

■ Симуляторное расстройство в свете теории уровневой регуляции движения: эмпирическое исследование

Е.Г. Лунякова¹ , А.Р. Рахимова², М.Д. Белоусова¹

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация

² Единый интегратор по созданию и поддержке государственных информационных систем UZINFOCOM, Ташкент, Республика Узбекистан

 eglun@mail.ru

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Технологии виртуальной реальности (VR) находят свое применение в различных областях жизнедеятельности человека, однако их использование часто сопряжено с возникновением симуляторного расстройства (СР). На сегодняшний день нет единого мнения относительно механизмов возникновения СР и факторов, влияющих на его выраженность. Особый интерес представляет его рассмотрение с учетом характера действий, выполняемых пользователем в виртуальной среде.

Цель. Изучить влияние ведущего уровня построения двигательного навыка в виртуальной реальности на выраженность симуляторного расстройства.

Выборка. 40 человек (18 женщин и 22 мужчины) в возрасте от 19 до 46 лет ($M_{\text{возраст}} = 24$, $SD = 9,197$). Участники были проинформированы о возможных кратковременных негативных последствиях участия в эксперименте и дали на него добровольное согласие.

Методы. Две группы участников эксперимента после предварительного тестирования в течение трех дней обучались выполнению определенных типов движений в виртуальной среде с последующим повторным тестированием. Группы различались направленностью тренировочной серии — на выполнение поворотов собственного тела (уровень пространственного поля, «группа С») или на управление вращением элементов окружения (уровень предметных действий, «группа D»). Оба движения выполнялись контроллером при максимально схожей зрительной стимуляции. Выраженность СР оценивалась по психофизиологическим (ЧСС, теппинг-тест), когнитивным (обратный счет с вычитанием) и субъективным (опросник «Симуляторные расстройства» и субъективное шкалирование) показателям.

Результаты. Показано, что проявления и интенсивность СР связаны со сформированностью навыка определенного типа движений в виртуальной среде. Участники группы С продемонстрировали более выраженное СР в начале тренировочной серии, чем участники группы D. Однако в тестировании после серии тренировок выраженность СР по всем показателям в условиях пассивного наблюдения вращающейся стимуляции и решения задачи уровня пространственного поля у этой группы была значительно ниже, чем у группы D.

Выводы. Сформированность движения на ведущем уровне пространственного поля обуславливает меньшую выраженность СР в виртуальной реальности, чем сформированность навыка на ведущем уровне предметного действия. Изучение СР с позиции теории уровней построения движения способствует более полному объяснению формирования данного явления.

Ключевые слова: симуляторное расстройство, виртуальная реальность, сенсорный конфликт, двигательная программа, предвосхищение, уровни построения движения, Н.А. Бернштейн

Для цитирования: Лунякова, Е.Г., Рахимова, А.Р., Белоусова, М.Д. (2025). Симуляторное расстройство в свете теории уровневой регуляции движения: эмпирическое исследование. *Национальный психологический журнал*, 20(1), 37–50. <https://doi.org/10.11621/npj.2025.0104>

■ Simulator Sickness within the Framework of the Level Theory of Movement Regulation: Empirical Study

Elizaveta G. Luniakova¹ , Arina R. Rakhimova², Margarita D. Belousova¹

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

² LLC UZINFOCOM (Single integrator for the creation and support of state information systems), Tashkent, Republic of Uzbekistan

 eglun@mail.ru

ABSTRACT

Background. Virtual reality (VR) technologies are being applied in various areas of human activity. However, their use is often associated with the onset of simulator sickness. To date, there is no consensus on the mechanisms behind this disorder and the factors influencing its severity. Examining it in the light of the nature of actions performed by the user in a virtual environment is of particular interest.

Objective. The goal is to study the impact of the leading level of motor skill development in virtual reality on the severity of simulator sickness.

Sample. 40 participants (18 women and 22 men) aged between 19 and 46 years ($M_{age} = 24$, $SD = 9,197$). Participants were informed about the potential short-term negative consequences of participating in the experiment and provided their voluntary consent.

Methods. Two groups of participants, after preliminary testing, underwent training over three days to perform certain types of movements in a virtual environment, followed by re-testing. The groups differed in the focus of the training series — one group focused on body rotations (spatial field level, “Group C”), while the other focused on controlling the rotation of elements in the environment (object action level, “Group D”). Both movements were performed using a controller with similar visual stimulation. The severity of simulator sickness was evaluated using psychophysiological (heart rate (HR), tapping test), cognitive (reverse counting with subtraction), and subjective (Simulator Sickness Questionnaire and subjective scaling) measures.

Results. It was shown that the manifestations and intensity of simulator sickness (SS) are related to the formation of a specific type of movement skill in the virtual environment. Participants in Group C demonstrated a more pronounced SS at the beginning of the training series than participants in Group D. However, in testing after the training series, the severity of SS for all indicators under the conditions of passive observation of rotating stimulation and solving the spatial field level task in this group was significantly lower than in Group D.

Conclusions. The development of movement at the leading level of the spatial field determines the lower expression of SS in virtual reality than the development of skill at the leading level of subject action. Studying simulator sickness from the perspective of the theory of levels of movement construction contributes to a more complete explanation of the formation of this phenomenon.

Keywords: simulator sickness, virtual reality, sensory conflict, motor program, anticipation, movement construction levels, N.A. Bernstein

For citation: Luniakova, E.G., Rakhimova, A.R., Belousova, M.D. (2025). Simulator sickness within the framework of the level theory of movement regulation: empirical study. *National Psychological Journal*, 20(1), 37–50. <https://doi.org/10.11621/npj.2025.0104>

ВВЕДЕНИЕ

Симуляторное расстройство (СР) — один из видов укачивания, который возникает у человека при взаимодействии с системой виртуальной реальности (ВР) и характеризуется проявлениями головокружения, потери ориентации в пространстве, сложности концентрации, тошноты, повышенным потоотделением и т.д. (Kennedy et al., 1993). Также признаками выраженности симуляторного расстройства служат изменения в работе функциональных систем пользователей ВР: сердечно-сосудистой, дыхательной, желудочно-кишечной и терморегуляционной (Colehour, Graybiel, 1966). Стремительное развитие информационных технологий, приводящее к внедрению технологии ВР в самые разные сферы деятельности человека, требует глубокого понимания причин возникновения симуляторного расстройства и способов его предотвращения.

В последние десятилетия XX века был предложен целый ряд теорий, в той или иной степени раскрывающих механизмы укачивания, — эволюционная (токсиковая) теория (Treisman, 1977), теория постуральной нестабильности (Ricchio, Stoffregen, 1991), глазодвигательная теория (Ebenholtz et al., 1994). Но самую широкую известность получила теория сенсорного конфликта Дж. Ризона (Reason, 1978), в основу которой легло объяснение механизма развития морской болезни, предложенное еще в

1881 году Дж. Ирвином (Irwin, 1881). Теория сенсорного конфликта утверждает, что источником возникновения симуляторного расстройства служит рассогласование сенсорных сигналов, поступающих от различных модальностей (вестибулярной, проприоцептивной и зрительной), а также несоответствие конфигурации этих сигналов прошлому опыту пользователя. Так, при наблюдении движущейся стимуляции из статичного положения нарушается привычная интеграция зрительных и вестибулярных сигналов, что приводит к ошибочному восприятию собственного движения и к укачиванию. Например, возникновение СР при виртуальном катании на американских горках (Davis et al., 2015; Nesbitt et al., 2017). Несмотря на широкое признание и частое упоминание в исследованиях, связанных с симуляторным расстройством, теория сенсорного конфликта, как, впрочем, и остальные теории, неоднократно подвергалась критике, так как не позволяла точно спрогнозировать, какие виртуальные среды способны инициировать симуляторное расстройство и насколько сильно будут выражены негативные симптомы у человека (Kolasinski, 1995; LaViola Jr, 2000).

