информации о положении относительно глиссады, что связано с особенностями работы радиолокационного комплекса [2].

Высокомобильный обзорно-посадочный радиолокационный комплекс РЛК-ВМ

РЛК-ВМ предназначен для обеспечения группы руководства полетами радиолокационной информацией для управления полетами и посадкой воздушных судов (ВС) на временные взлетно-посадочные полосы и вертолетные площадки.

РЛК-ВМ включает:

- совмещенный трехкоординатный обзорный и посадочный первичный радиолокационный канал;
- обзорный вторичный радиолокационный канал в IV и VI режимах Единой системы государственного радиолокационного опознавания (ЕС ГРЛО), обеспечивающий получение координатной и полетной информации без реализации функций опознавания;
- обзорный вторичный радиолокационный канал в режиме RBS;
- средства технического управления и контроля (ТУК);
- пульт управления и отображения информации;
- средства сопряжения и передачи данных;
- средства регистрации информации;
- средства топопривязки и юстировки;
- средства вторичного электропитания;
- одиночный комплект запасного имущества и принадлежностей (ЗИП-О);
- комплект эксплуатационной документации (ЭД);
- комплект программного обеспечения (ПО);
- средство транспортирования.

РЛК-ВМ обеспечивает круговой по азимуту и секторный по углу места обзор воздушного пространства по первичному и вторичному радиолокационным каналам, в том числе:

- обнаружение ВС, измерение их координат и параметров движения;
- запрос, прием и обработку полетной информации от ВС IV и VI режимах ЕС ГРЛО;
- запрос, прием и обработку полетной информации в режиме RBS;
- совместную обработку координатной и полетной информации;
- вычисление отклонений ВС от установленных траекторий захода на посадку по курсу и глиссаде;
- техническое управление и контроль работоспособности собственных систем;
- отображение, регистрацию и хранение получаемой РЛИ, а также данных ТУК;
- выдачу получаемой РЛИ, а также данных ТУК на взаимодействующие объекты по согласованным протоколам;

- топопривязку и юстировку без привлечения топогеодезической службы.



Рис. 1. Высокотранспортный обзорно-посадочный радиолокационный комплекс РЛК-ВМ

ТТХ обзорного первичного радиолокационного канала

Диапазон рабочих частот – в пределах от 2,7 ГГц до 3,1 ГГц.

Зона обзора (инструментальная):

- по азимуту – 360°;
- по дальности – от 1,5 км до 60 км;
- по углу места – от +0,5° до +15°;
- по высоте – не менее 6000 м;
- по скорости – от 30 м/с до 300 м/с;
- время обзора зоны по выбору оператора – 2 с или 6 с.

Максимальная дальность обнаружения ВС с эффективной поверхностью рассеивания (ЭПР) 5 м² при углах закрытия не более 0,5° вероятности правильного обнаружения 0,8 и вероятности ложной тревоги по собственным шумам приемника не более 10⁻⁶:

- при высоте полета ВС, равной 6000 м – не менее 50 км;
- при высоте полета ВС, равной 1000 м – не менее 40 км.

Среднеквадратические погрешности (СКО) измерения координат по сопровождаемому ВС в пределах 0,5–0,8 от заданной максимальной дальности обнаружения в беспомеховой обстановке не превышают:

- по азимуту – 30 угл. мин;
- по дальности – 50 м.

Коэффициент подавления отражений от местных предметов – не менее 48 дБ.

Количество одновременно сопровождаемых ВС – не менее 20.

ТТХ посадочного первичного радиолокационного канала

Диапазон рабочих частот должен быть в пределах от 2,7 ГГц до 3,1 ГГц.

Зона обзора (инструментальная):

- по азимуту – $\pm 25^\circ$ относительно направления посадки;
- по углу места – от минус 1° до +15° относительно линии горизонта;
- по дальности – от 0,3 км до 17 км.

Сектор измерения по азимуту в пределах инструментальной зоны обзора – не менее 10°.

Максимальная дальность обнаружения ВС с ЭПР 5 м² при вероятности правильного обнаружения 0,8 и вероятности ложной тревоги по собственным шумам приемника не более 10⁻⁶ при горизонтальной поверхности и отсутствии углов закрытия на углах места

от $+0,5^\circ$ до $+7^\circ$ – не менее 17 км (в том числе при наличии осадков интенсивностью до 5 мм/ч).

