

Адрес статьи / To link this article: <https://cat.itmo.ru/ru/2025/v10-i4/606>

## Влияние элементов мобильного интерфейса на когнитивную нагрузку пожилых пользователей

В. М. Трефилова, В. И. Эверстова, А. Ф. Джумагулова

Университет ИТМО, Россия

trefilova.151era@gmail.com, vi.everstova@gmail.com,  
afdjumagulova@itmo.ru

**Аннотация.** В статье представлены литературный обзор и результаты экспериментальных исследований, посвящённых влиянию визуальных, структурных и интерактивных элементов мобильных интерфейсов на когнитивную нагрузку пожилых пользователей. Рассмотрены возрастные особенности когнитивных процессов, такие как снижение объёма рабочей памяти, замедление скорости обработки информации и влияние внимания на взаимодействие с цифровыми технологиями. Опираясь на теорию когнитивной нагрузки и концепцию когнитивных аффордансов, исследование выделяет виды нагрузки и подчеркивает роль интерфейсных элементов как факторов, способствующих её снижению или увеличению. В результате анализа выявлено, что использование чётких и коротких текстов, читаемых шрифтов с достаточным размером и контрастностью, упрощённой навигации и понятных метафорических иконок способствует снижению когнитивной нагрузки. В то же время визуальная перегрузка, избыточные опции и абстрактные элементы увеличивают сложность восприятия. Звуковые и жестовые элементы, основанные на знакомых пользователю паттернах, помогают снизить ментальные усилия. Выделены типичные проблемные сценарии, такие как сложная навигация, скрытые функции и стрессовые ситуации, которые ухудшают эффективность взаимодействия пожилых пользователей с интерфейсами. Практические рекомендации для дизайна включают обеспечение визуальной ясности, использование метафоричных элементов, структурную простоту и поддержку постепенного обучения. Работа вносит значительный вклад в развитие интерфейсного дизайна и человеко-компьютерного взаимодействия, открывая пути для повышения цифровой автономии и социальной инклюзии пожилых пользователей.

**Ключевые слова:** пожилые пользователи, когнитивная нагрузка, мобильные интерфейсы, юзабилити, инклюзивный дизайн

### Введение

Стремительное развитие информационных технологий и их глубокая интеграция в повседневную жизнь обычных людей привели к тому, что смартфоны стали основным инструментом для коммуникации, получения информации, доступа к государственным и медицинским сервисам. Сегодня мобильные приложения выполняют критически важные функции, и от удобства их использования зависит качество жизни миллионов людей. Так, аудитория пользователей мобильных устройств становится всё более разнообразной. Особенно заметно растёт

доля людей старшего возраста: по последним данным, около 70% пожилых людей в России используют смартфоны на регулярной основе [1].

Однако взаимодействие пожилых пользователей с современными интерфейсами нередко сопровождается трудностями, обусловленными рядом возрастных изменений когнитивных функций [2]. Сокращение объема рабочей памяти, снижение скорости обработки информации и ухудшение зрительных функций делают работу со сложными, перегруженными или недостаточно структурированными интерфейсами крайне затруднительной. Подобные ограничения усиливают цифровой разрыв, уменьшают цифровую самостоятельность пожилых пользователей и могут приводить к социальной исключённости [3]. Поэтому создание интерфейсов, способных снижать когнитивную нагрузку, становится важным социальным вызовом. Доступные интерфейсы позволяют пожилым людям ощущать себя более автономными и уверенными.

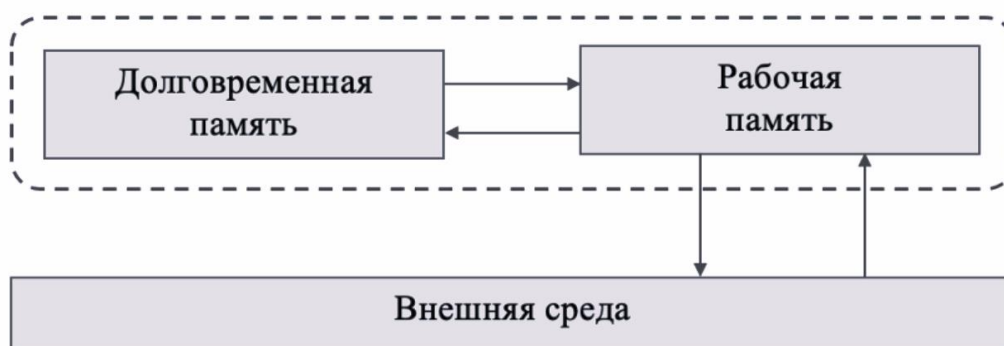
Таким образом, целью исследования становится изучение того, какие именно интерфейсные элементы усиливают когнитивную нагрузку, а какие, напротив, снижают. В работе анализируются визуальные, структурные и интерактивные элементы интерфейса с точки зрения их воздействия на когнитивные процессы. Полученные результаты позволят сформулировать практические рекомендации для дизайнеров, стремящихся создавать более доступные, инклюзивные и понятные мобильные интерфейсы для пользователей старшего возраста.

## 1. Теоретические основы когнитивной нагрузки

### 1.1. Когнитивная нагрузка: типы и проявления в интерфейсах

Теория когнитивной нагрузки была сформулирована в конце 1980-х годов австралийским педагогом-психологом Джоном Свеллером. Согласно данной теории, наш мозг обладает ограниченной способностью к обработке информации, и когда эта способность превышает, это может привести к снижению производительности и повышенной умственной усталости [4].

Дж. Свеллер выводит основные идеи теории когнитивной нагрузки из идей эволюционной кибернетики, которая основывается на принципах естественных информационных систем [4]. При этом при описании когнитивной системы человека используется компьютерная метафора, которая предполагает наличие структуры в форме отношений между долговременной памятью, кратковременной (рабочей) памятью и контекстом функционирования системы (рис. 1).



**Рис. 1.** Когнитивная система человека (ТКН)

Под когнитивной нагрузкой принято понимать объем ресурсов рабочей памяти, задействованных для решения той или иной задачи [5]. Другое определение гласит, что когнитивная нагрузка — это объем используемых ресурсов кратковременной (рабочей) памяти. В рамках UX/UI-дизайна, мы можем определить когнитивную нагрузку, как количество ментальных ресурсов, затрачиваемые пользователями при обработке информации и принятии решений в ходе взаимодействия с интерфейсами.

Исследователями выделяются три вида когнитивной нагрузки:

- внешняя (посторонняя) когнитивная нагрузка;
- внутренняя когнитивная нагрузка;
- уместная (релевантная) когнитивная нагрузка.

Внешняя когнитивная нагрузка — категория когнитивной нагрузки, которая обуславливается каналом связи познающего субъекта, то есть регламентированная способом представления информации. Иными словами, данный вид когнитивной нагрузки относится к способу представления новой информации, она не связана непосредственно с содержанием информации, но создается необязательными, несущественными факторами и неважными элементами, отвлекающими внимание. Это необязательное умственное усилие для обработки информации, не имеющей прямого отношения к текущей задаче. В интерфейсах внешнюю когнитивную нагрузку могут вызывать, например, отвлекающие визуальные элементы.

Внутренняя когнитивная нагрузка — категория когнитивной нагрузки, которая напрямую связана с естественной сложностью задачи или концепции, и которая также зависит от предварительных знаний субъекта. Это сложность, возникающая при освоении новой темы или действия. Изменить такую нагрузку нельзя, но ее можно уменьшить. Тексты и пояснения в интерфейсе как раз помогают пользователям справиться с этим типом нагрузки. Также разложение сложных задач на более мелкие и выполнимые этапы, позволяет пользователям эффективнее обрабатывать информацию и снижает риск возникновения когнитивной нагрузки.

Уместная когнитивная нагрузка — это усилия, направленные на обработку информации, формирование схем и выявление закономерностей между объектами и данными. Этот тип нагрузки важен для обучения и решения проблем, так как предполагает установление связей между новой и существующей информацией и построение новых ментальных моделей.

Раньше исследователи считали, что общий размер когнитивной нагрузки человека является суммой всех трех вышеперечисленных типов, однако в 2019 году Дж. Свеллер совместно с другими авторами написали научную статью, где были сформулированы основные изменения, которые претерпела теория когнитивной нагрузки с момента ее введения [6]. Исследователи полагают, что уместная когнитивная нагрузка помогает перераспределять ресурсы рабочей памяти от посторонней деятельности к внутренним аспектам задачи, а следовательно она сама по себе не вносит вклад в общую нагрузку.

