

Адрес статьи / To link this article: <http://cat.itmo.ru/ru/2024/v9-i1/468>

## Исследование воздействия кратковременного предварительного погружения в VR-среду на проявление симптомов VR sickness для людей с мигренью и с предрасположенностью к укачиванию

А. В. Чулкова, А. А. Смолин

Университет ИТМО, Россия

[smolin@itmo.ru](mailto:smolin@itmo.ru)

**Аннотация.** Исследовалось влияние кратковременного погружения в VR-среду с раздражителями, способным вызвать VR sickness, за некоторое время до основного сеанса на продолжительность этого сеанса и на самочувствие пользователей после игры в VR. 17 респондентов проходили два сеанса в VR: один — с 5-минутным погружением в VR-среду с раздражителями за 5 минут до основной игры, другой — без предварительного погружения. Самочувствие респондентов после игры в VR измерялось путем вычитания балла SSQ до начала эксперимента из балла SSQ после основного сеанса. Влияние предварительного погружения в VR-среду с раздражителями на длительность основного сеанса оказалось статистически незначимым на уровне  $\alpha = 1,25\%$  ( $Z = -4,824$ ,  $p\text{-value} = 0,629$ , ДИ 42,31–69,15%). Влияние предварительного погружения в VR-среду с раздражителями на проявление симптомов VR sickness оказалось статистически незначимым на уровне  $\alpha = 1,25\%$  ( $Z = -3,44$ ,  $p\text{-value} = 1$ , ДИ 48,43–76,48%). Помимо этого изучалось наличие корреляции между степенью проявления симптомов VR sickness и наличием мигрени, а также предрасположенностью к укачиванию. Корреляции оказались статистически незначимыми на уровне  $\alpha = 1,25\%$ .

**Ключевые слова:** VR sickness, VR, укачивание, мигрень

### 1. Обзор проблематики

Под виртуальной реальностью понимается созданное техническими средствами окружение, которое человек воспринимает своими органами чувств, и с которым он может взаимодействовать при помощи специальных устройств. Виртуальная реальность позволяет пользователю очутиться в совершенно ином мире, испытать новые эмоции, побывать в ином окружении, поместить себя в различные ситуации. Однако данная технология имеет ряд недостатков, препятствующих ее использованию некоторыми людьми. Одним из таких недостатков является VR sickness. Это понятие охватывает комплекс неблагоприятных эффектов, возникающих в результате погружения в виртуальную среду, таких как тошнота, головокружение, вялость, дезориентация, головная боль [1]. Из-за возникновения негативных эффектов нередко наблюдается «выпадение» респондентов из различных исследований, использующих гарнитуры виртуальной реальности. В некоторых случаях доля «выпавших» может достигать 30% [2].

На данный момент нет единой теории возникновения VR sickness, однако наиболее популярным является предположение о том, что недомогание вызывается отсутствием согласованности между сигналами сенсорных систем человека, передающих информацию о положении тела в пространстве и его ориентации. То есть, например, при нахождении в виртуальной среде глаза передают сигнал о перемещении человека, так как наблюдают движущуюся картинку, а вестибулярная система, в частности внутреннее ухо, никакого движения не фиксирует. Считается, что такое рассогласование приводит к появлению симптомов VR sickness [3].

На сегодняшний день отсутствуют какие-то гарантированные методы снижения неблагоприятных симптомов, возникающих при нахождении в виртуальной среде. Как вариант, человек может принимать медикаменты, способные снижать укачивание, но они имеют побочные эффекты, и не всегда их прием результативен. Существуют также рекомендации по созданию виртуальных сцен для снижения количества потенциальных стимуляторов VR sickness, например, уменьшение реалистичности изображения, количества движущихся элементов, вспышек света, замена способа перемещения на телепортацию, уменьшение угла обзора пользователя и другие. Однако, даже при отсутствии всех возможных провокаторов, некоторые люди продолжают испытывать недомогание при нахождении в виртуальной реальности. Помимо этого, такие технические решения приводят к уменьшению эффекта погружения.