Примечание: дальность обнаружения первичного обзорного канала в секторе измерения по азимуту первичного посадочного канала – не менее 17 км.

На дальностях от 2 км до 14 км СКО измерения координат ВС по выходу аппаратуры обработки не более:

- по дальности – 15 м;
- по отклонениям ВС от линии курса – 15 угл. мин.;
- по отклонениям ВС от линии глissады для углов места более $1,5^\circ$ – 9 угл. мин.

Разрешающая способность по дальности – не хуже 150 м.

Должно обеспечиваться одновременное сопровождение не менее трех ВС.

ТТХ вторичного радиолокационного канала

Максимальная дальность действия вторичного канала ЕС ГРЛО при углах закрытия не более $0,5^\circ$, вероятности правильного обнаружения 0,9 и вероятности ложной тревоги по собственным шумам приемника не более 10^{-6} в интервале высот полета ВС от 1000 м до 6000 м – не менее 60 км.

СКО измерений на выходе аппаратуры обработки вторичного канала ЕС ГРЛО (без учета ошибок бортового приемопередатчика) – не более:

- по азимуту – $0,4^\circ$;
- по дальности – 50 м.

Разрешающая способность вторичного канала ЕС ГРЛО – не более:

- по азимуту – 12° ;
- по дальности – 200 м.

Максимальная дальность действия вторичного канала RBS при углах закрытия не более $0,5^\circ$, вероятности правильного обнаружения 0,9 и вероятности ложной тревоги по собственным шумам приемника не более 10^{-6} в интервале высот полета ВС от 1000 м до 6000 м – не менее 60 км.

СКО измерений на выходе аппаратуры обработки вторичного канала RBS (без учета ошибок бортового приемопередатчика) – не более:

- по азимуту – $0,7^\circ$;
- по дальности – 50 м.

Разрешающая способность вторичного канала RBS – не более:

- по азимуту – 19° ;
- по дальности – 200 м.

Количество одновременно сопровождаемых ВС – не менее 20.

Описание аппаратно-программного стенда для моделирования пилотируемого полета самолетов

Аппаратно-программный стенд для моделирования пилотируемого полета самолетов [3, 4] в целях отработки систем управления и тестирования алгоритмов и программ анализа полетных данных [5–7]. Стенд концептуально отличается от распространенных в настоящее время пилотажных моделирующих стендов [8], которые, как правило, предназначены для отработки авиационного оборудования или для обучения летного состава (тренажеры). Предлагаемый стенд является исследовательским и предназначен для исследования характеристик деятельности пилота при выполнении сложных полетных режимов, включающей как сенсомоторную составляющую по выработке управляющих воздействий, так и составляющую, связанную с принятием решений [9–12], в том числе

при возникновении нештатных и критических ситуаций. Главная особенность стенда заключается в относительной простоте интерфейса в сочетании с полнотой моделирования динамики ЛА. Такая постановка задач позволяет ограничиться относительно простым программным обеспечением, которое разрабатывается самими исследователями. При этом важнейшее преимущество состоит в том, что используемые программы полностью контролируются исследователями и могут оперативно изменяться в зависимости от решаемой задачи.

В состав стенда входят:

- имитаторы РУС, РУД, педалей;
- математические модели движения ЛА, аэродинамические характеристики ЛА, модели двигателя и комплексной системы управления (КСУ);
- модель стандартной атмосферы, модель постоянного ветра и порывов ветра произвольной формы, заданных в виде функции времени;
- визуализация приборной панели и схематичной закабинной обстановки;
- блок регистрации с заданной частотой основных параметров полета в файл.

Головная программа, реализующая алгоритмы стенда, написана на языке C++ (компилятор GNU GCC Compiler). Для обмена с внешними устройствами (имитаторы РУС, РУД, педалей) и для визуализации приборной панели и закабинной обстановки используется среда разработки Blitz3D.

Модульная архитектура программного обеспечения стенда позволяет создавать на его базе расширения. Отсутствие значительных требований к программному и аппаратному обеспечению стенда позволяет разворачивать комплекс на любой современной ПЭВМ.

