

# ВЕСТИБУЛО-ОКУЛЯРНЫЙ ЭТАП АДАПТАЦИИ ЧЕЛОВЕКА К ИНВЕРСИИ ИЛИ РЕВЕРСИИ ЗРИТЕЛЬНОГО ПОЛЯ КАК МЕТОД ПРОФИЛАКТИКИ БОЛЕЗНИ ДВИЖЕНИЯ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ



**ХОТИНСКИЙ  
Дмитрий Александрович**  
Научный сотрудник, Московский  
институт психоанализа  
E-mail: khotinskida@gmail.com

**KHOTINSKIY Dmitriy**  
Research associate, Moscow Institute  
of Psychoanalysis  
E-mail: khotinskida@gmail.com

**РАКИТИН Денис Игоревич**  
Научный сотрудник, Московский институт психоанализа  
E-mail: rakitindenis@gmail.com  
**RAKITIN Denis**  
Research associate, Moscow Institute of Psychoanalysis  
E-mail: rakitindenis@gmail.com

**БАВИЛОВ Олег Кимович**  
Зам. руководителя лаборатории, Московский институт  
психоанализа  
**VAVILOV Oleg**  
Deputy the head of the laboratory, Moscow Institute of  
Psychoanalysis

**Ключевые слова:** вестибуло-окулярный рефлекс, кинетоз, болезнь движения, инверсия поля зрения, адаптация, сенсорный конфликт.

**Аннотация.** В статье предлагается обоснование метода профилактики симптомов болезни движения, на основе предварительной адаптации к компоненту инверсии или реверсии поля зрения, создающего наиболее существенную нагрузку на вестибуло-окулярные механизмы поддержания постуральной устойчивости. Предложен алгоритм тренировки, позволяющий рассматривать инверсию или реверсию поля зрения как тренирующее воздействие. На основе выявления скрытых симптомов кинетоза предложено определять контрольные этапы методики тренировки. Обоснован контрольный параметр завершения вестибуло-окулярного этапа адаптации к инверсии или реверсии поля зрения.

## VESTIBULO-OCULAR STAGE OF HUMAN ADAPTATION TO INVERSION OR REVERSION OF THE FIELD OF VIEW AS METHOD OF PREVENTING MOTION SICKNESS

**Keywords:** vestibulo-ocular reflex, kinetosis, motion sickness, inverting of the field of view, adaptation, sensory conflict.

**Abstract.** The paper proposes a substantiation of the method of preventing symptoms of motion sickness on the basis of preliminary adaptation to inverting or reversing of the field of view, which creates the most significant load on the vestibulo-ocular mechanisms of maintaining postural stability. The algorithm of training is proposed, which allows, to consider inverting or reversing of the field of view as a training effect. Based on the detection of hidden symptoms of kinetosis, it is suggested to determine the control stages of the training methodology. The control parameter of the completion of the vestibulo-ocular stage of adaptation to inverting or reversing of the field of view is substantiated.

**Актуальность исследования.** Кинетоз – это общее название комплекса симптомов, также именуемых – болезнь движения, космическая болезнь, морская болезнь, болезнь путешественника или воздушная болезнь. В тексте будут встречаться разные названия этого феномена.

Ещё Гиппократ упоминал, что морское плавание делает тело больным. Сегодня актуальность этого вопроса только растет.

По данным NASA и других зарубежных исследователей до 60% астронавтов страдают от вегетативных симптомов космической болезни, также до 25%

пассажиры малых самолетов, и около 50% людей испытывают рвотный рефлекс после 1 часа морской качки [1, 5, 7, 11]. От 30 до 50% космонавтов также страдают от симптомов кинетоза. До 17% лётчиков-стажеров страдают от симптомов воздушной болезни. До 90% лиц, впервые путешествующих по морю, подвержены симптомам болезни движения, однако не более 40% при повторном путешествии [1, 2]. Кроме того, ввиду развития кинематографа в области стерео проекций и виртуальной реальности, остро встаёт вопрос болезни движения и в развлекательной отрасли.

Для путешественников этот вопрос принято решать в основном медикаментозными средствами, тогда как для космонавтов, лётчиков и операторов сложных технических систем целесообразно рассматривать альтернативные дополнительные методы профилактики и купирования симптомов, не вызывающие психомоторных изменений, влияющих на эффективность деятельности. Также, следует отметить, что скрытые симптомы болезни движения в экстремальных условиях могут оказывать угнетающее стрессовое влияние на основные когнитивные функции [5].