Восприимчивость к VR sickness, как и к укачиванию, у всех разная даже в идентичных ситуациях и тесно связана с имеющимся у индивидуума опытом взаимодействия с симуляторами [4]. Выдвигаются предположения, что вместо внесения изменений в настройки виртуальной среды следует предварительно подготовить пользователя к продолжительному использованию технологии виртуальной реальности. Адаптация не раз исследовалась как способ борьбы с VR sickness, однако этот процесс предполагает многократное подвергание человека воздействию возбудителя через определенные промежутки времени [4, 5, 6, 7]. Проведенный анализ существующих исследований показал, что ранее не рассматривалась быстрая кратковременная адаптация за счет погружения в VR-среду с сильными раздражителями за некоторое время до основного сеанса. Возможно, на контрасте с воздействием таких раздражителей основной сеанс в VR не будет вызывать недомогание в такой сильной степени. В одном исследовании было замечено, что при наличии первоначального кратковременного воздействия пользователь лучше адаптируется к виртуальной среде, чем при погружении в эту среду на длительное время с первого раза без предварительной подготовки [8].

В большинстве исследований, направленные на поиск способов снижения недомогания, вызываемого нахождением в виртуальной среде, проводятся либо на здоровых людях, либо без учета наличия каких-то отклонений со здоровьем, как, например, наличия мигрени или предрасположенности к укачиванию. Понимание влияния виртуальной среды на людей с разными характеристиками важно, ведь способы снижения недомогания для них могут различаться в зависимости от причин возникновения. По этой причине помимо изучения воздействия предварительного погружения в виртуальную среду на возникновение симптомов VR sickness было принято решение дополнительно исследовать влияние наличия мигрени и предрасположенности к укачиванию на проявление симптомов VR sickness.

## 2. Эксперимент

### 2.1. Планирование основного эксперимента

На основании данных, полученных после проведения пилотного эксперимента на 12 испытуемых, был составлен план основного эксперимента, подсчитан необходимый размер выборки. Гипотезы, проверяемые в основном эксперименте:

1. 5-минутная сессия в VR-среде с раздражителями за 5 минут до основного сеанса в VR снизит проявление симптомов VR sickness в основном сеансе по сравнению с VR сеансом без предварительного погружения в VR среду;

2. 5-минутная сессия в VR-среде с раздражителями за 5 минут до основного сеанса в VR увеличит время нахождения в основном сеансе по сравнению с VR сеансом без предварительного погружения в VR среду;
3. между разностью SSQ-баллов до и после взаимодействия с VR и наличием мигрени наблюдается прямая корреляция;
4. между разностью SSQ-баллов до и после взаимодействия с VR и баллом MSSQ наблюдается прямая корреляция.

Все гипотезы планировалось проверять на одной выборке, состоящей из 60 респондентов. Такое количество респондентов необходимо для того, чтобы результаты проверки гипотез имели достаточную мощность в пределах 82–90%, а вероятность допущения ошибки первого рода, когда полученный результат считается случайным, не превышала 1%.

## 2.2. Схема фактически проведенного эксперимента

На момент написания статьи в эксперименте приняло участие 17 человек. Каждому респонденту до начала эксперимента необходимо было пройти опрос на сбор внешних данных, таких как пол, возраст, наличие мигрени, наличие предрасположенности к укачиванию. Наличие мигрени определялось путем самодиагностики через опросник ID Migraine [9], а предрасположенность к укачиванию — через опросник MSSQ (Motion Sickness Susceptibility Questionnaire) [10].

Каждый респондент должен был пройти два сеанса: один — без предварительного погружения, второй — с 5-минутным погружением в виртуальную среду с раздражителями за 5 минут до основного сеанса. Такое время нахождения в виртуальной среде и время перерыва были выбраны на основании исследования [11]. Последовательность сеансов определялась случайным образом. Сеансы проходились в разные дни с перерывом в 5–7 дней между ними. В основном сеансе испытуемым необходимо было находиться в виртуальной среде настолько долго, насколько им позволяло их самочувствие.