Значительная часть современных работ, посвященных СР, направлена как раз на выявление не столько механизмов развития, сколько условий и факторов, оказывающих влияние на быстроту возникновения, интенсивность переживания и конкретные проявления симуляторного расстройства — технологических (особенности оборудования и свойства программного обеспечения: угол обзора устройства, временная задержка, графический реализм, разные типы контроллеров для управления движением, мультимодальность стимуляции, использование динамических платформ для симуляции движения и др.) (de Winkel et al., 2022; Ng et al., 2020; Aldaba, Moussavi, 2020; Гневашев и др., 2022); индивидуальных (возраст, пол, «виртуальный опыт», профессиональные навыки пользователя и др.) (Smyth et al., 2019; Grassini et al., 2021; Almallah et al., 2021; Menshikova et al., 2017); психологических («эффект присутствия», мотивация, личностные черты (например, нейротизм) и др.) (Grassini et al., 2021; Almallah et al., 2021).

Разнообразие и противоречивость получаемых экспериментальных результатов и невозможность их интеграции в рамках одной теории, отмечаемая разными авторами в теоретических и эмпирических обзорах, побуждают к разработке новых подходов к данной проблематике (Ковалёв, Клименко, 2018; Смылова, Войскунский, 2019; Войскунский, Смылова, 2020).

Перспективным кажется рассмотрение симуляторного расстройства в контексте представлений об активной роли познающего субъекта в его взаимодействии с миром. Нужно отметить, что Дж. Ризон, характеризуя ситуации, вызывающие укачивание, описывает их как состояния «сенсорного конфликта, при котором сигналы движения, передаваемые глазами, вестибулярной системой и невестибулярными проприорецепторами, противоречат друг другу, и, следовательно, тому, что ожидается на основе предыдущих взаимодействий с пространственной средой» (Reason, 1978, p. 820). Однако важный, на наш взгляд, момент противоречия текущей афферентации с «ожиданием» остается «в тени», не разворачивается автором и последователями в представления о прогнозе, активном предвосхищении сенсорной информации. Но именно этот аспект, отраженный в разных теоретических подходах в понятиях прогностической направленности образа мира (Смирнов, 2016), предсказывающего кодирования (Фаликман, 2021), образа или модели будущего (Бернштейн, 1990) и в других теоретических конструктах, представляется нам существенным в понимании механизма СР.

Я. Хоуи в своей монографии указывает на то, что любой сигнал, поступающий извне на органы чувств, обрабатывается на основе сопоставления с моделью предсказания, при этом «снизу-вверх» передается не сам сигнал, а информация о разнице с моделью: чем меньше данное рассогласование, тем эффективнее реализуется построение двигательного акта (Hohwy, 2013). Подобная точка зрения близка представлениям Н.А. Бернштейна о кольцевой регуляции движения (Бернштейн, 1990, 1997). О. Купером и коллегами было проведено исследование, согласно которому возникновение негативных симптомов симуляторного расстройства является следствием величины «ошибки» в сопоставлении прогнозируемого сенсорного образа действий и фактической сенсорной информации от проприорецепторов и других модальностей (Kuiper et al., 2020). Согласно полученным результатам, средние показатели выраженности симуляторного расстройства были ниже в тех условиях, где предвосхищающий образ действия был согласован с реальной сенсорной информацией о движении.

Мы предполагаем, что в развитии симуляторного расстройства значительную роль может играть не столько несоответствие сигналов разных модальностей друг другу, сколько их рассогласование с прогнозом сенсорных последствий виртуального движения. Причем речь идет именно о прогнозе движения собственного тела в среде (локомоции, поворотов и других движений в пространстве виртуальных объектов), осуществляемого на уровне пространственного поля (Бернштейн, 1997). Большинство реализуемых действий в ВР регулируются на уровнях пространственного поля (С) и предметных действий (D). Это дает возможность проследить связь между степенью выраженности негативных ощущений и ведущим уровнем, на котором это действие выполняется в ВР.

ГИПОТЕЗЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

- Мы предположили, что, поскольку в повседневной жизни у взрослого человека сформирован навык выполнения движений уровня предметных действий с помощью манипуляторов (например, прокрутка экрана, перемещение объектов мышкой на мониторе и др.), подобное движение в виртуальной среде будет в меньшей степени провоцировать симуляторное расстройство, чем моторно и сенсорно сходное движение уровня пространственного поля (вращение или перемещение собственного тела только при помощи контроллера), навык которого в естественной среде не формируется.
- Также мы предположили, что формирование в ходе эксперимента навыка выполнения движения в виртуальной среде на ведущем уровне пространственного поля позволит более точно прогнозировать его сенсорные последствия, что будет сопровождаться снижением выраженности симуляторного расстройства и приведет к его меньшим проявлениям при пассивном наблюдении движущихся стимулов, чем формирование навыка моторно и сенсорно сходного движения на уровне предметных действий.

ДИЗАЙН ИССЛЕДОВАНИЯ

Для инспирирования симуляторного расстройства использовался хорошо зарекомендовавший себя в подобных работах метод — предъявление вертикальных черно-белых полос, вращающихся вокруг наблюдателя подобно оптокинетическому барабану и занимающих большую часть зрительного поля (Keshavarz et al., 2017).

Общий план исследования включал три этапа: 1) тестирование участников на выраженность симуляторного расстройства в условиях пассивного наблюдения вращающегося виртуального оптокинетического барабана с последующим делением участников на две группы, уравненные по выраженности эффекта; 2) три тренировочные серии по 2 минуты каждая с интервалом в один день, различающиеся для двух групп участников по ведущему уровню формируемого в виртуальной среде двигательного навыка; 3) повторное тестирование участников обеих групп в трех условиях — при выполнении каждого из двух видов движений и в пассивном условии, идентичном этапу 1.

Для оценки успешности формирования двигательных навыков использовались показатели времени реакции и точности выполнения движения. Выраженность СР оценивалась по результатам психофизиологических (частота сердечных сокращений (ЧСС), теплинг-тест), когнитивных (обратный счет с вычитанием) и субъективных (опросник «Симуляторные расстройства» (Меньшикова, Ковалев, 2015), оценка интенсивности переживания СР по 10-балльной шкале) показателей. Эти методы регистрации степени выраженности СР широко применяются в зарубежных исследованиях (Palmisano et al., 2016; Nesbitt et al., 2017; Smyth et al., 2019) и демонстрируют свою эффективность в оценке данного явления.

ВЫБОРКА

В исследовании приняли участие 40 человек (18 женщин и 22 мужчины) в возрасте от 19 до 46 лет ($M_{\text{возраст}} = 24, SD = 9,197$). Все респонденты имели нормальное или скорректированное до нормального зрение и не имели травм головного мозга и заболеваний вестибулярного аппарата. Также все участники были проинформированы о возможных краткосрочных негативных последствиях эксперимента и дали на него добровольное согласие.

По результатам степени выраженности симуляторного расстройства в пре-тесте (Таблица 1) участники были равномерно распределены по двум группам — С и D, проходившим разные тренировочные условия (описание групп см. ниже в разделе Процедура). В каждой группе было по 20 человек (по 9 женщин и 11 мужчин).

