

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕОРИИ ЛИНЕЙНОЙ ПЕРСПЕКТИВЫ БОРИСА РАУШЕНБАХА

*Писарева Е.А., Федорович В.Г.*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: Гиль С.В.. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ИКТ*

**Аннотация.** Работа посвящена уникальным особенностям космических полётов и их отличиям от движения в земных условиях. Особое внимание уделено вкладу академика Бориса Раушенбаха, который разработал математическую теорию перспективы, ставшую основой для усовершенствования систем визуализации. Представлен анализ теневого индикатора – «палочки Раушенбаха», её принципов работы и практического применения в космонавтике. Отмечены преимущества этого инструмента в обеспечении точной ориентации и надёжности в сложных условиях.

**Ключевые слова:** космические полёты, стыковка космических аппаратов, Борис Раушенбах, теория перспективы, «палочка Раушенбаха», визуальная навигация, теневого индикатора, автономная ориентация, навигационные системы.

**Введение.** Космические полёты имеют ряд уникальных особенностей, отличающих их от движения в земных условиях. В отсутствии атмосферы исчезают трение, аэродинамическое сопротивление и естественное торможение, а движение становится строго предсказуемым: аппарат, разогнанный до определённой скорости, продолжает движение по расчётной траектории без внешних помех. Влияние гравитационных сил изменяет его скорость и направление, однако эти изменения можно прогнозировать и при необходимости корректировать.

Одной из ключевых задач космонавтики является стыковка космических аппаратов. Несмотря на её привычность для современных космонавтов, этот процесс остаётся одним из наиболее сложных манёвров, требующих высокой точности и чёткого визуального контроля. Однако первые попытки стыковки выявили серьёзные проблемы, связанные с восприятием изображения на экране бортовых систем.

Октябрь 1968 года стал важной вехой в истории космонавтики: экспериментальный полёт корабля «Союз-3» с Георгием Береговым продемонстрировал, что управление стыковкой осложняется искажённым отображением объектов на экране. Это потребовало пересмотра подходов к визуальному восприятию в условиях космоса.

Значительный вклад в решение этой проблемы внёс академик Борис Викторович Раушенбах. В 1986 году он опубликовал работу «Общая теория перспективы», в которой предложил математическую модель отображения трёхмерного мира на плоскости [1]. Его теория позволила количественно оценивать отклонения от естественного зрительного восприятия при различных способах перспективных построений. Эти исследования стали основой для создания новых систем визуализации, обеспечивающих точность и надёжность операций в космосе.

**Основная часть.** Теория перспективы Бориса Раушенбаха. Борис Викторович Раушенбах, один из ведущих специалистов в области прикладной математики и теоретической механики, внёс значительный вклад в решение данной проблемы. В 1986 году он опубликовал фундаментальную работу «Общая теория перспективы», в которой рассмотрел математические принципы отображения трёхмерного мира на плоскости (рисунок 1). До этого момента основой для создания визуальных систем оставалась классическая теория перспективы, разработанная ещё в эпоху Возрождения. Однако Раушенбах доказал, что традиционная линейная перспектива не всегда адекватно передаёт

глубину и пространственные отношения, особенно в условиях ограниченного зрительного поля и специфики человеческого восприятия [1].