## 1.2. Особенности когнитивного восприятия у пожилых пользователей

Под когнитивными (познавательными) функциями понимаются наиболее сложные функции головного мозга, с помощью которых осуществляется процесс рационального познания мира и обеспечивается целенаправленное взаимодействие с ним. Данный процесс включает четыре основных взаимодействующих компонента:

- восприятие информации;
- обработка и анализ информации;
- запоминание и хранение информации;
- обмен информацией и построение программы действий.

С возрастом наблюдаются значительные изменения в когнитивных способностях, что может существенно влиять на восприятие и взаимодействие пожилых людей с различными интерфейсами и технологиями. В рамках данной работы под пожилыми людьми будут пониматься лица старше 60 лет, согласно классификации ВОЗ. У пожилых людей происходят различные изменения в когнитивной сфере, которые могут быть связаны как с биологическими, так и культурными факторами. Основные изменения включают:

**Ухудшение памяти.** Снижение объема запоминания новой информации с возрастом отмечается во многих исследованиях и связывается прежде всего с возрастным ослаблением дофаминэргической функции мозга [7]. Ухудшение различных видов памяти у пожилых людей идет неравномерно. Страдает прежде всего кратковременная, рабочая память. При этом пожилые люди

лучше справляются с заданиями на узнавание и хуже на воспроизведение слов из списка [8]. Долговременная же память сохраняется относительно хорошо. Так, по данным А. В. Козловой с соавторами, воспоминания о событиях детства и юности сохраняются у пожилых людей почти в таком же количестве, как и у молодых и людей зрелого возраста. Важно при этом отметить, что снижение функций памяти, ассоциируемое со старением, наблюдается не у всех лиц пожилого возраста

**Внимание.** Данные, полученные зарубежными психологами в отношении ухудшения у пожилых людей способности к концентрации внимания, весьма противоречивы, поскольку результаты во многом зависят от условий эксперимента. Концентрация внимания у пожилых людей практически не обнаруживает ухудшения. Устойчивость внимания хотя и ухудшается, но незначительно [9]. Распределение же внимания между двумя и более объектами у пожилых ухудшается существенно, это влияет на их способность обрабатывать информацию из множества источников одновременно. Они могут быть более чувствительными к визуальным и звуковым отвлекающим сигналам и иметь ограниченные ресурсы для переключения между задачами.

**Замедление реакции.** С возрастом наблюдается снижение скорости обработки информации и реакции на стимулы. Это замедление может быть вызвано как физиологическими изменениями в центральной нервной системе, так и утратой нейронных связей.

**Уменьшение гибких способностей** (fluid intelligence) — это способности, связанные с решением новых задач и обработкой информации в условиях неопределенности. С возрастом скорость обработки информации и выполнения задач может снижаться.

**Сохранение кристаллизованных способностей** (crystallized intelligence) — это знания и навыки, приобретенные в результате жизненного опыта и обучения. Эти способности, как правило, остаются стабильными или даже могут увеличиваться.

**Снижение скорости обработки информации.** Это связано прежде всего с ухудшением памяти и внимания [10].

Важно понимать, что когнитивные изменения могут иметь широкий диапазон индивидуальных вариаций. Некоторые люди могут сохранять высокий уровень когнитивных функций вплоть до очень старшего возраста.

### 1.3. Аффордансы интерфейсных элементов как детерминанты когнитивной нагрузки

Как было установлено в предыдущем разделе, когнитивное старение характеризуется снижением ресурсов рабочей памяти, внимания и скорости обработки информации. Интерфейсные элементы в этом контексте могут либо усугублять перечисленные возрастные ограничения, выступая источниками избыточной когнитивной нагрузки, либо компенсировать их, облегчая нагрузку.

В дизайне интерфейсов ключевое значение имеет концепция аффорданса, введенная Джеймсом Джеромом Гибсоном и в дальнейшем адаптированная Дональдом Норманом как «воспринимаемая возможность действия» [11]. По своей сути, аффордансы — это подсказки, которые отвечают на базовый вопрос пользователя: «Что здесь можно сделать?».

Однако для пожилых пользователей, чье взаимодействие с цифровой средой сопряжено с повышенной когнитивной нагрузкой, критически важной становится более глубокая категория — когнитивный аффорданс. Если общий аффорданс указывает на возможность действия, то когнитивный аффорданс, по определению Хартсона, отвечает на следующий вопрос: «Как мне понять, что нужно делать?» [12]. Данный фактор обеспечивает понимание функции элемента, опираясь на знания и прошлый опыт пользователя. Когда дизайн элемента успешно реализует когнитивный аффорданс, пользователь избавляется от необходимости тратить ресурсы рабочей памяти на догадки и запоминание неочевидных функций.

На практике аффордансы могут как увеличивать когнитивную нагрузку, так и способствовать ее снижению [13]. Так, источниками нагрузки являются:

- неясные аффордансы, вынуждающие пользователя расшифровывать их значение;

- конфликтующие аффордансы, возникающие, когда визуальный дизайн элемента провоцирует действие, которое технически невозможно;
- избыточное количество аффордансов, которое затрудняет фильтрацию информации и приоритизацию задач.

Факторы снижения когнитивной нагрузки:

- очевидные аффордансы, чье значение интуитивно понятно без объяснений, поскольку основано на существующих ментальных моделях пользователя;
- единообразные аффордансы, обеспечивающие согласованность взаимодействия во всем интерфейсе и снижающие потребность в дополнительном обучении;
- аффордансы с четкой обратной связью, которые незамедлительно сообщают о результате действия пользователя, тем самым устраняя неопределенность.

Таким образом, интерфейсные решения для пожилых пользователей должны быть интуитивно понятными и однозначно ведущими к решению задачи.

## 2. Анализ влияния различных элементов интерфейса на когнитивную нагрузку

### 2.1. Текстовые элементы

Текстовые элементы интерфейса, такие как заголовки, инструкции, подсказки и описания могут оказывать существенное влияние на когнитивную нагрузку, возникающую при взаимодействии с интерфейсом.

Краткий и ясно сформулированный текст снижает когнитивную нагрузку, облегчая восприятие информации. Избыточный или сложный для понимания текст требует дополнительных умственных усилий, в результате чего когнитивная нагрузка пользователя возрастает. Например, короткие пункты и буллиты позволяют быстро воспринимать содержание, в то время как длинные абзацы могут приводить к усталости и потере внимания.

Однозначные и понятные инструкции уменьшают необходимость интерпретации и снижают вероятность ошибок. Неясные или сложные фразы требуют дополнительных усилий от пользователя, тем самым повышая когнитивную нагрузку пользователя.

Шрифты являются одним из основных визуальных элементов интерфейса, и их выбор может существенно повлиять на читабельность и восприятие текста. Шрифты с высокой читаемостью, например, без засечек, такие как Helvetica, способствуют снижению когнитивной нагрузки, поскольку пользователи быстрее воспринимают информацию. Исследования показывают, что использование сложных и декоративных шрифтов может увеличить время, необходимое для распознавания и чтения. Размер шрифта и его контрастность с фоном также важны. Слишком мелкий шрифт, недостаточный контраст с фоном или маленькое межстрочное расстояние могут затруднять чтения и увеличивать тем самым когнитивную нагрузку.

### 2.2. Цвет

Цвета влияют не только на эстетическую часть интерфейса, но и на эмоциональное состояние пользователей, что в свою очередь, может повлиять на их когнитивную нагрузку. Использование контрастных цветов для текста и фона улучшает читаемость и помогает пользователям быстрее находить нужную информацию. Однако чрезмерное использование ярких цветов может отвлекать пользователей и вызывать у них стресс, что увеличивает когнитивную нагрузку. Также при подборе цветовой палитры важно учитывать психологию цвета, поскольку разные цвета могут вызывать различные эмоциональные реакции. Например, синий ассоциируется с доверием и спокойствием, в то время как красный может вызывать тревогу.