Программное обеспечение совместимо с ПЭВМ под управлением операционной системы Windows. Несмотря на то, что данная ОС не может работать в режиме реального времени, специальные приемы, использованные в программном обеспечении стенда, позволили обеспечить высокую точность стабилизации шага интегрирования и синхронизации всех сигналов [4].

Стенд позволяет использовать различные методы визуализации на ответственных режимах полета, таких как взлет, посадка, наведение авиационного оружия. В составе стенда присутствуют различные методы индикации полетной информации (схема; пилотажные приборы; индикация, совмещенная с обстановкой).

Эксперименты

Производилось моделирование посадки по приборам (рис. 2) летательного аппарата (типа МиГ-АТ) [3]. Главным источником информации о положении самолета являлись курсо-глиссадные планки, расположенные на ПНП (прибор навигационный плановый). Закабинная обстановка оператору не индигировалась.

В сигналы отклонений курсо-глиссадных планок вводилась конечная частота обновления информации, связанная с особенностью работы высокомобильного обзорно-посадочного радиолокационного комплекса РЛК-ВМ.

Погрешности измерений изначально моделировались в виде последовательности независимых нормально распределенных случайных величин с нулевым математическим ожиданием и среднеквадратическими отклонениями (СКО), приведенными в табл. 1. Результаты экспериментов представлены в [2].

Принято допущение, что применение предполагаемой системы фильтрации помех позволяет понизить СКО шума до уровня 0,75 от изначального. В настоящей статье (в отличие от [2]) рассмотрены результаты моделирования именно с такими характеристиками.

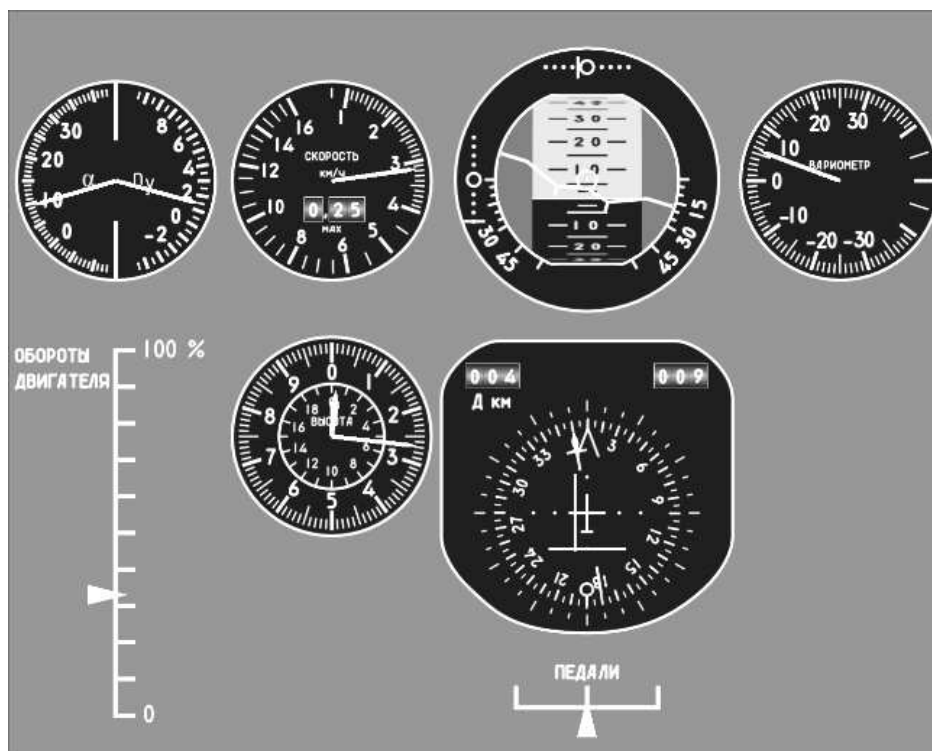


Рис. 2. Приборная панель стенда

Выполнены шесть серий экспериментов по десять реализаций:

- без шумов без дополнительной дискретизации;
- с шумами без дополнительной дискретизации;
- без шумов с дискретизацией 2 с;
- без шумов с дискретизацией 1,75 с;
- с шумами с дискретизацией 2 с;
- с шумами с дискретизацией 1,75 с.

Таблица 1. Погрешности измерений РЛК-ВМ.

