

Концепция цифровой доступности электронного обучения в контексте педагогических теорий

Екатерина Косова, Ольга Галустян

Статья поступила
в редакцию
в мае 2024 г.

Косова Екатерина Алексеевна — кандидат педагогических наук, доцент, заведующая кафедрой прикладной математики Физико-технического института, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского. Адрес: 295007 Симферополь, просп. Академика Вернадского, 4. E-mail: lynx99@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3263-9373> (контактное лицо для переписки)

Галустян Ольга Владимировна — доктор педагогических наук, профессор, исполняющая обязанности заведующего кафедрой социальной педагогики Академии психологии и педагогики, Южный федеральный университет. E-mail: ovgalustyan@sfned.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1062-547X>

Аннотация

Содержание концепции цифровой доступности электронного обучения анализируется с позиций психолого-педагогических теорий, применимых к обучению с использованием информационно-коммуникационных технологий, с учетом действующих требований к организации доступного цифрового контента, в том числе Руководящих принципов доступности веб-контента (*Web Content Accessibility Guidelines*, WCAG). Анализ положений когнитивизма, бихевиоризма, конструктивизма и коннективизма позволил аргументировать необходимость обеспечения цифровой доступности для реализации на практике всех рассмотренных теоретических подходов, а также выявить на основании ключевых факторов, определяющих результативность и доступность электронного обучения, взаимное соответствие между различными подходами к обучению и главными принципами WCAG 2.2. Показано, что теоретические модели, объединенные школой когнитивизма, наиболее точно объясняют суть цифровой доступности электронного обучения как облигатной базы, обеспечивающей возможность восприятия, обработки и записи в долговременную память учебной информации. Ошибки цифровой доступности провоцируют разрывы информационных процессов, что может привести к нарушениям функционирования всей системы обработки информации — от регистрации сигналов из окружающей среды до накопления в памяти новых знаний. Теория когнитивной нагрузки, утверждающая, что эффективное обучение возможно только при адекватной учебной нагрузке на оперативную память обучающегося, согласуется с идеей цифровой доступности, подразумевающей адаптивность, гибкость, лапидарность, простоту и понятность представления цифрового контента. Перспективы развития концепции цифровой доступности электронного обучения связаны с практическим исследованием ее применения в комбинации с различными теориями обучения.

Ключевые слова

цифровая доступность, электронное обучение, теории обучения, когнитивизм, конструктивизм, бихевиоризм, коннективизм, мультимедийное обучение, когнитивная нагрузка, теория обработки информации, WCAG 2.2

Для цитирования Косова Е.А., Галустян О.В. (2025) Концепция цифровой доступности электронного обучения в контексте педагогических теорий. *Вопросы образования / Educational Studies Moscow*, № 4, сс. 104–135. <https://doi.org/10.17323/vo-2025-21662>

Concept of Digital Accessibility of e-Learning in the Context of Pedagogical Theories

Yekaterina Kosova, Olga Galustyan

Yekaterina A. Kosova — Candidate of Sciences in Pedagogy, Associate Professor, Head of the Department of Applied Mathematics, Physics and Technology Institute, V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Address: 4 Prospect Vernadskogo, 295007 Simferopol, Russian Federation. E-mail: lynx99@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3263-9373> (corresponding author)

Olga V. Galustyan — Doctor of Sciences in Pedagogy, Professor, Acting Head of the Department of Social Pedagogy, Academy of Psychology and Education Sciences, Southern Federal University. E-mail: ovgalustyan@sfedu.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1062-547X>

Abstract The article discusses the issues of arguing the concept of digital accessibility in e-learning from a theoretical and practical perspective, considering the psychological and pedagogical theories that are applicable to learning with information and communication technologies. It also takes into account the existing requirements for organizing accessible digital content, such as Web Content Accessibility Guidelines (WCAG). The analysis of cognitivism, behaviorism, constructivism, and connectivism allowed to identify and clarify the importance of digital accessibility for implementing all theoretical approaches in practice. It also helped to establish a mutual correspondence between these approaches and the key principles of WCAG 2.2, based on the factors that determine the effectiveness and accessibility of e-learning. It has been shown that the theoretical models developed by the school of cognitivism most accurately explain the essence of digital accessibility in e-learning as a fundamental basis that enables the ability to perceive, process, and store educational information in long-term memory. Errors in digital accessibility can cause disruptions in information processing, leading to problems in the functioning of the overall information processing system, from receiving signals from the environment to storing new knowledge in memory. The cognitive load theory, which states that effective learning occurs only with an appropriate level of cognitive demand on the learner's working memory, aligns with the concept of digital accessibility implying adaptability, flexibility, lapidarity, simplicity and clarity of presentation of digital content. Further prospects for exploring the concept of digital accessibility in e-learning involve a practical examination of its implementation in conjunction with various learning theories.

Keywords digital accessibility, e-learning, learning theories, cognitivism, constructivism, behaviorism, connectivism, multimedia learning, cognitive load, information processing theory, WCAG 2.2

For citing Kosova Ye.A., Galustyan O.V. (2025) Concept of Digital Accessibility of e-Learning in the Context of Pedagogical Theories. *Voprosy obrazovaniya / Educational Studies Moscow*, no 4, pp. 104–135 (In Russian). <https://doi.org/10.17323/vo-2025-21662>

В условиях всеобщей цифровизации образования общедоступность электронного обучения становится необходимым условием реализации принципов инклюзивности, преодоления цифрового неравенства и обеспечения равных возможностей для обучающихся. В самом общем виде электронное обучение (*e-learning*) представляет собой использование любых цифровых решений для поддержки и совершенствования образовательного процесса [Mayes, de Freitas, 2004; Kahiigi et al., 2008]. В основе такого обучения лежит применение информационно-коммуникационных средств (автономных, сетевых и мобильных) в качестве медиаторов, обеспечивающих взаимодействие с образовательными ресурсами и сервисами в синхронной или асинхронной среде [Andrews, 2011; Obidat, 2022; Arasteh et al., 2014; Yuwono et al., 2022].

Под цифровой доступностью электронного обучения понимают способность цифровых технологий удовлетворять потребностям всех обучающихся с учетом их персональных особенностей и предпочтений [Косова, Редкокош, 2022]. Доступность обеспечивается гибкостью и адаптируемостью среды электронного обучения в отношении презентации контента, методов управления, модальности доступа и поддержки обучающихся, а также наличием адекватных эквивалентных альтернатив предоставления контента и видов учебной активности¹. С другой стороны, цифровая доступность рассматривается как практика или деятельность, опосредованная физическими или концептуальными (теоретическими) инструментами, которые могут быть использованы для разработки и внедрения доступного электронного обучения [Seale, Cooper, 2010].

Считается, что цифровой ресурс доступен, если любой пользователь может воспринимать и понимать размещенный на нем контент, перемещаться по нему, управлять им и при необходимости вносить в него свой вклад. К основным потребителям цифровой доступности электронного обучения относятся наиболее незащищенные группы обучающихся, прежде всего лица с ограниченными возможностями здоровья [Brown et al., 2022; Kaufmann et al., 2022; Jackson, 2023; Sloodman et al., 2023]. Вместе с тем идея цифровой доступности в последнее время трактуется более широко: как предоставление образовательных преимуществ для каждого человека [Obidat, 2022].

Современные институциональные подходы к реализации электронного обучения поддерживают и продвигают модель цифровой доступности. Так, в международных рекомендациях, определяющих рамки профессиональных компетенций преподавателей [ЮНЕСКО, 2019], цифровая доступность рассматривается как

¹ IMS AccessForAll meta-data specification: Final specification: v1.0: http://www.imsglobal.org/accessibility/accmdv1p0/imsaccmd_ovieww1p0.html (accessed 01.11.2025).

ключевой компонент инклюзивного образования, интегрирующий универсальный дизайн обучения, адаптивные технологии и открытые образовательные ресурсы для преодоления барьеров, обусловленных физическими, когнитивными, языковыми, культурными и гендерными особенностями обучающихся. Согласно рекомендациям ЮНЕСКО, для сокращения цифрового разрыва и обеспечения равного доступа гетерогенной аудитории обучающихся к образовательному контенту, учебным активностям и взаимодействию в среде электронного обучения преподаватель должен обладать следующими навыками: реализации инклюзивных педагогических стратегий; оценки и модификации цифрового контента и сред в соответствии с критериями доступности и принципами универсального дизайна; дифференцированного подбора и интеграции в образовательный процесс адаптивных цифровых технологий. Следование компетентностным рамкам ЮНЕСКО позволяет сформировать среду электронного обучения, доступность которой обеспечивается не только технической адаптацией контента, но и теоретически обоснованными педагогическими практиками, направленными на устранение цифрового неравенства и развитие навыков ответственного цифрового участия.

В литературе предпринимались попытки описать идеи цифровой доступности с точки зрения концепций универсального дизайна и когнитивной нейробиологии [Meyer, Ross, 1998; Ross, Meyer, 2006] — для объяснения того, как люди учатся; ассоциативных, когнитивных и ситуативных педагогических теорий [Seale, Cooper, 2010] — для выбора педагогических инструментов в контексте доступного электронного обучения; теорий социальной справедливости и равноправия [Najab, Amrani, 2022; Jackson, 2023], концепции деятельного сообщества [Seale, 2004] и теории деятельности [Seale, 2007] — для институциональной поддержки доступного электронного обучения. Однако публикаций, в которых концептуальные рамки цифровой доступности электронного обучения описывались бы с позиций руководящих принципов доступности цифрового контента и механизмов обучения человека в электронной образовательной среде, нам найти не удалось.

Цель работы — уточнить и развить концепцию цифровой доступности электронного обучения с точки зрения психолого-педагогических теоретических моделей и научно обоснованных регламентов организации доступной образовательной среды.

На основании поставленной цели сформулированы следующие исследовательские вопросы.

1. Какие руководящие принципы и теоретические модели используются в настоящее время для объяснения концепции цифровой доступности электронного обучения?

2. Как согласуются руководящие принципы цифровой доступности с теоретическими моделями, применимыми к электронному обучению, при решении задачи обеспечить инклюзивность образовательного процесса?
3. Какие теории, применимые к электронному обучению, наиболее тесно связаны с концепцией цифровой доступности и каков характер этой взаимосвязи?

1. Теоретические модели и руководящие принципы цифровой доступности

В основе общей концепции цифровой доступности лежат принципы универсального дизайна (*universal design*), дизайна для всех (*design for all*), инклюзивного дизайна (*inclusive design*), универсального доступа (*universal access*) и других теоретических моделей, объединенных идеей создания продуктов и сред, изначально доступных и удобных для всех людей с учетом их различий и индивидуальных особенностей без необходимости адаптации или специализированного проектирования [Persson et al., 2015].

