

На правах рукописи



Платонов Олег Владимирович

**Гигиеническая оценка использования технологий виртуальной реальности
в системе профильной подготовки старшеклассников**

3.2.1. Гигиена

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Москва – 2025

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)

Научный руководитель:

доктор медицинских наук, доцент

Лапонова Евгения Дмитриевна

Официальные оппоненты:

Александрова Ирина Эрнстовна – доктор медицинских наук, Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Научно-исследовательский институт гигиены и охраны здоровья детей и подростков, лаборатория комплексных проблем гигиены детей и подростков, заведующий лабораторией

Соколова Светлана Борисовна – доктор медицинских наук, Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены имени Ф. Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, Институт комплексных проблем гигиены, отдел гигиены детей, подростков и молодежи, главный научный сотрудник

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита диссертации состоится «10» декабря 2025 г. в 10:00 на заседании диссертационного совета ДСУ 208.001.18 при ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет) по адресу: 119435, Москва, ул. Большая Пироговская, д. 2, стр. 2

С диссертацией можно ознакомиться в Фундаментальной учебной библиотеке ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет) (119034, Москва, Зубовский бульвар, д. 37/1) и на сайте организации: <https://www.sechenov.ru/>

Автореферат разослан «___» _____ 2025 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета ДСУ 208.001.18

кандидат медицинских наук, доцент

Полибин Роман Владимирович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Состояние здоровья детей, подростков и молодежи на современном этапе характеризуется тенденцией к увеличению распространенности различных функциональных отклонений и хронических патологий [Сетко И. М., Сетко Н. П., 2018; Кучма В. Р., Рапопорт И. К., Чубаровский В. В. с соавт., 2024; Рапопорт И. К., Чубаровский В. В., Соколова С. Б., 2024]. Гигиенисты отмечают значительный вклад образовательной деятельности в развитие нарушений состояния здоровья подрастающего поколения, которое достигает своего пика к началу обучения в старших классах.

Одним из ключевых путей развития современного образования является повышение его качества путем внедрения перспективных образовательных технологий. Государственная политика в области образования предполагает его широкомасштабную цифровую трансформацию¹, т. е. системное преобразование всех аспектов учебной деятельности в сторону внедрения цифровой образовательной среды (ЦОС) на территории РФ для всех уровней образования. При этом для реализации цифровой трансформации образования (ЦТО) необходимым условием является обеспечение безопасности цифровой образовательной среды для здоровья детей и подростков и её соответствие требованиям нормативных документов^{2,3}.

Обеспечение безопасности ЦТО для здоровья необходимо, так как развитие ЦОС без достаточного и своевременного научного обоснования и гигиенического обеспечения является значительным фактором риска здоровью обучающихся и оказывает существенное влияние на формирование нарушений здоровья школьников [Александрова И. Э., 2018, 2020; Александрова И. Э., Степанова М. И., Айзятова М. В., 2019; Кучма В. Р., Саньков С. В., Барсукова Н. К., 2019; Кучма В. Р., Поленова М. А., Чуйко Е. В., 2022; Лангуев К. А., 2022; Новикова Г. В., 2023].

Особенно остро данные проблемы проявляются при внедрении в структуру образования новых, перспективных электронных средств обучения, таких как, например, очки виртуальной реальности (VR-очки). Влияние VR-устройств и технологий на функциональное состояние организма (ФСО) детей и подростков в процессе учебной и внеучебной деятельности изучено недостаточно и в научной литературе не рассматривается. При этом технологии виртуальной реальности активно внедряются на всех уровнях системы образования (в том числе

¹ Распоряжение Правительства РФ от 2 декабря 2021 г. №3427-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации образования, относящейся к сфере деятельности Министерства просвещения РФ

² СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи»

³ СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

и дополнительного). Это обуславливает актуальность проведения гигиенической оценки использования VR-устройств в учебном процессе.

Степень разработанности темы исследования

В опубликованных работах, касающихся использования VR-технологий в образовательной деятельности, дана лишь теоретическая оценка возможностей их внедрения, вероятности их влияния на психоэмоциональное состояние пользователя, преимуществ и недостатков таких технологий в целом. Вопросы практической стороны внедрения VR-устройств в образовательный процесс остаются нераскрытыми. Отсутствуют работы, посвященные непосредственному влиянию VR-технологий на функциональное состояние организма детей и подростков. С этим связано и отсутствие гигиенически обоснованных рекомендаций по использованию подобных технологий в образовательном процессе, в которых были бы отражены максимально допустимое время использования VR-устройств, варианты учебного расписания или принципы, определяющие возможность для ребенка проходить обучение с использованием этих технологий.

Цель и задачи исследования

Цель исследования: гигиеническая оценка использования технологий виртуальной реальности и их влияния на функциональное состояние организма обучающихся в системе профильной подготовки старшеклассников.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

1. Дать гигиеническую оценку условиям обучения старшеклассников при прохождении профильной подготовки.
2. Изучить состояние здоровья, функциональное состояние и цифровую нагрузку обучающихся профильных классов.
3. Дать гигиеническую характеристику использования технологий виртуальной реальности (VR-технологий) и оценить их влияние на функциональное состояние организма школьников в динамике учебного дня, недели, года.
4. Обосновать гигиенические рекомендации для проведения учебных занятий с использованием технологий виртуальной реальности.

Научная новизна

Впервые дана физиолого-гигиеническая оценка использования технологий виртуальной реальности (VR-устройств) в системе профильной подготовки старшеклассников. Доказано, что нерегламентированное применение VR-технологий в учебной деятельности старшеклассников сопровождается негативными изменениями в динамике умственной работоспособности обучающихся, снижением устойчивости реакции центральной нервной

системы на внешние раздражители, развитием зрительного утомления, существенным увеличением жалоб на самочувствие.

Впервые рекомендовано время непрерывной работы обучающихся с VR-устройствами в рамках образовательного процесса с учётом риска развития жалоб на самочувствие.

Обоснованы гигиенические рекомендации для проведения учебных занятий с использованием VR-устройств в образовательном процессе старшеклассников, включающие соблюдение требований к электронным средствам обучения индивидуального пользования, регламентацию времени работы с VR-устройствами, составление рационального расписания занятий, обязательное проведение уроков физической культуры и внедрение системы медико-профилактического обеспечения безопасности использования VR-устройств в образовательном процессе.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость работы определяется установлением морфо-функциональной готовности старшеклассников к использованию VR-устройств. Установлена возможность использования технологий виртуальной реальности в системе профильной подготовки старшеклассников. Научно обоснованы гигиенические рекомендации по организации занятий с использованием VR-устройств, направленные на профилактику развития утомления при обучении в выпускных профильных классах.

На основании результатов исследования был разработан промышленный образец «Алгоритм медико-профилактического обеспечения безопасности использования электронных средств обучения в образовательных организациях» (патент на промышленный образец № 149183 от «11» сентября 2025 г.). Предложенный алгоритм позволит обеспечивать санитарно-эпидемиологического благополучие обучающихся при использовании электронных средств обучения, что особенно актуально при внедрении новых технических устройств в образовательный процесс.

По результатам исследования сформированы и зарегистрированы 2 базы данных. Результаты исследования внедрены в практическую деятельность Ресурсного центра «Медицинский Сеченовский Предуниверсарий» и Центра образования «Самсон», а также используются в учебном процессе на кафедре гигиены детей и подростков Института общественного здоровья имени Ф. Ф. Эрисмана.

Методология и методы исследования

Методология исследования построена в соответствии с поставленной целью и учетом анализа научной литературы по теме диссертационной работы. Нерандомизированные контролируемые исследования выполнены в условиях естественного гигиенического эксперимента. Все исследования проведены с соблюдением этических норм, изложенных

в Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека». Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), протокол № 23–22 от 17.11.2022 г. От всех участников исследования получены добровольные информированные согласия.