Наименование параметра	Посадочный первичный радиолокационный канал
СКО измерения:	
- дальности, м	15
- азимута, мин	15
- угла места, мин	9
Темп обзора, с	2

Для каждой группы экспериментов оценивалась дисперсия ошибки позиционирования на глиссаде по двум координатам отдельно для удалений от торца ВПП, соответствующих высотам по категориям посадки CAT I, CAT II, CAT IIIA: 60 м; 30 м; 15 м. Полученные для разных серий результаты сравнивались путем проверки гипотезы о равенстве дисперсии по критерию Фишера при уровне значимости 0,05. Факт принятия гипотезы о равенстве истинных значений дисперсий разных групп реализаций позволяет сделать вывод о том, что изменения в условиях экспериментов не оказывают существенного влияния на точность пилотирования для всех рассмотренных вариантов, а именно: появление двухсекундной дискретизации, уменьшение дискретизации с двух секунд до 1,75 секунд, присутствие или отсутствие шумов.

Заключение

При пилотировании ЛА без учета погрешностей, вызванных частотой обновления информации и шумами измерений, оператор уверенно выполнял заход на посадку по глиссаде с допустимыми промахами, опираясь на показания курсо-глиссадных планок. Значения величины промаха на заданных удалениях от торца ВПП соответствовали нормальной посадке. В экспериментах с учетом вышеперечисленных погрешностей измерений оператор испытывал дискомфорт, вызванный противоречивыми показаниями планок вследствие их хаотичного движения, что приводило к переключению его внимания на другие источники полетной информации (высотомер, вариометр, дальность) и существенному ухудшению качества посадки. Тем не менее, несмотря на повышенный уровень психоэмоционального напряжения оператора, значения величины промаха на заданных удалениях от торца ВПП не превышали допустимые значения нормальной посадки. Последнему способствовали: снижение уровня помех вследствие использования системы фильтрации и наличие у оператора специфического навыка захода на посадку в указанных условиях.

Таким образом, шумы с характеристиками, указанными в табл. 1 с учетом применения фильтрации, являются допустимыми и делают показания курсо-глиссадных планок приемлемыми для пилотирования.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 15-08-06767-а.

Список литературы

1. Пасюк В.П., Столяров Г.В. Многопозиционные системы посадки летательных аппаратов // Тезисы докладов Второй всероссийской научно-технической конференции «Навигация, наведение и управление летательными аппаратами». – М.: ООО «Научтехлитиздат», 2015. – С. 171–172.
2. Корсун О.Н., Бурлак Е.А., Набатчиков А.М., Столяров Г.В. Оценка влияния частоты обновления информации на качество захода на посадку // Материалы XIII Всероссийской научно-технической конференции «Научные чтения по авиации, посвященные памяти Н.Е. Жуковского». – М: Издательский дом Академии имени Н.Е. Жуковского, 2016. – С. 169–175.
3. Корсун О.Н., Бурлак Е.А., Набатчиков А.М. Исследовательский полунатурный стенд для анализа задач пилотирования и алгоритмов обработки полетных данных // Сб. тр. Седьмого международного аэрокосмического конгресса IAC'2012..
4. Корсун О.Н., Набатчиков А.М., Бурлак Е.А. Синхронизация информационных потоков при полунатурном моделировании движения летательных аппаратов // Инженерный вестник. – 2013. – № 10. – С. 1–16. URL: <http://engbul.bmstu.ru/doc/628235.html>
5. Корсун О.Н., Семенов А.В. Методика оценивания боковых отклонений при заходе на посадку гидросамолета А-40 «Альбатрос» по результатам летного эксперимента и моделирования // Проблемы безопасности полетов. – 2005. – № 7. – С. 14–23.
6. Корсун О.Н., Семенов А.В. Оценка пилотажных характеристик самолетов по результатам летного эксперимента, идентификации и моделирования // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2007. – № 7. – С. 2–7.
7. Корсун О.Н., Тихонов В.Н. Определение пилотажных характеристик на основе моделирования экспертных оценок в системе «летчик-самолет» // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2008. – Т. 6, № 2. – С. 45–50.
8. Себряков Г.Г., Татарников И.Б., Тюфлин Ю.С. Принципы построения универсальных систем визуализации комплексов моделирования для задач обучения, ситуационного анализа и тренажа // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2006. – № 3. – С. 44.
9. Себряков Г.Г., Корсун О.Н., Красильщиков М.Н., Евдокименков В.Н., Ким Р.В., Бурлак Е.А., Набатчиков А.М. Экспериментальные исследования по созданию индивидуально-адаптированной модели интеллектуальной поддержки лётчика на аппаратно-программном пилотажном стенде // Тезисы докладов Второй всероссийской научно-технической конференции «Навигация, наведение и управление летательными аппаратами». – М.: ООО «Научтехлитиздат», 2015. – С. 300–303.