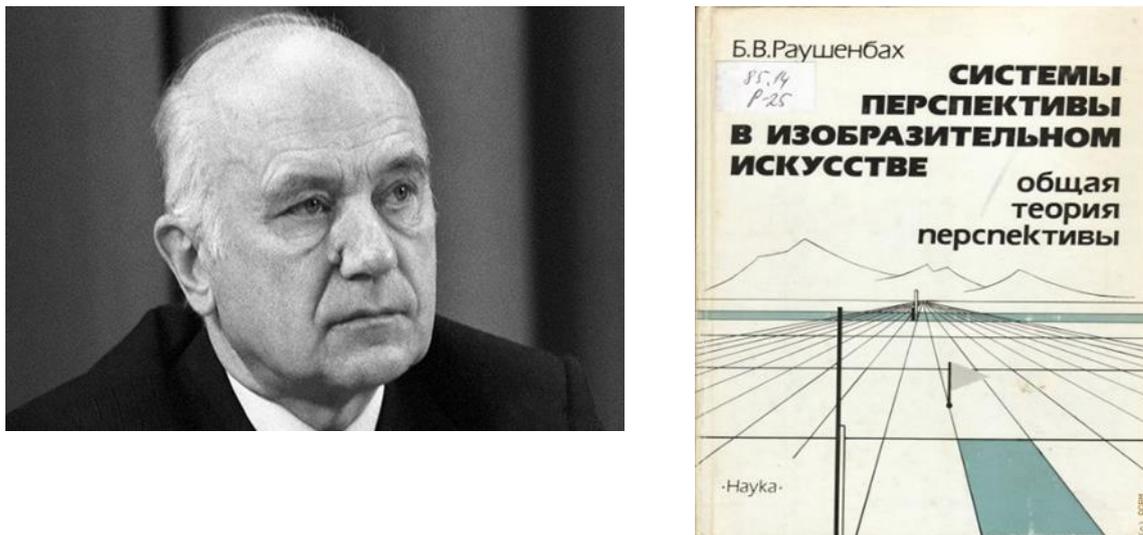
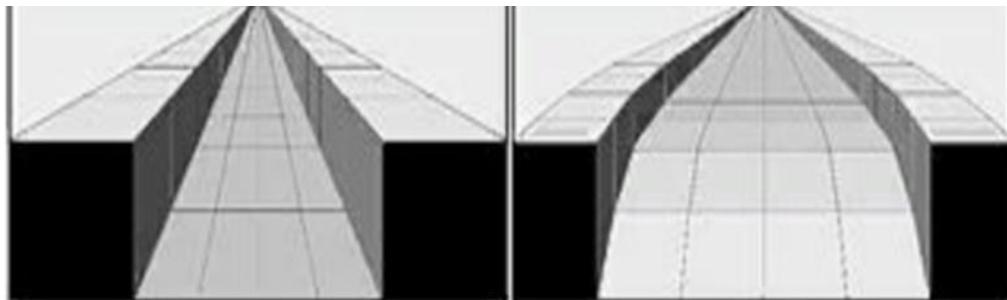


Рисунок 1 – Академик Борис Викторович Раушенбах и его книга «Общая теория перспективы»

В своей теории он предложил математическую модель, позволяющую не только точно отображать пространственные объекты на плоскости, но и компенсировать возможные оптические искажения (рисунок 2). Это дало возможность разрабатывать системы визуализации, обеспечивающие более естественное восприятие оператором или космонавтом.



а) прямая линейная перспектива

б) перцептивная перспектива

Рисунок 2 – Сравнение изображений, выполненных в традиционной линейной перспективе и перцептивной перспективе с оптическими искажениями

Одним из ключевых изобретений Бориса Раушенбаха, оказавших значительное влияние на космонавтику, стал теневой индикатор, также известный как «палочка Раушенбаха» – инструмент визуальной навигации. Это не физический объект, а методика ориентирования. Она основана на использовании визуальных ориентиров, таких как линии или точки, которые помогают космонавтам или автоматическим системам точно определять положение космического аппарата в пространстве. Этот инструмент использовался для точного определения угловых отклонений при стыковке космических аппаратов и решал проблему восприятия глубины в условиях невесомости. В условиях космоса традиционные методы оценки расстояний и ориентации, основанные на бинокулярном зрении, оказываются малоэффективными. Отсутствие атмосферы и привычных земных ориентиров приводит к искажённому восприятию движения и положения объектов. Это особенно критично во время манёвров сближения и стыковки космических кораблей [3].

Принцип работы теневого индикатора заключается в использовании простой геометрии теней для оценки углового отклонения. На корабле устанавливался тонкий стержень, который отбрасывал тень на специальный экран. В зависимости от угла падения света тень меняла своё положение, позволяя космонавту точно оценивать углы ориентации корабля.