Личный вклад автора

Личный вклад автора в организацию и проведение диссертационного исследования составляет 95%. Автор лично определил цель и задачи исследований, методические подходы к их выполнению, а также провел анализ литературы по теме исследования. Автор самостоятельно осуществил планирование и организацию необходимых исследований, а также набор материала, формирование баз данных, статистическую обработку с использованием программного обеспечения StatTech (разработчик – ООО «Статтех», Россия) и анализ полученных результатов.

Положения, выносимые на защиту

1. Использование технологий виртуальной реальности в системе профильной подготовки старшеклассников в оптимально-допустимых условиях (I уровень санитарно-эпидемиологического благополучия образовательной организации) позволяет обучающимся сохранять высокий уровень работоспособности и оптимальный для учебной деятельности уровень нервно-психического напряжения в течение учебного года.

2. Нерегламентированное применение VR-устройств в образовательном процессе повышает его физиологическую «стоимость» для организма обучающихся и способствует развитию выраженных степеней учебного утомления.

3. Медико-профилактическое обеспечение безопасности использования VR-устройств в образовательном процессе включает оценку соответствия условий организации образовательного процесса с использованием электронных средств обучения требованиям нормативных документов; оценку применяемых в учебном процессе электронных средств обучения; оценку программ, методик и технологий обучения с применением ЭСО; учет состояния здоровья обучающихся при применении ЭСО в образовательном процессе; создание безопасной среды в образовательной организации при применении ЭСО.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Научные положения диссертации соответствуют паспорту научной специальности 3.2.1. Гигиена, пунктам направлений исследований 1 и 4: п. 1. «Исследования по изучению общих закономерностей влияния факторов окружающей среды на здоровье человека, а также методических подходов к их исследованию (общая гигиена)»; п. 4. «Исследования по изучению

влияния факторов среды обитания, обучения и воспитания на организм детей, подростков и молодёжи, разработка профилактических мероприятий, направленных на охрану и укрепление их здоровья, гармоничные рост и развитие, способствующих процессам социализации личности и профориентации (гигиена детей и подростков)».

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность результатов, полученных в ходе диссертационного исследования, подтверждается значительным объёмом проведенных исследований и использованием современных методов статистической обработки данных. Основные положения диссертации доложены и обсуждены на VII Всероссийской научно-практической конференции молодых учёных «Актуальные проблемы профилактической медицины и общественного здоровья» (Россия, Москва, 17.05.2023); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы профилактики инфекционных и неинфекционных болезней: эпидемиологические, организационные и гигиенические аспекты» (Россия, Москва, 25–27.10.2023); Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 100-летию кафедры гигиены Приволжского исследовательского медицинского университета (Россия, Нижний Новгород, 20.12.2023); на VIII Всероссийской научно-практической конференции молодых учёных «Актуальные проблемы профилактической медицины и общественного здоровья» (Россия, Москва, 15.05.2024); V научно-практической Конференции студентов и молодых учёных в рамках Всероссийского педиатрического Форума с международным участием «Виртуоз педиатрии» (Россия, Москва, 20.05.2024); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы профилактики инфекционных и неинфекционных болезней: эпидемиологические, организационные и гигиенические аспекты» (Россия, Москва, 23–25.10.2024).

Апробация научно-квалификационной работы состоялась на межкафедральной учебно-методической конференции Института общественного здоровья имени Ф. Ф. Эрисмана ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И. М. Сеченова Минздрава России (протокол № 1 от 17.06.2025 г.)

Публикации по теме диссертации

По результатам исследования автором опубликовано 9 работ, в том числе 1 научная статья в журнале, включенном в Перечень рецензируемых научных изданий Сеченовского Университета / Перечень ВАК при Минобрнауки России, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук; 2 статьи в изданиях, индексируемых в международной базе Scopus; 2 иные публикации по результатам исследования; 2 свидетельства о государственной регистрации баз данных; 2 публикации в сборниках материалов всероссийских конференций.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа изложена на 171 странице печатного текста, состоит из введения, аналитического обзора литературы, главы, посвященной материалам и методам исследования, трех глав авторских исследований, заключения, выводов, перспектив разработки темы, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и 11 приложений. Библиографический указатель литературы содержит 140 источников: 104 – отечественной, 36 – зарубежной литературы. В работе содержится 58 таблиц и 14 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследования

Основой работы стали материалы проведенных в период с 2022 по 2024 гг. комплексных исследований по изучению влияния применения VR-устройств в образовательном процессе на ФСО 513 подростков (380 девушек и 133 юношей), обучающихся в 11-х классах. Исследования проводились в условиях естественного гигиенического эксперимента, минимально влияя на организацию и проведение учебного процесса, принятого в образовательных организациях. В выборку были включены обучающиеся 16-18 лет, девушки и юноши, с I, II или III группой здоровья. Критерием исключения из выборки являлось наличие у обучающегося хронических заболеваний и функциональных отклонений глаза и его придаточного аппарата. Исследование проводилось по трем направлениям (Рисунок 1). Первое включало в себя гигиеническую оценку условий обучения старшеклассников. Работа по второму направлению заключалась в изучении функционального состояния организма обучающихся профильных классов. Третье направление заключалось в оценке ФСО школьников при работе с VR-технологиями.



Рисунок 1 – Общий дизайн исследования

Для изучения влияния использования VR-устройств в учебном процессе на функциональное состояние организма старшеклассников применялся комплекс гигиенических, психофизиологических, социологических и статистических методов исследования (Таблица 1).

Таблица 1 – Объем и методы проведенных исследований

Методы исследования	Количество исследований
<i>Гигиенические</i>	
Хронометражные исследования уроков	28
Гигиеническая оценка расписания занятий с учетом трудности учебных предметов	24
Оценка условий проведения занятий	2
Оценка уровня санитарно-эпидемиологического благополучия (СЭБ) обучающихся (267 показателей)	1
<i>Психофизиологические</i>	
Тест «Самочувствие-Активность-Настроение» (САН)	95
Изучение уровня тревожности	140
Изучение психоэмоционального состояния учащихся	62
Изучение уровня нервно-психического напряжения	140
Коррекционное тестирование умственной работоспособности	187
Определение реакции на движущийся объект (РДО)	194
Определение критической частоты слияния мельканий (КЧСМ)	194
<i>Социологические</i>	
Анкетирование школьников по вопросам компьютерной занятости	78
Изучение учебной мотивации	354
<i>Медико-статистические</i>	
Выкопировка из медицинских карт	328
Общее количество проведенных исследований	1827

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Санитарно-гигиеническое обследование образовательной организации осуществлялось на предмет соответствия условий и организации обучения действующим санитарно-эпидемиологическим требованиям.^{4,5} Диагностика уровня санитарно-эпидемиологического благополучия обучающихся проведена по методике, представленной в Руководстве по гигиене

⁴ СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи»

⁵ СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

детей и подростков, медицинскому обеспечению обучающихся в образовательных организациях⁶.

Подсчет баллов, полученных при оценке показателей условий и организации обучения, позволил отнести медицинский Прединтернат к I группе СЭБ, т. е. к группе, к которой относятся образовательные организации с оптимально-допустимыми условиями и организацией обучения.

Отклонения от действующих санитарных правил установлены в части составления расписания. Выявлено, что условия обучения старшеклассников, применяющих VR-технологии в образовательном процессе, характеризуются нерациональным распределением учебной нагрузки в течение учебной недели, не соответствующим физиологической недельной кривой умственной работоспособности обучающихся (Рисунок 2). При составлении расписания не учитывалась степень трудности учебных предметов. Выявлено наличие сдвоенных занятий по биологии, русскому языку и физкультуре, длительность которых составляла до 4-х академических часов, а также наличие уроков химии, длительность которых составляла до шести академических часов. Занятия физической культурой в I семестре проводились один раз в две недели, а во II семестре отсутствовали.

Вместе с тем отмечено снижение многопредметности, преобладание в расписании профильных предметов и снижение суммарной недельной аудиторной нагрузки на 12,5% в течение учебного года.