### 2.3. Навигация и структура

Навигация является важным элементом интерфейса, который влияет на то, как пользователи взаимодействуют с системой. Исследования показывают, что интерфейсы с простой и интуитивно

понятной навигацией снижают когнитивную нагрузку, позволяя пользователям быстрее находить нужную информацию и выполнять задачи. Сложные и запутанные навигационные структуры могут вызывать путаницу и затруднять выполнение задач.

#### 2.4. Визуальные элементы и иконки

Визуальные элементы, и в особенности иконки, выступают первичным каналом коммуникации между интерфейсом и пользователем. Возрастные изменения зрения, делают пожилых людей особенно уязвимыми к непродуманному визуальному дизайну.

Исследования показывают, что визуальная перегрузка у пожилых пользователей возникает преимущественно из-за двух ключевых факторов: избыточного разнообразия цветов и большого количества графических элементов на экране [14, 15].

Особое место среди графических элементов занимают иконки. Ключевыми характеристиками, определяющими успешность их восприятия, выступают метафоричность и семантическая близость. Эмпирические данные показывают, что пожилые пользователи испытывают значительные трудности с абстрактными представлениями [16]. Старение связано со снижением точности распознавания и более медленной реакцией, особенно на типы иконок, где связь между изображением и функцией неочевидна.

Снижению когнитивной нагрузки способствует проектирование иконок, основанных на визуальных образах, знакомых пожилым пользователям из их повседневного опыта [17]. Семантически близкие иконки вызывают меньше затруднений при интерпретации по сравнению с абстрактными аналогами. Реалистичный дизайн минимизирует необходимость построения новых ассоциативных связей и формирования сложных ментальных моделей устройства.

В случаях, когда использование абстрактных или семантически далеких иконок неизбежно, особенно важно комбинировать их с текстовыми подписями. Исследования, в том числе с применением айтрекинга, показывают, что текст не просто дублирует информацию, а выполняет роль семантического якоря, предоставляя однозначный контекст для декодирования неочевидного изображения [18, 19].

Таким образом, проектирование визуальных элементов для пожилых пользователей должно быть направлено на минимизацию абстракции и визуальной перегрузки.

#### 2.5. Звуковые сигналы

Звуковые элементы интерфейса освобождают пользователей от постоянного визуального контроля экрана, что особенно актуально для пожилых пользователей с возрастными физиологическими изменениями.

Следует отметить, что, согласно современному исследованию, голосовое управление позволяет достичь заметного сокращения времени обучения пожилых людей взаимодействию с интерфейсом — 12.4 минуты против 18.7 минут для сенсорных систем [17]. Такой результат достигается за счёт того, что пользователям не требуется запоминать навигационные пути интерфейса и интерпретировать визуальные элементы.

Однако проектирование звуковых сигналов требует учета физиологических и когнитивных особенностей пожилых пользователей. С одной стороны, возрастное снижение слуха требует достаточной громкости сигналов, с другой, необходимо соблюдать принцип когнитивного порога, избегая чрезмерной звуковой нагрузки [20]. Также следует учитывать, что наименьшие когнитивные затраты обеспечивают звуки, основанные на реальных акустических явлениях, поскольку они обрабатываются автоматически [21]. В отличие от них, абстрактные звуковые сигналы, подобно абстрактным иконкам, требуют декодирования и создают значительную нагрузку на рабочую память.

#### 2.6. Жестовые взаимодействия

Разработка жестовых интерфейсов для пожилых пользователей требует комплексного учета их моторных и когнитивных особенностей. Аналогично принципам, описанным для визуальных и

звуковых элементов, проектирование жестового взаимодействия должно исходить из опоры на знакомые ментальные модели. Исследования показывают, что метафорические жесты, основанные на повседневном опыте пожилых людей, вызывают значительно меньшую когнитивную нагрузку благодаря интуитивной и предсказуемой связи между жестом и командой [22]. Например, жест перетаскивания, аналогичный перемещению физических объектов, или движение влево для команды «назад», ассоциирующееся со стрелкой возврата, демонстрируют высокую обучаемость [23, 24]. В отличие от них, сложные жесты вроде вращения запястьем и абстрактные команды без четких пространственных образов требуют формирования новых ментальных связей, что создает повышенную нагрузку на рабочую память [23].

Также следует отметить, что однопальцевые жесты демонстрируют преимущество перед многопальцевыми благодаря снижению требований к сложной моторной координации [23]. Простота жестов уменьшает внутреннюю когнитивную нагрузку, так как требует меньше ресурсов для запоминания и выполнения.

### 3. Задачи, вызывающие когнитивные трудности

#### 3.1. Типология проблемных сценариев взаимодействия

Анализ отдельных интерфейсных элементов, хотя и важен, не позволяет в полной мере оценить комплексные проблемы, с которыми сталкиваются пожилые пользователи в реальных условиях. В данном исследовании мы выделяем три ключевых типа проблемных сценариев, которые систематически приводят к когнитивной перегрузке.

Первый и наиболее распространенный тип сценариев связан с необходимостью постоянного удержания оперативного контекста, что оказывает наибольшее давление на ресурсы рабочей памяти. Эта проблема, в свою очередь, проявляется в двух формах.

С одной стороны, это сложная навигация внутри одного приложения. Ярким примером служит меню с избыточным количеством опций [25]. Согласно данным исследования, с этой проблемой сталкиваются 63% пожилых пользователей [26]. В таких условиях каждый новый элемент навигации и каждая неочевидная иконка потребляют часть ограниченного когнитивного ресурса [26]. Пользователи легко теряются, не могут построить ментальную карту интерфейса и, исчерпав свой когнитивный лимит, забывают исходную цель действий.

С другой стороны, проблема возникает на уровне экосистемы приложений из-за несогласованности интерфейсов между ними [27]. Необходимость осваивать уникальную логику взаимодействия для каждого цифрового продукта создает избыточную внешнюю нагрузку. Пользователь вынужден заново обучаться, а каждое приложение становится для него изолированной и ресурсоёмкой средой, что также ведет к истощению рабочей памяти.

Второй тип проблемных сценариев возникает в ситуациях, когда функциональность интерфейса не имеет явных визуальных подсказок для своего обнаружения. В отличие от предыдущей проблемы, где элементы видны, но их слишком много, здесь сама цель взаимодействия скрыта. Помимо уже описанной проблемы абстрактных представлений визуальных элементов в исследованиях упоминается функция будильника, скрытая в общем приложении «Часы» [28]. Пожилой пользователь, желающий установить будильник, может видеть иконку часов, но не иметь ни малейшего представления о том, какое действие или последовательность действий приведут его к нужной функции.

Наконец, третий тип сценариев связан с необходимостью сделать осознанный выбор в условиях дефицита времени, неполной информации или неясных последствий [29, 30]. Возникающая в таких ситуациях неопределенность в формулировках интерфейса, связанная с опасением совершить критическую ошибку, активирует стрессовую реакцию. Стресс, в свою очередь, сужает объем внимания и ухудшает работу исполнительных функций, затрудняя взвешенную оценку вариантов.

### 3.2. Влияние контекста использования на когнитивную нагрузку

Когнитивная нагрузка, вызываемая интерфейсами, не является статичной величиной, она существенно варьируется в зависимости от контекста использования. Один и тот же интерфейсный элемент или задача могут восприниматься совершенно по-разному в различных условиях. В данном разделе анализируется, как ключевые контекстные факторы выступают в роли модуляторов когнитивной нагрузки.

Наиболее драматические изменения в уровне когнитивной нагрузки наблюдаются при переходе от спокойного, исследовательского взаимодействия к действиям в условиях срочности. Однако, как показывают исследования, связь между временным давлением и нагрузкой нелинейна.

В условиях чрезмерного давления наблюдается целый спектр негативных последствий: когнитивная перегрузка, снижение вовлеченности, ухудшение осведомленности о ситуации и увеличение количества ошибок при одновременном снижении продуктивности [29, 31]. Стрессовая ситуация сама по себе потребляет значительные когнитивные ресурсы, а неясность дизайна многократно усиливает внешнюю нагрузку. В противовес этому легкая или умеренная «срочность» срочность может мобилизовать внимание и повысить эффективность. Однако это усложняет задачу дизайна, так как цель заключается не в полном устранении давления, а в избегании его разрушительных, чрезмерных форм.