Практическим воплощением указанных теоретических моделей выступают Руководящие принципы доступности веб-контента (*Web Content Accessibility Guidelines, WCAG*) [Caldwell et al., 2008; Kirkpatrick et al., 2018; Campbell et al., 2023] — эталонные регламенты, определяющие характеристики цифровой доступности. В текущей версии WCAG — WCAG 2.2 — представлены четыре главных принципа, включающих 13 руководящих принципов и 86 проверяемых признаков (критериев успеха)² [Campbell et al., 2023]. Рекомендации WCAG устанавливают требования к цифровым ресурсам, обеспечивающие возможности воспринимать цифровой контент с помощью доступных пользователю органов чувств (принцип воспринимаемости); беспрепятственно и безопасно управлять интерфейсом ресурса, перемещаться по нему и вносить в него свой вклад (принцип управляемости, или работоспособности); понимать структуру, логику и содержание цифрового ресурса (принцип понятности); использовать вспомогательное оборудование и программное обеспечение для работы с цифровым ресурсом (принцип надежности, или совместимости). Принципы WCAG трансформируют общие идеи доступности в конкретные рекомендации, соблюдение которых позволяет проектировать универсально доступные цифровые ресурсы и среды.

Главными бенефициарами цифровой доступности являются люди с ограничениями жизнедеятельности, испытывающие затруднения, а иногда и непреодолимые трудности при взаимодействии с цифровой средой, если ее компоненты не соответствуют требованиям WCAG [Carter, Markel, 2001; Косова, 2020]. Так, люди

² Проверяемый признак, или критерий успеха (*success criterion*) — утверждение, справедливость которого может быть проверена с помощью автоматической и экспертной оценки цифровой доступности.

с нарушениями зрения (слепотой, слабовидением, сниженной остротой зрения, ограничениями цветового восприятия) нуждаются в релевантных текстовых описаниях ко всему нетекстовому содержимому, в корректной структуре цифровых документов для адекватного воспроизведения контента программами преобразования текста в речь и экранными увеличителями, в повышенном цветовом контрасте фона и переднего плана. Лицам с нарушениями слуха требуется субтитрирование и транскрибирование аудио- и видеоматериалов или эквивалентный перевод на язык жестов. Обучающиеся с локомоторными нарушениями (ограничениями подвижности, мелкой моторики, тремором рук) используют клавиатуру и специализированные технологии для управления цифровыми ресурсами и могут испытывать трудности при оперировании экранным содержимым. Люди, имеющие неврологические дисфункции, такие как светочувствительная эпилепсия, подвержены судорожным припадкам из-за появления в контенте мигающих и мерцающих изображений. При когнитивных ограничениях, в том числе специфических нарушениях обучаемости, могут возникать затруднения в понимании сложных текстов, схем и концепций, в обработке медиаинформации, чтении и наборе текста. Соблюдение руководящих принципов WCAG позволяет устранить проблемы доступа, связанные с устойчивыми ограничениями жизнедеятельности, и способствует улучшению взаимодействия с цифровым окружением для всех обучающихся [Lowenthal et al., 2020; Obidat, 2022].

Вполне очевидно, что содержание положений WCAG обусловлено современными представлениями о физических и психических возможностях человека и его способности работать с информацией, а именно регистрировать и распознавать сигналы, поступающие из окружающей среды, обрабатывать эти сигналы и адекватно реагировать на них по принципу обратной связи. По нашему мнению, согласование указанных принципов с положениями теорий, применимых к электронному обучению, создает основу концепции цифровой доступности такого обучения. Рассмотрим основные подходы к интерпретации природы доступного электронного обучения.

Модель универсального дизайна для обучения (*universal design for learning*, UDL) А. Мейер и Д. Росса [Meyer, Ross, 1998; Ross, Meyer, 2006] основана на исследованиях в области психологии и когнитивной нейробиологии. Согласно определению авторов, UDL представляет собой способ улучшения и оптимизации преподавания и обучения каждого человека на базе научного понимания того, как люди учатся. Индивидуальные особенности человека и его склонности, значимые для организации обучения, рассматриваются в аспекте взаимодействия так называемых функциональных сетей головного мозга: аффективных сетей,

определяющих вовлеченность и саморегулирование обучения; сетей распознавания, отвечающих за восприятие и понимание учебной информации; стратегических сетей, которые определяют физические действия обучающихся, самовыражение, коммуникативные и исполнительные функции.

Модель UDL представляет собой набор рекомендаций, которые предлагается применять к любой изучаемой дисциплине в любой среде, в том числе при электронном обучении, чтобы гарантировать равные возможности обучения для всех без исключения. Рекомендации (всего 31) систематизированы в три блока в соответствии с функциями нейронных сетей и определяют множественные способы взаимодействия, множественные способы представления информации, множественные способы действия и самовыражения. Согласно общей идее UDL, не существует дидактических методов и средств, оптимальных для всех обучающихся. Таким образом, универсальность дизайна в обучении может быть достигнута при условии предоставления максимально полного множества вариантов взаимодействия участников образовательного процесса, способов доставки и сенсорных характеристик образовательного контента, а также методов демонстрации и контроля полученных знаний, умений и навыков с целью удовлетворения потребностей всех обучающихся, включая лиц с ограниченными возможностями здоровья [Ross, Meyer, 2006].

Модель UDL направлена на устранение барьеров в доступе к электронному обучению и может применяться в сочетании с принципами WCAG для создания инклюзивной образовательной среды [Haunpes, 2019]. Использование рекомендаций UDL положительно влияет на качество обучения у всех категорий обучающихся [Guilbaud, Martin, Newton, 2021], способствует их эмоциональной вовлеченности, обеспечивает разнообразие и расширение доступа к образовательному процессу [Ismailov, Chiu, 2022]. Экспериментально подтверждено, что применение UDL улучшает когнитивные функции студентов, включая память, внимание, многозадачность и саморегуляцию [Levicky-Townley et al., 2021]. Обнаружена статистически значимая связь между использованием UDL и ростом академической успеваемости обучающихся с ограниченными возможностями здоровья [Manly, 2022]. Кроме того, рекомендации UDL доказали свою эффективность на практике при оперативной трансформации традиционных учебных курсов в онлайн-формат [Koohang et al., 2009].

Среди других теоретических подходов к обеспечению общедоступности электронного обучения следует отметить проведенное Д. Сил [Seale, 2004] исследование возможностей применения теории деятельных сообществ Э. Венгера [Wenger, 1998] к повышению доступности цифровой образовательной среды. Согласно теории, деятельные сообщества (*community of practice*) кон-

струируются через взаимное участие, совместное предприятие и общий репертуар. Д. Сил отмечает, что в существующих подходах к формированию локальных политик доступности доминирует формальная техническая адаптация нормативных инструментов и руководств, например WCAG, не учитывающая глубинные особенности образовательной среды и целевой аудитории цифровой доступности, в то время как в теории деятельных сообществ Э. Венгера сделан акцент на необходимости соблюдения баланса между нормами права и так называемым участием, т.е. принятием во внимание коллективного опыта. Переход к участию в процессе реализации доступной среды электронного обучения проявляется в привлечении лиц с ограниченными возможностями здоровья в качестве экспертов и междисциплинарном сотрудничестве с профессиональными сообществами, например со специалистами по образовательной инклюзии и ассистивным технологиям, с разработчиками цифровых ресурсов. По мнению Д. Сил, сдвиг акцента с готового продукта, в частности с доступных материалов, разработанных исключительно в соответствии с формальными требованиями, на процесс, а именно на совместное проектирование с учетом мнений разных стейкхолдеров, отражает эволюционные изменения на пути к универсальному дизайну цифровых образовательных ресурсов и сред [Seale, 2004].

Следующим шагом в исследованиях Д. Сил [Seale, 2007] стал анализ положений теории деятельности И. Энгестрёма [Engeström, 1987] с точки зрения ее продуктивности в практической реализации доступного электронного обучения. Рассматриваются шесть взаимосвязанных и взаимодополняющих компонентов системы деятельности:

- субъекты (кадровый состав, включающий профессионалов, непосредственно реализующих образовательные процессы в цифровой среде);
- цель (устранение барьеров для лиц с особыми потребностями посредством адаптации технологий и контента);
- инструменты (нормативно-методические документы, регулирующие процессы проектирования доступной среды, экспертизы и коррекции образовательных материалов);
- правила (стратегические установки и политики организаций);
- сообщество стейкхолдеров (обучающиеся, педагоги и иные субъекты, вовлеченные в образовательный процесс);
- разделение труда (закрепленные задачи и зоны ответственности участников системы).

Д. Сил предлагает использовать ключевые понятия теории деятельности И. Энгестрёма — посредничество и противоречия между компонентами системы — для диалектического анализа

текущей практики доступного электронного обучения и формулирования перспективных направлений исследований в этой сфере [Seale, 2007].

Д. Сил и М. Купер [Seale, Cooper, 2010], используя обзор теорий электронного обучения [Mayes, de Freitas, 2004], проанализировали применимость отдельных теоретических концепций в практической деятельности педагога по обеспечению цифровой доступности. Рассмотрены три группы теорий: ассоциативные, например [Gagne, 1985], когнитивные, среди них [Vygotsky, 1978], и ситуативные, в частности [Wenger, 1998]. Авторы считают, что ассоциативные подходы, основанные на поведенческих целях, индивидуальной траектории обучения и мгновенной обратной связи, поддерживают адаптивность среды и доступность контента, устраняя препятствия для лиц с ограничениями жизнедеятельности, например с сенсорными нарушениями. Когнитивные модели, акцентированные на взаимодействии предшествующего опыта с социальным контекстом, дают возможность объяснить возникновение барьеров понимания цифрового контента и обосновывают необходимость адаптации цифровой среды к актуальным компетенциям обучающихся. Ситуативные теории, сфокусированные на обучении в сообществах практики, подкрепляют требование равного доступа обучающихся к технологическим и социальным компонентам образовательной среды, включая практико-ориентированную подготовку [Seale, Cooper, 2010].

В данном исследовании мы делаем попытку уточнить и развить концепцию цифровой доступности электронного обучения, исследуя возможности интегрирования требований к доступному образовательному контенту в практические приложения педагогических теорий — когнитивизма, конструктивизма, бихевиоризма и коннективизма. Выбор первых трех теорий продиктован их ведущим положением в образовании в целом [Schunk, 2012; Корешникова, Сорокин, 2024] и в электронном обучении в частности [Джанелли, 2018], в то время как коннективизм включен в рассмотрение как теория, исследующая механизмы обучения в современных цифровых средах [Goldie, 2016; Ismail, 2024].

2. Цифровая доступность в свете когнитивизма, конструктивизма, бихевиоризма и коннективизма

Уточнение места цифровой доступности в системе теорий, применимых к обучению с помощью информационно-коммуникационных технологий, осложняется тем, что универсальной концепции электронного обучения пока не существует [Джанелли, 2018]. Т. Мэйс и С. де Фрейтас [Mayes, de Freitas, 2004] считают, что модели электронного обучения являются надстройкой к имеющимся теориям обучения и вносят в них «добавленную стоимость», обусловленную механизмами использования педагогических технологий в электронной образовательной среде. Для

теоретического обоснования электронного обучения используются положения когнитивизма [Mayes, de Freitas, 2004; Van Merriënboer, Ayres, 2005; Mödritscher, 2006; Pange, Pange, 2011; Kumar, Sharma, 2021], конструктивизма [Mödritscher, 2006; Koohang et al., 2009; Pange, Pange, 2011; Kibuku, Ochieng, Wausi, 2021], коннективизма [Siemens, 2005; Downes, 2010], бихевиоризма [Mayes, de Freitas, 2004; Mödritscher, 2006; Pange, Pange, 2011] и поддерживающих эти подходы теорий, иногда в сочетании. Формирующаяся в настоящее время интегративная модель электронного обучения основана на комбинации теоретических концепций и сфокусирована на персонализации образовательного процесса с учетом потребностей и предпочтений обучающихся [Dron, Anderson, 2016], что полностью согласуется с целями цифровой доступности.