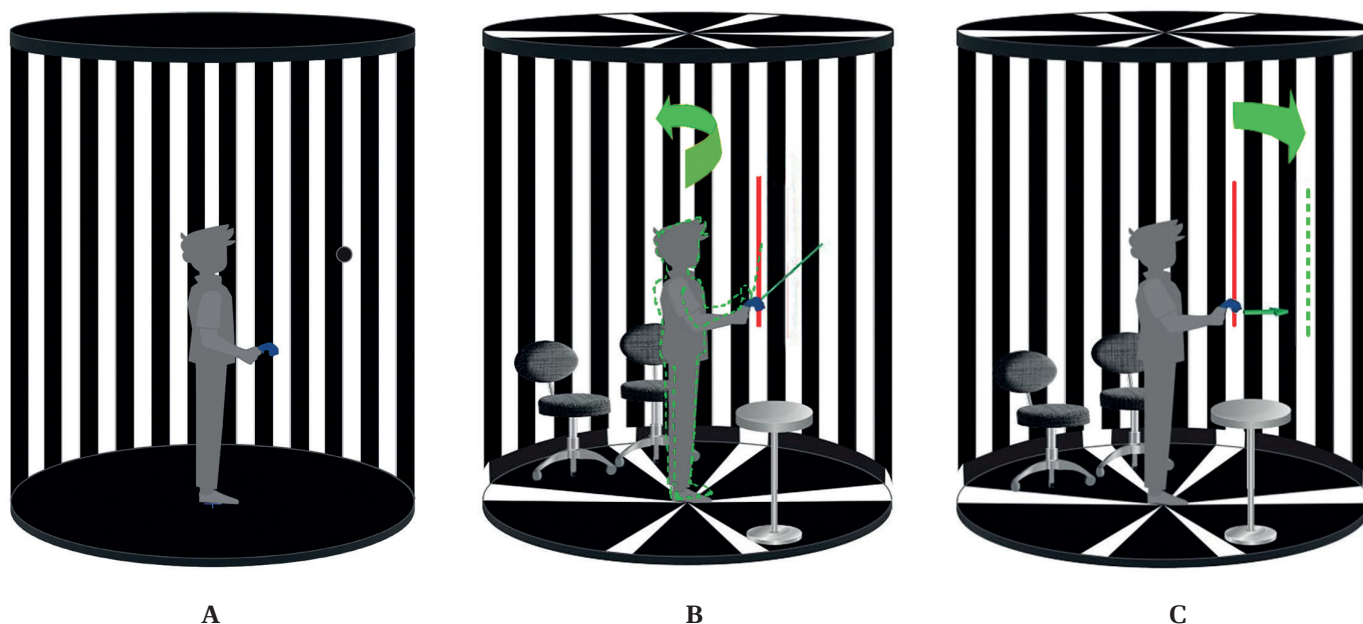


Рисунок 1

Схематическое изображение стимуляции: А) в условии пассивного наблюдения; В) в задаче на собственное виртуальное вращение; С) в задаче на поворот стены барабана. Пунктирной линией отображены субъективно воспринимаемая позиция участника (В) или стены с вертикальной линией (С) после вращения

Figure 1

Schematic representation of stimulation: А) under the condition of passive observation; В) in the task of self-rotation in virtual reality; С) in the task of rotating the drum wall. The dashed line represents the subjectively perceived position of the participant (В) or the wall with the vertical line (С) after rotation

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оборудование

Для демонстрации стимуляции и фиксации первичных данных (времени реакции, точности движения) была использована система виртуальной реальности HTC Vive Pro Eye и программное обеспечение, написанное в среде Unity. Управление виртуальным движением осуществлялось при помощи контроллера. ЧСС измерялась с использованием пульсоксиметра (Nordavind ECG Dongle).

Стимуляция

В тестовом (пассивном) условии (этапы 1 и 3) участник исследования неподвижно стоял в центре виртуального оптокинетического барабана (Рисунок 1) высотой 2,5 м и диаметром 3 м. Барабан вращался со скоростью 45 угл. градусов в секунду. На фоне движущихся черно-белых полос на уровне глаз наблюдателя неподвижно располагалась фигура, посменно изменяющая форму (треугольник-круг; круг-треугольник) (Рисунок 1А). Временные интервалы смены фигуры составляли 2 с, 5 с или 8 с в квазислучайном порядке, общее количество смен в серии равно 18.

В тренировочном условии (этап 2) участник находился в центре того же барабана, имитировавшего помещение цилиндрической формы. Для повышения предметности восприятия пол и потолок были размечены черно-белыми секторами, на полу на периферии поля зрения участника располагались несколько небольших виртуальных предметов мебели (Рисунок 1В, С). В каждой пробе слева или справа от участника на стене появлялась красная вертикальная полоса — углы ее отклонения от центральной позиции «прямо напротив участника» лежали в диапазоне от 15 и 80 угловых градусов в каждую сторону.

ПРОЦЕДУРА

Процедура эмпирического исследования предполагала проведение нескольких сессий с каждым участником для формирования у него определенного двигательного навыка в VR, а также предварительный и контрольный замеры. Каждый участник проходил три этапа исследования, с интервалом между сессиями в 1 день:

1. Пре-тест (пассивное условие): участник должен как можно быстрее реагировать на смену фигуры, предъявлявшейся прямо перед ним на фоне вращающейся стены оптокинетического барабана. С каждым участником проводилось три серии, разделенные 2-минутным перерывом. До начала эксперимента и по окончании каждой серии вращения с помощью вышеперечисленных методик оценивался уровень выраженности симуляторного расстройства.

2. Тренировочный этап (три дня тренировок с интервалом в 1 день) различался для двух групп по типу выполняемой задачи:

Группа 1, условно названная группой «уровня С», выполняла задачу собственного виртуального вращения в пространстве (ведущий уровень выполнения движения — уровень пространственного поля). Участник держал контроллер в руке прямо перед собой. При появлении красной полосы на стене он должен был, не выполняя реального движения телом, только с помощью кнопок контроллера за одно нажатие кнопки повернуться к красной линии так, чтобы указать на нее лучом контроллера как можно точнее.

Группа 2, условно названная группой «уровня D», выполняла задачу прокрутки контроллером стены барабана (ведущий уровень выполнения движения — уровень предметного действия). Участник держал контроллер в руке прямо перед собой. При появлении красной полосы на стене участник должен был с помощью кнопок контроллера за одно движение прокрутить барабан так, чтобы красная полоса оказалась прямо напротив указателя контроллера.

Отметим, что собственно физические движения пальцами руки были однотипными и зрительная обратная связь также была сходной (но разнонаправленной), за исключением смещения секторов потолка, пола и предметов мебели при повороте тела на небольшом участке периферии поля зрения в группе «уровня С» и их сенсорной стабильности при вращении стены барабана в группе «уровня D». В каждый тренировочный день выполнялось три серии по 20 проб каждая, разделенные 2-минутными перерывами. До начала эксперимента и по окончании каждой серии вращения оценивался уровень выраженности симуляторного расстройства.

3. Пост-тест включал в себя три условия для обеих групп участников (замеры проводились с интервалом в один день и повторяли вышеописанные процедуры):

- тестовое условие с задачей уровня пространственного поля;
- тестовое условие с задачей уровня предметного действия;
- пассивное наблюдение движущейся стимуляции, реагирование на смену фигуры.

До начала выполнения каждой задачи и по окончании каждой серии вращения тем же набором методик, что и на предыдущих этапах, оценивался уровень выраженности симуляторного расстройства.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Пре-тест

MANOVA показывает, что замеры времени реакции на смену фигуры в разных сериях пре-тестового условия эксперимента значимо различаются ($F(2) = 46,209$, $p = 0,001$). Также выявлено влияние фактора серии на показатели частоты сердцебиения, психомоторной активности, скорости мыслительных операций участников, субъективной оценки интенсивности переживания симуляторного расстройства и на балл опросника «Симуляторные расстройства» (Таблица 1).