10. Евдокименков В.Н., Корсун О.Н., Ким Р.В., Якименко В.А., Набатчиков А.М., Бурлак Е.А. Индивидуально-адаптированная модель управляющих действий на основе нейронной сети // Тезисы докладов Второй всероссийской научно-технической конференции «Навигация, наведение и управление летательными аппаратами». – М.: ООО «Научтехлитиздат», 2015. – С. 156–158.
 11. Евдокименков В.Н., Ким Р.В., Красильщиков М.Н., Себряков Г.Г. Использование нейросетевой модели управляющих действий летчика в интересах его индивидуально-адаптированной поддержки // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2015. – № 4. – С. 111–123.
 12. Себряков Г.Г. Проблемы проектирования полуавтоматических систем наведения летательных аппаратов // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2007. – № 10. – С. 2–7.
-
-

УДК 331.101.1:004.946

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРАТЕГИИ ВЫРАБОТКИ УПРАВЛЯЮЩИХ КОМАНД ЧЕЛОВЕКОМ- ОПЕРАТОРОМ ПРИ МНОГОМЕРНОМ СЛЕЖЕНИИ

Г.Г. Себряков, Е.А. Бурлак, А.М. Набатчиков

Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем, Москва, Россия

Ключевые слова: эргономика, принятие решения, супервизорное управление, человек-оператор, виртуальная реальность, трехмерное слежение, анаглиф

Аннотация: в статье рассматриваются особенности принятия решений человеком-оператором при выборе стратегии управления при слежении в многомерном пространстве. Представлено описание стенда и методики экспериментов. Показаны результаты исследования алгоритмов выработки управляющих команд для различных операторов.

В человеко-машинных системах управления значительную роль играет супервизорное управление [1], при котором основой деятельности оператора является принятие решения. Данное управление используется, например, в различных комплексах моделирования, с визуализацией виртуальных сцен, используемых для обучения, тренажа и ситуационного анализа [2]. Выбор стратегии управления является при этом важным фактором, определяющим человеко-машинное взаимодействие [3]. Настоящее исследование проводится в рамках изучения алгоритмов выработки управляющих команд при слежении по трем координатам в трехмерном виртуальном пространстве.

Эксперименты проводились на разработанном авторами аппаратно-программном комплексе для проведения исследований по изучению работы человека-оператора в системах слежения [4]. Оператор, посредством так называемого HOTAS: *Hands on Throttle and Stick* – комплект органов управления: имитаторы РУС и РУД, то есть ручки управления самолетом и ручки управления двигателем (рис. 1), управлял положением прицельной метки в виртуальной трехмерной сцене (рис. 2).

Так как посредством типового компьютерного монитора оператору можно визуализировать лишь проекцию сцены на картинную плоскость, дополнительную информацию о глубине испытываемый получал при помощи технологии стереозрения, основанной

Труды Второй международной научно-практической конференции «Человеческий фактор в сложных технических системах и средах» (Эрго-2016) (Санкт-Петербург, Россия, 6–9 июля 2016)

Ответственный за выпуск Л. Н. Горюнова
Дизайн обложки, макет и верстка А. Н. Анохин

Подписано в печать 10.06.2016.
Формат 60×90 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Гарнитура Minion. Объем 67 печ. л. Тираж 100 экз.

Межрегиональная общественная организация «Эргономическая ассоциация»
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение до-
полнительного профессионального образования «Петербургский энергетиче-
ский институт повышения квалификации»
Общество с ограниченной ответственностью «Северная звезда»

Отпечатано в типографии «Северная звезда»
196128, г. Санкт-Петербург, ул. Варшавская, д. 23, корп. 1