Рассматриваемые теоретические подходы по-разному представляют суть обучения и оценки его результативности. Так, в когнитивизме процесс обучения анализируется с точки зрения механизмов обработки информации, включая внимание, восприятие, мышление, память, размышление, абстракцию, мотивацию и метапознание [Mödritscher, 2006; Shunk, 2012; Джанелли, 2018]. Новые данные поступают в систему обработки информации через сенсорные регистры после того, как обучающийся обращает на них внимание; затем происходит восприятие информации посредством сравнения с эталонными образами в долговременной памяти и запись в кратковременную память; далее информация может или исчезнуть, или остаться активной, или быть передана в долговременную память [Ibid.]. Успешность кодирования информации, т.е. обработки и подготовки к записи в долговременную память, зависит от ее осмысленности, проработки и структурированности [Shunk, 2012]. Слишком объемный или плохо организованный контент становится препятствием для кодирования и сохранения в памяти, возникает когнитивная перегрузка [Van Merriënboer, Ayres, 2005; Джанелли, 2018]. Когнитивизм, сосредоточиваясь на анализе когнитивных и метакогнитивных процессов, располагает весьма ограниченными представлениями о развитии самостоятельного созидательного действия (агентности), поскольку деятельность обучающегося рассматривается как вторичная по отношению к формированию знаний и не направленная на трансформацию социальной среды [Корешникова, Сорокин, 2024].

С позиций конструктивизма обучение, которое понимается как построение новых знаний, основывается на предыдущем опыте человека [Mödritscher, 2006; Джанелли, 2018]. Знания не поступают извне, а конструируются в человеческом разуме под влиянием социальной и культурной среды обучения [Mödritscher, 2006; Koohang et al., 2009; Shunk, 2012]. В конструктивизме обучение — это активный умственный труд, а не пассивное восприятие материала

[Koohang et al., 2009; Pange, Pange, 2011]. Для того чтобы обучение было успешным, человеку необходимо создать условия, при которых он сам при поддержке наставника и взаимодействуя с другими обучающимися ищет ответы на вопросы, т.е. строит новые знания [Mödritscher, 2006; Koohang et al., 2009; Shunk, 2012]. Конструктивизм подчеркивает активную роль обучающегося, однако сохраняет особенности структурного детерминизма: учебные ситуации остаются жестко заданными, а деятельность обучающихся сводится к репродуктивным процедурам в рамках заранее определенных контекстов [Корешникова, Сорокин, 2024].

Сторонники бихевиоризма считают, что обучение — это изменение поведения, обусловленное внешними стимулами [Shunk, 2012; Джанелли, 2018]. Модель обучения представляет собой трехзвенную конструкцию, включающую стимул, реакцию (поведение) и подкрепление (последствие) этой реакции; при этом человек должен иметь физические возможности для реагирования на стимул [Shunk, 2012]. Обучение объясняется с точки зрения событий, происходящих в окружающей среде, влияние психических процессов не учитывается (эффект «черного ящика») [Mödritscher, 2006; Pange, Pange, 2011; Shunk, 2012]. Бихевиористские методы обучения, основанные на повторении и подкреплении, эффективны для формирования фоновых знаний, но не способствуют развитию критического мышления, поскольку ограничивают участие обучающегося механическим исполнением алгоритмов [Корешникова, Сорокин, 2024].

Согласно представлениям сторонников коннективизма, обучение происходит в сетевых сообществах с помощью современных цифровых технологий — баз данных, социальных сетей, блогов и других инструментов Веб 2.0³. Знания не возникают внутри индивида, как предполагается в конструктивизме, и не черпаются из окружающей среды, как считается в когнитивизме и бихевиоризме, а существуют в сетях, окружающих человека [Siemens, 2005; Downes, 2010]. При этом связи, которые позволяют получать актуальную информацию, важнее, чем текущее состояние знаний человека. Таким образом, знания представляют собой сетевое явление, а обучение — это распознавание образов и принятие решений [Siemens, 2005; Downes, 2010]. Обучение с опорой на положения коннективизма предполагает развитие у обучающихся навыков идентификации и построения сетей, а также навигации и взаимодействия в них. В качестве частного случая реализации коннективистского подхода к обучению часто рассматривают массовые открытые онлайн-курсы, где участники формируют динамичные сети для обмена знаниями. Несмотря на заявленное

³ Веб 2.0 — методика проектирования систем, которые путем учета сетевых взаимодействий становятся тем лучше, чем больше людей ими пользуются: https://ru.wikipedia.org/wiki/Веб_2.0 (дата обращения 03.11.2025).

стремление к социальной ориентации, коннективизм подвергается критике за недостаточную эмпирическую поддержку, неясность в объяснении природы знаний, упрощенное представление о взаимодействии в сетевом обучении и сложность интеграции с традиционными образовательными практиками [Goldie, 2016].

Концептуальные положения и различия рассмотренных теоретических подходов оказывают влияние на способы их применения в электронном обучении (табл. 1).

Таблица 1. Рекомендации по организации электронного обучения, продиктованные практическим применением психолого-педагогических теоретических подходов

Рекомендация	Предложена при использовании:			
	когнитивизма	конструктивизма	бихевиоризма	коннективизма
Выделять в контенте важную информацию, использовать приемы для привлечения внимания, избегать несущественных стимулов [Mödritscher, 2006; Pange, Pange, 2011; Shunk, 2012]				
Обеспечить доступность учебного материала для восприятия разными сенсорными системами; подавать материал в разных модальностях [Mödritscher, 2006; Pange, Pange, 2011]				
Обеспечить соответствие учебного материала когнитивному уровню обучающихся; использовать задания разных уровней сложности, приемы для актуализации опорных знаний [Mödritscher, 2006; Shunk, 2012]				
Дифференцировать задания исходя из разнообразия обучающихся с учетом предпочитаемых стилей обучения [Mödritscher, 2006; Pange, Pange, 2011]				
Структурировать учебный материал, в том числе разбивать на части и оформлять в виде ментальных карт, чтобы избежать когнитивных перепрузок [Mödritscher, 2006; Pange, Pange, 2011; Shunk, 2012]				
Добиваться ясности и наглядности изложения: использовать простой язык, известные обучающимся понятия, практические примеры [Mödritscher, 2006; Pange, Pange, 2011; Shunk, 2012]				
Использовать стратегии обучения для стимулирования мотивации, например модели мотивационного дизайна [Mödritscher, 2006]				
Обеспечить дружественную среду (активную или интерактивную), способствующую мотивации, созданию личных образовательных результатов и сотрудничеству [Mödritscher, 2006; Koohang et al., 2009; Pange, Pange, 2011; Shunk, 2012]				
Рассматривать предмет изучения с разных точек зрения с использованием первоисточников [Mödritscher, 2006; Koohang et al., 2009]				

Рекомендация	Предложена при использовании:			
	когнитивизма	конструктивизма	бихевиоризма	коннективизма
Предоставлять ясные онлайн-инструкции, позволяющие самостоятельно контролировать обучение [Mödritscher, 2006; Koohang et al., 2009]				
Создавать условия для групповой работы с учетом уровня знаний обучающихся и предпочитаемых стилей обучения [Mödritscher, 2006; Koohang et al., 2009; Pange, Pange, 2011]				
Использовать метод «управляемого открытия»: самостоятельное целеполагание и достижение целей при поддержке преподавателя [Mödritscher, 2006; Koohang et al., 2009; Shunk, 2012]				
Предоставлять инструменты для рефлексии: открытые вопросы, обсуждения, достаточное время на обдумывание [Mödritscher, 2006; Koohang et al., 2009]				
Обращаться к практической ценности (контекстам) применения учебного материала [Mödritscher, 2006; Koohang et al., 2009; Pange, Pange, 2011; Shunk, 2012]				
Подавать материал малыми порциями (шагами), требовать от обучающихся активной реакции, давать обратную связь сразу после ответов обучающихся [Mödritscher, 2006; Shunk, 2012]				
Предлагать обучающимся продвигаться по учебным материалам (курсу) в собственном темпе [Mödritscher, 2006; Pange, Pange, 2011; Shunk, 2012]				
Запрограммировать алгоритм прохождения курса с помощью условного или безусловного перехода, продвигая обучение к следующим учебным единицам [Mödritscher, 2006; Shunk, 2012]				
Использовать подкрепляющие сообщения для стимулирования мотивации [Mödritscher, 2006; Shunk, 2012]				
Предусмотреть частые контрольные точки с обратной связью и корректирующие циклы для закрепления навыков [Mödritscher, 2006]				
Поощрять общение обучающихся с использованием инструментов Веб 2.0 [Siemens, 2005; Downes, 2010]				
Создать среду обучения с помощью технологий (аппаратных, программных и сетевых), позволяющих обучающимся беспрепятственно получать информацию и обмениваться ей [Siemens, 2005; Downes, 2010]				
Погрузить обучающихся в сетевое сообщество практикующих, имеющих аналогичные интересы, для обмена информацией и продуцирования новых знаний [Siemens, 2005; Downes, 2010]				