Таблица 1

Показатели выраженности симуляторного расстройства в пре-тесте и результаты их сравнения с использованием MANOVA

Показатель	До теста М (SD)	После 1 серии М (SD)	После 2 серии М (SD)	После 3 серии М (SD)	df	F	p
ЧСС	63,950 (3,676)	67,081 (4,055)	70,033 (4,921)	76,001 (6,086)	3	57,224	0,001
Теппинг-тест	59,285 (6,040)	58,455 (6,384)	56,538 (6,760)	54,334 (8,603)	3	5,102	0,002
Обратный счет с вычитанием	12,501 (4,577)	12,055 (3,128)	10,089 (4,090)	8,750 (3,882)	3	11,612	0,001
Опросник «Симуляторные расстройства»	-	-	-	626,533 (345,225)	-	-	-
Оценка интенсивности переживания СР	-	-	-	6,750 (1,498)	-	-	-

Table 1

Indicators of simulator sickness severity in the pre-test and the results of comparison using MANOVA

Indicator	Pre-test M (SD)	After 1st series M (SD)	After 2nd series M (SD)	After 3rd series M (SD)	df	F	p
HR	63.950 (3.676)	67.081 (4.055)	70.033 (4.921)	76.001 (6.086)	3	57.224	0.001
Tapping test	59.285 (6.040)	58.455 (6.384)	56.538 (6.760)	54.334 (8.603)	3	5.102	0.002
Reverse counting with subtraction	12.501 (4.577)	12.055 (3.128)	10.089 (4.090)	8.750 (3.882)	3	11.612	0.001
Simulator Sickness Questionnaire	-	-	-	626.533 (345.225)	-	-	-
Assessment of the intensity of SS experience	-	-	-	6.750 (1.498)	-	-	-

Тренировочный этап

На начальном этапе тренировочной сессии участники группы «уровня С» испытывали более выраженные проявления симуляторного расстройства, чем участники группы «уровня D». Анализ данных общего балла опросника «Симуляторные расстройства» и субъективной оценки интенсивности переживания симуляторного расстройства с использованием MANOVA выявил значимые различия между группами в первый день ($F(1) = 24,229$, $p = 0,001$ для опросника; $F(1) = 7,277$, $p = 0,001$ для субъективной оценки) и во второй день ($F(1) = 11,464$, $p = 0,003$ для опросника; $F(1) = 4,987$, $p = 0,004$ для субъективной оценки) тренировочного условия. В третий день результаты двух групп по опроснику «Симуляторные расстройства» ($F(1) = 0,844$, $p = 0,370$) и субъективной оценки ($F(1) = 0,121$, $p = 0,731$) значимо не различались (Рисунок 2).

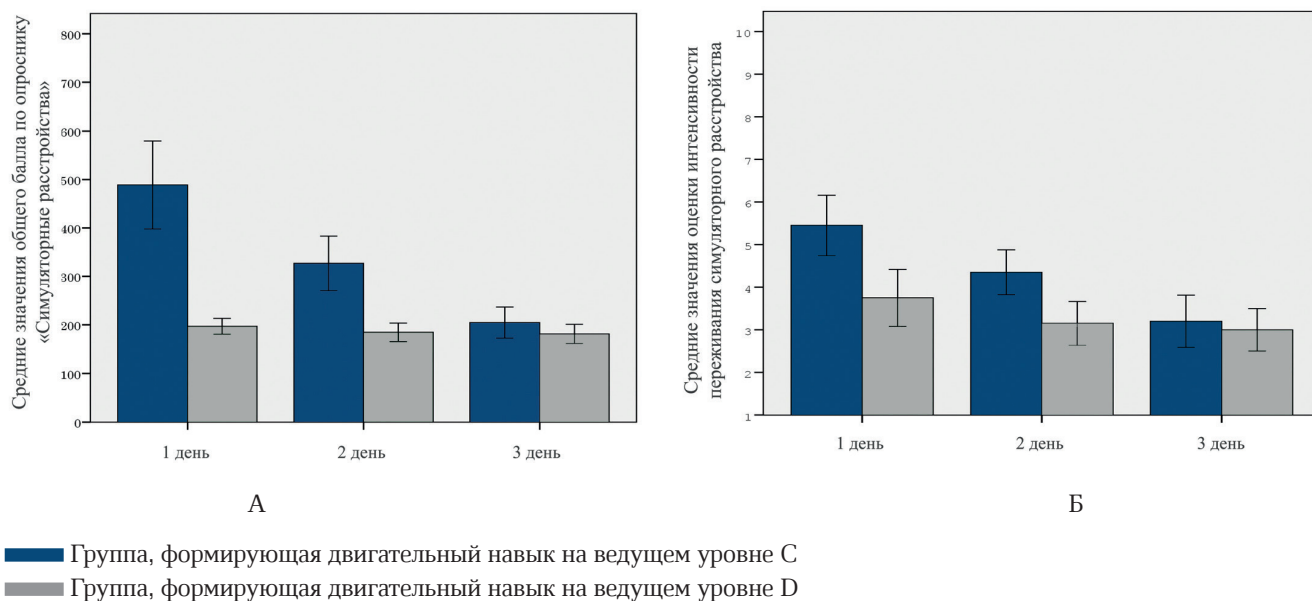


Рисунок 2

Среднее значение общего балла опросника «Симуляторные расстройства» (А) и оценки интенсивности переживания симуляторного расстройства (Б) в тренировочном условии