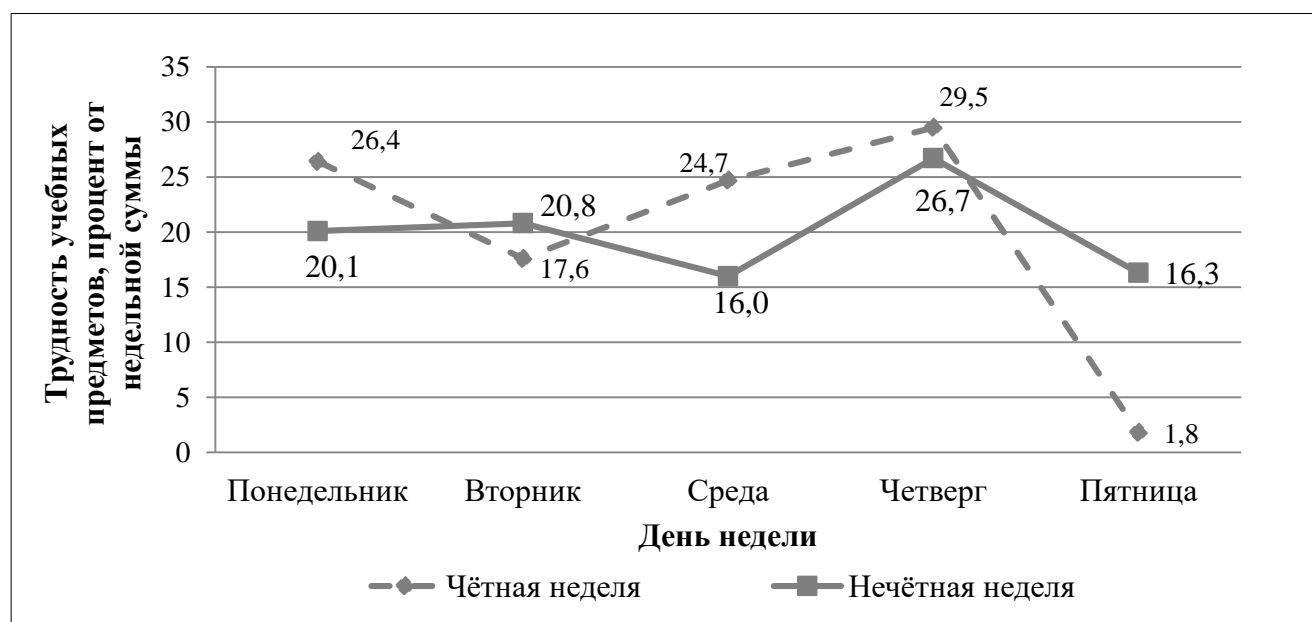


Рисунок 2 – Распределение учебной нагрузки старшеклассников в течение недели

⁶ Руководство по гигиене детей и подростков, медицинскому обеспечению обучающихся в образовательных организациях. Том 1. – 2-е издание, дополненное (под редакцией В. Р. Кучмы) – Москва: Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей Минздрава России, 2019. – 491 с.

Изучение показателей умственной работоспособности свидетельствовало о повышении качества выполнения тестовой корректурной работы в динамике учебного года. Среднее количество стандартизованных ошибок на 500 зн. у старшеклассников снизилось на 38% ($p < 0,001$) (Таблица 2).

Таблица 2 – Качественный показатель умственной работоспособности обучающихся в динамике учебного года

Показатели	Точность корректурной работы (количество стандартизованных ошибок на 500 зн.)			
	Понедельник		Пятница	
	Начало учебного года	Конец учебного года	Начало учебного года	Конец учебного года
Me ($Q_{25}-Q_{75}$)	5,34 (2,53-8,77)	4,81 (2,49-7,84)	5,26 (2,72-9,21)	3,26 (1,99-5,48)
Критерий Манна-Уитни	U=9172; $p=0,151$		U=7365,5; $p < 0,001^*$	
Примечание: * – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).				

Отмечена положительная динамика показателя субъективной оценки самочувствия в течение учебного года. Доля детей, отмечающих у себя благоприятный уровень самочувствия, увеличилась с 24,2 до 53,2% ($p < 0,05$) (Таблица 3).

Таблица 3 – Динамика САН в течение учебного года

Показатели	Конец первого семестра	Конец второго семестра	χ^2 ; df; p
	n (%)	n (%)	
Благоприятный уровень самочувствия	8 (24,2)	33 (53,2)	7,375; 1; 0,007*
Неблагоприятный уровень самочувствия	16 (48,5)	20 (32,3)	7,538; 2; 0,023*
Умеренный уровень самочувствия	9 (27,3)	9 (14,5)	
Примечание: * – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).			

Психоземotionalное состояние обучающихся в Предуниверсарии характеризуется высоким уровнем распространенности выраженной и сильной степеней тревожно-депрессивных эмоций (33,9%) и негативных эмоций (29,0%) (Рисунок 3).

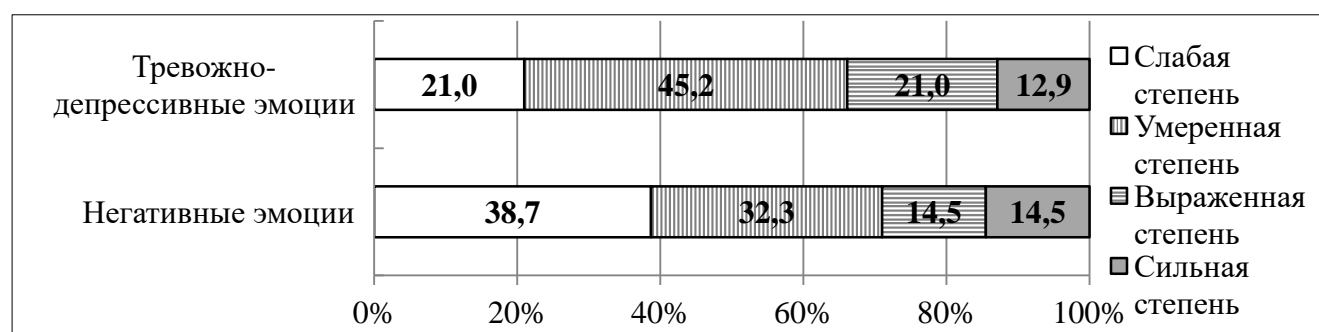


Рисунок 3 – Результаты оценки психоземotionalного состояния обучающихся в конце учебного года

Корреляционный анализ показал, что выраженность негативных эмоций связана с уровнем самочувствия обучающегося (выявлена обратная связь заметной тесноты; $\rho = -0,553$; $p < 0,001$) (Рисунок 4), в то время как выраженность тревожно-депрессивных эмоций связана с показателем активности обучающихся (выявлена обратная связь умеренной тесноты; $\rho = -0,365$; $p = 0,004$) (Рисунок 5).

