

# Медико-психологические особенности деятельности человека в виртуальной среде

*Д. В. Глухов, С. А. Калинина, А. Г. Меркулова*

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н. Ф. Измерова», Москва, Россия

В статье проведен анализ влияния виртуальной реальности на функциональное состояние и здоровье человека. Изучены основные негативные симптомы и эффекты, вызванные виртуальной реальностью. Рассмотренные вопросы формируют направления для дальнейших исследований в области медико-психофизиологического, психологического взаимодействия человека и виртуальной среды с целью улучшения эргономики аппаратно-программного комплекса VR-систем для устранения или уменьшения риска развития побочных эффектов или степени их воздействия.

*Ключевые слова:* Виртуальная реальность, Функциональное состояние, Киберболезнь, Эргономика.

*Цитирование:* Глухов, Д. В. Медико-психологические особенности деятельности человека в виртуальной среде / Д. В. Глухов, С. А. Калинина, А. Г. Меркулова // HOLOEXPO 2023: 20-я Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2023. — С. 157–160.

Исследования последних десятилетий показали, что использование технологий виртуальной реальности улучшает процесс обучения, повышает креативность и вовлеченность в деятельность. Однако нахождение в иммерсивных средах может оказывать негативное воздействие на организм и психику человека.

Для максимально естественного восприятия виртуальной среды VR-система должна воздействовать на все органы чувств человека. Основной объем воспринимаемой информации поступает через зрительный анализатор, поэтому состояние пользователя напрямую зависит от характеристик дисплея.

Основными факторами, от которых зависит качество дисплея, являются [1]:

1. Пространственное разрешение. Плотность пикселей на дисплее должна быть такой, чтобы пользователь не воспринимал их отдельно друг от друга.

2. Диапазон яркости. Весь диапазон яркостей, которые зрительный механизм человека способен воспринять, огромен: от  $10^{-6}$  кд/м<sup>2</sup> для глаза, полностью адаптированного к темноте, до  $10^6$  кд/м<sup>2</sup> для глаза, полностью адаптированного к свету. Современные дисплеи имеют только 256 возможных численных значений яркости, что также не соответствует естественному восприятию, а переход к зрительному восприятию объектов человеческим глазом при низких уровнях внешней освещенности не представляется возможным.

3. Частота обновления пикселей на дисплее. Требуется более высокая частота кадров по сравнению со стандартами телевидения или кино. При увеличении частоты кадров до 90 побочные эффекты исчезают почти у всех пользователей.

Изображение, формируемое на дисплее, может вызвать конфликт вергенции и аккомодации глаз. Виртуальный мир воспринимается пользователем на мнимом удаленном расстоянии, а на самом деле он находится на дисплее, находящемся на неизменном расстоянии не более 15 см от глаз, что может привести к дополнительному напряжению зрительного анализатора и усталости после длительного использования VR, так как для сохранения четкого изображения на сетчатке вергенция должна происходить при неизменной аккомодации [2]. Хотя работа в виртуальной среде не влияет на рефракцию и бинокулярное зрение (стабильность взгляда, стереопсис и амплитуду аккомодации), после воздействия VR может наблюдаться утолщение хориоидеи. Утолщение сосудистой оболочки характерно для миопической дефокусировки, которая приводит в дальнейшем к развитию дальнозоркости. Часто наблюдается миопический сдвиг более 0,5 диоптрий, но изменения проходят в течение часа после прекращения работы в VR. Использование шлемов виртуальной реальности (HMD) приводит к значительному уменьшению частоты моргания глаз, вследствие чего может развиваться кератит и синдром сухого глаза [3].

Кроме того, на состояние пользователя оказывает сильное воздействие задержка зрительного сигнала. Даже если она незаметна на сознательном уровне, она является одним из ведущих факторов развития киберболезни.