В эксперименте использовалась гарнитура виртуальной реальности. В качестве основной игры была выбрана демо-версия игры «Guns’N’Stories: Bulletproof VR», так как она находится в свободном доступе и в нее можно играть повторно без сильной потери интереса. Для VR-среды с раздражителями был разработан небольшой извилистый виртуальный коридор, продвигаясь по которому, респонденты сталкивались с раздражителями с возрастающей нагрузкой: плавное перемещение, яркий свет, яркие цвета, мигающий свет.

Для оценки степени выраженности VR sickness использовался субъективный опросник SSQ (Simulator Sickness Questionnaire) [12]. SSQ содержит в себе 16 пунктов, соответствующих различным симптомам, которые разделяются на 3 основные категории: симптомы тошноты, глазодвигательные реакции и потеря ориентации в пространстве. Степень выраженности каждого из них опрашиваемый должен оценить по шкале от 0 до 3, где 0 — это «не ощущаю», 1 — «незначительно ощущаю», 2 — «умеренно ощущаю», 3 — «ощущаю сильно». На основе оценок отдельных симптомов высчитывается общий балл SSQ-total. Считается, что чем выше его значение, тем сильнее выраженность VR sickness. На русский язык этот опросник был переведен Г. Меньшиковой и А. Ковалевым [3]. Респондентам необходимо было пройти данный опросник до начала сеанса, чтобы зафиксировать их изначальное состояние как базовое, и проводить в дальнейшем сравнение с ним. Сразу после окончания основного сеанса испытуемые проходили опросник повторно, а при анализе полученных результатов использовалась разница между полученными баллами до и после сеанса для выявления влияния виртуальной среды на самочувствие пользователей.

## 3. Полученные результаты

Полученные в ходе проведения основного эксперимента данные о респондентах представлены в таблице 1.

Для получения общего представления о выборке проведен анализ внешних показателей. Как видно из рисунков 1 и 2, большинство испытуемых — молодые люди мужского пола, преимущественно 23–24 лет.

Таблица 1. Данные основного эксперимента

ID	Пол	Возраст	Наличие мигрени	MSSQ	Последовательность	Длительность сеанса «без»	Длительность сеанса «с»	SSQ-diff сеанса «без»	SSQ-diff сеанса «с»
1	м	23	0	19,54	без, с	60,35	47,54	26,18	18,70
2	ж	24	0	49,78	с, без	33,56	24,44	29,92	7,48
3	м	23	0	74,77	с, без	61,00	24,17	11,22	3,74
4	ж	23	0	85,19	с, без	16,38	14,52	26,18	52,36
5	м	20	0	32,90	без, с	58,07	63,05	11,22	22,40
6	м	24	0	49,78	без, с	40,38	41,26	18,70	0,00
7	ж	23	0	28,58	с, без	36,12	21,50	7,48	22,44
8	м	23	1	76,55	без, с	11,17	17,43	63,58	26,18
9	м	23	0	26,92	без, с	64,27	63,02	18,70	37,40
10	м	31	0	62,58	с, без	28,36	12,27	22,44	18,70
11	ж	15	0	100,29	с, без	31,52	28,39	18,70	14,96
12	ж	28	1	24,12	без, с	56,20	58,21	26,18	26,18
13	м	23	0	0,00	без, с	59,01	61,41	3,74	14,96
14	м	24	0	0,00	с, без	38,23	25,38	7,48	0,00
15	м	23	0	88,87	без, с	59,41	45,08	52,36	63,58
16	ж	24	0	41,15	с, без	20,34	57,52	0,00	26,18
17	м	22	0	5,06	с, без	30,53	33,27	26,18	29,92

