



**Шаваев А.А.**  
**Shavaev A.A.**

*аспирант, младший  
научный сотрудник  
Института конструктор-  
ско-технологической  
информатики  
Российской академии наук,  
г. Москва,  
Российская Федерация*



**Гирс Р.А.**  
**Girs R.A.**

*аспирант,  
Самарский университет,  
г. Самара,  
Российская Федерация*



**Цыганкова О.А.**  
**Tsygankova O.A.**

*магистрант Московского  
государственного  
технического университета  
им. Н.Э. Баумана,  
г. Москва,  
Российская Федерация*

УДК 621.396

## РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ КОМПЛЕКСА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЛЕТА

В данной статье описывается разработка конструкции симулятора полета летательного аппарата. Было необходимо как можно точнее симитировать все фазы полета и все возможные ощущения, возникающие при полете летательного аппарата.

Страх полетов (аэрофобия), как и любая фобия, – это навязчивое состояние, которое не связано с реальной опасностью. В последнее время аэрофобия становится все более частой. Согласно опубликованным данным Всероссийского центра изучения общественного мнения, россияне считают воздушную авиацию самым опасным видом транспорта. Количество людей, придерживающихся этой точки зрения, составило около 85 % среди опрошенных граждан страны. Различают две разновидности страха самолетов: естественное волнение перед полетом, являющееся проявлением инстинкта самосохранения, и ярко выраженную патологическую тревогу.

Лечение аэрофобии заключается в обучении пациента навыкам релаксации и контроля собственного психофизического состояния, после чего необходимым этапом является экспозиционная терапия. Для освобождения от аэрофобии пациенту необходимо раз за разом пережить под контролем психолога большое количество взлётов и посадок, тренируя навыки релаксации, пока его мозг не начнёт ассоциировать полёт с расслаблением, а не с паникой.

Для решения данной проблемы была разработана платформа, которая будет передавать все перегрузки так же, как и при взлете, посадке и во время полета летательного аппарата.

Объектом исследования является модель симулятора салона летательного аппарата. Данная задача обсуждалась и формулировалась совместно с психологами. С общей точки зрения модель симулятора должна обеспечивать эффект полного погружения в процесс моделируемого полета для достижения максимально достоверных ощущений от него при проведении терапии. Поэтому необходимо было как можно более точно симитировать все фазы полета и все возможные ощущения человека в процессе работы установки.

Предметом исследования является конструкция симулятора полета, которая позволит передать все динамические перегрузки, ощущаемые на борту летательного аппарата.

**Ключевые слова:** симулятор полета, летательный аппарат, эффект левитирующей кабины, система визуализации, технология хромакей.

## DEVELOPMENT OF THE DESIGN OF A COMPLEX OF MODELING OF A FLIGHT

This article describes the design development of a flight simulator of an aircraft. It was necessary to accurately simulate all phases of flight and all possible sensations arising from the flight of an aircraft.

Every time you need to fly somewhere, you are panicked. Fear of flying (aerophobia), like any phobia, is an obsessive state that is not associated with a real danger. Recently, the emergence of aerophobia has become more urgent. According to published data from the All-Russian Public Opinion Research Center, Russians consider air aviation the most dangerous form of transport. The number of people holding this point of view was about 85% among the surveyed citizens of the country. There are two types of aircraft fear: the natural excitement before the flight, which is a manifestation of the instinct of self-preservation, and pronounced pathological anxiety.

Treatment of aerophobia consists in teaching the patient the skills of relaxation and control of his own psychophysical state, after which the necessary stage is exposure therapy. In order to get rid of aerophobia, the patient needs to experience, over and over again, under the control of a psychologist, a large number of takeoffs and landings, training relaxation skills until his brain begins to associate flight with relaxation, rather than panic.

To solve this problem, a platform was developed that will transmit all overloads in the same way as during takeoff, landing and during the flight of the aircraft.

The object of the study is the model of the aircraft cabin simulator. This task was discussed and formulated in conjunction with psychologists. From a general point of view, a simulator model should provide the effect of full immersion in the process of a simulated flight in order to achieve the most reliable sensations from it during therapy. Therefore, it was necessary to simulate as accurately as possible all phases of the flight and all possible human sensations during the installation operation.