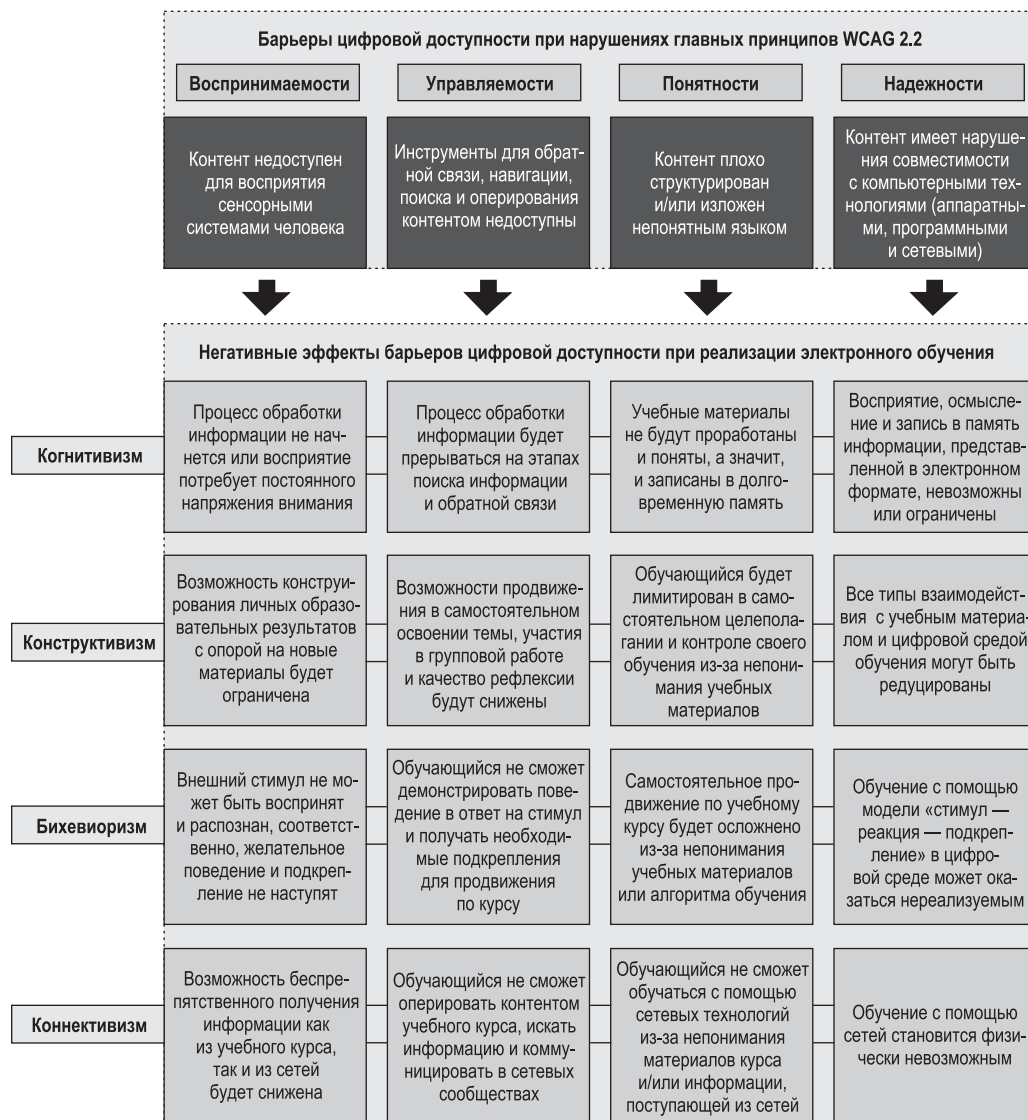
Как видно из табл. 1, каждый теоретический подход предлагает собственные рекомендации применительно к реализации электронного обучения, при этом видимых противоречий между сформулированными указаниями не обнаруживается. Соответственно не выявлено препятствий к комбинированному использованию на практике нескольких подходов. Кроме того, ни одна из рекомендаций не вступает в конфликт с принципами цифровой доступности. Вместе с тем приведенные рекомендации нельзя считать исчерпывающими, так как они не исключают возникновения ряда ситуаций, в которых требования цифровой доступности нарушаются и влекут за собой неблагоприятные для обучения эффекты (рис. 1). Ликвидировать барьеры и предупредить последствия их возникновения можно при соблюдении руководящих принципов WCAG 2.2 [Campbell et al., 2023].

Как видно из рис. 1, несоблюдение базовых принципов WCAG 2.2 оказывает системное деструктивное влияние на электронное обучение, независимо от применяемой теоретической модели. Негативное воздействие барьеров цифровой доступности сказывается на всех этапах образовательного процесса — от первичного восприятия контента до аналитической обработки данных, установления коммуникативных связей и участия в учебных сообществах. Кроме того, ограничения цифровой доступности подавляют самостоятельность в обучении, препятствуя постановке целей, саморегуляции и критическому осмыслению результатов. У обучающихся с особыми образовательными потребностями эти барьеры способны полностью блокировать доступ к освоению программы. Таким образом, и когнитивизм, и конструктивизм, и бихевиоризм, и коннективизм требуют выполнения положений WCAG 2.2, при этом главные принципы WCAG 2.2 применительно к электронному обучению и практическому использованию педагогических теорий могут быть сформулированы следующим образом.

1. Воспринимаемость — учебные материалы и компоненты интерфейса электронных образовательных ресурсов⁴ должны быть представлены так, чтобы обучающийся мог их воспринимать, регистрировать и обрабатывать с помощью доступных сенсорных систем.
2. Управляемость (работоспособность) — компоненты интерфейса и навигация электронного образовательного ресурса должны быть управляемы теми способами, которые физически доступны обучающемуся.

⁴ Под электронными образовательными ресурсами здесь понимаются любые цифровые ресурсы, которые используются в обучении, в том числе внешние по отношению к основному учебному курсу.

Рис. 1. Барьеры цифровой доступности и их последствия для электронного обучения с точки зрения основных теоретических подходов к обучению и главных принципов WCAG 2.2 [Campbell et al., 2023]



3. Понятность — учебные материалы и принципы работы интерфейса электронного образовательного ресурса должны быть ясны обучающемуся, соответствовать его когнитивным способностям, уровню образования и грамотности.

4. Надежность — контент электронного образовательного ресурса должен быть совместим с аппаратным и программным обеспечением пользователя, включая технологии, предназначенные для людей с ограничениями здоровья и особыми образовательными потребностями.

Для каждого из рассмотренных теоретических подходов можно выделить ключевые факторы, влияющие на результативность обучения. Так, движущей силой обучения в когнитивизме является способность к пониманию информации — ее осмыслению, постижению и записи в память. Эффективность обучения с точки зрения конструктивизма зависит от того, какими возможностями управлять построением новых знаний для достижения образовательных целей располагает обучающийся. В моделях бихевиоризма результативность обучения определяется тем, насколько обучающийся может воспринимать (ощущать и фиксировать) стимулы из окружающей среды. С позиций коннективизма необходимым условием для реализации обучения является техническая и логическая надежность связей пользователя с сетями. Нетрудно заметить соответствие между главными принципами WCAG 2.2 и теоретическими подходами в педагогике, опосредованное факторами, обуславливающими результативность обучения (рис. 2).

Рис. 2. Взаимосвязь между теоретическими подходами к обучению и соответствующими им главными принципами WCAG 2.2 [Campbell et al., 2023]



Каждый из главных принципов WCAG 2.2 оптимально объясняет концепцию цифровой доступности для соответствующего теоретического подхода (рис. 2). Вместе с тем при практической реализации электронного обучения все главные принципы, а также входящие в их состав руководящие принципы и проверяемые признаки должны работать над решением проблемы доступности интегративно, обеспечивая синергетический эффект.

Резюмируя изложенное, выполним сравнительный анализ преимуществ и недостатков каждой теоретической модели с позиций обеспечения цифровой доступности (табл. 2).

Таблица 2. Сравнительный анализ психолого-педагогических теоретических подходов применительно к условиям цифровой доступности электронного обучения

Сильные стороны	Слабые стороны
<i>Когнитивизма</i>	
<ul style="list-style-type: none"> – учет механизмов обработки информации; – акцент на структурировании контента во избежание когнитивных перегрузок; – использование мультимодального подхода в обучении; – адаптация контента и среды обучения к актуальным и перспективным компетенциям обучающихся; – согласованность с принципом понятности WCAG 	<ul style="list-style-type: none"> – недооценка социальных параметров доступности, сенсорных и физических ограничений обучающихся; – высокая трудозатратность организации образовательной среды, адаптированной в соответствии с индивидуальными потребностями
<i>Конструктивизма</i>	
<ul style="list-style-type: none"> – акцент на активной роли обучающегося в управлении обучением и построении знаний; – поддержка взаимодействия с социальной средой; – использование практических контекстов; – согласованность с принципом управляемости WCAG 	<ul style="list-style-type: none"> – зависимость эффективности обучения от саморегуляции (риски демотивации); – недостаточное внимание к сенсорным и физическим ограничениям обучающихся; – ограниченная гибкость цифровой среды; – недостаточная адаптивность обучения, зависимость от заданных сценариев
<i>Бихевиоризма</i>	
<ul style="list-style-type: none"> – наличие четкой структуры обучения с программно определенными переходами между учебными единицами; – обеспечение мгновенной обратной связи и подкрепления; – акцент на индивидуальном темпе обучения; – фокус на регистрации стимулов сенсорными системами; – согласованность с принципом воспринимаемости WCAG 	<ul style="list-style-type: none"> – игнорирование когнитивных процессов и социального контекста; – акцент на внешнем подкреплении, подавляющем критическое мышление и агентность; – риск блокирования обучения при физической недоступности стимулов, например для людей с нарушениями зрения или слуха
<i>Коннективизма</i>	
<ul style="list-style-type: none"> – акцент на динамичных сетях знаний (расширение доступа к информации); – развитие цифровых навыков навигации и взаимодействия в сетях; – поддержка обучения через сообщества практиков; – возможность отбора доступных ресурсов из сетей; – возможность коллективной работы над улучшением доступности контента; – согласованность с принципом надежности WCAG 	<ul style="list-style-type: none"> – отсутствие достаточной эмпирической базы для подтверждения валидности теории; – сложность интеграции в традиционное обучение; – зависимость обучения от технической совместимости оборудования и надежности сетей; – высокие требования к цифровой грамотности обучающихся; – риск изоляции при отсутствии доступных коммуникативных инструментов; – отсутствие внимания к сенсорным и физическим ограничениям обучающихся

Таким образом, каждая теоретическая модель вносит свой вклад в обеспечение цифровой доступности, однако ни одна из

них не является универсальным решением. Результаты выполненного анализа создают в научной дискуссии дополнительные аргументы в пользу необходимости интегративного подхода. Так, бихевиоризм, опираясь на алгоритмизацию и мгновенную обратную связь, обеспечивает структурную предсказуемость обучения, однако его сосредоточенность на внешних стимулах и игнорирование когнитивных процессов создают риски для обучающихся, чьи способности регистрировать сигналы и обрабатывать полученные данные могут быть снижены из-за ограничений жизнедеятельности. Когнитивизм, фокусируясь на структурировании контента и предотвращении когнитивных перегрузок, напрямую поддерживает принцип понятности WCAG, что особенно ценно для пользователей с когнитивными нарушениями. Вместе с тем недостаточное внимание к социальным аспектам обучения, а также к сенсорным и физическим проблемам обучающихся ограничивают возможности данного подхода в обеспечении доступного взаимодействия с цифровой средой, в том числе при групповой работе. Конструктивизм, сосредоточиваясь на активном участии в обучении и социальном взаимодействии, обеспечивает управляемость процесса обучения, однако зависимость от саморегуляции и жестко заданных сценариев снижает гибкость и адаптивность цифровой среды, что может стать проблемой для лиц с ограниченными возможностями здоровья, особенно с когнитивными нарушениями. Коннективизм, объединяя сетевые технологии и коллективные практики, поддерживает принцип надежности WCAG, однако эффективность этого подхода критически зависит от технического обеспечения и цифровой грамотности пользователей, так что у обучающихся, использующих вспомогательные технологии или имеющих низкий уровень навыков, могут возникнуть серьезные препятствия в обучении.