Кроме того, 10–40% от эффективности лекарственных средств для предупреждения или купирования симптомов кинетоза составляет плацебо эффект [11]. То есть, например, магнитный браслет или какой-либо талисман вполне может заменить некоторые слабые лекарственные средства. Поэтому, мы считаем, что помимо лекарственных средств, целесообразно максимально комплексно подготовить сенсорную систему человека к различным экстремальным кинетозогенным факторам.

Цель исследования. Комплексно изучить вопрос кинетоза в его связи с провоцирующими факторами инверсии и реверсии поля зрения. Разработать экспериментальный алгоритм с методическим обоснованием возможности использования предварительной адаптации человека к кинетозогенным факторам инверсии и реверсии поля зрения для профилактики симптомов болезни движения. Методические пояснения должны опираться на обобщенные современные исследования болезни движения, спровоцированной вестибуло – окулярным конфликтом, как опорным этапом адаптации к инверсии или реверсии поля зрения. Определить и обосновать контрольные этапы профилактической тренировки. Обосновать тестовый параметр, характеризующий успешность тренировки.

Далее будет показано, что предварительную адаптацию к экстремальным сенсорным конфликтам

следует рассматривать как перспективный метод развития адаптивной гибкости сенсорных систем человека.

#### Методы исследования:

1. Аналитический обзор современных научных публикаций по изучаемому вопросу.
2. Обобщение и построение алгоритма тренировки.
3. Геометрические построения.

Результаты исследования. Хьюберт Долизал (Dolezal, 1982) предложил использовать предварительную адаптацию к сенсорным конфликтам, таким как инверсия или реверсия поля зрения для подготовки к аналогичным конфликтам в космическом или воздушном полёте [5]. По его мнению, тесная связь зрительной и вестибулярной системы человека позволяет с помощью инверсии или реверсии поля зрения подготовить космонавта к космическому полёту, и повысить скорость адаптации к экстремальным сенсорным конфликтам на основе механизма обратной связи между сенсорными системами.

Зрительная система человека считается наиболее развитой аналитической системой для ориентировки в пространстве. В этой своей функции она всегда вносит корректировки в результат расчёта и даже, в определенных условиях, например, невесомости, выступает в роли ведущей системы в решении сенсорных конфликтов, вызванных отсутствием гравитационной составляющей воздействия [5, 7].

Развивая тезис о том, что при адаптации человека к отсутствию гравитации ведущую роль приходится выполнять зрительному анализатору, мы должны уточнить на основе какого физиологического механизма должна осуществляться предварительная тренировка согласно гипотезе Dolezal, Stroud и др. [5, 10]

Примечательно, что у Гандера и Жданько показана эффективность не менее важной психологической составляющей тренировок по адаптации к инверсии поля зрения, а процесс адаптации рассматривается преимущественно с помощью сознательного контроля [2, 3].

В отличие от этого, в зарубежных источниках первенство отдаётся автоматическому устранению сенсорных конфликтов в процессе адаптации, а сознательному контролю – роль катализатора этого процесса, и последующего контролера когнитивной деятельности [6, 7, 8, 12].

Например, Richter и др. указывают на то, что та же кортикальная структура, ответственная за так называемое ментальное вращение в тесте Купера

– Шепарда с прогнозированием угла поворота объектов по заданной скорости, также ответственна за адаптацию к повороту поля зрения при инверсии зрительных стимулов [12]. Стимуляция этой структуры инверсией поля зрения автоматически повышает эффективность выполнения задач, связанных с пространственными представлениями о вращении. Сознательно этот процесс, вероятно, ускоряется. Например, Жданько в [3] рекомендует упражнения на внутреннее представление перевернутых объектов в момент отдыха от инверсии поля зрения, возможно, именно для пролонгированной стимуляции соответствующей кортикальной структуры и ускорения согласования пространственных координат сенсорных систем. В своей тренировочной методике мы предлагаем воспользоваться обратным процессом представления о том, как бы выглядели нормально ориентированные объекты при инверсии поля зрения.

В то же время, показано, что прямые вестибулярные нагрузки с помощью центрифуги, кресла Барани, вращающихся стендов и тому подобных устройств [4] не в полной мере гарантируют успешность адаптации организма человека, например, к условиям невесомости и связанным с ней сенсорным конфликтам [9]. Здесь Oman, Howard и другие указывают, что в невесомости космонавты полагаются преимущественно на зрение. Возникают различные иллюзии. Прилив крови к голове, например, способствует иллюзии «вверх тормашками». Авторами указывается также на необходимость тренировки гибкости визуального мышления [7, 9]. Усиление статической визуальной зависимости оценки субъективной вертикали может способствовать ускорению адаптации к микро-гравитации [9]. Также, на орбите наблюдается усиление зависимости пространственной ориентации от

динамических визуальных сигналов, к чему можно успешно подготовить сенсорные системы с помощью оптических трансформаций, например, инверсии или инверсии поля зрения [5, 7].