The subject of research is the development of the flight simulator design, which will allow to transfer all the dynamic overloads felt on board the aircraft.

**Key words:** flight simulator, aircraft, levitating cockpit effect, visualization system, chromakey technology.

### Введение

Страх полетов (аэрофобия), как и любая фобия, – это навязчивое состояние, которое не связано с реальной опасностью. В последнее время аэрофобия становится все более частой. Согласно опубликованным данным Всероссийского центра изучения общественного мнения, россияне считают воздушную авиацию самым опасным видом транспорта. Количество людей, придерживающихся этой точки зрения, составило около 85 % среди опрошенных граждан страны. Различают две разновидности страха самолетов: естественное волнение перед полетом, являющееся проявлением инстинкта самосохранения, и ярко выраженную патологическую тревогу.

Лечение аэрофобии заключается в обучении пациента навыкам релаксации и кон-

троля собственного психофизического состояния, после чего необходимым этапом является экспозиционная терапия. Для освобождения от аэрофобии пациенту необходимо раз за разом пережить под контролем психолога большое количество взлетов и посадок, тренируя навыки релаксации, пока его мозг не начнет ассоциировать полет с ослаблением, а не с паникой.

Для решения данной проблемы была разработана платформа, которая будет передавать все перегрузки так же, как и при взлете, посадке и во время полета летательного аппарата.

Объектом исследования является модель симулятора салона летательного аппарата. Данная задача обсуждалась и формулировалась совместно с психологами. С общей

точки зрения модель симулятора должна обеспечивать эффект полного погружения в процесс моделируемого полета для достижения максимально достоверных ощущений от него при проведении терапии. Поэтому необходимо было как можно более точно симитировать все фазы полета и все возможные ощущения человека в процессе работы установки.

Предметом исследования является конструкция симулятора полета, которая позволит передать все динамические перегрузки, ощущаемые на борту летательного аппарата.

### Разработка конструкции симулятора

Для достижения максимально достоверных ощущений полета было принято решение о создании подвешенной на тросе кабины симулятора. Такая конструкция [1] обеспечивает кабину необходимой скоростью перемещения по вертикальной оси. Это дает ей возможность менять высоту, обеспечивая достаточную перегрузку при маневрах. Также важным плюсом такой конфигурации

является визуальный эффект «левитирующей» кабины. Такой вид конструкции симулятора полета оказывает положительное психологическое воздействие на пациента еще до начала проведения терапии.

К разрабатываемой конструкции [2] предъявлялись следующие требования:

1. Должна обеспечиваться возможность подъема в воздух человека и конструкций системы визуализации.

2. Наличие перемещений по трем угловым осям.

3. Кабина симулятора должна подниматься в воздух за счет тянущих механизмов в верхней части конструкции.

Симулятор полета (рисунок 1) в целом представляет собой кабину 1, закрепленную на карданном подвесе, который осуществляет перемещение [3] по осям крена 4, тангажа 3 и рыскания 2. Каждая ось приводится в движение сервоприводом.

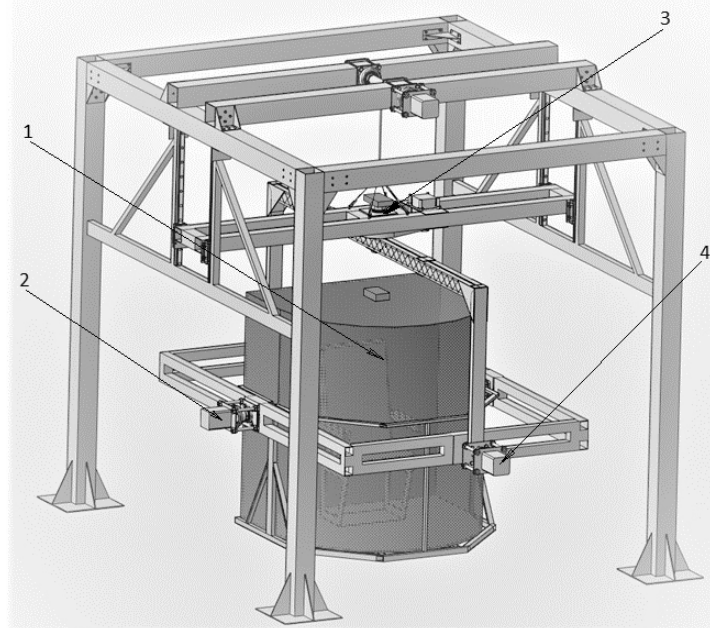
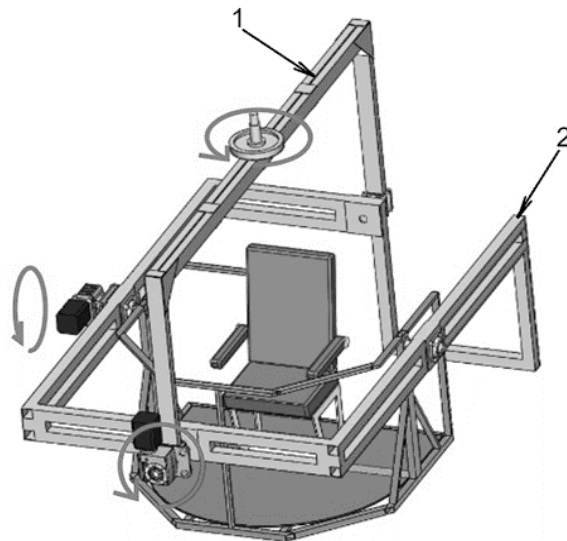