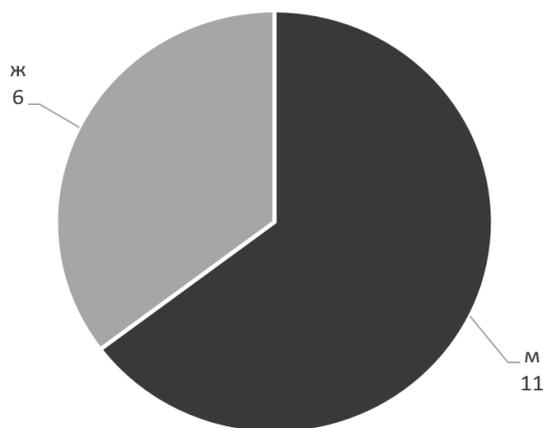


Рис. 1. Диаграмма распределения пола респондентов

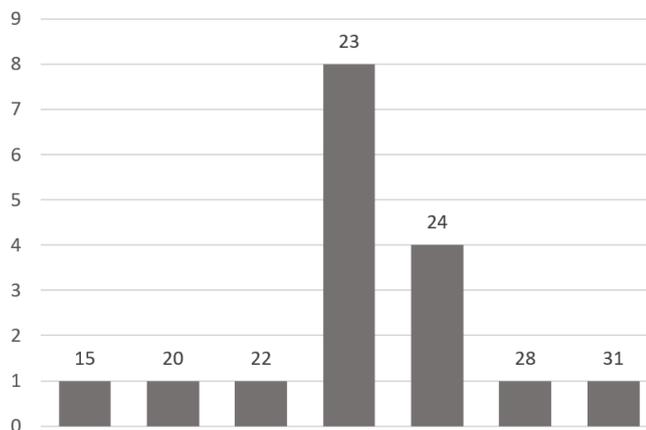
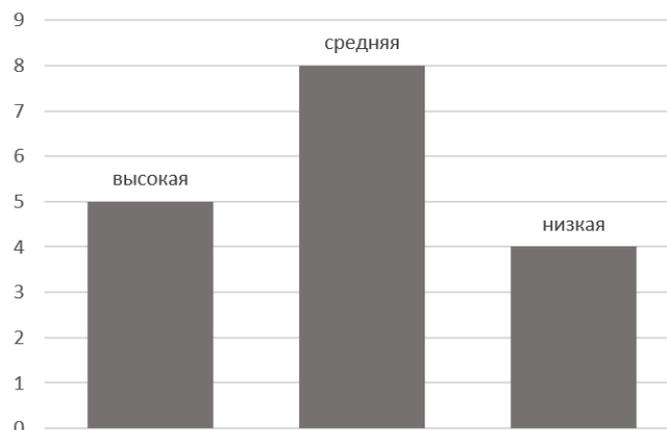


Рис. 2. Диаграмма распределения возраста респондентов

Рисунок 3 демонстрирует распределение степени предрасположенности к укачиванию среди испытуемых. Из 17 человек 5 имеют высокую предрасположенность к укачиванию (результат более 70% по опроснику MSSQ). Мигрень имеется только у двух респондентов.



**Рис. 3.** Диаграмма распределения степени укачивания респондентов по опроснику MSSQ

Далее была проведена статистическая обработка гипотез. Все проверяемые гипотезы получились статистически незначимыми на уровне  $\alpha$ , равном 1,25%. Это говорит о том, что нулевые гипотезы не отклоняются, результаты получены случайным образом. Результаты статистической обработки каждой отдельной гипотезы:

1. Корреляция между разностью SSQ-баллов до и после взаимодействия с VR и наличием мигрени оказалась статистически незначимой на уровне  $\alpha = 1,25\%$ :  $\rho = 0,433$ ,  $Z = 1,684$ ,  $p\text{-value} = 0,092$  при двухсторонней проверке. Нижняя граница доверительного интервала на уровне доверия 98,75% равняется  $-0,22$ , верхняя граница равна  $0,818$ . Фактическая мощность при  $n = 17$  для конкурирующей гипотезы, оцененной по пилотным данным ( $\rho = 0,434$ ), при  $\alpha = 1,25\%$  составляет 20,94% ( $\beta = 0,79$ ).
2. Корреляция между разностью SSQ-баллов до и после взаимодействия с VR и баллом MSSQ оказалась статистически незначимой на уровне  $\alpha = 1,25\%$ :  $\rho = 0,39$ ,  $Z = 1,495$ ,  $p\text{-value} = 0,135$  при двухсторонней проверке. Нижняя граница доверительного интервала на уровне доверия 98,75% равняется  $-0,269$ , верхняя граница равна  $0,8$ . Фактическая мощность при  $n = 17$  для конкурирующей гипотезы, оцененной по пилотным данным ( $\rho = 0,528$ ), при  $\alpha = 1,25\%$  составляет 35,83% ( $\beta = 0,642$ ).
3. Тест знаков на 17 респондентов показал, что влияние предварительного 5-минутного погружения в VR-среду с раздражителями за 5 минут до основного сеанса на длительность основного сеанса в VR оказалось статистически незначимым на уровне  $\alpha = 1,25\%$ :  $Z = -4,824$ ,  $p\text{-value} = 0,629$  при двухсторонней проверке. Нижняя граница доверительного интервала для доли положительных разностей длительности основного сеанса по методу Уилсона на уровне доверия 98,75% равна 42,31%, верхняя граница равна 69,15%. Фактическая мощность при  $n = 17$  для конкурирующей гипотезы, оцененной по пилотным данным ( $p_1 = 18,18\%$ ) при  $\alpha = 1,25\%$  составляет 37,93% ( $\beta = 0,62$ ).
4. Тест знаков на 16 респондентов показал, что влияние предварительного погружения в 5-минутную VR-среду с раздражителями за 5 минут до основного сеанса на проявление симптомов VR sickness оказалось статистически незначимым на уровне  $\alpha = 1,25\%$ :  $Z = -3,44$ ,  $p\text{-value} = 1$  при двухсторонней проверке. Нижняя граница доверительного интервала для доли отрицательных разностей баллов SSQ до и после проведения эксперимента по методу Уилсона на уровне доверия 98,75% равна 48,43%, верхняя граница равна 76,48%. Фактическая мощность при  $n = 16$  для конкурирующей гипотезы, оцененной по пилотным данным ( $p_1 = 27,27\%$ ) при  $\alpha = 1,25\%$  составляет 14,63% ( $\beta = 0,85$ ).

#### 4. Выводы

Статистическая обработка гипотез показала, что все четыре проверяемые гипотезы оказались статистически незначимыми на уровне  $\alpha = 1,25\%$ . Получается, что нулевые гипотезы не отклоняются и полученные по гипотезам выводы можно сформулировать таким образом:

1. Между разностью SSQ-баллов до и после взаимодействия с VR и наличием мигрени нет корреляции;
2. Между разностью SSQ-баллов до и после взаимодействия с VR и баллом MSSQ нет корреляции;
3. Вероятность того, что предварительная 5-минутная сессия в VR-среде с раздражителями приведет к увеличению длительности основного сеанса равна вероятности того, что такая предварительная сессия приведет к уменьшению длительности основного сеанса;
4. Вероятность того, что предварительная 5-минутная сессия в VR-среде с раздражителями приведет к снижению проявления симптомов VR sickness в основном сеансе равна вероятности того, что такая предварительная сессия приведет к усилению проявления симптомов в основном сеансе.

Так как исследование проводилось на ограниченной выборке, полученные выводы можно распространить только на людей в возрасте от 15 лет до 31 года. Выводы можно считать промежуточными, более расширенное исследование с учетом проведенного позволит получить более точные результаты.