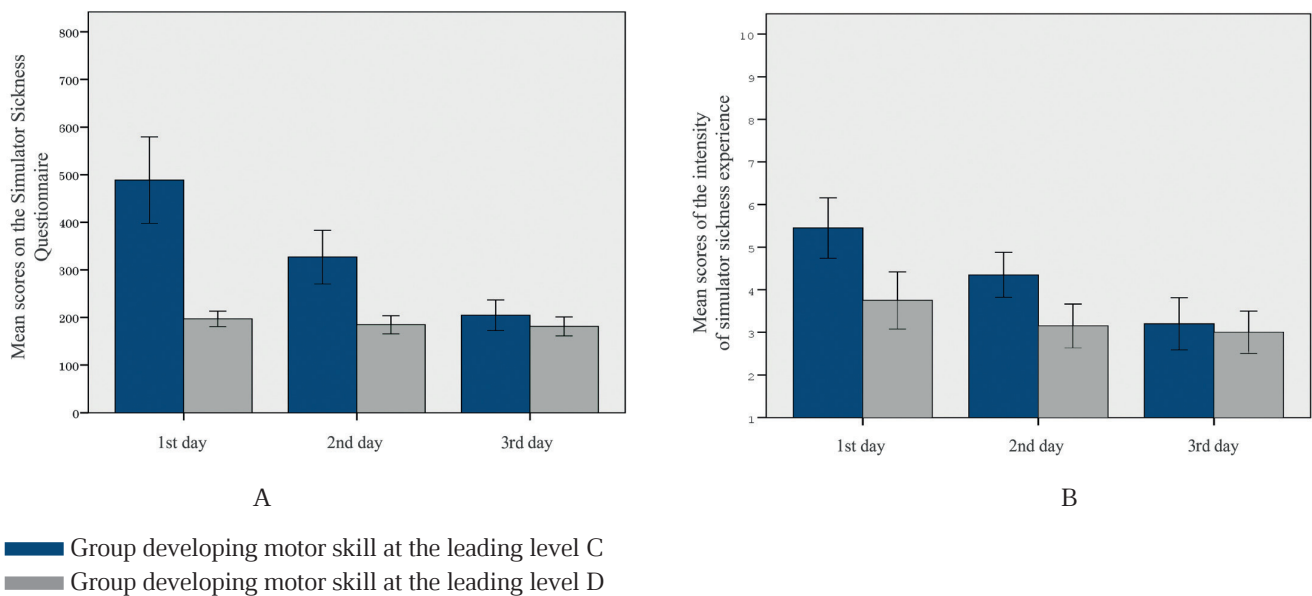
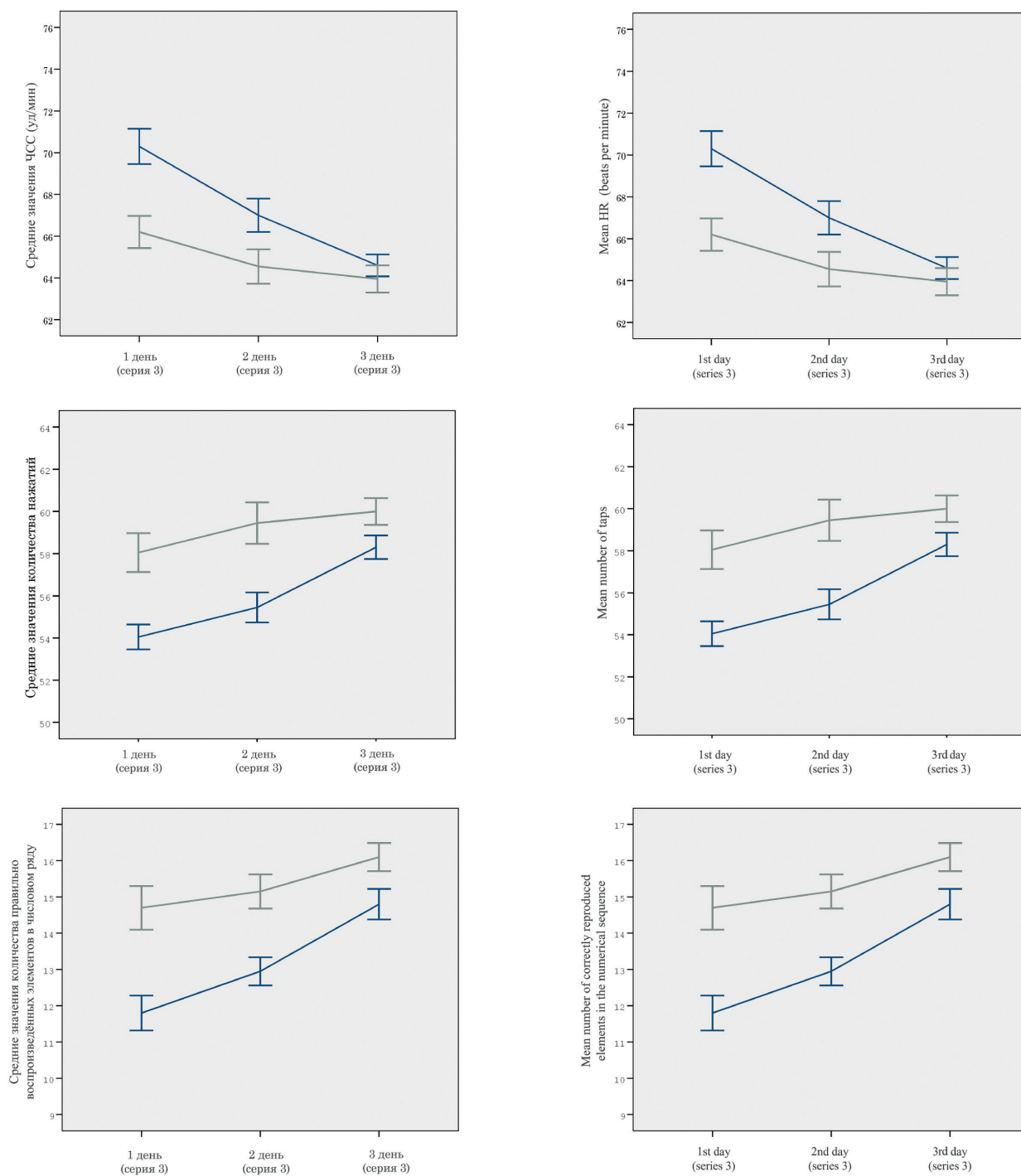


Figure 2

Mean score on the Simulator Sickness Questionnaire (A) and the intensity of simulator sickness experience (B) in the training condition

MANOVA выявил статистически значимое влияние тренировочного условия и фактора тренировочного дня, а также их взаимодействия на три показателя, полученные после третьей серии упражнений в каждый тренировочный день: частоту сердцебиения, показатели психомоторной активности (количество нажатий в теплинг-тесте) и скорости мыслительных операций (количество правильно названных чисел в задаче на обратный счет) (Рисунок 3).



■ Группа, формирующая двигательный навык на ведущем уровне С
 ■ Группа, формирующая двигательный навык на ведущем уровне D

Рисунок 3

Показатели частоты сердцебиения, психомоторной активности, скорости мыслительных операций в двух группах после третьих серий упражнений в каждый день тренировочного этапа

■ Group developing motor skill at the leading level C
 ■ Group developing motor skill at the leading level D

Figure 3

Heart rate, psychomotor activity, and speed of cognitive operations in two groups day after the third series of exercises on each day of the training phase

При анализе частоты сердцебиения влияние тренировочного условия ($F(1) = 42,713$, $p = 0,001$), фактора тренировочного дня ($F(2) = 34,465$, $p = 0,011$) и их взаимодействия ($F(2) = 5,019$, $p = 0,005$) статистически значимо. В первый ($F(1) = 35,927$, $p = 0,001$) и во второй ($F(1) = 16,183$, $p = 0,011$) тренировочный день между группами есть различия по ЧСС. При этом показатели частоты сердцебиения у группы «уровня С» больше, чем у группы «уровня D». В третий день результаты двух групп не имеют значимых различий ($F(1) = 1,013$, $p = 0,327$). Анализ данных теппинг-теста выявил значимое влияние факторов тренировочного условия ($F(1) = 20,290$, $p = 0,001$), дня замера ($F(2) = 8,084$, $p = 0,001$) и их взаимодействия ($F(2) = 3,480$, $p = 0,016$). Показатели психомоторной активности между двумя группами в первый ($F(1) = 4,927$, $p = 0,001$) и во второй ($F(1) = 7,005$, $p = 0,006$) тренировочные дни значимо различаются. При этом количество нажатий у группы «уровня D» больше, чем у группы «уровня С». В третий день результаты двух групп не различаются ($F(1) = 1,555$, $p = 0,228$). Результаты замеров скорости мыслительных операций (обратный счет) между двумя группами в первый ($F(1) = 5,207$, $p = 0,014$) и во второй ($F(1) = 6,066$, $p = 0,022$) тренировочный день значимо различаются. При этом количество правильно воспроизведенных элементов в числовой последовательности у группы «уровня С» ниже, чем у группы «уровня D». В третий день результаты двух групп не имеют значимых различий ($F(1) = 2,719$, $p = 0,116$).

Пост-тест

Для оценки выраженности симуляторного расстройства после окончания тренировочного этапа были проанализированы показатели третьих серий тестового условия двух групп в каждом типе задач — при пассивном наблюдении, при осуществлении собственного поворота и при прокручивании стены оптокинетического барабана (Таблица 2).

Таблица 2

Показатели выраженности симуляторного расстройства в пост-тестовых задачах и результаты их сравнения между группами с использованием MANOVA

Показатель	Пассивное наблюдение М (SD)			Пространственная задача тестового условия М (SD)			Предметная задача тестового условия М (SD)		
	Группа «уровень С»	Группа «уровень D»	Р	Группа «уровень С»	Группа «уровень D»	Р	Группа «уровень С»	Группа «уровень D»	Р
Реакция на стимул / Отклонение от стимула	0,646 (0,223)	0,895 (0,348)	0,001	17,091 (5,005)	34,827 (5,120)	0,001	17,211 (4,981)	16,693 (5,950)	0,713
ЧСС	67,600 (2,945)	71,650 (5,985)	0,001	65,001 (3,301)	73,650 (4,880)	0,001	65,750 (1,970)	65,350 (2,560)	0,562
Теппинг-тест	56,030 (5,875)	48,310 (7,644)	0,001	61,450 (8,260)	54,701 (5,490)	0,001	60,850 (7,310)	61,100 (8,250)	0,931
Обратный счет с вычитанием	13,200 (3,994)	10,840 (3,334)	0,001	15,070 (3,860)	12,001 (3,020)	0,003	13,750 (3,500)	14,806 (3,910)	0,356
Опросник «Симуляторные расстройства»	145,923 (76,296)	307,665 (105,436)	0,001	149,095 (55,960)	259,021 (66,720)	0,001	155,320 (50,920)	146,124 (41,440)	0,657
Оценка интенсивности переживания СР	3,650 (1,631)	6,450 (1,503)	0,001	3,128 (1,800)	5,001 (2,220)	0,002	3,393 (1,450)	3,145 (1,420)	0,735

Исходя из полученных результатов тестового условия, можно сделать вывод, что и в условиях пассивного наблюдения, и в задаче на собственное вращение (ведущий уровень построения движения — уровень пространственного поля С) симуляторное расстройство меньше выражено у группы, формировавшей движение на уровне С, чем у группы, формировавшей движение на уровне D. При этом в задаче управления движением стены барабана (ведущий уровень построения движения — уровень предметного действия D) выраженность симуляторного расстройства не различалась у двух групп.