Рисунок 1. Симулятор полета

Поскольку конструкция должна быть подвешенной, существует необходимость в проработке несущих узлов (рам) без их крепления (заделок) к основанию кабины симулятора. В связи с этим был разработан карданный механизм, обеспечивающий необходимую кинематику движения. Также разработана несущая конструкция, обеспечивающая работу данного механизма. Данная конструкция состоит из двух рам.

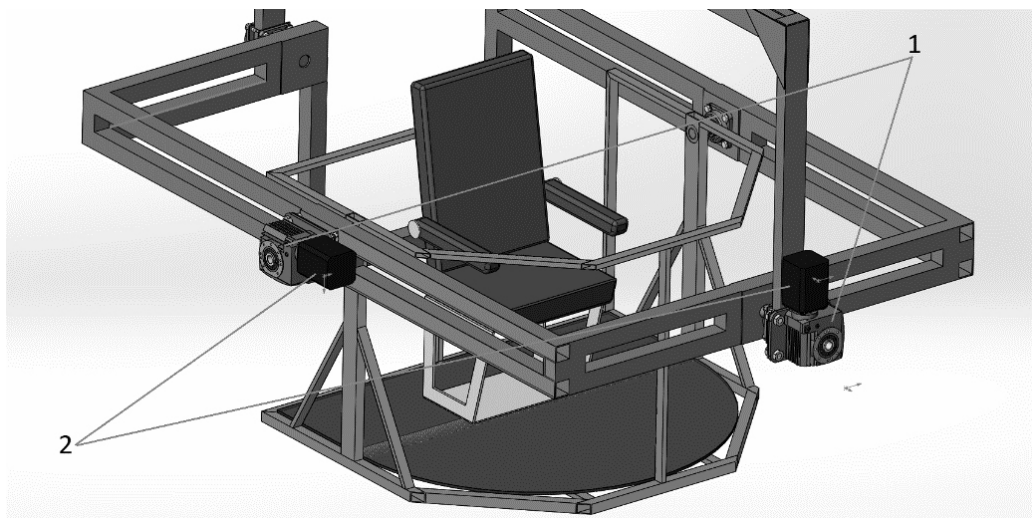
Рама 1 (рисунок 2) является основной, к ней крепится опоясывающая рама 2. На рисунке 2 стрелками показаны степени свободы, обеспечиваемые работой карданного механизма.



**Рисунок 2.** Карданный механизм

Для обеспечения необходимой точности и запаса крутящего момента приводов необходимо использование прецизионных редукторов. Целесообразно использование червячных редукторов 1 (рисунок 3), так как в процессе сборки редукторов других типов с сервоприводами 2 было бы необходимо сое-

динять их последовательно, что плохо [4] сказалось бы на развесовке кабины из-за увеличения общего габарита конструкции. Использование червячного редуктора дает возможность более компактного расположения приводных механизмов.