Кроме того, реакция на срочность кардинально зависит от индивидуальных особенностей пользователей. Условно их можно разделить на два типа [32]. Первый тип — это импульсивные пользователи, которые склонны принимать решения быстро, почти не раздумывая. Такие люди менее чувствительны к внешнему давлению, потому что их привычный темп и так высок. Второй тип — это аналитики, которые предпочитают всё тщательно изучить, прежде чем сделать выбор. Под давлением времени их естественная стратегия даёт сбой. Они не ускоряются, а, наоборот, могут растеряться.

Степень знакомства пользователя с интерфейсом напрямую определяет когнитивные затраты на взаимодействие. Для пожилого пользователя переход между приложениями превращается в череду отдельных испытаний, поскольку каждое из них требует освоения новой логики построения [27].

Однако было бы ошибкой считать, что пожилые пользователи обречены на вечную борьбу с незнакомыми интерфейсами. Современные исследования показывают, что пожилые люди не только способны осваивать сложные технологии на уровне молодых, но и демонстрируют высокую готовность прилагать усилия для обучения [33]. Получив адекватное обучение и практику, они превращаются в уверенных пользователей.

Для пожилого пользователя, чьи перцептивные и когнитивные ресурсы уже ограничены в силу возрастных изменений, внешние помехи создают двойную внешнюю нагрузку.

Одним из наиболее значимых факторов является освещение. Блики на экране на улице или в ярко освещенном помещении физически затрудняют восприятие информации. Пользователю приходится прилагать дополнительные усилия для распознавания контента: напрягать зрение, менять угол наклона устройства, вглядываться в затемненные участки экрана.

Не менее существенное влияние оказывает акустическая обстановка. Громкий фоновый шум маскирует звуковые сигналы интерфейса, что не только приводит к пропуску важной информации, но и заставляет пользователя находиться в состоянии постоянного напряжения, пытаясь отфильтровать полезный сигнал из шума [34]. Подобное состояние повышенной бдительности, известное как напряжение слухового внимания, истощает общие когнитивные резервы.

## 4. Эмпирическое исследование эффективности когнитивных аффордансов

Проведённый теоретический анализ показывает, что одна из ключевых причин когнитивной перегрузки у пожилых пользователей связана с неспособностью интерфейса своевременно и явно обозначать доступные действия. Наиболее остро данная проблема выражена в отношении скрытых жестовых взаимодействий, которые лишены постоянных визуальных аффордансов и требуют от пользователя либо предварительного обучения, либо угадывания [21, 24].

Для пользователей чей опыт взаимодействия с технологиями формировался в период доминирования физических кнопок и дискретных интерфейсов, наиболее естественной формой управления остаётся нажатие. Кнопка обладает ясным, мгновенно распознаваемым аффордансом, её функция считывается без дополнительной интерпретации. Жесты, напротив, такой определённости лишены. Скролл, реализуемый через свайп, не имеет постоянного визуального маркера, его наличие необходимо либо предвидеть, либо обнаруживать эмпирически.

На основании анализа особенностей восприятия пожилых пользователей было выдвинуто предположение, что общепринятые элементы вроде скроллбара, привычные для более молодой аудитории, могут не считываться как интерактивные. Восприятие скроллбара скорее как статичного индикатора положения, нежели как инструмента управления, является гипотетическим следствием сформированных в докомпьютерную эпоху паттернов взаимодействия, где перемещение контента не связывалось с управлением специальным ползунком. Данное предположение требует дальнейшей эмпирической проверки, однако оно легло в основу проектируемого решения.

Если скрытый жест дублировать статической кнопкой-подсказкой, визуально соответствующей базовой модели «нажатие — результат», пользователь освобождается от необходимости поиска способов взаимодействия и переходит к прямому целенаправленному действию. Предлагаемое решение не отменяет жестовую навигацию, но формирует параллельный, более явный канал управления, снижающий когнитивный барьер для аудитории, у которой жест не является предпочтительной или доступной стратегией.

Однако эмпирических исследований, количественно оценивающих влияние статических кнопок-подсказок на скорость и успешность выполнения задач именно у пользователей старшего возраста, в доступной литературе не обнаружено. В связи с этим целью данного эмпирического этапа работы стала экспериментальная проверка гипотезы о снижении времени выполнения заданий со скрытыми жестами при наличии статических кнопок-подсказок.

## 4.1. Метод

### 4.1.1. Участники исследования

В исследовании приняли участие 72 человека. Методом случайного распределения респонденты были разделены на две равные группы: контрольную и экспериментальную, по 36 участников в каждой. Минимально необходимый объём выборки был определён на основании анализа статистической мощности, проведённого по результатам пилотного исследования. Для достижения мощности 0,8 при уровне значимости 0,025 и ожидаемом размере эффекта 0,7 требовалось не менее 70 человек.

Первоначально планировалось включение в выборку исключительно респондентов в возрасте от 60 до 80 лет. В процессе набора данных в условиях дистанционного немодерируемого формата достижение целевого объёма выборки в строго заданных возрастных границах оказалось затруднительным, в связи с чем возрастные критерии были расширены. Фактический возрастной диапазон участников составил от 21 года до 81 года при среднем значении 49 лет и стандартном отклонении 13 лет. Важно отметить, что распределение пожилых респондентов старше 60 лет между экспериментальными условиями оказалось близким к равномерному: восемь участников вошли в контрольную группу и десять — в экспериментальную. Данное обстоятельство создало необходимые предпосылки для проведения последующего сегментированного анализа в целевой возрастной подгруппе.

Распределение по полу характеризовалось устойчивым балансом между группами. Общее число мужчин составило 24 человека, женщин — 48 человек. Оценка уровня технической грамотности производилась на основании самооценки по пятибалльной шкале. Средний балл по всей выборке достиг 3,9, при этом 71 % участников оценили свою уверенность в работе со смартфоном на четыре или пять баллов. Дополнительно фиксировалось использование средств коррекции зрения при взаимодействии с устройством. Так, 43 % респондентов указали на регулярное применение очков или контактных линз. Распределение данной характеристики между

контрольной и экспериментальной группами оставалось сопоставимым, что позволило минимизировать её потенциальное искажающее влияние на основные результаты.

Из финальной выборки исключались участники, не выполнившие все задания в полном объёме либо досрочно прервавшие прохождение сессии.

#### 4.1.2. Экспериментальные материалы и дизайн

Для проверки выдвинутой гипотезы был реализован межгрупповой дизайн эксперимента с независимыми выборками. Каждый участник выполнял задания только в одном из двух экспериментальных условий, что позволило исключить влияние тренировки и эффектов порядка на результаты.

В качестве независимой переменной рассматривался тип визуального аффорданса. В контрольном условии интерфейс не содержал подсказок, в экспериментальном условии жестовое взаимодействие дублировалось статической кнопкой-подсказкой. Зависимыми переменными выступали успешность выполнения задачи, время выполнения, а также субъективная оценка сложности, полученная с помощью шкалы Single Ease Question непосредственно после каждой задачи.

Стимульный материал разрабатывался в среде Figma. Дизайн и логика взаимодействия воспроизводили мобильную версию официального сайта Государственного Эрмитажа, так как на сайте были обнаружены проблемные сценарии, связанные с отсутствием визуальных подсказок для вертикальной и горизонтальной прокрутки. Для обеспечения внутренней валидности из прототипов были исключены все посторонние навигационные и контентные элементы, способные отвлекать пользователя.

Основной экспериментальный блок состоял из двух заданий. Первое задание было направлено на обнаружение вертикальной прокрутки. Участникам предъявлялась страница с фильтром «Материалы», визуально имитирующая статичный короткий список, тогда как фактически список содержал большее количество элементов и поддерживал прокрутку. Задача формулировалась как поиск в каталоге экспонатов раздела «Шёлк» с последующим выбором любой карточки. Второе задание было посвящено горизонтальной прокрутке. Участникам демонстрировалась карта музейного зала, требовавшая горизонтального перемещения для полного просмотра. Требовалось обнаружить на карте метку «Малая парадная лестница» и нажать на неё.

Перед основным блоком все участники выполняли два тренировочных задания. Им предлагалось найти и нажать кнопку «Купить билет», а также пролистать текстовую страницу вниз и нажать кнопку «Дальше». Целью тренировки являлась проверка сформированности базовых навыков взаимодействия со смартфоном, а также ознакомление с форматом тестирования.