Table 2

Indicators of simulator sickness severity in post-test tasks and the results of their comparison between groups using MANOVA

Indicator	Passive Observation M (SD)			Spatial Task of the Test Condition M (SD)			Object Task of the Test Condition M (SD)		
	Group “level C”	Group “level D”	P	Group “level C”	Group “level D”	P	Group “level C”	Group “level D”	P
Response to stimulus / Deviation from stimulus	0.646 (0.223)	0.895 (0.348)	0.001	17.091 (5.005)	34.827 (5.120)	0.001	17.211 (4.981)	16.693 (5.950)	0.713
HR	67.600 (2.945)	71.650 (5.985)	0.001	65.001 (3.301)	73.650 (4.880)	0.001	65.750 (1.970)	65.350 (2.560)	0.562
Tapping test	56.030 (5.875)	48.310 (7.644)	0.001	61.450 (8.260)	54.701 (5.490)	0.001	60.850 (7.310)	61.100 (8.250)	0.931
Reverse counting with subtraction	13.200 (3.994)	10.840 (3.334)	0.001	15.070 (3.860)	12.001 (3.020)	0.003	13.750 (3.500)	14.806 (3.910)	0.356
Simulator Sickness Questionnaire	145.923 (76.296)	307.665 (105.436)	0.001	149.095 (55.960)	259.021 (66.720)	0.001	155.320 (50.920)	146.124 (41.440)	0.657
Assessment of the intensity of SS experience	3.650 (1.631)	6.450 (1.503)	0.001	3.128 (1.800)	5.001 (2.220)	0.002	3.393 (1.450)	3.145 (1.420)	0.735

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты оценки выраженности СР, а также не включенные в данную публикацию результаты замеров точности выполнения движений показывают, что система виртуальной реальности HTC Vive Pro Eye и разработанное программное обеспечение позволили инспирировать симуляторное расстройство у всех участников эксперимента, то есть результаты исследования валидны.

Пассивное наблюдение вращающейся стимуляции в пре-тестовом условии приводило к увеличению показателей частоты сердцебиения, времени реакции на стимул, к ухудшению психомоторной активности и скорости мыслительных операций участников, а также к высоким показателям субъективной оценки интенсивности переживания данного расстройства и баллам опросника «Симуляторные расстройства». Полученные результаты соответствуют данным зарубежных исследований о влиянии симуляторного расстройства на изменение физиологических, психомоторных и когнитивных процессов (Lambrey et al., 2002; Riecke et al., 2009 и др.).

Сравнение показателей выраженности СР при выполнении группами задач разного типа на начальном этапе тренировочной серии и анализ их динамики в ходе тренировок позволяет утверждать следующее. Во-первых, как мы и предполагали, задача на собственное вращение провоцирует значительно более выраженное симуляторное расстройство, чем задача на управление вращением стены барабана. То есть одни и те же сенсорные данные от разных модальностей вызывают неприятные ощущения в зависимости от типа выполняемого действия, что согласуется с результатами наших предыдущих исследований (Rakhimova et al., 2021). Во-вторых, формирование навыка выполнения поворотов собственного тела с помощью контроллера привело к значительной позитивной динамике показателей СР, что в целом позволяет принять нашу гипотезу: возможность прогнозирования сенсорных последствий моторного действия на уровне пространственного поля снижает выраженность СР, поскольку рассогласование между формируемым на основе нового опыта прогнозом и текущей сенсорной информацией отсутствует. В-третьих, как показала контрольная серия испытаний после тренировочного этапа, у участников, тренировавших движение управления предметом (поворотом стены), в задаче на собственное вращение негативная симптоматика резко выражена, в то время как у участников другой группы она отсутствует в обеих задачах. Более того, в пассивном условии, провоцирующем иллюзию собственного вращения, симптомы СР также значительно сильнее проявляются у группы «уровня D». То есть для группы, которая научилась выполнять нетипичные для реальных условий собственные движения, конфликтная сенсорная информация приводит к значимо более слабому развитию укачивания.

Объяснение полученных результатов возможно с позиций теории уровней построения движения (Бернштейн, 1990). У участников группы «уровня D» не сформирована необходимая модель движения и подходящие ей коррекции. Согласно Н.А. Бернштейну,

переключение ведущего уровня уже выработанного навыка — всегда трудно дающийся и болезненно протекающий процесс, который у участников этой группы в задаче на уровень пространственного поля сопровождался нарастанием негативных ощущений, характерных для СР. В то же время, успешное решение предметной задачи участниками группы «уровня С» можно объяснить сформированностью адекватной модели движения и использования ранее выработанных суррогатных коррекций на фоновом уровне С.

Таким образом, сформированность пространственного уровня выступает как фон для действий предметного уровня — обеспечивает меткость отдельных вспомогательных движений в качестве технических предпосылок выполнения предметного действия.

Полученные результаты позволяют увидеть ограниченность теории сенсорного конфликта (Reason, 1978) как объяснительного принципа возникновения симуляторного расстройства, основанного только на сопоставлении афферентации разных модальностей без учета активности у характера действий наблюдателя. Рассмотрение симуляторного расстройства через призму механизмов организации движения вносит вклад в объяснение формирования данного явления, дополняет и меняет теоретические представления об идее сенсорного конфликта как причине его возникновения.

Конечно, следует отметить, что некоторое ограничение накладывает тот факт, что нам не удалось создать абсолютно идентичную визуальную стимуляцию двум группам. В предварительной серии первый вариант оптокинетического барабана для тренировок выглядел так же, как в тестовом условии пассивного наблюдения — черный пол и потолок, отсутствие предметов мебели. Однако при тестировании программного обеспечения стало понятно, что исключительно вербальная инструкция не позволяет участнику воспринимать поворот стены именно как управление движением объекта — иллюзия собственного вращения (зрительная кинестезия, по Дж. Гибсону (Гибсон, 1988)) в этих условиях слишком сильна. Добавление на дальнюю периферию сцены небольшого числа элементов, позволяющих придать предметность виртуальной среде, стабилизировало восприятие того или иного типа движения, однако привело к некоторой неравноценности тренировочных условий, что, на наш взгляд, вряд ли могло существенно повлиять на результаты.