Инверсия или реверсия поля зрения без дополнительных оптических искажений, как мы наблюдаем в классическом опыте Джорджа Стрэттона, осуществляется в предлагаемой экспериментальной методике с помощью прямоугольной призмы в составе призматического инвертоскопа или псевдоскопа с возможностью поворота призмы вокруг оптической оси глаза (Рисунок 1).

Примечательно, что поворот поля зрения относительно оптической оси глаза на двойной угол (на угол  $2\alpha$  при повороте призмы относительно оптической оси или наклоне головы набок на угол  $\alpha$ ) мало упоминается в литературе российскими исследователями. Тогда как трансформация поля зрения, влияющая на вестибуло-окулярный рефлекс, характеризуется именно суммарным смещением поля зрения с соответствующим изменением проекции изображения на сетчатки глаз. Кроме того, изображение на сетчатках глаз не только смещается специфическим образом, но и «выпрямляется». На рисунке 1 отрезок  $A'B''$  является проекцией отрезка  $AB$ .

Такая трансформация поля зрения, помимо его инверсии, как показано на рисунке 1 с помощью отрезка  $AB$ , является одним из самых эффективных способов нагрузить вестибуло-окулярную систему [5, 8]. Это происходит из-за необходимости системы сначала приостановить вестибуло-окулярный рефлекс с целью координации в обратное направление, а затем ускорить его в 2 раза [8]. Также, с помощью такой нагрузки можно инициировать симптомы морской болезни вплоть до рвотных рефлексов, возникающих согласно теоритическим механизмам,

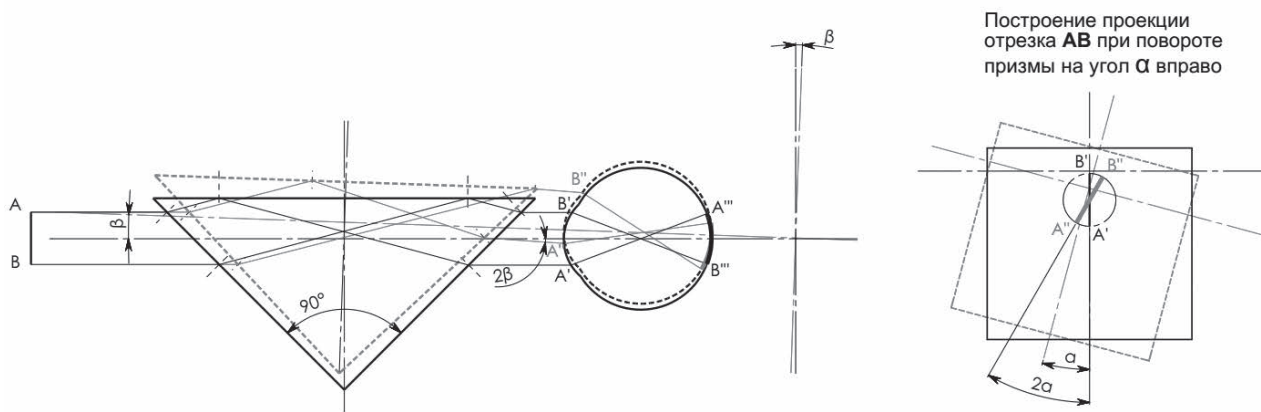


Рисунок 1 – Ход лучей в прямоугольной призме для инверсии или реверсии поля зрения поля зрения при повороте призмы на угол  $\alpha$  по вертикали или вокруг оптической оси глаза (то есть, наклоне головы набок)