Эксперимент проводился дистанционно в немодерируемом формате на платформе Pathway. Выбор данного формата преследовал две цели: повышение экологической валидности за счёт выполнения заданий в привычной для пользователя среде и обеспечение возможности достижения необходимого объёма выборки.

#### 4.1.3. Процедура

Процедура эксперимента была стандартизирована для всех участников и выстроена как последовательная смена пяти этапов.

На первом этапе проводились вводная часть и инструктаж. Участнику в устной форме разъяснялась общая цель исследования и порядок прохождения сессии, после чего фиксировалось добровольное информированное согласие на участие.

Второй этап представлял собой анкетирование. Осуществлялся сбор демографических данных и контрольных переменных: пола, возраста, уровня образования, стажа использования смартфона, самооценки технической грамотности, использования средств коррекции зрения и доминирующей руки.

Третий этап включал тренировочный блок. С целью минимизации эффекта новизны и адаптации к формату тестирования участники выполняли два простых задания. Результаты тренировочных заданий в дальнейший анализ не включались.

Четвёртый этап составлял основную экспериментальную часть. Участники последовательно выполняли два задания в интерфейсе, соответствующем их экспериментальной группе. Порядок предъявления оставался фиксированным для всех респондентов. Сразу после завершения каждого задания участнику предъявлялся вопрос о субъективной сложности. Ответ фиксировался по семибалльной шкале.

Последний этап завершался открытым вопросом, направленным на сбор качественных данных. Участники могли оставить комментарии о своих впечатлениях от взаимодействия с интерфейсом.

Регистрация всех действий участников, включая время выполнения каждого задания и технические параметры сессии, осуществлялась автоматически средствами логирования платформы Pathway. Фиксировались модель устройства, тип браузера и размер экрана.

## 4.2. Результаты

### 4.2.1. Проверка гипотезы о влиянии аффордансов на время выполнения

Главная гипотеза исследования заключалась в предположении, что наличие статических кнопок-подсказок в интерфейсе приводит к значимому сокращению времени выполнения задания по сравнению с версией, не содержащей визуальных аффордансов.

Для проверки данного предположения сопоставлялось среднее время выполнения двух основных заданий между контрольной и экспериментальной группами. Предварительная проверка распределения с помощью критерия Шапиро–Уилка показала значимое отклонение от нормального, в связи с чем для сравнения независимых выборок был применён непараметрический U-критерий Манна–Уитни, устойчивый к наличию выбросов и не требующий нормальности распределения.

В контрольной группе среднее время составило 32 110 миллисекунд при стандартном отклонении 45 471 миллисекунда. В экспериментальной группе среднее время оказалось равным 14 751 миллисекунде со стандартным отклонением 6 693 миллисекунды. Разница между группами достигла 17,4 секунды. Особого внимания заслуживает тот факт, что стандартное отклонение в контрольной группе почти в семь раз превысило соответствующий показатель экспериментальной группы, что свидетельствует о крайне высокой вариативности результатов в условиях отсутствия подсказок.

Результаты применения U-критерия Манна–Уитни подтвердили наличие статистически значимых различий. Значение U-статистики составило 397, Z-статистики — 2,82, достигнутый уровень значимости  $p$  оказался равен 0,0024 при односторонней проверке. Нулевая гипотеза об отсутствии различий была отвергнута. Размер эффекта достиг значения 0,33, что соответствует среднему уровню влияния. Наблюдаемая статистическая мощность при фактическом объёме выборки в 72 человека составила 87 %, превысив общепринятый пороговый уровень 80 %.

Для оценки точности полученных оценок были построены доверительные интервалы с уровнем надёжности 95 %. В контрольной группе границы интервала для среднего времени выполнения расположились между 16 510 и 47 710 миллисекундами, в экспериментальной группе — между 12 451 и 17 051 миллисекундами. Отсутствие перекрытия между интервалами служит дополнительным подтверждением надёжности обнаруженного эффекта.

Разность средних значений между группами составила 17 359 миллисекунд. Доверительный интервал для этой разности находился в диапазоне от 2 089 до 32 629 миллисекунд и не включал ноль, что позволяет с высокой степенью уверенности утверждать о систематическом характере снижения времени выполнения при использовании статических кнопок-подсказок.

Таким образом, гипотеза о положительном влиянии явных когнитивных аффордансов на скорость взаимодействия получила эмпирическое подтверждение. Предложенное интерфейсное

решение значимо сокращает время обнаружения и выполнения скрытых жестовых действий у пользователей мобильных интерфейсов.

#### 4.2.2. Проверка гипотезы о связи уверенности и времени

Дополнительно в рамках исследования был проведён корреляционный анализ, направленный на выявление связи между самооценкой технической грамотности и средним временем выполнения заданий. Уровень уверенности оценивался самими участниками по пятибалльной шкале.

Результаты анализа показали наличие умеренной отрицательной корреляции. Значение коэффициента корреляции составило минус 0,42 при уровне значимости равном 0,0016. Полученная зависимость свидетельствует о том, что пользователи, оценивающие свою техническую грамотность выше, в среднем затрачивают меньше времени на выполнение заданий.

Данный результат согласуется с теоретическими представлениями о роли субъективного опыта и уверенности в регуляции когнитивных усилий. Более высокий уровень уверенности, по-видимому, снижает неопределённость при взаимодействии с интерфейсом и позволяет быстрее принимать решения о необходимых действиях. Обнаруженная закономерность может быть учтена при сегментации пользовательской аудитории в дальнейших исследованиях.

#### 4.2.3. Дополнительный анализ возрастных подгрупп

Первичный анализ, выполненный на общей выборке, подтвердил эффективность статических кнопок-подсказок. Однако исходная направленность исследования предполагала фокусировку именно на пользователях пожилого возраста. Возник закономерный вопрос: сохраняется ли положительный эффект аффордансов в целевой подгруппе участников старше 60 лет.

В подгруппе пожилых участников контрольное условие включало 8 человек, экспериментальное условие — 10 человек. Среднее время выполнения в контрольной группе достигло 70 515 миллисекунд при стандартном отклонении 86 923 миллисекунды, тогда как в экспериментальной группе среднее время составило 21 806 миллисекунд со стандартным отклонением 7 569 миллисекунд. Разница между группами превысила 48 секунд. Особого внимания заслуживает тот факт, что стандартное отклонение в контрольной группе оказалось более чем в 11 раз выше, чем в экспериментальной. Столь выраженная неоднородность свидетельствует о том, что в отсутствие подсказок одни пожилые пользователи справлялись с задачей относительно быстро, тогда как другие сталкивались с серьёзными трудностями, многократно увеличивавшими время выполнения. Наличие кнопки-подсказки не только сокращало среднее время, но и практически полностью устраняло эту вариативность, делая пользовательский опыт предсказуемым и устойчивым.

Применение U-критерия Манна–Уитни выявило устойчивую тенденцию к сокращению времени в экспериментальной группе, однако различия не достигли статистической значимости. Значение U-статистики составило 27, Z-статистики — 1,11, достигнутый уровень значимости оказался равным 0,133. Размер эффекта достиг значения 0,26, что соответствует малому, но отчётливо различимому практическому влиянию. Отсутствие значимости с высокой вероятностью объясняется малым объёмом подвыборки, составившей всего 18 человек, и, как следствие, недостаточной статистической мощностью. Принципиально важно, что направление и величина эффекта согласуются с результатами, полученными на общей выборке, где размер эффекта составил 0,33. Это позволяет рассматривать выявленную тенденцию как содержательно значимую и требующую дальнейшей проверки на расширенной выборке пожилых пользователей.

В подгруппе молодых участников контрольная группа насчитывала 28 человек, экспериментальная — 26 человек. Среднее время выполнения в контрольном условии составило 21 137 миллисекунд, в экспериментальном — 12 566 миллисекунд. Различия достигли статистической значимости при уровне  $p$  равном 0,0013, размер эффекта  $r$  составил 0,41. Важно отметить, что вариативность результатов в контрольной группе молодых пользователей оказалась существенно ниже, чем у пожилых, что указывает на принципиально иную картину взаимодействия, то есть более молодые пользователи в целом успешно обнаруживают скрытые жесты даже без

визуальных подсказок, и предложенное интерфейсное решение выступает для них прежде всего инструментом повышения эффективности, а не средством предотвращения критических сбоев.