Со зрительной системой тесно связан вестибулярный аппарат: вместе со зрительной и двигательной рецепторными системами он играет ведущую роль в ориентации человека в пространстве. Пренебрежение физиологией вестибулярной системы при разработке VR-систем приводит к рассогласованию воспринимаемых сигналов. На сегодняшний день нет специального устройства, способного передавать вестибулярные сигналы, стимулирующие вестибулярный аппарат до требуемых значений. При неправильном функционировании системы некоторые люди могут испытывать головокружение, тошноту, рвоту, потливость и затруднения при ходьбе.

Одним из основных негативных воздействий VR является несоответствие визуальных и вестибулярных сигналов, которое возникает из-за кажущегося собственного движения в VR (векции) при неподвижности тела в реальном мире: зрительный анализатор передает сигнал в головной мозг об ускорении, а орган равновесия — об отсутствии реального движения.

Нахождение в виртуальной среде приводит также к психофизиологическим и нейрофизиологическим изменениям в организме пользователя. Пребывание в VR-среде может снижать скорость реакции и когнитивных функций в целом и приводить к изменению частоты сердечных сокращений. Кроме того, пребывание в VR-среде влияет на мозговой кровоток, увеличивает концентрацию оксигемоглобина в мозговом кровотоке, мощность сигналов ЭЭГ, связи между областями мозга, отвечающими на стимулы, и активность областей мозга, отвечающими за формирование тошноты [4].

Кроме умственного утомления у пользователей VR-сред также может развиваться и физическое утомление из-за интерфейса, требующего больших мышечных усилий, а также веса гарнитур. Большинство VR-гарнитур имеют вес от 450 до 650 г и спроектированы так,

что большая часть этого веса приходится на лицо, что является неэргономичным решением: гарнитура тянет голову вперед и вниз, создавая дискомфорт в шейном отделе при длительном ношении, а также давит на нос, скулы и лоб [5]. Нахождение в VR-среде в устройствах HMD также приводит к тому, что пользователям трудно сохранять устойчивое положение при ходьбе [6].

Ещё одной проблемой, связанной с использованием VR-гарнитур, является вопрос гигиены и возможное развитие дерматологических заболеваний. В имеющихся гарнитурах обычно используют ткань, поролон и текстильные застежки. Санитарная обработка этих материалов дезинфицирующими средствами является большой проблемой [7].

На сегодняшний день исследователи для обозначения комплекса побочных эффектов используют определение «симптомы и эффекты, вызванные виртуальной реальностью (virtual reality-induced symptoms and effects, VRISE)» [8]. К ним относятся: киберболезнь, зрительное и мышечное утомление, острый стресс и умственное переутомление. Некоторые авторы предлагают использовать определение «синдром VR-дезадаптации» [1].

Наиболее изученным VRISE является киберболезнь. Ее физиологические проявления - (потливость, тошнота, бледность кожи и учащенное сердцебиение) отражают нейроэндокринную стрессовую реакцию [9].

Компании-разработчики часто заявляют о решении технических и аппаратных проблем, вызывающих «Болезнь виртуальной реальности», однако при этом игнорируют следующее противоречие: если гарнитура лучше с точки зрения пространственного разрешения, частоты кадров, точности отслеживания, поля зрения и задержки сигнала, то вероятность плохого самочувствия пользователей будет выше по причине векции и других несопадающих сигналов. Если сенсорные сигналы от дисплеев виртуальной реальности становятся сильнее и более точно имитируют реальные, то мозг пользователя отчетливее воспринимает сенсорный конфликт между ощущениями от реального и виртуального мира.