**Рисунок 3.** Схема расположения приводов карданного механизма

Одним из предъявляемых требований было наличие конструкций для обеспечения правильной работы системы визуализации. Система визуализации представляет собой:

1. Шлем виртуальной реальности с установленными на нем видеокамерами.
2. Персональный компьютер, установленный в кабине.
3. Источник бестеневого освещения.

Для максимального погружения в моделируемую обстановку в системе моделирования

полетов используется технология хромакей, которая позволяет показать испытуемому его части тела на фоне моделируемого [5] окружения. Принцип работы технологии хромакей требует равномерного фона, на котором возможна работа алгоритма выделения предметов, а также источника освещения, который создает минимальное количество теней перед испытуемым. В связи с этим было принято решение о проектировании закрытой конструкции подвижной кабины.

Система звукового сопровождения процесса моделирования состоит из следующих частей:

- 1) активная стереосистема;
- 2) пассивный сабвуфер;
- 3) виброизлучатель низких частот.

Поскольку конструкция кабины закрытая, было принято решение об установке элемен-

тов системы звукового сопровождения непосредственно в кабине, для чего были разработаны крепежные элементы. Расположение элементов системы визуализации и элементов системы звукового сопровождения представлено на рисунке 4.

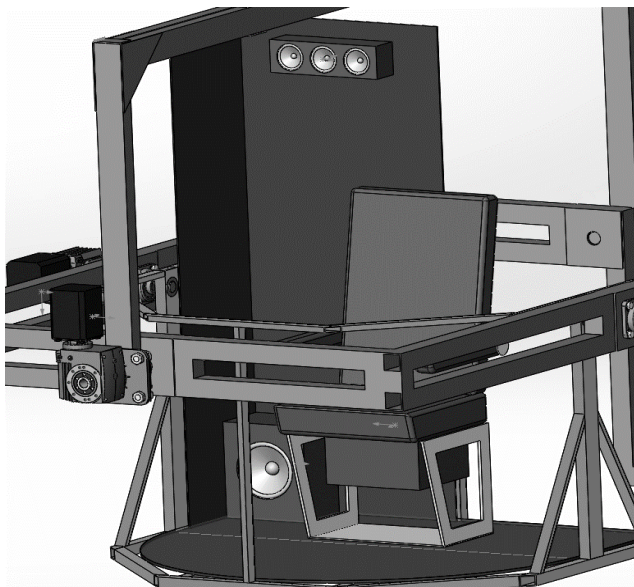


Рисунок 4. Расположение звуковой аппаратуры

#### Вывод

В данной статье рассмотрены особенности конструкции системы моделирования полетов. Были сформулированы требования, предъявляемые к конструкции, обусловленные прецедентами использования системы, а также необходимостью установки систем визуализации и звукового сопровождения.

В результате испытаний система подтвердила свою работоспособность, была произведена серия тестовых перемещений. В настоящее время разработка системы завершена, прототип находится на стадии расширенных испытаний.

#### Список литературы

1. Бурдаков С.Ф., Дьяченко В.А., Тимофеев А.Н. Проектирование манипуляторов, промышленных роботов и роботизированных комплексов: учебное пособие. – М.: Высш.школа, 1986. – 264 с.
2. Требования к данным конструкции и к данным характеристик авиационных тренажеров. IATA. – 7-е издание, 2009.
3. Проектирование самолетов / под ред. М.А. Погосьяна. – 5-е изд., перераб. и доп. –

М.: Инновационное машиностроение. — 864 с.: ил.

4. Левитан Ю.В. и др. Червячные редукторы: справочник. – Л.: Машиностроение, 1985.

5. Dr. Sunil Murthy. Motion Control: Electrifying the feel of flight. Machine Design.

#### References

1. Burdakov SF, Dyachenko V.A., Timofeev A.N. Designing of manipulators, industrial robots and robotic complexes. A study guide. – Moscow: Higher School, 1986. – 264 p.
2. Requirements for design data and data for the characteristics of aircraft simulators. IATA. – 7th edition, 2009.
3. Aircraft design / ed. M.A. Pogosyan. – 5th ed., Revised. and add. – Moscow: Innovative engineering. – 864 pp.
4. Levitan Yu.V. and other worm gearboxes. Directory. – L.:Mechanical Engineering, 1985.
5. Dr. Sunil Murthy. Motion Control: Electrifying the feel of flight. Machine Design.