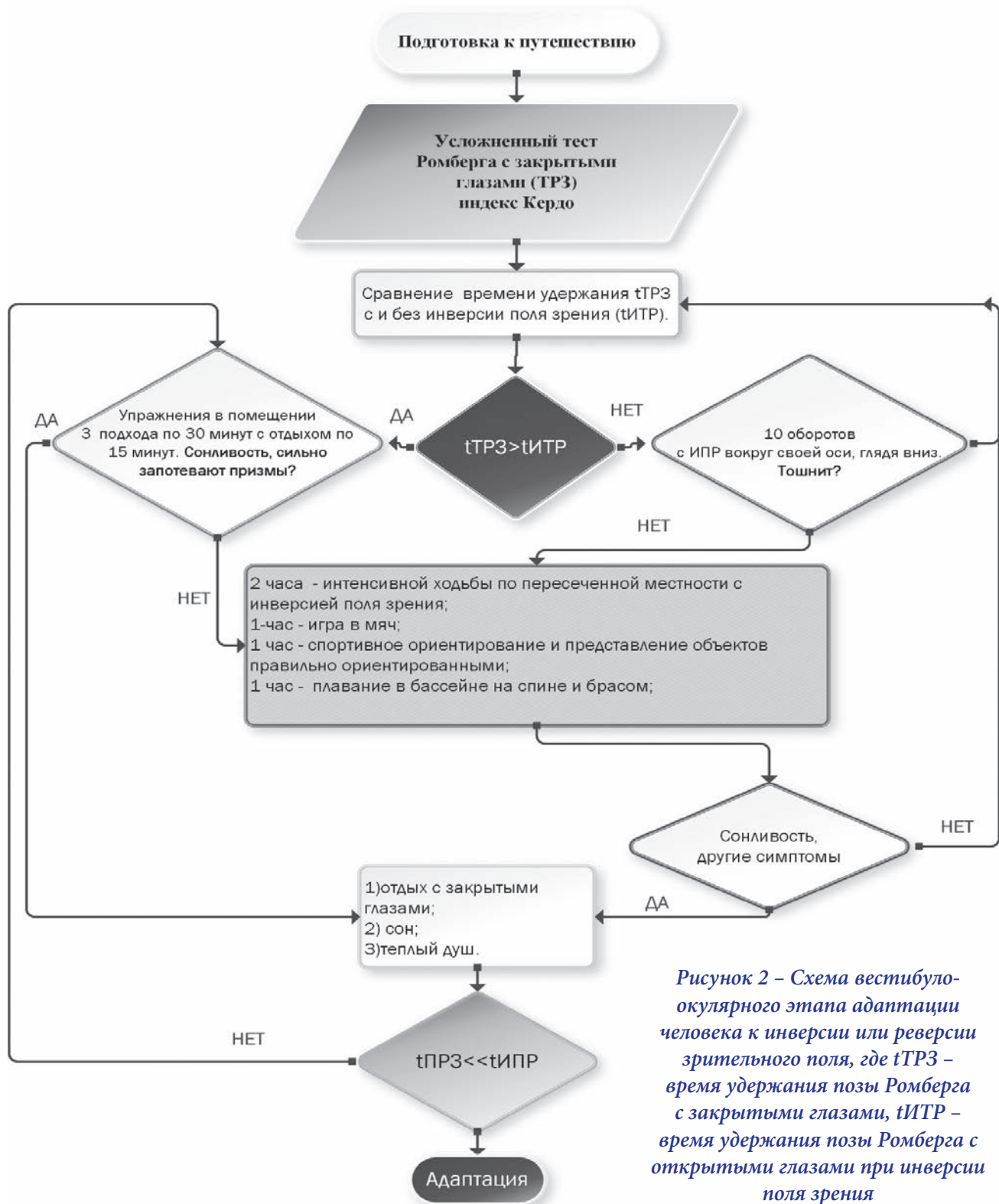


Рисунок 2 – Схема вестибуло-окулярного этапа адаптации человека к инверсии или реверсии зрительного поля, где tТРЗ – время удержания позы Ромберга с закрытыми глазами, tИТР – время удержания позы Ромберга с открытыми глазами при инверсии поля зрения

обобщаемых теорией конфликта сенсорных систем [10, 11].

Таким образом, механизм предварительной тренировки с помощью инверсии или реверсии поля зрения, предположительно базируется на первичной адаптации вестибуло-окулярного рефлекса к

новым оптическим условиям, порождающим сенсорный конфликт.

На рисунке 2 показан вариант экспериментальной однодневной тренировки с тестовым параметром, основанным на усложнённом тесте Ромберга, характеризующем поструральную устойчивость без

опоры на зрение. Целесообразность применения похожих тестов для аналогичных случаев ранее уже демонстрировалась [6].

Действительно, очевидно предположение, что при удовлетворительной адаптации к оптической трансформации поля зрения, человек сможет опираться на поле зрения при сохранении поструральной устойчивости, что будет отражаться на результатах теста непосредственно. Это, вероятно, будет связано с первичной адаптацией вестибуло-окулярного рефлекса к новым оптическим условиям движения поля зрения в зависимости от движения человека [6, 8].