«Палочка Раушенбаха» впервые была применена в программе «Союз» для решения проблем стыковки, выявленных в ходе миссии «Союз-3» в 1968 году. В последующие годы этот метод использовался в различных космических проектах, включая орбитальные станции «Салют» и «Мир». Ключевые преимущества теневого индикатора Раушенбаха [2].

1 Простота и надёжность – не требует сложных вычислений и электроники.

2 Отсутствие зависимости от внешних условий – не подвержен влиянию освещённости или технических неисправностей дисплеев.

3 Высокая точность ориентации – позволяет визуально контролировать положение корабля даже в сложных условиях.

Современные системы визуальной навигации основаны на цифровых методах обработки изображений и компьютерном зрении. Эти технологии используют сложные алгоритмы анализа данных с камер и сенсоров для построения трёхмерных карт окружающего пространства и определения положения объектов. Однако принципы, заложенные в теновом индикаторе Раушенбаха, продолжают использоваться в автоматических системах наведения и ориентации и в настоящее время, поскольку они обеспечивают простоту, надёжность и высокую точность.

Методы, основанные на этих принципах, находят применение в следующих областях [5]:

– космическая техника: использование геометрии теней для точного определения углов ориентации аппаратов.

– робототехника: использование принципов оптической оценки для автономной ориентации мобильных роботов в сложных или экстремальных условиях.

– автономные системы: совмещение традиционных методов ориентации с компьютерным зрением для повышения надёжности, особенно в условиях непредсказуемой внешней среды.

**Заключение.** Вклад Бориса Раушенбаха в развитие космической техники нельзя переоценить. Его исследования не только позволили усовершенствовать навигационные и визуальные системы, но и расширили понимание человеческого восприятия в экстремальных условиях. Сегодня его идеи продолжают развиваться в области автоматизированных систем управления, автономной навигации и искусственного интеллекта. Таким образом, научная деятельность Раушенбаха способствовала не только повышению безопасности и эффективности космических полётов, но и развитию многих современных технологий, использующих принципы точного визуального отображения пространства [4].

### Список литературы

1. Раушенбах, Б. В. *Общая теория перспективы* / Б. В. Раушенбах. М.: Наука, 1986.
2. Черток, Б. Е. *Ракеты и люди*. / Б. Е. Чертов. М.: Машиностроение, 1999.
3. *Официальный сайт Роскосмоса [Электронный ресурс]*. Режим доступа: <https://www.roscosmos.ru> (<https://www.roscosmos.ru>). Дата доступа: 22.03.2025.
4. *Исторические материалы о советской космонавтике [Электронный ресурс]*. Режим доступа: <http://www.buran.ru> (<http://www.buran.ru>). Дата доступа: 22.03.2025.
5. *Ракетно-космическая корпорация «Энергия». Отчёт о модернизации системы стыковки кораблей серии «Союз»*. 2015.

UDC 004.92

## **PRACTICAL IMPLEMENTATION OF BORIS RAUSHENBACH'S THEORY OF LINEAR PERSPECTIVE**

*Pisareva E.A., Fedorovich V.G.*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

*Gil S.V. – Cand. Of Sci., associate professor, associate professor of the department of ECG*

**Annotation.** This work focuses on the unique characteristics of spaceflights and their differences from motion under terrestrial conditions. Special attention is paid to the contribution of academician Boris Raushenbach, who developed the mathematical theory of perspective, which became the foundation for improving visualization systems. The study provides an analysis of the shadow indicator, also known as the «Raushenbach stick,» its principles of operation, and practical application in astronautics. The advantages of this tool in ensuring precise orientation and reliability under challenging conditions are highlighted.

**Keywords:** spaceflights, spacecraft docking, Boris Raushenbach, theory of perspective, «Raushenbach stick,» visual navigation, shadow indicator, autonomous orientation, navigation systems