ВЫВОДЫ

В ходе проведенного исследования были выявлены некоторые ограничения существующих объяснений механизмов формирования симуляторного расстройства. Показана перспективность анализа данного явления с учетом активности субъекта в построении перцептивного образа окружающей среды и собственного движения в ней, и существенной роли механизмов организации движения в этом процессе. Результаты исследования позволяют принять гипотезу о том, что интенсивность выраженности симуляторного расстройства связана с ведущим уровнем построения двигательного навыка в виртуальной реальности. При этом сформированность движения на уровне пространственного поля обуславливает меньшую выраженность симуляторного расстройства при выполнении двигательных задач в виртуальной реальности.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Результаты, полученные в исследовании, могут быть использованы как основа для проектирования качественных мультимодальных и многопользовательских компьютерных программ и систем виртуальной реальности, а также разработки тренировочных материалов, позволяющих снизить выраженность СР у пользователей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бернштейн, Н.А. (1990). Физиология движений и активность. Москва: Изд-во «Наука».
- Бернштейн, Н.А. (1997). Биомеханика и физиология движений. Москва: Изд-во Московского психолого-социального института; Воронеж: Изд-во «МОДЭК».
- Войскунский, А.Е., Смылова, О.В. (2020). Киберзаболевание в системах виртуальной реальности: ключевые факторы и сенсорная интеграция. *Психологический журнал*, 41(1), 56–64.
- Гибсон, Дж. (1988). Экологический подход к зрительному восприятию. Москва: Прогресс.
- Гневашев, Ю.В., Горшков, К.С., Коновалов, Г.А., Ловлин, С.Ю., Посохов, Д.А., Цветкова, М.Х. (2022). Влияние способов управления в системах виртуальной реальности на возникновение симптомов локомоционной болезни. *Известия высших учебных заведений. Приборостроение*, 65(5), 357–371.
- Ковалёв, А.И., Клименко, В.А. (2018). Взаимосвязь иллюзии движения собственного тела и киберрасстройства в системах виртуальной реальности. *Синергия наук*, (28), 509–525.
- Меньшикова, Г.Я., Ковалёв, А.И. (2015). Векция в виртуальных средах: психологические и психофизиологические механизмы формирования. *Национальный психологический журнал*, 10(4), 91–104.
- Смирнов, С.Д. (2016). Прогностическая направленность образа мира как основа динамического контроля неопределенности. *Психологический журнал*, 37(5), 5–13.
- Смылова, О.В., Войскунский, А.Е. (2019). Киберзаболевание в системах виртуальной реальности: феноменология и методы измерения. *Психологический журнал*, 40(4), 85–94.
- Фаликман, М.В. (2021). Принцип предсказывающего кодирования в современных когнитивных исследованиях. *Вопросы психологии*, 67(3), 3–23.

- Aldaba, C.N., Moussavi, Z. (2020). Effects of virtual reality technology locomotive multi-sensory motion stimuli on a user simulator sickness and controller intuitiveness during a navigation task. *Medical & Biological Engineering & Computing*, (58), 143–154.
- Almallah, M., Hussain, Q., Reinolsmann, N., Alhajyaseen, W.K. (2021). Driving simulation sickness and the sense of presence: Correlation and contributing factors. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, (78), 180–193.
- Colehour, J.K., Graybiel, A. (1966). Biochemical changes occurring with adaptation to accelerative forces during rotation. Joint Report No. NAMI-959. Pensacola: NASNUS. Naval Aerospace Institute Publ.
- Davis, S., Nesbitt, K., Nalivaiko, E. (2015). Comparing the onset of cybersickness using the Oculus Rift and two virtual roller coasters. In Proceedings of the 11th Australasian Conference on Interactive Entertainment (IE 2015). (pp. 3–14). Sydney: Australian Computing Society Publ.
- de Winkel, K.N., Talsma, T.M., Happee, R. (2022). A meta-analysis of simulator sickness as a function of simulator fidelity. *Experimental Brain Research*, 240(12), 3089–3105. <https://doi.org/10.1007/s00221-022-06485-6>
- Ebenholtz, S.M., Cohen, M.M., Linder, B.J. (1994). The possible role of nystagmus in motion sickness: a hypothesis. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 65(11), 1032–1035.
- Grassini, S., Laumann, K., Luzi, A.K. (2021). Association of individual factors with simulator sickness and sense of presence in virtual reality mediated by head-mounted displays (hmds). *Multimodal Technologies and Interaction*, 5(3), 7. <https://doi.org/10.3390/mti5030007>
- Hohwy, J. (2013). *The predictive mind*. Oxford: Oxford Univ. Press.
- Irwin, J.A. (1881). The Pathology of Sea-sickness. *The Lancet*, 118(3039), 907–909.
- Kennedy, R.S., Lane, N.E., Kevin, S., Berbaum, K.S., Lillenthal, M.G. (1993). Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. *The International Journal of Aviation Psychology*, 3(3), 203–220.
- Keshavarz, B., Speck, S., Haycock, B., Berti, S. (2017). Effect of different display types on vection and its interaction with motion direction and field dependence. *i-Perception*, 8(3), 2041669517707768.
- Kolasinski, E. (1995). Simulator Sickness in Virtual Environment. *U.S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences*, 4(1027).
- Kuiper, O.X., Bos, J.E., Diels, C., Schmidt, E.A. (2020). Knowing what's coming: Anticipatory audio cues can mitigate motion sickness. *Applied Ergonomics*, (85), 1–6.
- Lambrey, S., Viaud-Delmonb, I., Berthoz, A. (2002). Influence of a sensorimotor conflict on the memorization of a path traveled in virtual reality. *Cognitive Brain Research*, 14(1), 177–186.
- LaViola Jr, J.J. (2000). A discussion of cybersickness in virtual environments. *ACM Sigchi Bulletin*, 32(1), 47–56.
- Nesbitt, K., Davis, S., Blackmore, K., Nalivaiko, E. (2017). Correlating reaction time and nausea measures with traditional measures of cybersickness. *Displays*, (48), 1–8.
- Ng, A.K., Chan, L.K., Lau, H.Y. (2020). A study of cybersickness and sensory conflict theory using a motion-coupled virtual reality system. *Displays*, (61), 101922.
- Menshikova, G., Kovalev, A., Klimova, O., Barabanshchikova, V. (2017). The application of virtual reality technology to test the motion sickness resistance. *Psychology in Russia: State of the Art*, 10(3), 151–164.
- Palmisano, S., Summersby, S., Davies, R.G., Kim, J. (2016). Stereoscopic advantages for vection induced by radial, circular, and spiral optic flows. *Journal of Vision*, 16(14), 7–7.
- Rakhimova, A., Luniakova, E., Validov, M., Kovalev, A. (2021). “Control” vs “detection” tasks effect on the severity of simulator sickness. *Psychophysiology*, 58(S1), S66.
- Reason, J.T. (1978). Motion sickness adaptation: a neural mismatch model. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 71(11), 819–829.
- Riccio, G.E., Stoffregen, T.A. (1991). An ecological theory of motion sickness and postural instability. *Ecological Psychology*, 3(3), 195–240.
- Riecke, L., Esposito, F., Bonte, M., Formisano, E. (2009). Hearing illusory sounds in noise: the timing of sensory-perceptual transformations in auditory cortex. *Neuron*, 64(4), 550–561.
- Smyth, J., Birrell, S., Mouzakitis, A., Jennings, P. (2019). Motion sickness and human performance — exploring the impact of driving simulator user trials. In Advances in Human Aspects of Transportation: Proceedings of the AHFE 2018 International Conference on Human Factors in Transportation, July 21–25, 2018, Loews Sapphire Falls Resort at Universal Studios. (pp. 445–457). Orlando: Springer International Publ.
- Treisman, M. (1977). Motion sickness: an evolutionary hypothesis. *Science*, 197(4302), 493–495.