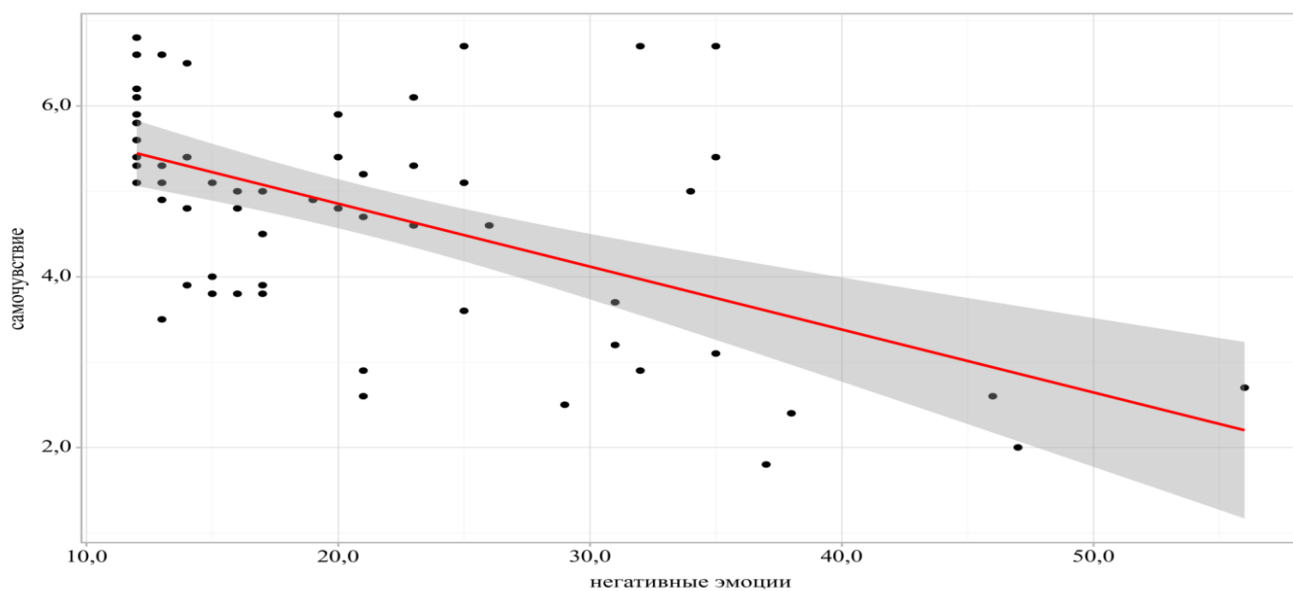


Рисунок 4 – Взаимосвязь выраженности негативных эмоций и показателя самочувствия

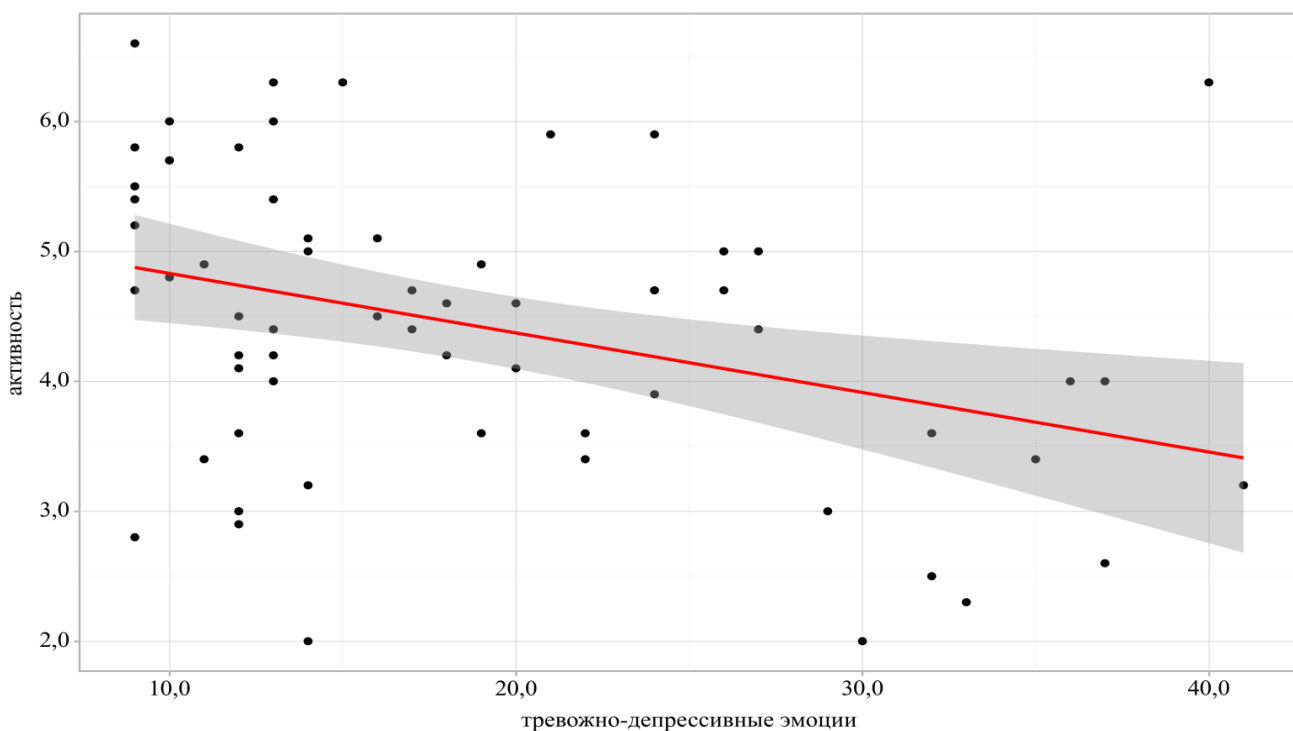


Рисунок 5 – Взаимосвязь выраженности тревожно-депрессивных эмоций и показателя активности

У обучающихся Предуниверсария отмечалась значительная выраженность среднего (48,6%) и высокого (40,7%) уровней ситуативной тревожности. При этом анализ показателей нервно-психического напряжения свидетельствовал о том, что доля обучающихся, у которых отмечалась сохранность или активизация процессов центральной нервной системы (ЦНС) составила 97,9% (Таблица 4).

Таблица 4 – Показатели психоэмоционального состояния старшеклассников

Ситуативная тревожность	Абс.	%	95% ДИ
Низкий уровень	15	10,71	6,47-16,93
Средний уровень	68	48,57	40,36-56,78
Высокий уровень	57	40,71	32,84-48,99
Выраженность индекса напряжения	Абс.	%	95% ДИ
Первая степень	42	30,00	22,93-38,04
Вторая степень	95	67,86	59,64-75,03
Третья степень	3	2,14	0,48-6,11

При оценке взаимосвязи показателей тревожности и нервно-психического напряжения отмечено, что у 78,9% школьников с высоким уровнем стресса наблюдалась вторая степень нервно-психического напряжения, которая характеризуется активизацией когнитивных процессов и мобилизацией внутренних ресурсов организма и является оптимальной для обеспечения работоспособности обучающихся (Рисунок 6).

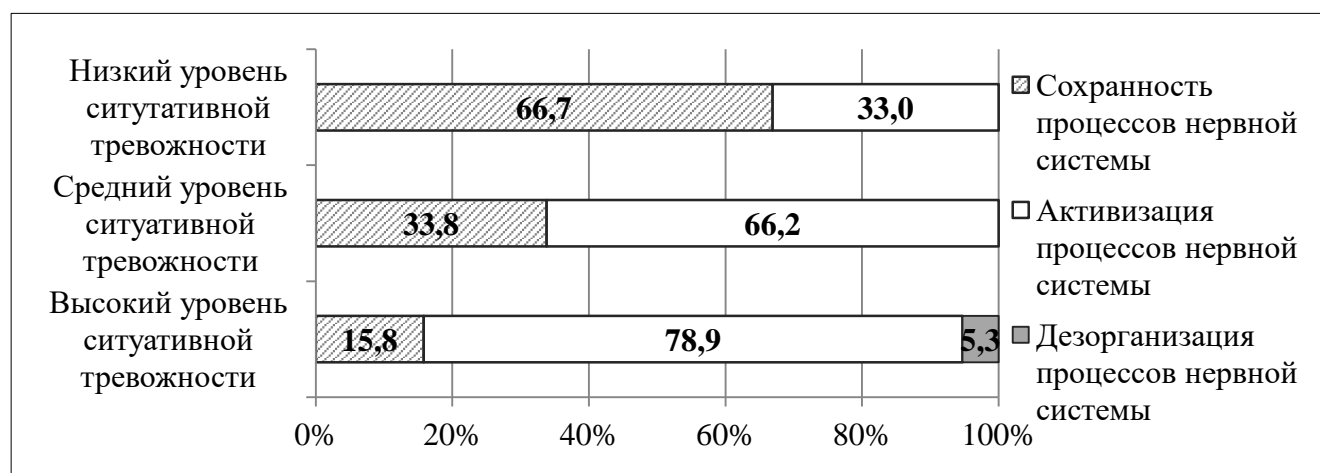


Рисунок 6 – Взаимосвязь уровня ситуативной тревожности и функционального состояния ЦНС обучающихся Предуниверсария

Обучение в Предуниверсарии сопряжено с высоким уровнем применения электронных средств в образовательном процессе. На занятиях школьники наиболее часто использовали интерактивные доски (71,8%) и планшетные компьютеры (43,6%), при этом 52,7% обучающихся использовали электронные средства более двух часов. Вне школы 98,7% респондентов использовали смартфон, 61,5% – ноутбуки, 50,0% – планшетные компьютеры и 30,8% – персональные компьютеры. В свободное от занятий время (в учебные дни) 93,6%,

а в выходные дни – 84,6% обучающихся использовали ЭСО более двух часов в день. После работы с электронными средствами 69,2% респондентов отмечали негативные изменения в самочувствии, позволяющие предположить развитие компьютерно-зрительного синдрома (КЗС) у 39,7% респондентов.