Таким образом, дополнительный анализ показал, что положительный эффект статических кнопок-подсказок последовательно воспроизводится во всех возрастных группах, однако его проявление и статистическая надёжность различаются. Для пользователей младше 60 лет эффект является устойчивым, хорошо измеряемым и статистически подтверждённым. В целевой группе старше 60 лет наблюдается содержательно значимая тенденция к сокращению времени и, что особенно важно, к драматическому снижению вариативности результатов. Отсутствие статистической значимости в этой подгруппе следует рассматривать не как свидетельство отсутствия эффекта, а как следствие ограниченного объёма выборки. Полученные результаты не только подтверждают принципиальную работоспособность предложенного решения для пожилых пользователей, но и обосновывают необходимость дальнейших исследований с целенаправленным набором респондентов старше 60 лет.

## **5. Эмпирическое исследование влияния структуры навигации и визуальной перегруженности сайта на когнитивную нагрузку пожилых пользователей**

### **5.1. Описание исследования**

Целью эксперимента является проверить влияние структуры навигации и визуальной перегруженности сайта на время выполнения задач, количество ошибок и уровень когнитивной нагрузки у пожилых пользователей.

В тестировании приняло участие 22 человека в возрасте от 60 лет. Они были распределены случайным образом на две группы: экспериментальная группа взаимодействовала с прототипом сайта с внесенными изменениями, контрольная группа взаимодействовала с оригинальным сайтом музея Эрмитаж.

Респондентам было предложено выполнить следующие задания:

1. Используя меню сайта, пользователь должен найти раздел, посвященный текущей выставке в Эрмитаже, а затем найти кнопку, которая позволит купить билет на нее.
2. Используя главную страницу сайта, пользователь должен найти раздел, посвященный контактными данными, и озвучить номер телефона для связи.

Перед проведением эксперимента респондентам задавали вопросы о возрасте, опыте пользования сайтом Эрмитажа и наличии зрительных заболеваний. После выполнения каждого задания им предлагалось заполнить опросник NASA-TLX для оценки уровня когнитивной нагрузки после взаимодействия с сайтом.

Вероятность групповой ошибки первого рода (FWER) установлен на уровне 1% с использованием поправки Холма-Бонферрони для контроля над множественными сравнениями при проверке трех гипотез.

В основном эксперименте проверялись следующие гипотезы:

1. Упрощение структуры навигации (уменьшение количества уровней меню) снизит уровень когнитивной нагрузки пожилых пользователей по шкале NASA-TLX.
2. Снижение визуальной перегруженности сайта музея (уменьшение количества информационных элементов, внедрение визуальной иерархии) снизит уровень когнитивной нагрузки пожилых пользователей по шкале NASA-TLX.
3. Время, затраченное на выполнение заданий, положительно коррелирует с уровнем когнитивной нагрузки по шкале NASA-TLX.

## 5.2. Результаты исследования

### 5.2.1. Анализ полученных данных

Для демонстрации полученных в ходе эксперимента результатов были построены графики с измеряемыми целевыми показателями.

Диаграмма на рисунке 2 иллюстрирует распределение уровня когнитивной нагрузки после выполнения задания №1. Данная гистограмма демонстрирует четкое разделение двух групп. Распределение в контрольной группе сдвинуто в область высоких значений (61-90 балла по шкале NASA-TLX), что указывает на высокую субъективную сложность работы с оригинальным интерфейсом при выполнении первой задачи. В группе прототипа распределение сосредоточено в области значительно более низких значений (40-70 баллов), что визуально подтверждает снижение нагрузки за счет внесенных изменений. Значительных выбросов не наблюдается.

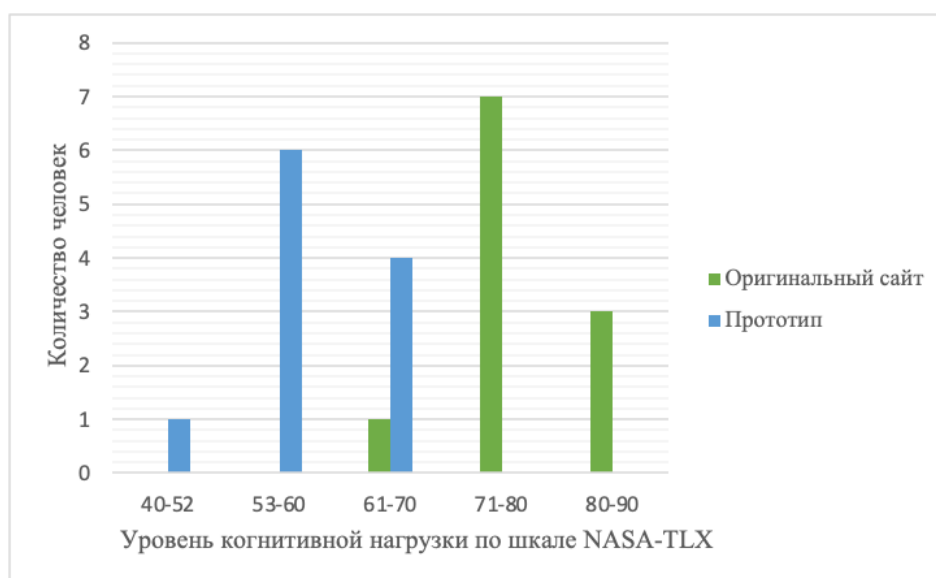


Рис. 2. Гистограмма распределения уровня когнитивной нагрузки после выполнения задания №1

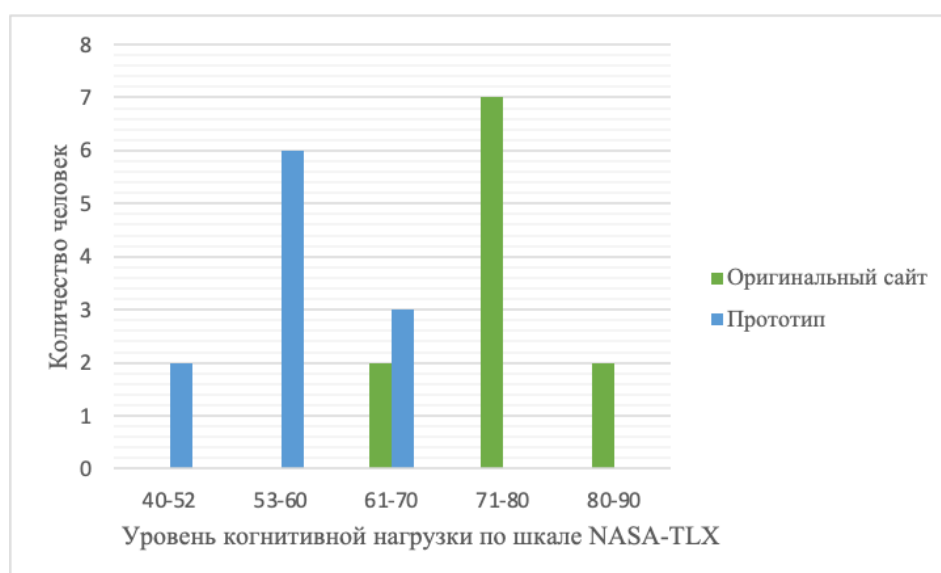
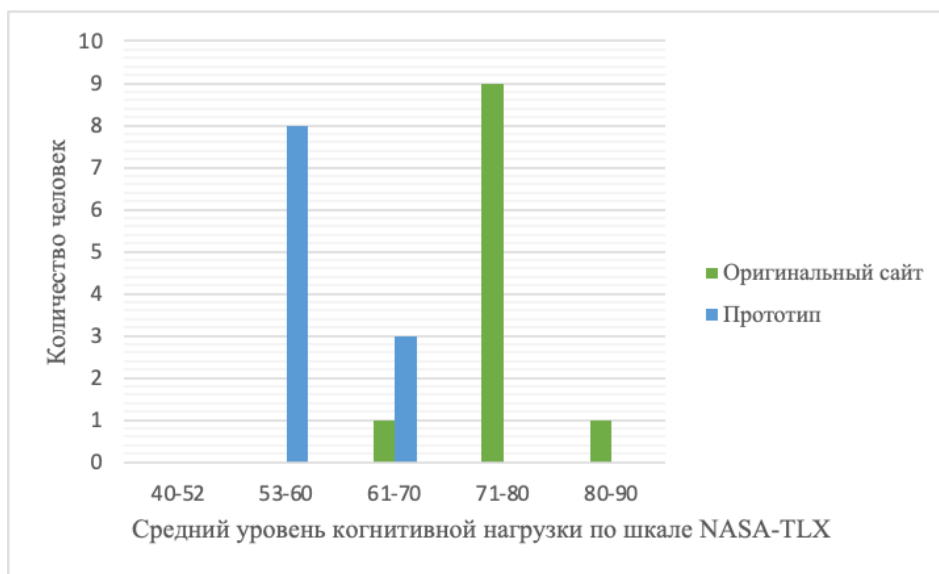