По всей вероятности, наилучшим образом задаче обеспечения общедоступного электронного обучения соответствует идея интегративного подхода, аккумулирующего сильные стороны рассмотренных теоретических моделей с учетом соблюдения требований WCAG 2.2, а также дифференциации стилей обучения, образовательных потребностей и предпочтений обучающихся. Вместе с тем в продолжение обсуждения теоретических основ цифровой доступности целесообразно обратить внимание на концепции, способные нивелировать слабые стороны бихевиоризма, когнитивизма, конструктивизма и коннективизма, задавая новые направления исследований. В частности, представляют интерес следующие теоретические подходы: неоконструктивизм, акцентирующий внимание на самостоятельном созидательном действии как основном результате обучения [Корешникова, Сорокин, 2024]; эмоциональный дизайн обучения (*emotion-aware learning*), выступающий за интеграцию в педагогику эмоционального интеллекта для повы-

шения вовлеченности обучающихся и снижения их стресса [Feidakis, 2016]; нейрообразование (*educational neuroscience*), в рамках которого обсуждаются возможности применения методов нейробиологии для оптимизации педагогических технологий [Bowers, 2016]; постгуманистическая педагогика (*posthuman pedagogy*) [Gough, 2004; Hickey-Moody, 2009], переосмысливающая роль человека в обучении через взаимодействие с технологиями, искусственным интеллектом и акторами, которые не являются людьми.

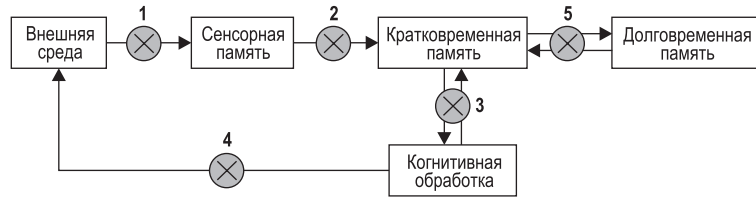
3. Концептуальные рамки цифровой доступности электронного обучения с позиций когнитивизма

Наиболее точно соответствуют идее цифровой доступности электронного обучения теоретические модели, использующие принципы когнитивизма — подхода к обучению, основанного на теориях обработки информации в компьютерных системах.

Согласно классической модели Р. Аткинсона и Р. Шифрина [Atkinson, Shiffrin, 1968], позже уточненной другими авторами, в частности Д. Шанком [Shunk, 2012], память человека состоит из трех взаимосвязанных модулей. В сенсорной памяти происходит распознавание входных сигналов, зарегистрированных с помощью сенсорных систем. Затем полученные сигналы или квалифицируются мозгом как информационный шум и забываются, или поступают в кратковременную память — если человек обращает на них внимание. На этом этапе цифровая доступность обеспечивает возможность восприятия новой информации, полноту и достоверность передаваемых сигналов. В модуле кратковременной памяти происходят сопоставление только что воспринятой информации с извлеченными из долговременной памяти знаниями и интенсивная когнитивная обработка информации: повторение, кодирование, визуализация, структурирование, контроль понимания и принятия решений, их поиска, мотивации и саморегуляции [Shunk, 2012]. В процессе обработки информации поддерживается обратная связь с окружающей средой для уточнения входных сигналов. Необработанная информация забывается. На этом этапе цифровая доступность обеспечивает управление процессами обработки информации, включая обратную связь, понимание и перемещение в долговременную память нового материала. В модуле долговременной памяти поступившая и обработанная информация хранится до тех пор, пока не будет востребована кратковременной памятью.

На рис. 3 представлена схема передачи и обработки информации в процессе обучения, основанная на модулях памяти и учитывающая возможные разрывы соединений из-за нарушений цифровой доступности. Под разрывом понимаются как полное прекращение информационного процесса, так и его некорректное исполнение, повлекшее за собой искажение информации.

Рис. 3. Модель передачи и обработки информации в памяти обучающегося с учетом возможных разрывов цифровой доступности (с использованием [Atkinson, Shiffrin, 1968; Shunk, 2012]).



⊗ Места разрывов, обусловленные нарушениями цифровой доступности

Передача и обработка данных могут претерпеть разрыв на каждом этапе информационного процесса в случае несоответствия контента требованиям цифровой доступности. Рассмотрим, как это происходит.

Если учебные материалы представлены в формате, недоступном для восприятия сенсорными системами обучающегося, контент не будет определен и распознан (точка 1 на рис. 3). Например, изображения, не имеющие текстового эквивалента, не могут быть распознаны незрячими людьми, в то время как аудиоподкасты без текстового аналога не будут распознаны глухими обучающимися (нарушение положения WCAG 2.2 «1.1. Текстовые альтернативы» [Campbell et al., 2023]).

Вероятность разрыва при передаче данных в кратковременную память (точка 2 на рис. 3) возникает при ограничении достоверности и полноты восприятия контента. Примерами могут служить ошибочная идентификация фонового звука как полезной информации или потеря при восприятии части визуальной информации из-за низкой контрастности между фоном и передним планом (нарушение положения WCAG 2.2 «1.4. Распознаваемость»).

В процессе обработки информации в кратковременной памяти разрывы могут возникать из-за трудностей в понимании контента (точка 3 на рис. 3). Например, вероятны нарушения понимания, если текст написан сложным языком, не соответствующим когнитивным способностям, уровню образования и грамотности пользователя (нарушение положения WCAG 2.2 «3.1. Удобочитаемость»), а также если учебный контент имеет сложную структуру, неочевидный или непредсказуемый интерфейс (нарушение положений WCAG 2.2 «1.3. Адаптируемость» и «3.2. Предсказуемость»). Кроме того, на понимание оказывают влияние разрывы 1 и 2, препятствующие адекватному распознаванию и восприятию контента.

Разрывы обратной связи (точка 4 на рис. 3) могут происходить из-за недоступности механизмов оперирования контентом. Так,

ограничение возможности использования клавиатуры и прочих инструментов ввода и управления не позволит некоторым пользователям обмениваться информацией с внешней средой (нарушение положений WCAG 2.2 «2.1. Доступность клавиатуры» и «2.5. Способы ввода»).

Разрыв на этапе записи информации в долговременную память (точка 5 на рис. 3) может быть результатом некорректного исполнения информационных процессов на всех предыдущих этапах, что приводит к сохранению в памяти нерелевантных знаний. В тот момент, когда пользователю необходимо извлечь некоторые сведения из долговременной памяти для дальнейшей обработки, разрыв может случиться у людей с нарушениями памяти — «ограниченной способностью распознавать или вспоминать фрагменты информации или навыки, которые обычно запоминаются» [Seeman-Horwitz et al., 2021]. Для таких пользователей рекомендовано разрабатывать контент, в котором выполнение рутинных процессов «не полагается на память» [Ibid.]. Проблемы извлечения информации из долговременной памяти могут усугубляться, если, например, в цифровом ресурсе введены лимиты времени на ввод и обработку данных, в тексте отсутствует расшифровка терминологии и аббревиатур, при заполнении форм не предусмотрены инструкции, подсказки и восстановление ранее введенных данных (нарушение положений WCAG 2.2 «2.2. Достаточность времени», «3.1. Удобочитаемость» и «3.3. Помощь при вводе» соответственно).

Таким образом, в трехкомпонентной модели памяти цифровая доступность образовательного контента выполняет сервисную функцию, которая технически позволяет обрабатывать учебную информацию, начиная с регистрации сигналов и заканчивая помещением в долговременную память. Несоблюдение требований цифровой доступности приводит к нарушениям функционирования всей системы обработки информации.

Необходимость дозирования информационных потоков в процессе обучения обоснована в теории когнитивной нагрузки, предложенной П. Чендлером и Д. Свеллером [Chandler, Sweller, 1991]. Теория учитывает ограничения вычислительной мощности оперативной памяти человека: если на сенсорные системы воздействует слишком много стимулов, вероятность их восприятия, дальнейшей обработки и записи в долговременную память снижается [Shunk, 2012]. Различают три вида когнитивной нагрузки: внутренняя связана с общей сложностью решаемой задачи, внешняя определяется способами презентации учебного контента и действиями, которые требуется выполнить обучающемуся, релевантная отвечает за согласование новой информации с уже имеющимся у обучающегося когнитивным опытом [Sweller, van Merriënboer, Paas, 1998; Shunk, 2012]. Если контент слишком

объемен, сложен или представлен способами, которые создают барьеры для обучения, эффективность освоения новых знаний будет ограничена [Van Mierlo et al., 2012]. Теория когнитивной нагрузки — инструмент для объяснения фасилитаторов и барьеров обучения в различных электронных средах, в том числе мультимедийных и интерактивных с разной степенью погружения [Skulmowski, Xu, 2022].

Концепция цифровой доступности электронного обучения хорошо согласуется с теорией когнитивной нагрузки, так как требует адаптации учебного контента к сенсорным, моторным и когнитивным возможностям обучающихся. Например, положения WCAG 2.2 «1.3. Адаптируемость» и «1.4. Различимость» регулируют лапидарность структуры и оформления контента для облегчения восприятия; положения «3.1. Удобочитаемость», «3.2. Предсказуемость» и «3.3. Помощь при вводе» обеспечивают простоту и ясность контента для лучшего понимания; положения «2.1. Доступность клавиатуры», «2.2. Достаточность времени», «2.4. Навигация» и «2.5. Условия ввода» помогают минимизировать усилия пользователя при управлении интерфейсом. Теория когнитивной нагрузки, так же как модель обработки информации [Atkinson, Shiffrin, 1968; Shunk, 2012], может служить фундаментом концепции цифровой доступности электронного обучения, поскольку она объясняет, как учатся люди и какие педагогические приемы необходимо применять для реализации общедоступного обучения без перегрузок.

Когнитивная теория мультимедийного обучения Р. Мейера и Р. Морено [Mayer, Moreno, 2002] базируется на положениях теории когнитивной нагрузки, теории двойного кодирования и философии конструктивизма в образовании. В основе теории лежит представление о том, что мозг человека принимает и обрабатывает мультимедийную информацию отдельно по двум каналам — визуальному (текст, статические и движущиеся иллюстрации) и аудиальному (устное повествование, невербальные звуки) [Ibid.]. После кратковременного сохранения в сенсорной памяти контент передается для обработки в оперативную память, где звуки и изображения обрабатываются независимо, а затем интегрируются друг с другом, а также с предыдущим опытом и знаниями для сохранения в долговременной памяти. За счет одновременного использования двух сенсорных каналов достигается лучшее понимание материала — а значит, и более эффективное обучение [Ibid.]. Некоторые принципы учебного дизайна [Mayer, Moreno, 2002; Clark, Mayer, 2016], разработанные для содействия мультимедийному обучению и снижающие вероятность когнитивной перегрузки, находят отражение в требованиях цифровой доступности WCAG 2.2 [Campbell et al., 2023]:

- принцип множественного представления (презентация контента одновременно в вербальном и графическом форматах) согласуется с положениями «1.1. Текстовые альтернативы» и «1.2. Медиа на основе времени»;
- принцип смежности (размещение иллюстраций и соответствующего текста рядом) раскрывается в положениях «1.3. Адаптируемость», «2.4. Навигация» и «3.3. Помощь при вводе»;
- принципы согласованности (отсутствие в учебных материалах постороннего контента — слов, звуков, изображений), сигнализации (выделение важного контента для привлечения внимания) и сегментации (разбиение сложного и объемного контента на короткие и легко управляемые элементы) перекликаются с положением «1.4. Различимость»;
- принцип предварительного обучения (объяснение незнакомых понятий) соответствует положению «3.1. Удобочитаемость».