В рамках третьего направления была проведена оценка функционального состояния организма школьников при работе с VR-технологиями. Основную группу в данном исследовании составили 97 человек, которые проходили обучение с применением VR-устройств. В контрольную группу вошли 84 человека, изучающих материал с применением традиционных методов. Для формирования двух групп сравнения по длительности времени работы с VR-устройствами был проведен ROC-анализ. Отмеченные респондентами жалобы на самочувствие после работы с VR были разделены на три симптомокомплекса: общесоматический, глазной и зрительный. С помощью ROC-анализа определялось максимальное время непрерывной работы, при превышении которого гарантированно появлялись жалобы на самочувствие, относящиеся к какому-либо симптомокомплексу.

Значение, при котором наблюдалось оптимальное соотношение чувствительности (80,0%) и специфичности (63,2%) модели составило 30 минут (Рисунок 7). Значение площади под кривой (area under curve – AUC) в таком случае составило 0,708 (95% ДИ: 0,512–0,904), что отражает хорошее качество данной модели. (Рисунок 8)

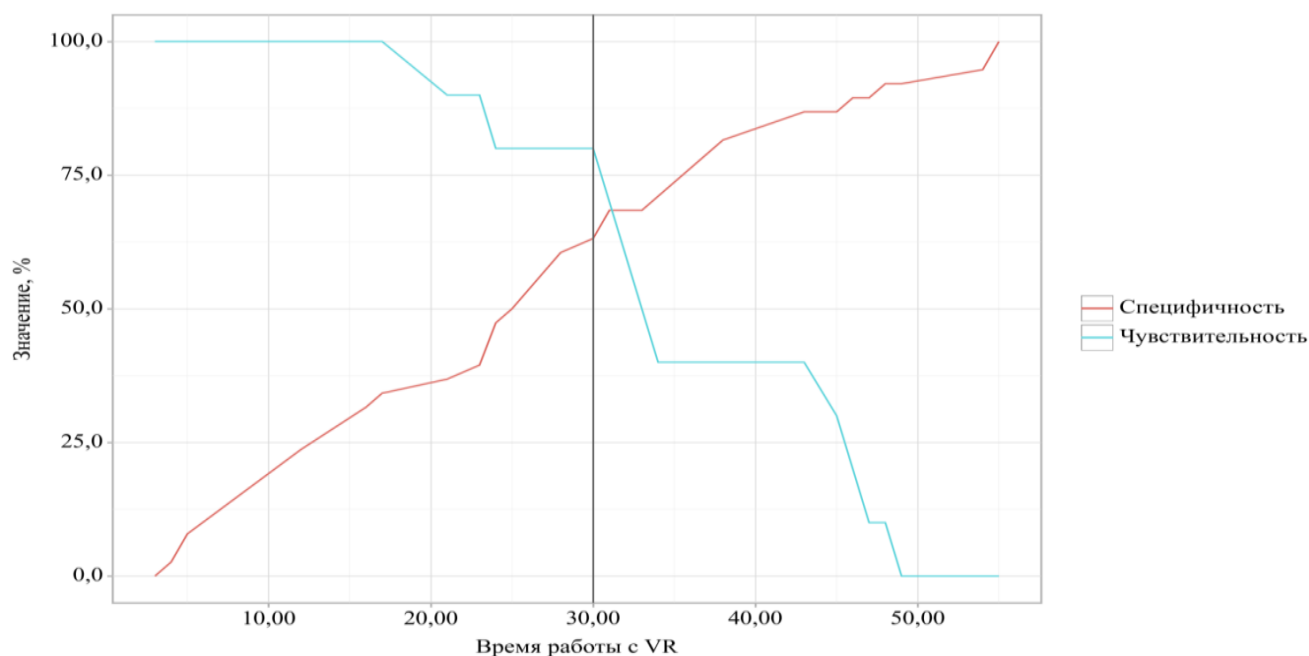


Рисунок 7 – Чувствительность и специфичность модели в зависимости от вероятности развития зрительного симптомокомплекса

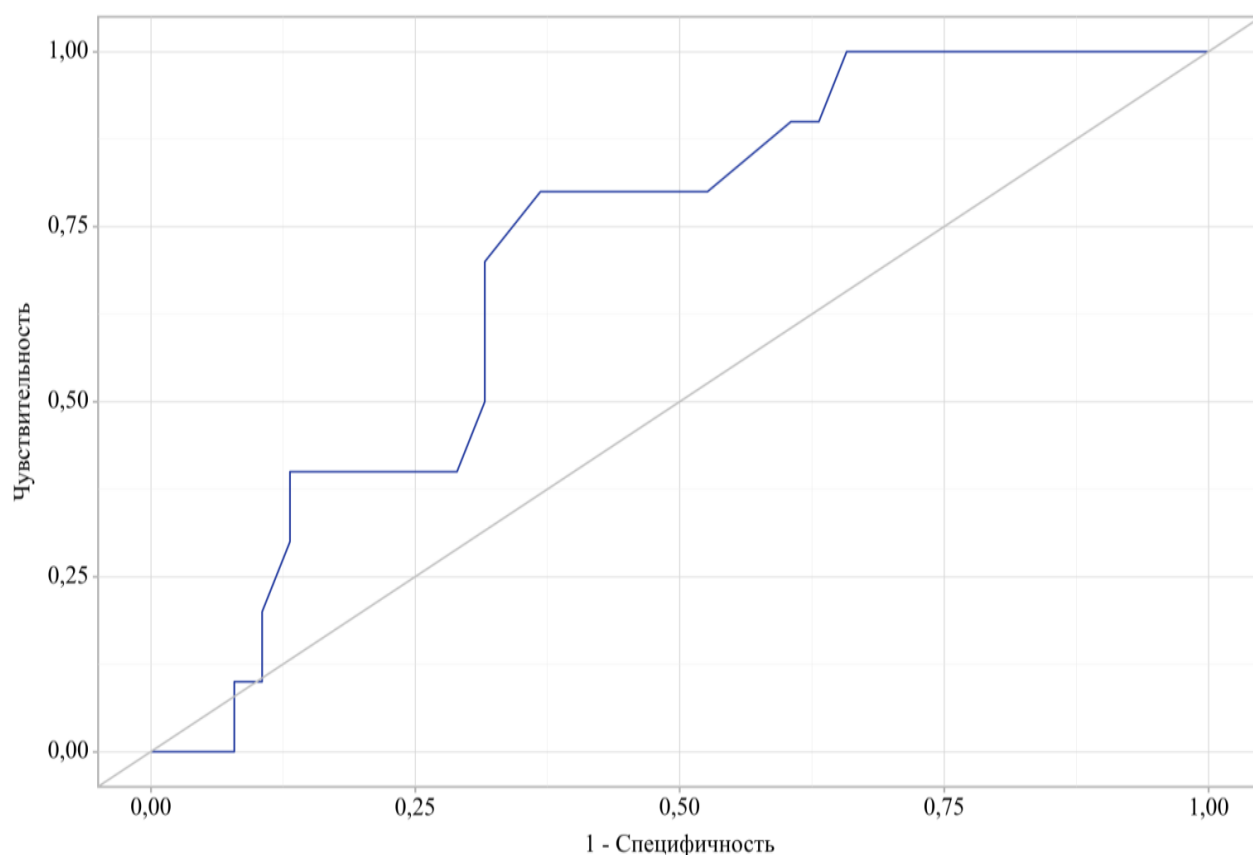


Рисунок 8 – ROC-кривая, характеризующая дискриминационную способность времени работы с VR при прогнозировании развития жалоб зрительного симптомокомплекса

Для нахождения минимального значения времени непрерывной работы с виртуальной реальностью, по достижении которого можно ожидать развития жалоб на самочувствие, был проведен расчет относительного риска. Фактором риска считалось превышение определенного времени, а исходом – наличие жалоб по окончании занятия.