REFERENCES

- Aldaba, C.N., Moussavi, Z. (2020). Effects of virtual reality technology locomotive multi-sensory motion stimuli on a user simulator sickness and controller intuitiveness during a navigation task. *Medical & Biological Engineering & Computing*, (58), 143–154.
- Almallah, M., Hussain, Q., Reinolsmann, N., Alhajyaseen, W.K. (2021). Driving simulation sickness and the sense of presence: Correlation and contributing factors. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, (78), 180–193.
- Bernstein, N.A. (1990). *Physiology of Movements and Activity*. Moscow: Nauka Publ. (In Russ.)
- Bernstein, N.A. (1997). *Biomechanics and Physiology of Movements*. Moscow: Moscow Psychological and Social Institute Publ.; Voronezh: MODEK Publ. (In Russ.)
- Colehour, J.K., Graybiel, A. (1966). Biochemical changes occurring with adaptation to accelerative forces during rotation. Joint Report No. NAMI-959. Pensacola: NASNUS. Naval Aerospace Institute Publ.
- Davis, S., Nesbitt, K., Nalivaiko, E. (2015). Comparing the onset of cybersickness using the Oculus Rift and two virtual roller coasters. In Proceedings of the 11th Australasian Conference on Interactive Entertainment (IE 2015). (pp. 3–14). Sydney: Australian Computing Society Publ.
- de Winkel, K.N., Talsma, T.M., Happee, R. (2022). A meta-analysis of simulator sickness as a function of simulator fidelity. *Experimental Brain Research*, 240(12), 3089–3105. <https://doi.org/10.1007/s00221-022-06485-6>
- Ebenholtz, S.M., Cohen, M.M., Linder, B.J. (1994). The possible role of nystagmus in motion sickness: a hypothesis. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 65(11), 1032–1035.
- Falikman, M.V. (2021). The Principle of Predictive Coding in Contemporary Cognitive Research. *Voprosy psikhologii*, 67(3), 3–23. (In Russ.)
- Gibson, J. (1988). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Moscow: Progress Publ. (In Russ.)
- Gnevashchev, Y.V., Gorshkov, K.S., Konovalov, G.A., Lovlin, S.Yu., Posokhov, D.A., Tsvetkova, M.Kh. (2022). The Impact of Control Methods in Virtual Reality Systems on the Development of Symptoms of Motion Sickness. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Priborostroenie = Journal of Higher Educational Institutions. Instrument Engineering*, 65(5), 357–371. (In Russ.)

- Grassini, S., Laumann, K., Luzi, A.K. (2021). Association of individual factors with simulator sickness and sense of presence in virtual reality mediated by head-mounted displays (hmds). *Multimodal Technologies and Interaction*, 5(3), 7. <https://doi.org/10.3390/mti5030007>
- Hohwy, J. (2013). *The predictive mind*. Oxford: Oxford Univ. Press.
- Irwin, J.A. (1881). The Pathology of Sea-sickness. *The Lancet*, 118(3039), 907–909.
- Kennedy, R.S., Lane, N.E., Kevin, S., Berbaum, K.S., Lilienthal, M.G. (1993). Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. *The International Journal of Aviation Psychology*, 3(3), 203–220.
- Keshavarz, B., Speck, S., Haycock, B., Berti, S. (2017). Effect of different display types on vection and its interaction with motion direction and field dependence. *i-Perception*, 8(3), 2041669517707768.
- Kolasinski, E. (1995). Simulator Sickness in Virtual Environment. *U.S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences*, 4(1027).
- Kovalev, A.I., Klimenko, V.A. (2018). The Relationship Between the Illusion of Self-Body Movement and Cyber-disorders in Virtual Reality Systems. *Sinergiya nauk = Synergy of Sciences*, (28), 509–525. (In Russ.)
- Kuiper, O.X., Bos, J.E., Diels, C., Schmidt, E.A. (2020). Knowing what's coming: Anticipatory audio cues can mitigate motion sickness. *Applied Ergonomics*, (85), 1–6.
- Lambrey, S., Viaud-Delmonb, I., Berthoz, A. (2002). Influence of a sensorimotor conflict on the memorization of a path traveled in virtual reality. *Cognitive Brain Research*, 14(1), 177–186.
- LaViola Jr, J.J. (2000). A discussion of cybersickness in virtual environments. *ACM Sigchi Bulletin*, 32(1), 47–56.
- Menshikova, G., Kovalev, A., Klimova, O., Barabanshchikova, V. (2017). The application of virtual reality technology to test the motion sickness resistance. *Psychology in Russia: State of the Art*, 10(3), 151–164.
- Menshikova, G.Y., Kovalev, A.I. (2015). Vection in Virtual Environments: Psychological and Psychophysiological Mechanisms of Formation. *National Psychological Journal*, 10(4), 91–104. (In Russ.)
- Nesbitt, K., Davis, S., Blackmore, K., Nalivaiko, E. (2017). Correlating reaction time and nausea measures with traditional measures of cybersickness. *Displays*, (48), 1–8.
- Ng, A.K., Chan, L.K., Lau, H.Y. (2020). A study of cybersickness and sensory conflict theory using a motion-coupled virtual reality system. *Displays*, (61), 101922.
- Palmisano, S., Summersby, S., Davies, R.G., Kim, J. (2016). Stereoscopic advantages for vection induced by radial, circular, and spiral optic flows. *Journal of Vision*, 16(14), 7–7.
- Rakhimova, A., Luniakova, E., Validov, M., Kovalev, A. (2021). “Control” vs “detection” tasks effect on the severity of simulator sickness. *Psychophysiology*, 58(S1), S66.
- Reason, J.T. (1978). Motion sickness adaptation: a neural mismatch model. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 71(11), 819–829.
- Riccio, G.E., Stoffregen, T.A. (1991). An ecological theory of motion sickness and postural instability. *Ecological Psychology*, 3(3), 195–240.
- Riecke, L., Esposito, F., Bonte, M., Formisano, E. (2009). Hearing illusory sounds in noise: the timing of sensory-perceptual transformations in auditory cortex. *Neuron*, 64(4), 550–561.
- Smimov, S.D. (2016). The Prognostic Orientation of the World Image as the Basis for Dynamic Uncertainty Control. *Psichologicheskij zhurnal = Psychological Journal*, 37(5), 5–13. (In Russ.)
- Smyslova, O.V., Voiskunsky, A.E. (2019). Cyber-sickness in Virtual Reality Systems: Phenomenology and Measurement Methods. *Psichologicheskij zhurnal = Psychological Journal*, 40(4), 85–94. (In Russ.)
- Smyth, J., Birrell, S., Mouzakitis, A., Jennings, P. (2019). Motion sickness and human performance — exploring the impact of driving simulator user trials. In *Advances in Human Aspects of Transportation: Proceedings of the AHFE 2018 International Conference on Human Factors in Transportation, July 21–25, 2018, Loews Sapphire Falls Resort at Universal Studios*. (pp. 445–457). Orlando: Springer International Publ.
- Treisman, M. (1977). Motion sickness: an evolutionary hypothesis. *Science*, 197(4302), 493–495.
- Voiskunsky, A.E., Smyslova, O.V. (2020). Cyber-sickness in Virtual Reality Systems: Key Factors and Sensory Integration. *Psichologicheskij zhurnal = Psychological Journal*, 41(1), 56–64. (In Russ.)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / ABOUT THE AUTHORS



**Елизавета Геннадьевна
Лунякова**

Elizaveta G. Luniakova

Кандидат психологических наук, старший научный сотрудник лаборатории «Восприятие» факультета психологии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация, eglun@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4300-818X>

Cand. Sci. (Psychology), Senior Researcher at the Laboratory of Perception, Faculty of Psychology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation, eglun@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4300-818X>



**Арина Руслановна
Рахимова**

Arina R. Rakhimova

Главный специалист отдела бизнес-анализа департамента по разработке ЕМИС ООО Единого интегратора по созданию и поддержке государственных информационных систем UZINFOCOM, Ташкент, Республика Узбекистан, arisharahimova@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-1143-9325>

Senior Specialist, Business Analysis Department, LLC UZINFOCOM (Single Integrator for the Creation and Support of State Information Systems), Tashkent, Republic of Uzbekistan, arisharahimova@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-1143-9325>



**Мargarита Дмитриевна
Белоусова**

Margarita D. Belousova

Младший научный сотрудник лаборатории Математического обеспечения имитационных динамических систем кафедры прикладной механики и управления механико-математического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация, bmargaretd@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3535-5752>

Junior Researcher, Laboratory of Mathematical Support for Simulation Dynamic Systems, Department of Applied Mechanics and Control, Faculty of Mechanics and Mathematics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation, bmargaretd@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3535-5752>

Поступила: 23.11.2024; получена после доработки:
19.12.2024; принята в печать: 26.12.2024.

Received: 23.11.2024; revised:
19.12.2024; accepted: 26.12.2024.