Несмотря на близость к концепции цифровой доступности, теория мультимедийного обучения не лишена недостатков. Так, применение этой теории на практике эффективно преимущественно для тех обучающихся, которые имеют физические возможности полноценно использовать оба канала восприятия, например для здоровых людей или лиц с когнитивными ограничениями, не имеющих сочетанных нарушений зрения и слуха. Кроме того, в теории не учитываются возможности осознания и равновесия, в то время как современные технологии (устройства с сенсорными панелями, датчиками движения, давления и вибрации) активно используются в образовательном процессе и поддерживаются требованиями WCAG 2.2, например положением «2.5. Условия ввода». Наконец, теория не принимает во внимание разнообразие потребностей и предпочтений обучающихся, в отличие, например, от UDL [Meyer, Ross, 1998; Ross, Meyer, 2006]. Совместное применение концепций цифровой доступности и мультимедийного обучения, очевидно, потребует модификации последней.

Таким образом, когнитивизм, рассматривая механизмы восприятия, обработки и хранения информации, предоставляет теоретическую основу для объяснения цифровой доступности как условия, обеспечивающего функциональность каждого этапа когнитивного процесса. Для уязвимых групп обучающихся, особенно для лиц с ограниченными возможностями здоровья, несоблюдение положений WCAG создает дополнительные барьеры: недоступные форматы контента, например отсутствие субтитров или альтернативных текстовых описаний, служат препятствием к передаче сигналов в сенсорную память, а сложная структура учебных материалов провоцирует увеличение внешней когнитивной

нагрузки, ограничивая возможности усвоения знаний. Требования к адаптируемости, управляемости и предсказуемости интерфейсов согласуются с принципами минимизации информационных разрывов и регулирования когнитивной нагрузки, что критично для обеспечения равного доступа к образованию, особенно при наличии ограничений жизнедеятельности.

Проведенное исследование имеет ограничения. Рассмотренная в статье выборка педагогических теорий, применимых к электронному обучению, не является исчерпывающей. Не исключено, что изучение альтернативных теоретических моделей — гуманистических, мотивационных, социологических, психодинамических и других — позволит обнаружить их связи с концепцией цифровой доступности и ее применением в обучении с использованием информационно-коммуникационных технологий.

4. Заключение

Цифровую доступность электронного обучения допустимо рассматривать как совокупность характеристик среды обучения, необходимых для применения любых педагогических теорий и их практических приложений. Анализ положений когнитивизма, бихевиоризма, конструктивизма и коннективизма позволил обнаружить и уточнить потребность в обеспечении цифровой доступности для реализации всех рассмотренных концепций, а также выявить на основании ключевых факторов, определяющих результативность и доступность электронного обучения, взаимное соответствие между теоретическими подходами к обучению и главными принципами WCAG 2.2.

Модели, опирающиеся на теорию когнитивизма, наиболее точно объясняют суть цифровой доступности электронного обучения как необходимой базы, обеспечивающей возможность восприятия, обработки и записи в долговременную память учебной информации. Ошибки цифровой доступности провоцируют разрывы информационных процессов, что может привести к нарушениям функционирования всей системы обработки информации при обучении — от регистрации сигналов из окружающей среды до накопления в памяти новых знаний. Теория когнитивной нагрузки, утверждающая, что эффективное обучение возможно только при адекватной учебной нагрузке на оперативную память обучающегося, согласуется с идеей цифровой доступности, подразумевающей адаптивность, гибкость, лапидарность, простоту и понятность представления цифрового контента.

Перспективы развития концепции цифровой доступности электронного обучения могут быть связаны с практическим исследованием ее применения в комбинации с различными теориями обучения и требованиями цифровой грамотности. В частности, актуальны следующие задачи: оценка влияния барьеров

и фасилитаторов цифровой доступности на процессы обработки информации; измерение когнитивной нагрузки, возникающей при выполнении учебных задач в цифровой образовательной среде, принимая во внимание требования цифровой доступности; уточнение и эмпирическая проверка принципов мультимедийного обучения с учетом разнообразия обучающихся, форм презентации учебного материала и доступного дизайна цифровых образовательных ресурсов; исследование цифровых компетенций стейкхолдеров образовательного процесса с позиций обеспечения общедоступности электронного обучения; изучение концепции цифровой доступности в контексте психолого-педагогических теорий, учитывающих механизмы трансформации образования и его акторов в цифровую эпоху.

Литература

1. Джанелли М. (2018) Электронное обучение в теории, практике и исследованиях. *Вопросы образования / Educational Studies Moscow*, № 4, сс. 81–98. <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2018-4-81-98>
2. Корешникова Ю., Сорокин П. (2024) От бихевиоризма к неоконструктивизму: обзор образовательных теорий для задач развития самостоятельности в условиях неструктуризации. *Вопросы образования / Educational Studies Moscow*, № 4, сс. 126–150. <https://doi.org/10.17323/vo-2024-17084>
3. Косова Е.А. (2020) *Веб-доступность в электронном обучении*. Симферополь: ИТ «АРИАЛ».
4. Косова Е.А., Редкокош К.И. (2022) Методический подход к формированию компетенций цифровой доступности: результаты педагогического эксперимента. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Психология и педагогика*, т. 19, № 3, сс. 488–509. <https://doi.org/10.22363/2313-1683-2022-19-3-488-509>
5. ЮНЕСКО (2019) *Структура ИКТ-компетентности учителей. Рекомендации ЮНЕСКО. Версия 3*. М.: Институт ЮНЕСКО по информационным технологиям в образовании.
6. Andrews R. (2011) Does e-Learning Require a New Theory of Learning? Some Initial Thoughts. *Journal for Educational Research Online*, vol. 3, no 1, pp. 104–121. <https://doi.org/10.25656/01:4684>
7. Arasteh B., Pirahesh S., Zakeri A., Arasteh B. (2014) Highly Available and Dependable e-Learning Services Using Grid System. *Procedia — Social and Behavioural Sciences*, no 143, pp. 471–476. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.07.519>
8. Atkinson R.C., Shiffrin R.M. (1968) Human Memory: A Proposed System and Its Control Processes. *Psychology of Learning and Motivation*, vol. 2, pp. 89–195. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60422-3](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60422-3)
9. Bowers J.S. (2016) The Practical and Principled Problems with Educational Neuroscience. *Psychological Review*, vol. 123, no 5, pp. 600–612. <https://doi.org/10.1037/rev0000025>
10. Brown J., Permvattana R., Hollier S., McKee J. (2022) Online Learning & COVID-19: Exploring Digital Accessibility. *Scholar Works of the California State University*. Available at: <http://hdl.handle.net/10211.3/223467> (accessed 04.06.2025).
11. Caldwell B., Cooper M., Guarino Reid L., Vanderheiden G. (eds) (2008) *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0*. Available at: <https://www.w3.org/TR/WCAG20/> (accessed 02.06.2025).

12. Campbell A., Adams C., Montgomery R.B., Cooper M., Kirkpatrick A. (eds) (2023) *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2*. Available at: <https://www.w3.org/TR/WCAG22/> (accessed 02.06.2025).
13. Carter J., Markel M. (2001) Web Accessibility for People with Disabilities: An Introduction for Web Developers. *IEEE Transactions on Professional Communication*, vol. 44, no 4, pp. 225–233. <https://doi.org/10.1109/47.968105>
14. Chandler P., Sweller J. (1991) Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. *Cognition and Instruction*, no 8, pp. 293–332. https://doi.org/10.1207/s1532690xci0804_2
15. Clark R.C., Mayer R.E. (2016) *E-Learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning*. San Francisco, CA: John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119239086>
16. Downes S. (2010) Learning Networks and Connective Knowledge. *Collective Intelligence and e-Learning 2.0: Implications of Web-Based Communities and Networking* (eds H.H. Yang, S.Chi-Y. Yuen), Hershey, PA: Information Science Reference, pp. 1–26. <https://doi.org/10.4018/978-1-60566-729-4.ch001>
17. Dron J., Anderson T. (2016) The Future of E-learning. *The Sage Handbook of E-Learning Research* (eds C. Haythornthwaite, R. Andrews, J. Fransman, E.M. Meyers), Los Angeles: Sage, pp. 537–554. <https://doi.org/10.4135/9781529716696>
18. Engeström Y. (1987) *Learning by Expanding: An Activity-Theoretical Approach to Developmental Research*. Helsinki: Orienta-Konsultit.
19. Feidakis M. (2016) A Review of Emotion-Aware Systems for e-Learning in Virtual Environments. *Formative Assessment, Learning Data Analytics and Gamification* (eds S. Caballé, R. Clarisó), London: Academic Press, pp. 217–242. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803637-2.00011-7>
20. Gagne R.M. (1985) *The Conditions of Learning and Theory of Instruction*. New York, NY: Holt, Rinehart and Winston.
21. Goldie J.G.S. (2016) Connectivism: A Knowledge Learning Theory for the Digital Age? *Medical Teacher*, vol. 38, no 10, pp. 1064–1069. <https://doi.org/10.3109/0142159X.2016.1173661>
22. Gough N. (2004) RhizomANTically Becoming-Cyborg: Performing Posthuman Pedagogies. *Educational Philosophy and Theory*, vol. 36, no 3, pp. 253–265. <https://doi.org/10.1111/j.1469-5812.2004.00066.x>
23. Guilbaud T.C., Martin F., Newton X. (2021) Faculty Perceptions on Accessibility in Online Learning: Knowledge, Practice and Professional Development. *Online Learning*, vol. 25, no 2, pp. 6–35. <https://doi.org/10.24059/olj.v25i2.2233>
24. Haynes A. (2019) Establishing Considerations for Universal Design for Learning and Accessibility in Online Courses. *Handbook of Research on Challenges and Opportunities in Launching a Technology-Driven International University* (ed. M. Khosrow-Pour), Hershey, PA: IGI Global, pp. 69–90. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-6255-9.ch005>
25. Hickey-Moody A. (2009) Little War Machines: Posthuman Pedagogy and Its Media. *Journal of Literary & Cultural Disability Studies*, vol. 3, no 3, pp. 273–280. <https://doi.org/10.1353/jlc.0.0024>
26. Ismail I. (2024) Exploring Modern Educational Theories: A Literature Review of Student Learning in the Digital Age. *International Journal Multidisciplinary Science*, vol. 3, no 3, pp. 83–94. <https://doi.org/10.56127/ijml.v3i3.1646>
27. Ismailov M., Chiu T.K.F. (2022) Catering to Inclusion and Diversity with Universal Design for Learning in Asynchronous Online Education: A Self-Determination Theory Perspective. *Frontiers in Psychology*, vol. 13, Article no 819884. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.819884>
28. Jackson A.K. (2023) *Closing the Digital Divide: Understanding Organizational Approaches to Digital Accessibility in Higher Education* (PhD Thesis). Vermillion, SD: University of South Dakota.