Минимальное время, при котором нижняя граница 95% ДИ не пересекала единицу, а, следовательно, результаты можно считать значимыми, составило 25 минут. Относительный риск при данном значении времени работы с VR составил 2,30 (95% ДИ: 1,08 – 4,91) (Таблица 5).

Таблица 5 – Расчет относительного риска развития жалоб при работе с VR

Исход	Время непрерывной работы с VR	RR	95% ДИ	Se	Sp
Наличие жалоб на самочувствие после работы с VR	30 минут	2,48	1,28 – 4,82	0,62	0,78
	25 минут	2,30	1,08 – 4,91	0,71	0,63
	24 минуты	1,94	0,91 – 4,14	0,71	0,56
Примечание: RR – относительный риск; ДИ – доверительный интервал; Se – чувствительность; Sp – специфичность					

Также при разделении обучающихся на 2 подгруппы (тех, кто работал с VR-очками меньше и больше 25 минут) наблюдалось статистически значимое увеличение количества жалоб в динамике занятия ($p < 0,001$) и регистрировалась статистически значимая разница по количеству жалоб между группами после занятия ($p = 0,018$) (Таблица 6).

Таблица 6 – Динамика появления жалоб в зависимости от времени работы с VR

Группа	Показатели	Жалобы (до занятия)		Жалобы (после занятия)		Точный критерий Фишера; p
		Абс.	%	Абс.	%	
VR-1	Отсутствие жалоб	20	87,0	17	73,9	p=0,257
	Наличие жалоб	3	13,0	6	26,1	
VR-2	Отсутствие жалоб	23	92,0	10	40,0	p<0,001*
	Наличие жалоб	2	8,0	15	60,0	
χ^2 ; df; p		Точный критерий Фишера; p=0,660		5,598; 1; p=0,018*		–

Примечание: * – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).

Полученные результаты легли в основу формирования 2-х групп сравнения: школьники, занимающиеся с VR менее и более 25 минут (далее – VR-1 и VR-2 соответственно).

У школьников, изучающих материал с применением VR-технологий, в динамике занятия отмечено увеличение объема выполненной тестовой корректурной работы ($p = 0,025$) при снижении её качества ($p < 0,001$) (Таблица 7).

Таблица 7 – Динамика основных показателей умственной работоспособности обучающихся основной группы

Показатели	Основная группа (n=64)			
	Объем корректурной работы (количество прослеженных знаков)		Точность корректурной работы (количество стандартизованных ошибок на 500 зн.)	
	В начале занятия	В конце занятия	В начале занятия	В конце занятия
Me (Q ₂₅ -Q ₇₅)	375,50 (329,50-422,50)	392,50 (351,00-416,00)	5,53 (2,28-7,89)	7,46 (3,35-10,86)
Критерий Уилкоксона для парных выборок	W=704; p=0,025*		W=528; p=0,001*	

Примечание: * – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).

Помимо этого, у контрольной группы выявлено меньшее количество ошибок ($p = 0,026$) и более высокий интегральный показатель работоспособности, нежели в основной группе по окончании занятия (Таблица 8).

Таблица 8 – Сравнение основных показателей умственной работоспособности обучающихся основной и контрольной групп

Показатели	Точность корректурной работы (количество стандартизованных ошибок на 500 зн.)			
	В начале занятия		В конце занятия	
	Основная группа (n=64)	Контрольная группа(n=80)	Основная группа (n=64)	Контрольная группа (n=80)
Me (Q ₂₅ -Q ₇₅)	5,53 (2,28-7,89)	4,15 (2,10-7,75)	7,46 (3,35-10,86)	5,05 (2,23-8,64)
Критерий Манна-Уитни	U=2456,5; 0,551		U=2145,5; 0,026*	
Интегральный показатель работоспособности	Основная группа		Контрольная группа	
	0,95		1,74	
Примечание: * - различия показателей статистически значимы (p<0,05).				

Полученные результаты говорят о том, что применение VR-технологий в образовательном процессе способствует развитию учебного утомления.

Изучение степени влияния VR-устройств на функциональное состояние ЦНС обучающихся показало статистически значимые различия по показателю устойчивости реакции. В группе школьников, занимающихся с применением VR-устройств, стабильность реакции отмечалась у 33,3% обучающихся; в контрольной группе – у 59,1% (p<0,05) (Рисунок 9).

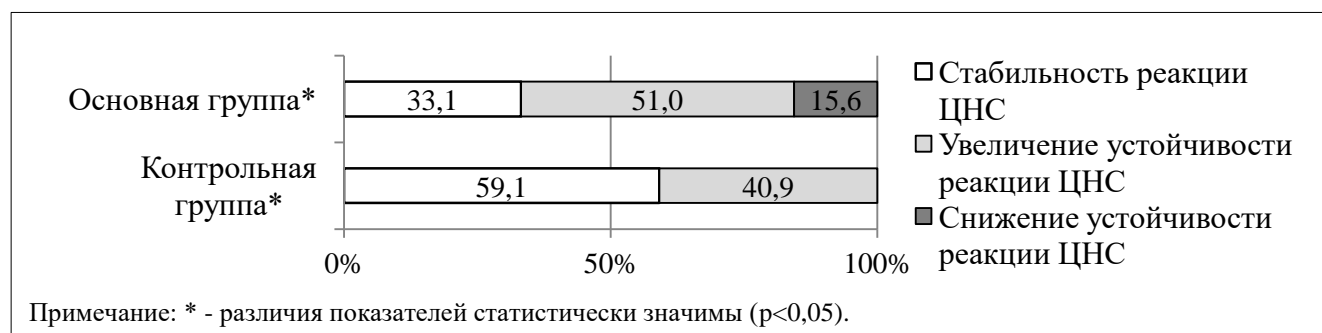


Рисунок 9 – Динамика показателей РДО обучающихся основной и контрольной групп

Это говорит о том, что применение VR-очков в образовательном процессе влияет на сбалансированность процессов центральной нервной системы. Аналогичных результатов при сравнении групп обучающихся, занимающихся с VR-устройствами менее и более 25 минут получено не было. Однако при взаимодействии более 25 минут наблюдается тенденция к увеличению доли детей, у которых выражены тормозные процессы в ЦНС с 52,2% до 72,2%, что свидетельствует об угнетении центральной нервной системы (Таблица 9).

Таблица 9 – Функциональное состояние ЦНС в группах обучающихся с различным временем взаимодействия с VR-устройствами

Динамика показателей РДО	Группа VR-1		Группа VR-2		χ^2 ; df; p
	Направленность изменений в ЦНС				
	Абс.	%	Абс.	%	Точный критерий Фишера; p = 0,218
Возбуждение	11	47,8	5	27,8	
Торможение	12	52,2	13	72,2	

Отмечены статистически значимые различия в числе испытуемых, у которых наблюдалось снижение КЧСМ (21,1% в основной группе и 0,0% - в контрольной; p=0,013) (Рисунок 10).