#### Литература

- [1] Guna J., Geršak G., Humar I., Song J., Drnovšek J., Pogačnik M. Influence of video content type on users' virtual reality sickness perception and physiological response // *Future Generation Computer Systems*. 2019. Vol. 91. P. 263–276. DOI: 10.1016/j.future.2018.08.049.
- [2] Gálvez-García G., Aldunate N., Bascour-Sandoval C., Barramuño M., Fonseca F., Gómez-Milán E. Decreasing motion sickness by mixing different techniques // *Applied Ergonomics*. 2020. Vol. 82. 102931. DOI: 10.1016/j.apergo.2019.102931.
- [3] Ковалев А.И., Меньшикова Г.Я. Векция в виртуальных средах: психологические и психофизиологические механизмы формирования // *Национальный психологический журнал*. 2015. № 4(20). С. 91–104.
- [4] Domeyer J.E., Cassavaugh N.D., Backs R.W. The use of adaptation to reduce simulator sickness in driving assessment and research // *Accident Analysis and Prevention*. 2013. Vol. 53. P. 127–132. DOI: 10.1016/j.aap.2012.12.039.
- [5] Yarossi M., Mangalam M., Naufel S., Tunik E. Virtual Reality as a Context for Adaptation // *Virtual Reality and Human Behaviour*. 2021. Vol. 2. DOI: 10.3389/frvir.2021.733076.
- [6] Researchers explore how people adapt to cybersickness from virtual reality // *Iowa State University*. URL: <https://www.news.iastate.edu/news/2022/08/15/cybersickness> (дата обращения: 8.06.2023).
- [7] Howarth P.A., Hodder S.G. Characteristics of habituation to motion in a virtual environment // *Displays*. 2008. Vol. 29. P. 117–123. DOI: 10.1016/j.displa.2007.09.009.
- [8] Marinho A.S., Terton U., Jones C.M. Cybersickness and postural stability of first time VR users playing VR videogames // *Applied Ergonomics*. 2022. Vol. 101. 103698. DOI: 10.1016/j.apergo.2022.103698.
- [9] Rapoport A.M., Bigal M.E. ID-migraine // *Neurological Science*. 2004. Vol. 25. S258-S260. DOI: 10.1007/s10072-004-0301-9.
- [10] Ugur E., Konukseven B.O., Topdag M., Cakmakci M.E., Topdag D.O. Expansion to the Motion Sickness Susceptibility Questionnaire-Short Form: A Cross-Sectional Study // *Journal of Audiology and Otology*. 2022. Vol. 26. No. 2. P. 76-82. DOI: 10.7874/jao.2021.00577.
- [11] Shin Woo Y., Mi Jang K., Gu Nam S., Kwon M., Kyoong Lim H. Recovery time from VR sickness due to susceptibility: Objective and quantitative evaluation using electroencephalography // *Heliyon*. 2023. Vol. 9. Iss. 3. e14792. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e14792.
- [12] Kennedy R., Lane N., Berbaum K., Lilienthal M. Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness // *The International Journal of Aviation Psychology*. 1993. Np. 3. P. 203-220.

## A Study of the Impact of Short Preliminary Immersion in a VR Environment on the Manifestation of VR Sickness Symptoms for People with Migraines and a Predisposition to Motion Sickness

A.V. Chulkova, A.A. Smolin

ITMO University, Russia

**Abstract.** The study explored the effect of short preliminary immersion in a VR environment with stimuli capable of causing VR sickness on the duration of VR session and on the well-being of users after playing in VR. 17 respondents completed two VR sessions: one with a 5-minute immersion in a VR environment with stimuli 5 minutes before the main game, the other without prior immersion. The effect of VR on respondents' well-being was measured with the SSQ questionnaire. The effect of preliminary immersion in a VR environment with stimuli on the duration of the main session turned out to be statistically insignificant at the level of  $\alpha = 1.25\%$  ( $Z = -4.824$ ,  $p\text{-value} = 0.629$ , CI 42.31–69.15%). The effect of preliminary immersion in a VR environment with stimuli on the manifestation of VR sickness symptoms turned out to be statistically insignificant at the level of  $\alpha = 1.25\%$  ( $Z = -3.44$ ,  $p\text{-value} = 1$ , CI 48.43–76.48%). The sign test showed that the effect of preliminary immersion in a VR environment with stimuli on the duration of the main session in VR turned out to be statistically insignificant at the level of  $\alpha = 1.25\%$  ( $Z = -4,824$ ,  $p\text{-value} = 0,629$ , CI 42,31–69,15%). The sign test showed that the effect of preliminary immersion in a VR environment with stimuli on the manifestation of VR sickness symptoms was statistically insignificant at the level of  $\alpha = 1.25\%$  ( $Z = -3,44$ ,  $p\text{-value} = 1$ , CI 48,43–76,48%).