29. Kahiigi E.K., Ekenberg L., Hansson H., Danielson F.T., Danielson M. (2008) Exploring the e-Learning State of Art. *Electronic Journal of e-Learning*, vol. 6, no 2, pp. 149–160.
30. Kaufmann H.R., Kurth A., Shukla S., Tirrel H., Schäffner L. (2022) Inclusive Online Collaborative Learning Environments in Vocational Education. *Business Advancement through Technology. Vol. 1: Palgrave Studies in Cross-Disciplinary Business Research* (eds A. Thrassou, D. Vrontis, L. Efthymiou, Y. Weber, S.M.R. Shams, E. Tsoukatos), Cham: Springer International, pp. 241–270. https://doi.org/10.1007/978-3-031-07769-2_12
31. Kibuku R.N., Ochieng D.O., Wausi A.N. (2021) Developing an e-Learning Theory for Interaction and Collaboration Using Grounded Theory: A Methodological Approach. *The Qualitative Report*, vol. 26, no 9, pp. 2836–2854. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2021.4739>
32. Kirkpatrick A., O'Connor J., Campbell A., Cooper M. (eds) (2018) *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*. Available at: <https://www.w3.org/TR/2018/REC-WCAG21-20180605/> (accessed 02.06.2025).
33. Koohang A., Riley L., Smith T., Schreurs J. (2009) E-Learning and Constructivism: from Theory to Application. *Interdisciplinary Journal of e-Learning and Learning Objects*, vol. 5, pp. 91–109. <https://doi.org/10.28945/3321>
34. Kumar V., Sharma D. (2021) E-Learning Theories, Components, and Cloud Computing-Based Learning Platforms. *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies (IJWLTT)*, vol. 16, no 3, pp. 1–16. <https://doi.org/10.4018/IJWLTT.20210501.oa1>
35. Levicky-Townley C., Garabedian S.M., Zhang J., Weatherford E. (2021) Exploring the Impact of Universal Design for Learning Supports in an Online Higher Education Course. *The Journal of Applied Instructional Design*, vol. 10, no 1. <https://doi.org/10.51869/101/clt>
36. Lowenthal P.R., Humphrey M., Conley Q., Dunlap J.C., Greear K., Lowenthal A., Giacomo L.A. (2020) Creating Accessible and Inclusive Online Learning: Moving beyond Compliance and Broadening the Discussion. *Quarterly Review of Distance Education*, vol. 21, no 2, pp. 1–21.
37. Manly C. (2022) *Utilization and Effect of Multiple Content Modalities in Online Higher Education: Shifting Trajectories toward Success through Universal Design for Learning* (PhD Thesis). Amherst, MA: University of Massachusetts Amherst. Available at: https://scholarworks.umass.edu/dissertations_2/2408. <https://doi.org/10.7275/27252773> (accessed 08.06.2025).
38. Mayer R.E., Moreno R. (2002) Aids to Computer-Based Multimedia Learning. *Learning and Instruction*, vol. 12, no 1, pp. 107–119. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00018-4](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00018-4)
39. Mayes T., de Freitas S. (2004) *Review of e-Learning Theories, Frameworks and Models*. London: Joint Information Systems Committee. Available at: <http://www.jisc.ac.uk/whatwedo/programmes/elearningpedagogy/outcomes.aspx> (accessed 04.06.2025).
40. Meyer A., Ross D.H. (1998) *Learning to Read in the Computer Age*. Cambridge, MA: Brookline Books.
41. Mödritscher F. (2006) E-Learning Theories in Practice: A Comparison of Three Methods. *Journal of Universal Science and Technology of Learning*, vol. 28, no 1, pp. 3–18.
42. Najab A., Amrani O. (2022) Digital Accessibility and Distance Higher Education in the Context of COVID-19: Lessons from the Experience of FSJES-Soussi and Future Perspectives. *Policies and Procedures for the Implementation of Safe and Healthy Educational Environments: Post-COVID-19 Perspectives* (ed. M. Haoucha), Hershey, PA: IGI Global Scientific Publishing, pp. 88–105. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-9297-7.ch006>

43. Obidat A.H. (2022) Bibliometric Analysis of Global Scientific Literature on the Accessibility of an Integrated e-Learning Model for Students with Disabilities. *Contemporary Educational Technology*, vol. 14, no 3, Article no 374. <https://doi.org/10.30935/cedtech/12064>
44. Pange A., Pange J. (2011) Is E-Learning Based on Learning Theories? A Literature Review. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, vol. 5, no 8, pp. 932–936.
45. Persson H., Åhman H., Yngling A.A., Gulliksen J. (2015) Universal Design, Inclusive Design, Accessible Design, Design for All: Different Concepts — One Goal? On the Concept of Accessibility — Historical, Methodological and Philosophical Aspects. *Universal Access in the Information Society*, vol. 4, May, pp. 505–526. <https://doi.org/10.1007/s10209-014-0358-z>
46. Ross D., Meyer A. (2006) *A Practical Reader in Universal Design for Learning*. Cambridge: Harvard Education Press.
47. Seale J. (2007) Accessibility and Activity Theory: An Exploration of the Factors that Mediate the Practice of Developing Accessible e-Learning in Higher Education. Proceedings of the *EdMedia+ Innovate Learning (Vienna, Austria, 2023, 10–14 July)*, pp. 4601–4608. <https://www.learntechlib.org/primary/p/26044/>
48. Seale J. (2004) The Development of Accessibility Practices in e-Learning: An Exploration of Communities of Practice. *Research in Learning Technology*, vol. 12, no 1, pp. 51–63. <https://doi.org/10.1080/0968776042000211539>
49. Seale J., Cooper M. (2010) E-Learning and Accessibility: An Exploration of the Potential Role of Generic Pedagogical Tools. *Computers & Education*, no 54, pp. 1107–1116. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.10.017>
50. Seeman-Horwitz L., Montgomery R.B., Lee S., Ran R. (eds) (2021) *Making Content Usable for People with Cognitive and Learning Disabilities*. Available at: <https://www.w3.org/TR/coga-usable/> (accessed 02.06.2025).
51. Shunk D.H. (2012) *Learning Theories: An Educational Perspective*. Boston, MA: Pearson.
52. Siemens G. (2005) Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, vol. 2, no 1, pp. 1–8. http://www.itdl.org/Journal/Jan_05/article01.htm
53. Skulmowski A., Xu K.M. (2022) Understanding Cognitive Load in Digital and Online Learning: A New Perspective on Extraneous Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, vol. 34, June, pp. 171–196. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09624-7>
54. Slooman M., Korthals Altes T., Domagała-Zyśk E., Nielandt B. (2023) E-Inclusion: Towards Inclusive Digital Learning. Proceedings of the *Erasmus Scientific Days 2022*, pp. 103–116. https://doi.org/10.2991/978-2-38476-036-7_10
55. Sweller J., van Merriënboer J.J., Paas F.G. (1998) Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review*, vol. 10, no 3, pp. 251–296. <https://doi.org/10.1023/A:1022193728205>
56. Van Merriënboer J.J.G., Ayres P. (2005) Research on Cognitive Load Theory and Its Design Implications for e-Learning. *Educational Technology Research & Development*, vol. 53, no 3, pp. 5–13. <https://doi.org/10.1007/BF02504793>
57. Van Mierlo C.M., Jarodzka H., Kirschner F., Kirschner P.A. (2012) Cognitive Load Theory in e-Learning. *Encyclopedia of Cyber Behavior* (ed. Z. Yan), Hershey, PA: IGI Global Scientific Publishing, pp. 1178–1211. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-0315-8.ch097>
58. Vygotsky L.S. (1978) *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard, MA: Harvard University.
59. Wenger E. (1998) *Communities of Practice: Learning, Meaning and Identity*. Cambridge: Cambridge University. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511803932>
60. Yuwono J., Anwar M., Sari E.K., Rejeki D.S. (2022) Innovation in Online Learning and Accessibility for University Students with Disabilities. *Al-Ishlah Journal Pendidikan*, vol. 14, no 2, pp. 1311–1320. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v14i2.1122>

References

- Andrews R. (2011) Does e-Learning Require a New Theory of Learning? Some Initial Thoughts. *Journal for Educational Research Online*, vol. 3, no 1, pp. 104–121. <https://doi.org/10.25656/01:4684>
- Arasteh B., Pirahesh S., Zakeri A., Arasteh B. (2014) Highly Available and Dependable e-Learning Services Using Grid System. *Procedia – Social and Behavioural Sciences*, no 143, pp. 471–476. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.07.519>
- Atkinson R.C., Shiffrin R.M. (1968) Human Memory: A Proposed System and Its Control Processes. *Psychology of Learning and Motivation*, vol. 2, pp. 89–195. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60422-3](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60422-3)
- Bowers J.S. (2016) The Practical and Principled Problems with Educational Neuroscience. *Psychological Review*, vol. 123, no 5, pp. 600–612. <https://doi.org/10.1037/rev0000025>
- Brown J., Permvattana R., Hollier S., McKee J. (2022) Online Learning & COVID-19: Exploring Digital Accessibility. *Scholar Works of the California State University*. Available at: <http://hdl.handle.net/10211.3/223467> (accessed 04.06.2025).
- Caldwell B., Cooper M., Guarino Reid L., Vanderheiden G. (eds) (2008) *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0*. Available at: <https://www.w3.org/TR/WCAG20/> (accessed 02.06.2025).
- Campbell A., Adams C., Montgomery R.B., Cooper M., Kirkpatrick A. (eds) (2023) *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2*. Available at: <https://www.w3.org/TR/WCAG22/> (accessed 02.06.2025).
- Carter J., Markel M. (2001) Web Accessibility for People with Disabilities: An Introduction for Web Developers. *IEEE Transactions on Professional Communication*, vol. 44, no 4, pp. 225–233. <https://doi.org/10.1109/47.968105>
- Chandler P., Sweller J. (1991) Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. *Cognition and Instruction*, no 8, pp. 293–332. https://doi.org/10.1207/s1532690xci0804_2
- Clark R.C., Mayer R.E. (2016) *E-Learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning*. San Francisco, CA: John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119239086>
- Downes S. (2010) Learning Networks and Connective Knowledge. *Collective Intelligence and e-Learning 2.0: Implications of Web-Based Communities and Networking* (eds H.H. Yang, S.Chi-Y. Yuen), Hershey, PA: Information Science Reference, pp. 1–26. <https://doi.org/10.4018/978-1-60566-729-4.ch001>
- Dron J., Anderson T. (2016) The Future of E-learning. *The Sage Handbook of E-Learning Research* (eds C. Haythornthwaite, R. Andrews, J. Fransman, E.M. Meyers), Los Angeles: Sage, pp. 537–554. <https://doi.org/10.4135/9781529716696>
- Engeström Y. (1987) *Learning by Expanding: An Activity-Theoretical Approach to Developmental Research*. Helsinki: Orienta-Konsultit.
- Feidakis M. (2016) A Review of Emotion-Aware Systems for e-Learning in Virtual Environments. *Formative Assessment, Learning Data Analytics and Gamification* (eds S. Caballé, R. Clarisó), London: Academic Press, pp. 217–242. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803637-2.00011-7>
- Gagne R.M. (1985) *The Conditions of Learning and Theory of Instruction*. New York, NY: Holt, Rinehart and Winston.
- Goldie J.G.S. (2016) Connectivism: A Knowledge Learning Theory for the Digital Age? *Medical Teacher*, vol. 38, no 10, pp. 1064–1069. <https://doi.org/10.3109/0142159X.2016.1173661>
- Gough N. (2004) RhizomANTically Becoming-Cyborg: Performing Posthuman Pedagogies. *Educational Philosophy and Theory*, vol. 36, no 3, pp. 253–265. <https://doi.org/10.1111/j.1469-5812.2004.00066.x>
- Guilbaud T.C., Martin F., Newton X. (2021) Faculty Perceptions on Accessibility in Online Learning: Knowledge, Practice and Professional Development. *Online Learning*, vol. 25, no 2, pp. 6–35. <https://doi.org/10.24059/olj.v25i2.2233>
- Haynes A. (2019) Establishing Considerations for Universal Design for Learning and Accessibility in Online Courses. *Handbook of Research on Challeng-*