Несмотря на интенсивное внедрение технологии индустрии 4.0 вопросы воздействия системы VR на организм и психические процессы пользователя, развитие «синдрома VR-дезадаптации», а также последствия пребывания человека в различных вариантах смешанной реальности, особенности их использования и формирующиеся при этом побочные эффекты остаются открытыми. Поэтому крайне актуальной является необходимость разработки:

- 1) методик оценки влияния VR на человека;
- 2) эргономичных средств аппаратного обеспечения;
- 3) требований к санитарно-гигиеническим характеристикам оборудования;
- 4) критериев отбора пользователей для работы в VR (пол, возраст, состояние здоровья и др.);
- 5) условий использования VR-систем (длительность нахождения в виртуальной среде, особенности окружающего пространства и др.);
- 6) процессов адаптации и тренированности пользователей.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] **LaValle, S. M.** Virtual reality / S. M. LaValle. — Cambridge University Press, 2019. — 426 p.
- [2] **Shibata, T.** The zone of comfort: predicting visual discomfort with stereo displays / T. Shibata, J. Kim, D. M. Hoffman, M. S. Banks // Journal of Vision. — 2011. — Vol. 11. — № 8. — P. 1-29. — DOI:10.1167/11.8.11.
- [3] **Kim, J.** Change of Blink Rate in Viewing Virtual Reality with HMD / J. Kim, K. Sunil, J. Yoo, S. Kwon // Symmetry. — 2018. — Vol. 10. — № 9. — P. 400. — DOI:10.3390/sym10090400.
- [4] **Kourtesis, P.** Validation of the Virtual Reality Neuroscience Questionnaire: Maximum Duration of Immersive Virtual Reality Sessions Without the Presence of Pertinent Adverse Symptomatology / P. Kourtesis, S. Collina, L. Doumas, S. MacPherson // Front. Hum. Neurosci. — 2019. — Vol. 13. — P. 417. — DOI:10.3389/fnhum.2019.00417.
- [5] **Yan, Y.** The effects of weight on comfort of virtual reality devices / Y. Yan, K. Chen, Y. Xie, Y. Song, Y. Liu // International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics. Springer, Cham, 2018. — P. 239-248. — DOI:10.1007/978-3-319-94706-8\_27.
- [6] **Chan, Z.** Walking with head-mounted virtual and augmented reality devices: Effects on position control and gait biomechanics / Z. Chan, A. MacPhail, I. Au, J. Zhang, B. M. Lam, R. Ferber // PLoS ONE. — 2019. — Vol. 14. — № 12. — P. e0225972. — DOI:10.1371/journal.pone.0225972.
- [7] **Lutz, O.** Application of head-mounted devices with eye-tracking in virtual reality therapy / O. Lutz, C. Burmeister, L. dos Santos, N. Morkisch, C. Dohle, J. Krüger // Current Directions in Biomedical Engineering. — 2017. — Vol. 3. — № 1. — P. 53-56. — DOI:10.1515/cdbme-2017-0012.
- [8] **Souchet, A. D.** Design guidelines for limiting and eliminating virtual reality-induced symptoms and effects at work: a comprehensive, factor-oriented review / A. D. Souchet, D. Lourdeaux, J. M. Burkhardt, P. A. Hancock // Frontiers in Psychology. — 2023. — Vol. 14. — P. 1161932. — DOI:10.3389/fpsyg.2023.1161932.
- [9] **Ohyama, S.** Autonomic responses during motion sickness induced by virtual reality / S. Ohyama, S. Nishiike, H. Watanabe, K. Matsuoka, H. Akizuki, N. Takeda // Auris Nasus Larynx. — 2007. — Vol. 34. — P. 303-306. — DOI:10.1016/j.anl.2007.01.002.

## Medical and psychological features of human activity in virtual environment

*D. V. Glukhov, S. A. Kalinina, A. G. Merkulova*

FSBSI «Izmerov Research Institute of Occupational Health», Moscow, Russia

The article analyzes the influence of virtual reality on functional state and human health. The main negative symptoms and effects caused by virtual reality are studied. The considered questions form directions for further research in the field of medical-psychophysiological, psychological interaction between a person and virtual environment in order to improve the ergonomics of hardware-software complex of VR-systems to eliminate or reduce the risk of side effects or the degree of their impact.

*Keywords:* Virtual Reality, Functional state, Cybersickness, Ergonomics.