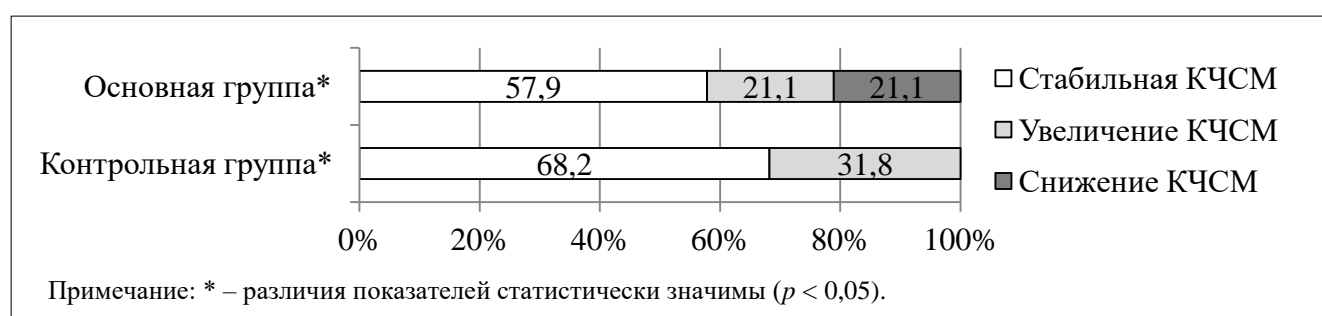


Рисунок 10 – Динамика показателей КЧСМ в основной и контрольной группах

Снижение КЧСМ указывает на наличие изменений в процессах ЦНС, следовательно, использование VR-очков в образовательном процессе провоцирует развитие зрительного утомления. Следует отметить, что у испытуемых основной группы (20 человек – 21,1%) также наблюдалось увеличение частоты слияния мельканий, которое является показателем возбуждения ЦНС. Это значение практически в 3 раза выше в сравнении с аналогичным показателем при изучении реакции на компьютерную зрительную нагрузку (7,2%) [Ахмадеев Р. Р., Тимербулатов И. Ф., Кошелев Д. И., 2019]. Изучение динамики показателей КЧСМ в группах со временем взаимодействия с виртуальной реальностью менее и более 25 минут показало отсутствие статистически значимых различий.

Изучение динамики неблагоприятных изменений самочувствия при обучении с применением VR-очков показало значительное увеличение распространенности жалоб после работы с VR – до 43,8%, по сравнению с началом занятия (10,4%; $p < 0,001$). Обнаружено существенное увеличение таких жалоб, как ощущение усталости глаз ($p = 0,003$), боли в области глаз ($p = 0,034$) и головокружение ($p = 0,046$) (Таблица 10).

Таблица 10 – Появление жалоб при обучении с применением VR-очков

Показатель	До работы с VR (n=48)		После работы с VR (n=48)		χ^2 ; df; p
	Абс.	%	Абс.	%	
Наличие жалоб	5	10,4	21	43,8	11,636; 1; p<0,001*
Усталость глаз	0	0,0	9	18,8	9; 1; p=0,003*
Боли в области глаз	3	6,2	9	18,8	4,5; 1; p=0,034*
Головокружение	0	0,0	4	8,3	4; 1; p=0,046*
Головная боль	1	2,1	6	12,5	3,571; 1; p=0,059
Общее утомление	2	4,2	2	4,2	0x10 ⁰ ; 1; p=1,000
Тяжесть в голове	0	0,0	3	6,2	3; 1; p=0,083
Напряжение глаз	1	2,1	1	2,1	0x10 ⁰ ; 1; p=1,000
Покраснение глаз	1	2,1	3	6,2	2; 1; p=0,157
Жжение в глазах	0	0,0	2	4,2	2; 1; p=0,157

Примечание: * – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).

При изучении динамики появления различных жалоб в исследуемых группах были получены следующие результаты: в группе школьников, занимающихся с применением VR-устройств более 25 минут, регистрировалось развитие жалоб на наличие головной боли ($p=0,025$), ощущение усталости глаз ($p=0,008$), и боли в области глаз ($p=0,025$) (Таблица 11). Статистически значимой разницы между группами не наблюдалось.

Таблица 11 – Динамика появления конкретных жалоб в группах обучающихся с различным временем работы с VR-очками

Группа	Головная боль (до работы с VR)		Головная боль (после работы с VR)		Точный критерий Фишера
	Абс.	%	Абс.	%	
VR-1	1	4,3	1	4,3	p=1,000
VR-2	0	0,0	5	20,0	p=0,025*
Точный критерий Фишера	p=0,479		5,5; p=0,191		–
Группа	Боли в области глаз (до работы с VR)		Боли в области глаз (после работы с VR)		Точный критерий Фишера
	Абс.	%	Абс.	%	
VR-1	2	8,7	3	13,0	p=0,564
VR-2	1	4,0	6	24,0	p=0,025*
Точный критерий Фишера	p=0,601		p=0,466		–
Группа	Усталость глаз (до работы с VR)		Усталость глаз (после работы с VR)		Точный критерий Фишера
	Абс.	%	Абс.	%	
VR-1	0	0,0	2	8,7	p=0,157
VR-2	0	0,0	7	28,0	p=0,008*
Точный критерий Фишера	-		p=0,140		–

Примечание: * – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).

При объединении жалоб в симптомокомплексы можно было отметить, что во второй группе статистически более часто проявлялся общесоматический симптомокомплекс ($p=0,039$), по сравнению с группой VR-1 (Таблица 12). Помимо этого, в группе VR-2 после работы значимо чаще наблюдалось развитие общесоматического ($p=0,011$), глазного ($p=0,008$) и зрительного ($p=0,020$) симптомокомплексов.

Таблица 12 – Динамика появления различных симптомокомплексов в группах обучающихся с различным временем работы с VR-очками

Группа	Общесоматический симптомокомплекс (до работы с VR)		Общесоматический симптомокомплекс (после работы с VR)		Точный критерий Фишера
	Абс.	%	Абс.	%	
VR-1	2	8,7	2	8,7	$p=1,000$
VR-2	1	4,0	9	36,0	$p=0,011^*$
Точный критерий Фишера	$p=0,601$		$p=0,039^*$		–
Группа	Глазной симптомокомплекс (до работы с VR)		Глазной симптомокомплекс (после работы с VR)		Точный критерий Фишера
	Абс.	%	Абс.	%	
VR-1	2	8,7	4	17,4	$p=0,317$
VR-2	3	12,0	10	40,0	$p=0,008^*$
Точный критерий Фишера	$p=1,000$		$p=0,117$		–
Группа	Зрительный симптомокомплекс (до работы с VR)		Зрительный симптомокомплекс (после работы с VR)		Точный критерий Фишера
	Абс.	%	Абс.	%	
VR-1	0	0,0	2	8,7	$p=0,157$
VR-2	1	4,0	8	32,0	$p=0,020^*$
Точный критерий Фишера	$p=1,000$		$p=0,075$		–

Примечание: * – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).

Согласно выявленным жалобам, предположить развитие КЗС после работы с VR-устройствами можно было у 20,8% обучающихся. В группе обучающихся, занимавшихся с использованием VR-технологий более 25 минут, доля школьников, у которых можно предположить развитие КЗС составила 32,0%, а в группе VR-1 – 8,7% (Таблица 13).

Таблица 13 – Развитие компьютерно-зрительного синдрома после работы с VR-очками

Наличие КЗС	Абс.	%	95% ДИ
Всего	10	20,8	10,5-35,0
Группа VR-1	2	8,7	Точный критерий Фишера; $p=0,075$
Группа VR-2	8	32,0	

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что применение устройств виртуальной реальности в образовательном процессе способствует развитию учебного и зрительного утомления.