**Keywords:** VR sickness, VR, motion sickness, migraine

### References

- [1] Guna, J., Geršak, G., Humar, I., Song, J., Drnovšek, J., Pogačnik, M. (2019). Influence of video content type on users' virtual reality sickness perception and physiological response. *Future Generation Computer Systems*. Vol. 91. 263–276. DOI: 10.1016/j.future.2018.08.049.
- [2] Gálvez-García, G., Aldunate, N., Bascour-Sandoval, C., Barramuño, M., Fonseca, F., Gómez-Milán, E. (2020). Decreasing motion sickness by mixing different techniques. *Applied Ergonomics*. Vol. 82. 102931. DOI: 10.1016/j.apergo.2019.102931.
- [3] Kovalev, A.I., Men'shikova, G.Ja. (2015). Vekcija v virtual'nyh sredah: psihologicheskie i psihofiziologicheskie mehanizmy formirovaniya [Vector in virtual environments: psychological and psychophysiological mechanisms of formation] // *Nacional'nyj psihologicheskij zhurnal [National Psychological Journal]*. No. 4(20). 91–104.
- [4] Domeyer, J.E., Cassavaugh, N.D., Backs, R.W. (2013). The use of adaptation to reduce simulator sickness in driving assessment and research. *Accident Analysis and Prevention*. Vol. 53. 127–132. DOI: 10.1016/j.aap.2012.12.039.
- [5] Yarossi, M., Mangalam, M., Naufel, S., Tunik, E. (2021). Virtual Reality as a Context for Adaptation. *Virtual Reality and Human Behaviour*. 2021. vol. 2. DOI: 10.3389/frvir.2021.733076.
- [6] Researchers explore how people adapt to cybersickness from virtual reality // Iowa State University. URL: <https://www.news.iastate.edu/news/2022/08/15/cybersickness> (дата обращения: 8.06.2023).
- [7] Howarth, P.A., Hodder, S.G. (2008). Characteristics of habituation to motion in a virtual environment. *Displays*. Vol. 29. 117–123. DOI: 10.1016/j.displa.2007.09.009.
- [8] Marinho, A.S., Terton, U., Jones, C.M. (2022). Cybersickness and postural stability of first time VR users playing VR videogames // *Applied Ergonomics*. Vol. 101. 103698. DOI: 10.1016/j.apergo.2022.103698.
- [9] Rapoport, A.M., Bigal, M.E. (2004). ID-migraine. *Neurological Science*. Vol. 25. S258-S260. DOI: 10.1007/s10072-004-0301-9.
- [10] Ugrur E., Konukseven B.O., Topdag M., Cakmakci M.E., Topdag D.O. (2022). Expansion to the Motion Sickness Susceptibility Questionnaire-Short Form: A Cross-Sectional Study. *Journal of Audiology and Otology*. Vol. 26. No. 2. 76-82. DOI: 10.7874/jao.2021.00577.
- [11] Shin Woo, Y., Mi Jang, K., Gu Nam, S., Kwon, M., Kyoon Lim, H. (2023). Recovery time from VR sickness due to susceptibility: Objective and quantitative evaluation using electroencephalography. *Heliyon*. Vol. 9. Iss. 3. e14792. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e14792.
- [12] Kennedy, R., Lane, N., Berbaum, K., Lilienthal, M. (1993). Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. *The International Journal of Aviation Psychology*. No. 3. 203-220.