Рис. 3. Гистограмма распределения уровня когнитивной нагрузки после выполнения задания №2

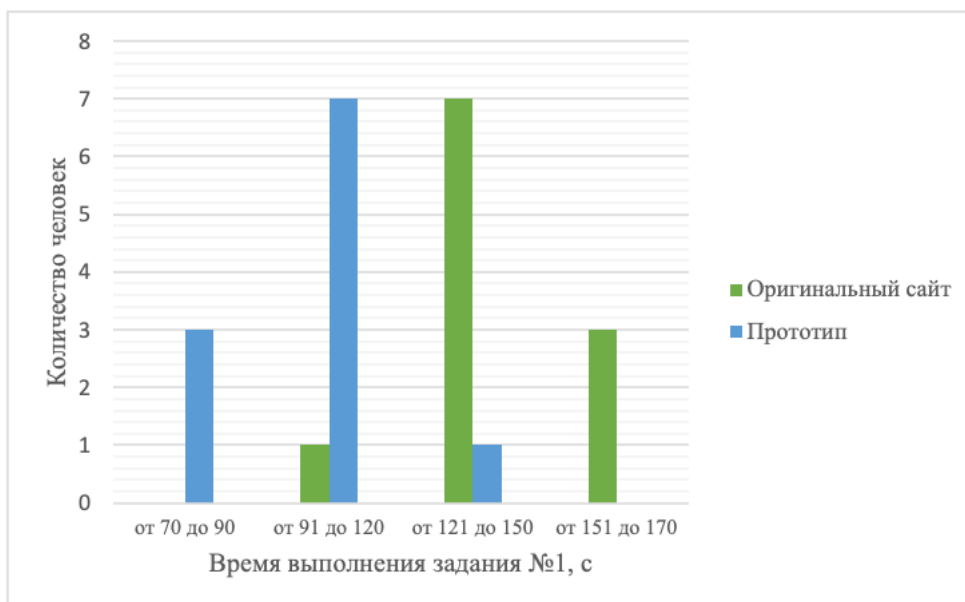
На рисунке 3 представлена гистограмма распределения уровня когнитивной нагрузки после выполнения задания №2, которая демонстрирует аналогичную картину в распределении нагрузки. Однако визуально можно отметить, что разрыв между группами несколько меньше, чем после первого задания. 5 человек, 2 из которых взаимодействовали с оригинальным сайтом и 3 — с

прототипом, оценили свою когнитивную нагрузку примерно в одинаковом диапазоне (61-70 баллов).

Также была построена гистограмма распределения среднего уровня когнитивной нагрузки, которая изображена на рисунке 4. Данная гистограмма наглядно иллюстрирует основной результат эксперимента. Средняя нагрузка в контрольной группе концентрируется в области высоких значений (примерно 75 баллов), что соответствует субъективному восприятию задачи как сложной и ресурсозатратной. В экспериментальной группе средние значения сконцентрированы в зоне умеренной нагрузки (около 58 баллов). Такая картина является прямым указанием на статистическую значимость будущих результатов.



**Рис. 4.** Гистограмма распределения среднего уровня когнитивной нагрузки после выполнения заданий



**Рис. 5.** Гистограмма распределения времени выполнения задания №1

Кроме того, были построены гистограммы распределения времени выполнения каждого задания, которые представлены на рисунках 5 и 6. Гистограммы времени выполнения заданий визуализируют объективный выигрыш в эффективности. Распределение времени в контрольной группе шире и смещено вправо в область больших значений, что говорит о высокой вариабельности и в целом более длительном выполнении задач на оригинальном сайте. В группе прототипа

распределение уже и сосредоточено в области меньших временных затрат, что указывает на возросшую предсказуемость и скорость взаимодействия. На гистограммах хорошо заметен разрыв между группами, аналогичный наблюдаемому для когнитивной нагрузки, что предвосхищает наличие сильной корреляции между этими метриками.

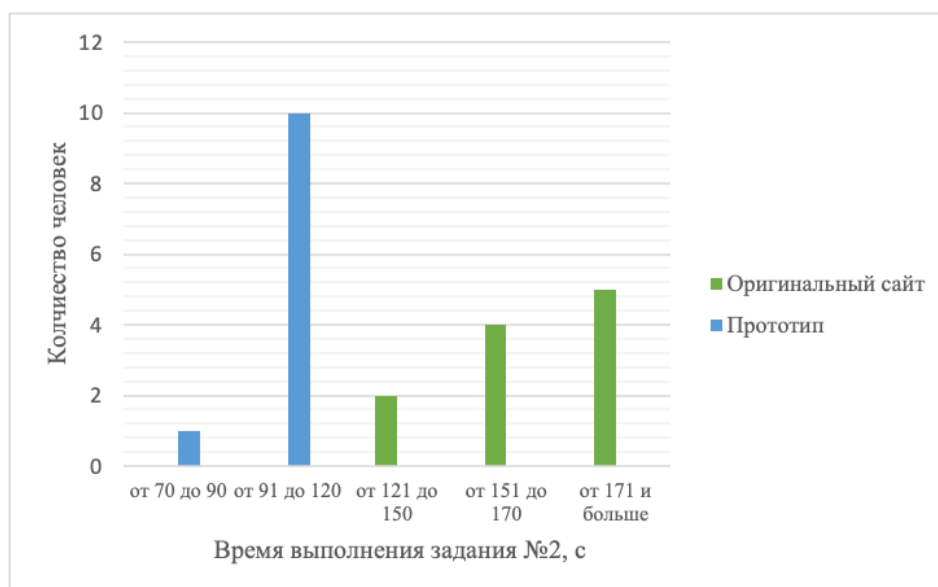


Рис. 6. Гистограмма распределения времени выполнения задания №2

Таким образом, на всех построенных гистограммах (когнитивной нагрузки и времени выполнения заданий) видно, что распределения в экспериментальной группе стабильно сдвинуты в сторону более благоприятных значений (меньшая нагрузка, меньшее время) относительно контрольной группы.

### 5.2.2. Статистическая проверка гипотез

Гипотеза 1: Упрощение структуры навигации (уменьшение количества уровней меню) снизит уровень когнитивной нагрузки пожилых пользователей по шкале NASA-TLX.

Тест Манна-Уитни на 22 респондентах показал, что уровень когнитивной нагрузки у респондента, использующего интерфейс с упрощенной структурой навигации ниже (медианный уровень когнитивной нагрузки 60, уровень доверия 99,5% ДИ 52 — 66), чем у респондента с интерфейсом с существующей структурой навигации (медианный уровень когнитивной нагрузки 76, уровень доверия 99,5% ДИ 69 — 82):  $U = 0$ ;  $z = -3,95$ ;  $p\text{-value} = 0,004\%$  при односторонней проверке.

Гипотеза 2: Снижение визуальной перегруженности сайта музея (уменьшение количества информационных элементов, внедрение визуальной иерархии) снизит уровень когнитивной нагрузки пожилых пользователей по шкале NASA-TLX.

Тест Манна-Уитни на 22 респондента показал, что уровень когнитивной нагрузки у респондента, использующего интерфейс со сниженной визуальной перегруженностью, ниже (медианный уровень когнитивной нагрузки 59, уровень доверия 99% ДИ 45 — 68), чем у респондента, взаимодействующего с существующим сайтом (медианный уровень когнитивной нагрузки 73, уровень доверия 99% ДИ 64 — 81).