ВЫВОДЫ

1. Комплексная гигиеническая оценка условий и организации обучения старшеклассников, использующих VR-технологии в образовательном процессе, позволила отнести их к оптимально-допустимым (I группа СЭБ). Отклонения от действующих санитарных правил установлены в части составления расписания (нерациональное распределение учебной нагрузки в течение учебного года и недели, отсутствие чередования предметов естественно-научной и математической направленности, наличие сдвоенных занятий, отсутствие занятий физической культурой во втором полугодии) при общем снижении многопредметности, преобладании в расписании профильных предметов и снижении суммарной недельной аудиторной нагрузки на 12,5%.

2. Умственная работоспособность обучающихся при использовании технологий виртуальной реальности в динамике учебного года сохранялась на достаточно высоком уровне: во втором полугодии у школьников отмечался более высокий интегральный показатель работоспособности (1,93 усл. ед. против 1,37 усл. ед. в середине первого полугодия), повысилось качество выполняемой тестовой корректурной работы на 38% ($p < 0,001$) в течение учебной недели. При этом у обучающихся Прединверсария выявлена значительная распространенность среднего (48,6%) и высокого (40,7%) уровней ситуативной тревожности.

3. Обучение в медицинском Прединверсарии сопряжено с высоким уровнем применения электронных средств в образовательном процессе (52,7% обучающихся использовали ЭС более двух часов). Наиболее часто школьники использовали интерактивные доски (71,8%) и планшетные компьютеры (43,6%). Вне школы 98,7% респондентов использовали смартфон, 61,5% – ноутбуки, 50% – планшетные компьютеры и 30,8% – персональные компьютеры. В свободное от занятий время (в учебные дни) 93,6% школьников, а в выходные дни – 84,6% использовали ЭС более двух часов в день.

4. У школьников, изучающих материал с применением VR-технологий, в динамике занятия выявлено увеличение объема выполненной тестовой корректурной работы ($p = 0,025$) при снижении её качества ($p = 0,001$); стабильность реакции ЦНС в основной группе отмечалась только у трети обучающихся, тогда как в контрольной группе – у 59,1% ($p = 0,030$). При увеличении времени работы с VR-устройствами наблюдалась тенденция к увеличению доли детей, с выраженными тормозными процессами в ЦНС (с 52,2% до 72,2%).

При использовании VR-очков в образовательном процессе статистически значимые различия установлены среди испытуемых, у которых наблюдалось снижение КЧСМ (21,1% в основной группе и 0,0% - в контрольной; $p=0,013$), что свидетельствует о развитии зрительного утомления.

5. Использование технологий виртуальной реальности в системе профильной подготовки старшеклассников характеризовалось значительным увеличением распространенности жалоб обучающихся на самочувствие после работы с VR-устройствами по сравнению с началом занятия (с 10,4% до 43,8%; $p<0,001$). При работе с VR-устройствами более 25 минут наблюдалось статистически значимое увеличение количества жалоб, свойственных компьютерно-зрительному синдрому.

6. Гигиенические рекомендации для проведения учебных занятий с использованием VR-устройств в образовательном процессе старшеклассников включают соблюдение требований к электронным средствам обучения индивидуального пользования, регламентацию времени работы с VR-устройствами, составление рационального расписания занятий, обязательное проведение уроков физической культуры и внедрение системы медико-профилактического обеспечения безопасности использования VR-устройств в образовательном процессе.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

1. Оценка уровня электромагнитного излучения, воздействию которого подвергаются обучающиеся при одновременной работе большого количества VR-очков.

2. Изучение моделей VR-очков, с другими техническими характеристиками, применяющихся для обучения (HTC Vive PRO 2, VIVE Focus 3, Pico 4 Ultra, Acer WMR Headset и др.).

3. Изучение образовательных контентов, приложений и учебных программ, реализуемых с помощью VR-очков.

4. Изучение влияния VR-устройств на детей и подростков с различными болезнями глаза и его придаточного аппарата.

5. Регламентация максимального непрерывного времени взаимодействия с VR-устройствами при их применении в образовательном процессе.

6. Изучение влияния VR-устройств на функциональное состояние организма детей и подростков разных возрастных групп.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. **Платонов О. В.** Инновационные цифровые технологии в образовании (научный обзор). / **О. В. Платонов** // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. – 2023 - №1 – С. 16-21.
2. Сравнительная характеристика жалоб, предъявляемых школьниками при работе за персональным компьютером и с VR-устройством в процессе учебной деятельности / Е. Д. Лапонова, А. Ю. Макарова, **О. В. Платонов**, М. А. Лещёва. // Актуальные вопросы гигиенической науки: исторические аспекты и современные тенденции. Сборник материалов Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 100-летию кафедры гигиены Приволжского исследовательского медицинского университета. 2024. — С. 219-222.
3. Физиолого-гигиеническая оценка использования в старшей школе технологий виртуальной реальности / В. Р. Кучма, Е. Д. Лапонова, **О. В. Платонов**, А. С. Седова, А. Ю. Макарова, Н. В. Бирюкова, М. Г. Болдырева, О. В. Тикашкина // Гигиена и санитария . — 2024. — № 103 (5). — С. 468-476. [Scopus].
4. **Платонов О. В.** Анализ состояния здоровья обучающихся старшей школы в условиях цифровизации образования / **О. В. Платонов** // Российский педиатрический журнал. – 2024 - №27 S2 – С. 51-52.
5. Оценка удовлетворенности обучающихся при использовании контента виртуальной реальности на примере манипуляций с инъекциями / А. Ю. Макарова, Е. Д. Лапонова, **О. В. Платонов**, В. Р. Кучма. // Виртуальные технологии в медицине. — 2024. — № 2 (40). — С. 82-88.
6. Физиолого-гигиеническая оценка организации профильной подготовки старшеклассников / В. Р. Кучма, Е. Д. Лапонова, **О. В. Платонов**, А. Ю. Макарова, В. В. Чубаровский, Н. В. Бирюкова, М. А. Лещёва // Гигиена и санитария . — 2024. — № 103 (10). — С. 1198-1206. [Scopus].
7. **Платонов О. В.** Характеристика психоэмоционального статуса старшеклассников в условиях профильной подготовки / **О. В. Платонов** // Оренбургский медицинский вестник. – 2025. – Т. XIII - № 1 (49) – С. 59-64.
8. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023624046 Российская Федерация. Показатели функционального состояния ЦНС детей, подростков и молодежи с позиций определения их реагирования на зрительный стимул: № 2023623870: заявл. 10.11.2023: опубл. 20.11.2023 / В. Р. Кучма, Е. Д. Лапонова, А. Ю. Макарова, Н. Н. Демина, **О. В. Платонов**, А. А., Монахова, Е. В., Нарышкина, Н. Л. Ямщикова, А. Р. Вирабова, М. А. Лещёва; заявитель федеральное государственное автономное образовательное

учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации.

9. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024622446 Российская Федерация. Показатели функционального состояния ЦНС детей, подростков и молодежи с позиций определения их реагирования на движущийся объект: № 2024622093: заявл. 24.05.2024: опубл. 04.06.2024 / В. Р. Кучма, Е. Д. Лапонова, А. Ю. Макарова, Н. Н. Демина, **О. В. Платонов**, А. А., Монахова, Е. В., Нарышкина, Н. Л. Ямщикова, Н. В. Бирюкова, М. А. Лещёва; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

КЗС – компьютерно-зрительный синдром

КЧСМ – критическая частота слияния мельканий

РДО – реакция на движущийся объект

САН – «Самочувствие, активность, настроение»

СЭБ – санитарно-эпидемиологическое благополучие

ФСО – функциональное состояние организма

ЦНС – центральная нервная система

ЦОС – цифровая образовательная среда

ЦТО – цифровая трансформация образования

ЭСО – электронные средства обучения

Area under curve (AUC) – площадь под кривой

Cut-off value – пороговое значение

VR (virtual reality) – виртуальная реальность

VR-1 – группа обучающихся, которые проходили обучение с использованием VR-технологий менее 25 минут

VR-2 – группа обучающихся, которые проходили обучение с использованием VR-технологий более 25 минут