Ориентировочный тест «10 оборотов в минуту» был рассчитан согласно экспериментальным данным по сохранению поструральной устойчивости в зависимости от скорости вращения визуального поля [5]. Суммарные 5 часов тренировок в интенсивном режиме, но учитывающие возможность 1 часового отдыха, предложены согласно данным о зафиксированных надежных эффектах вестибуло-окулярной адаптации уже через 6 часов экспериментов с реверсией поля зрения [8].

Рекомендации по отдыху, сну и диагностики скрытых симптомов болезни движения таких как, потливость, сонливость, гипотермия и других, хорошо согласуются с данными Dolezal [5], а также данным по различным классификациям скрытых симптомов [1, 10, 11].

Основным параметром успешного завершения тренировки следует считать надёжное превышение времени стабильного удержания позы Ромберга при инверсии поля зрения над временем удержания позы Ромберга с закрытыми глазами.

Учитывая, что поструральная устойчивость напрямую зависит от адекватного вестибуло-окулярного рефлекса [5, 6], мы полагаем, что восстановление поструральной устойчивости при инверсии поля зрения является достаточным условием контроля успешности тренировочной адаптации с ссылкой на опыты [6, 8]. –

**Заключение.** В ходе нашего предварительного исследования геометрически показано за счет какого компонента инверсии поля зрения в основном осуществляется нагрузка на вестибуло-окулярные механизмы поддержания поструральной устойчивости при использовании инверсии поля зрения призматического типа.

Показано, что нагрузка на вестибуло-окулярный механизм контроля поструральной устойчивости – основной кинетозогенный фактор при инверсии или реверсии поля зрения. Таким образом,

адаптация к этой нагрузке, согласно концепции обратной связи сенсорных систем [5, 6, 7], выступает в роли профилактической тренировки. Такая тренировка, очевидно, будет способствовать повышению адаптивной гибкости организма при сенсорных конфликтах в экстремальных условиях [7].

Предложен экспериментальный алгоритм тренировочного процесса, предполагающий возможность простой проверки. Даны короткие методические пояснения алгоритма, основанные на опыте зарубежных исследователей и очевидности тренировочных механизмов.

### Литература

1. Китаев-Смык, Л.А. Организм и стресс: стресс жизни и стресс смерти / Л.А. Китаев-Смык. – М.: Смысл, 2012. – 464 с.
2. Гандер Д.В. Психологическое обеспечение летного обучения: теория и практика: дис. ... д-ра психол. наук: 19.00.14 / Гандер Д.В. – Москва, 1997. – 301с.
3. Жданько, И.М. Патент РФ № 2008802 «Способ тренировки пространственных способностей человека» / И.М. Жданько и др. // Институт авиационной медицины. – Москва, 1991 г.
4. Лихачев С.А. Исследование вестибулярного аппарата в авиакосмической медицине / С.А. Лихачев, Д.Ю. Клименков, И.П. Марьен // РНПЦ Неврологии и нейрохирургии МЗ. – М., 2016.
5. Dolezal, H. Living in a world transformed: perceptual and performatory adaptation to visual distortion. New York: Academic Press, 1982.
6. Gonshor A, Melvill-Jones G. Postural adaptation to prolonged optical reversal of vision in man. *Brain Res* 1980; 192:239. – 48 p.
7. Thomas, L. Harrington, Rotational Optical Transformations, Final Technical Report NCC 2-272, USA, NASA, Department of Psychology University of Nevada.
8. Melvill-Jones, G., Guitton, D., & Berthoz, A. (1988). Changing patterns of eye-head coordination during 6 h of optically reversed vision. *Experimental Brain Research*, 69. – P. 531–544.
9. Oman, C.M., Howard I.P., Smith T., Beall A.C., Natapoff A, Zacher J.E., Jenkin H.L. The role of visual cues in microgravity spatial orientation. In: Buckey Jr, JC, Homick, JL (eds) *The neurolab spacelab mission: neuroscience research in space.* (pp. 69-82). – NASA SP-2003-535. Houston, USA. – P. 69-82.
10. Stroud, K.J., Harm D.L., Klaus D.M. Preflight virtual reality training as a countermeasure for space motion sickness and disorientation. *Aviation and Space Environment Medicine* 2005; 76:352 – 6.
11. Lackner, J. R. (2014). Motion sickness: more than nausea and vomiting. *Exp. Brain Res.* 232, 2493–2510. 10.1007/s00221-014-4008-8.
12. Richter, H., Magnusson S., Imamura K., Fredrikson M., Okura M. Watanabe Y. (2002). Long-term adaptation to prism-induced inversion of the retinal images. *Experimental Brain Research*, 144 (4). – P. 445–457.