- es and Opportunities in Launching a Technology-Driven International University* (ed. M. Khosrow-Pour), Hershey, PA: IGI Global, pp. 69–90. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-6255-9.ch005>
- Hickey-Moody A. (2009) Little War Machines: Posthuman Pedagogy and Its Media. *Journal of Literary & Cultural Disability Studies*, vol. 3, no 3, pp. 273–280. <https://doi.org/10.1353/jlc.0.0024>
- Ismail I. (2024) Exploring Modern Educational Theories: A Literature Review of Student Learning in the Digital Age. *International Journal Multidisciplinary Science*, vol. 3, no 3, pp. 83–94. <https://doi.org/10.56127/ijml.v3i3.1646>
- Ismailov M., Chiu T.K.F. (2022) Catering to Inclusion and Diversity with Universal Design for Learning in Asynchronous Online Education: A Self-Determination Theory Perspective. *Frontiers in Psychology*, vol. 13, Article no 819884. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.819884>
- Jackson A.K. (2023) *Closing the Digital Divide: Understanding Organizational Approaches to Digital Accessibility in Higher Education* (PhD Thesis). Vermillion, SD: University of South Dakota.
- Janelli M. (2018) E-Learning in Theory, Practice, and Research. *Voprosy obrazovaniya / Educational Studies Moscow*, no 4, pp. 81–98 (In Russian). <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2018-4-81-98>
- Kahiigi E.K., Ekenberg L., Hansson H., Danielson F.T., Danielson M. (2008) Exploring the e-Learning State of Art. *Electronic Journal of e-Learning*, vol. 6, no 2, pp. 149–160.
- Kaufmann H.R., Kurth A., Shukla S., Tirrel H., Schäffner L. (2022) Inclusive Online Collaborative Learning Environments in Vocational Education. *Business Advancement through Technology. Vol. 1: Palgrave Studies in Cross-Disciplinary Business Research* (eds A. Thrassou, D. Vrontis, L. Efthymiou, Y. Weber, S.M.R. Shams, E. Tsoukatos), Cham: Springer International, pp. 241–270. https://doi.org/10.1007/978-3-031-07769-2_12
- Kibuku R.N., Ochieng D.O., Wausi A.N. (2021) Developing an e-Learning Theory for Interaction and Collaboration Using Grounded Theory: A Methodological Approach. *The Qualitative Report*, vol. 26, no 9, pp. 2836–2854. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2021.4739>
- Kirkpatrick A., O'Connor J., Campbell A., Cooper M. (eds) (2018) *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*. Available at: <https://www.w3.org/TR/2018/REC-WCAG21-20180605/> (accessed 02.06.2025).
- Koohang A., Riley L., Smith T., Schreurs J. (2009) E-Learning and Constructivism: from Theory to Application. *Interdisciplinary Journal of e-Learning and Learning Objects*, vol. 5, pp. 91–109. <https://doi.org/10.28945/3321>
- Koreshnikova Y.N., Sorokin P.S. (2024) From Behaviorism to Neoconstructivism: A Review of Educational Theories for the Development of Independence in the Conditions of Neo-Structuration. *Voprosy obrazovaniya / Educational Studies Moscow*, no 4, pp. 126–150 (In Russian). <https://doi.org/10.17323/vo-2024-17084>
- Kosova Y.A. (2020) *Web Accessibility in e-Learning*. Simferopol: ARIAL (In Russian).
- Kosova Y.A., Redkokosh K.I. (2022) Methodology for the Formation of Digital Accessibility Competences: Development and Trial on a Russian Sample. *RUDN Journal of Psychology and Pedagogics*, vol. 19, no 3, pp. 488–509 (In Russian). <https://doi.org/10.22363/2313-1683-2022-19-3-488-509>
- Kumar V., Sharma D. (2021) E-Learning Theories, Components, and Cloud Computing-Based Learning Platforms. *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies (IJWLTT)*, vol. 16, no 3, pp. 1–16. <https://doi.org/10.4018/IJWLTT.20210501.oa1>
- Levicky-Townley C., Garabedian S.M., Zhang J., Weatherford E. (2021) Exploring the Impact of Universal Design for Learning Supports in an Online Higher Education Course. *The Journal of Applied Instructional Design*, vol. 10, no 1. <https://doi.org/10.51869/101/clt>
- Lowenthal P.R., Humphrey M., Conley Q., Dunlap J.C., Greear K., Lowenthal A., Giacummo L.A. (2020) Creating Accessible and Inclusive Online Learning: Moving

- beyond Compliance and Broadening the Discussion. *Quarterly Review of Distance Education*, vol. 21, no 2, pp. 1–21.
- Manly C. (2022) *Utilization and Effect of Multiple Content Modalities in Online Higher Education: Shifting Trajectories toward Success through Universal Design for Learning* (PhD Thesis). Amherst, MA: University of Massachusetts Amherst. Available at: https://scholarworks.umass.edu/dissertations_2/2408. <https://doi.org/10.7275/27252773> (accessed 08.06.2025).
- Mayer R.E., Moreno R. (2002) Aids to Computer-Based Multimedia Learning. *Learning and Instruction*, vol. 12, no 1, pp. 107–119. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00018-4](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00018-4)
- Mayes T., de Freitas S. (2004) *Review of e-Learning Theories, Frameworks and Models*. London: Joint Information Systems Committee. Available at: <http://www.jisc.ac.uk/whatwedo/programmes/elearningpedagogy/outcomes.aspx> (accessed 04.06.2025).
- Meyer A., Ross D.H. (1998) *Learning to Read in the Computer Age*. Cambridge, MA: Brookline Books.
- Mödritscher F. (2006) E-Learning Theories in Practice: A Comparison of Three Methods. *Journal of Universal Science and Technology of Learning*, vol. 28, no 1, pp. 3–18.
- Najab A., Amrani O. (2022) Digital Accessibility and Distance Higher Education in the Context of COVID-19: Lessons from the Experience of FSJES-Souissi and Future Perspectives. *Policies and Procedures for the Implementation of Safe and Healthy Educational Environments: Post-COVID-19 Perspectives* (ed. M. Haoucha), Hershey, PA: IGI Global Scientific Publishing, pp. 88–105. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-9297-7.ch006>
- Obidat A.H. (2022) Bibliometric Analysis of Global Scientific Literature on the Accessibility of an Integrated e-Learning Model for Students with Disabilities. *Contemporary Educational Technology*, vol. 14, no 3, Article no 374. <https://doi.org/10.30935/cedtech/12064>
- Pange A., Pange J. (2011) Is E-Learning Based on Learning Theories? A Literature Review. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, vol. 5, no 8, pp. 932–936.
- Persson H., Åhman H., Yngling A.A., Gulliksen J. (2015) Universal Design, Inclusive Design, Accessible Design, Design for All: Different Concepts — One Goal? On the Concept of Accessibility — Historical, Methodological and Philosophical Aspects. *Universal Access in the Information Society*, vol. 4, May, pp. 505–526. <https://doi.org/10.1007/s10209-014-0358-z>
- Ross D., Meyer A. (2006) *A Practical Reader in Universal Design for Learning*. Cambridge: Harvard Education Press.
- Seale J. (2007) Accessibility and Activity Theory: An Exploration of the Factors that Mediate the Practice of Developing Accessible e-Learning in Higher Education. *Proceedings of the EdMedia+ Innovate Learning (Vienna, Austria, 2023, 10–14 July)*, pp. 4601–4608. <https://www.learntechlib.org/primary/p/26044/>
- Seale J. (2004) The Development of Accessibility Practices in e-Learning: An Exploration of Communities of Practice. *Research in Learning Technology*, vol. 12, no 1, pp. 51–63. <https://doi.org/10.1080/0968776042000211539>
- Seale J., Cooper M. (2010) E-Learning and Accessibility: An Exploration of the Potential Role of Generic Pedagogical Tools. *Computers & Education*, no 54, pp. 1107–1116. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.10.017>
- Seeman-Horwitz L., Montgomery R.B., Lee S., Ran R. (eds) (2021) *Making Content Usable for People with Cognitive and Learning Disabilities*. Available at: <https://www.w3.org/TR/coga-usable/> (accessed 02.06.2025).
- Shunk D.H. (2012) *Learning Theories: An Educational Perspective*. Boston, MA: Pearson.
- Siemens G. (2005) Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, vol. 2, no 1, pp. 1–8. http://www.itdl.org/Journal/Jan_05/article01.htm

- Skulmowski A., Xu K.M. (2022) Understanding Cognitive Load in Digital and Online Learning: A New Perspective on Extraneous Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, vol. 34, June, pp. 171–196. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09624-7>
- Slotman M., Korthals Altes T., Domagała-Zyśk E., Nielandt B. (2023) E-Inclusion: Towards Inclusive Digital Learning. Proceedings of the *Erasmus Scientific Days 2022*, pp. 103–116. https://doi.org/10.2991/978-2-38476-036-7_10
- Sweller J., van Merriënboer J.J., Paas F.G. (1998) Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review*, vol. 10, no 3, pp. 251–296. <https://doi.org/10.1023/A:1022193728205>
- UNESCO (2019) *UNESCO ICT Competency Framework for Teachers. Version 3*. Moscow: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (In Russian). Available at: <https://iite.unesco.org/wp-content/uploads/2019/05/ICT-CFT-Version-3-Russian-1.pdf> (accessed 04.06.2025).
- Van Merriënboer J.J.G., Ayres P. (2005) Research on Cognitive Load Theory and Its Design Implications for e-Learning. *Educational Technology Research & Development*, vol. 53, no 3, pp. 5–13. <https://doi.org/10.1007/BF02504793>
- Van Mierlo C.M., Jarodzka H., Kirschner F., Kirschner P.A. (2012) Cognitive Load Theory in e-Learning. *Encyclopedia of Cyber Behavior* (ed. Z. Yan), Hershey PA: IGI Global Scientific Publishing, pp. 1178–1211. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-0315-8.ch097>
- Vygotsky L.S. (1978) *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard, MA: Harvard University.
- Wenger E. (1998) *Communities of Practice: Learning, Meaning and Identity*. Cambridge: Cambridge University. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511803932>
- Yuwono J., Anwar M., Sari E.K., Rejeki D.S. (2022) Innovation in Online Learning and Accessibility for University Students with Disabilities. *Al-Ishlah Journal Pendidikan*, vol. 14, no 2, pp. 1311–1320. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v14i2.1122>