Гипотеза 3: Время, затраченное на выполнение заданий, положительно коррелирует с уровнем когнитивной нагрузки по шкале NASA-TLX.

Фактическая мощность составила 99,9%. Корреляция Спирмена между временем, затраченным на выполнение заданий, и уровнем когнитивной нагрузки пользователя по шкале NASA-TLX оказалась статистически значимой на уровне  $\alpha=0,33\%$ :  $r_s(22) = 0,8$ ,  $z = 4,64$ ,  $p\text{-value} = 0,0002\%$  при правосторонней проверке с поправкой на непрерывность. Верхняя граница ДИ на уровне доверия 99,67% равна 0,935, нижняя граница ДИ равна 0,284.

Таким образом, в соответствии с результатами проведенного эксперимента все гипотезы подтвердились и оказались статистически значимыми.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что для пожилых пользователей важно обеспечивать простую и интуитивно понятную навигацию, которая будет позволять быстрее находить нужную информацию и выполнять задачи. Сложные и запутанные навигационные структуры же вызывают путаницу и затрудняют выполнение задач. Кроме того, следует избегать чрезмерной визуальной перегруженности интерфейса, поскольку это может отвлекать и вызывать недоумение пользователей, что ведет к увеличению когнитивной нагрузки.

Таким образом, результаты проведенного исследования подтверждают, что для пожилых пользователей важно учитывать особенности их когнитивного восприятия при проектировании интерфейсов сайтов музеев. Внедрение предложенных улучшений и рекомендаций сделает цифровые музейные ресурсы более доступными и удобными для пожилых пользователей.

## 6. Обсуждение

### 6.1 Анализ причин увеличения когнитивной нагрузки

Рассмотрим причины повышения когнитивной нагрузки пользователей при взаимодействии с интерфейсами. Среди них можно выделить следующие пункты.

Во-первых, избыточные действия. Каждый шаг, который пользователь должен выполнить для достижения цели, требует значительных усилий. При избыточном количестве таких действий возникает риск возникновения путаницы и раздражения у пользователей.

Вторая причина — это гиперстимуляция и отвлекающие факторы. Интерфейсы, перегруженные визуальными эффектами и ненужными деталями, отвлекают пользователей от выполнения задач. Рабочая память, отвечающая за кратковременное хранение информации, подвергается воздействию конкурирующих стимулов. Это приводит к информационной перегрузке и мешает сосредоточиться на поставленных целях.

Третьей причиной увеличения когнитивной нагрузки являются избыточные опции. Закон Хика гласит, что время принятия решения зависит от количества вариантов [5]. Если предложить пользователю больше вариантов, время принятия решения вырастет логарифмически, что требует больше когнитивных усилий и может вызвать так называемый «паралич принятия решений».

Избыточность контента также может повышать когнитивную нагрузку. Поскольку наша рабочая память имеет ограниченный объем, она может не справляться с обработкой и хранением информации, когда ее слишком много. Согласно закону Миллера, краткосрочная человеческая память может удерживать  $7 \pm 2$  элемента [35].

Непривычные UI-паттерны являются одним из основных факторов, способствующих когнитивной нагрузке. Пользователи не должны затрачивать время и умственные усилия на понимание неочевидных иконок или на понимание выполнения основных действий.

Еще одна причина — это труднодоступные функции. Когнитивная нагрузка возрастает, когда пользователь тратит умственную энергию на поиск функций.

Наконец, отсутствие внутренней согласованности. Непоследовательность и отклонение от выбранных UI-шаблонов может запутать пользователей.

### 6.2. Связь теоретических положений с теорией когнитивной нагрузки

В ходе анализа работ, посвященных данной теме, было выявлено, что определённые элементы интерфейса значительно влияют на уровень когнитивной нагрузки пожилых пользователей. В частности, увеличение размера и контрастности элементов, а также упрощённая навигация и ясные визуальные подсказки способствуют снижению когнитивной нагрузки, что соответствует основным положениями теории когнитивной нагрузки. Применение принципов разделения информации на простые, последовательные этапы и избегание избыточных элементов

уменьшает внутреннюю и внешнюю нагрузку, что согласуется с тезисами теории о необходимости минимизации избыточных стимулов для сохранения рабочей памяти.

Также, обнаружено, что использование иконок и понятных графических элементов способствует более быстрому восприятию информации, что связано с уменьшением когнитивных ресурсов, задействованных на распознавание и интерпретацию визуальных сигналов.

Кроме того, результаты демонстрируют, что чрезмерное использование анимации и ярких цветов может увеличить внешнюю когнитивную нагрузку, вызывая отвлекающие эффекты и усложняя концентрацию внимания. Эти наблюдения соответствуют выводам исследований по визуальному вниманию, где яркие и динамичные элементы воспринимаются как более отвлекающие и перегружающие рабочую память.

Итак, выявленные закономерности подчеркивают необходимость проектирования интерфейсов, учитывающих особенности когнитивного восприятия у старшей аудитории, для повышения удобства и эффективности их взаимодействия с интерфейсами.

### 6.3. Интерпретация результатов эксперимента об аффордансах

Полученные результаты могут быть осмыслены в контексте теоретической модели, изложенной в начале работы. С позиций теории когнитивной нагрузки можно предположить, что отсутствие явных визуальных аффордансов в контрольном условии создаёт возможность для возникновения избыточной когнитивной нагрузки. Пользователь вынужден тратить время и когнитивные ресурсы не на решение самой задачи, а на поиск и угадывание скрытых возможностей интерфейса. Наиболее отчётливо данная закономерность проявилась в группе участников старше 60 лет, где вариативность времени выполнения в контрольном условии оказалась экстремально высокой. Часть пожилых пользователей, не обнаружив подсказки, многократно возвращалась к поиску, что привело к формированию «длинного хвоста» распределения. Столь выраженная неоднородность результатов косвенно указывает на то, что именно когнитивные затраты на интерпретацию интерфейса, а не сложность самой задачи, становились источником затруднений.

Введение статических кнопок-подсказок в экспериментальном условии может быть интерпретировано как реализация принципа когнитивных аффордансов в терминологии Нормана. Кнопка не просто дублирует жест, но делает видимым само наличие интерактивной возможности. Наблюдаемое снижение среднего времени выполнения более чем в два раза на общей выборке и практически полное исчезновение экстремально долгих сессий в подгруппе старше шестидесяти лет позволяют предположить, что предложенное решение снижает нагрузку, связанную с интерпретацией неочевидных сигналов интерфейса. Пользователь перестаёт находиться в режиме угадывания и переходит к прямому целенаправленному действию.

Особого внимания заслуживает обнаруженное снижение вариативности в экспериментальных условиях. В контрольной группе стандартное отклонение многократно превышало показатели экспериментальной группы, причём наиболее драматичным это различие оказалось именно у пожилых пользователей. Данный факт позволяет интерпретировать эффект аффордансов не только как ускорение, но и как стабилизацию пользовательского опыта. Интерфейс с явными визуальными подсказками делает взаимодействие предсказуемым, устраняя риск возникновения ситуаций, в которых пользователь «застревает» и не может продолжить выполнение задачи. С позиций инклюзивного дизайна это представляется не менее важным результатом, чем собственно сокращение времени, поскольку устойчивость и предсказуемость взаимодействия напрямую влияют на уверенность пользователя и его готовность самостоятельно осваивать цифровые продукты.

Дополнительно выявленная корреляция между самооценкой технической грамотности и скоростью выполнения подтверждает роль субъективного опыта как фактора, влияющего на эффективность взаимодействия. Более уверенные пользователи, независимо от возраста, демонстрируют более высокую скорость выполнения заданий. При этом принципиально важно, что предложенное интерфейсное решение оказалось эффективным для всей выборки в целом, и, судя по данным дополнительного анализа, положительная тенденция прослеживается как у молодых, так и у пожилых участников, хотя в последней группе требуется дальнейшая проверка на расширенной выборке.

Таким образом, проведённое исследование предоставляет эмпирические основания для вывода о том, что включение в интерфейс статических кнопок-подсказок, дублирующих скрытые жесты, является действенным инструментом оптимизации пользовательского взаимодействия. Полученные результаты вносят вклад в развитие представлений о роли явных аффордансов в проектировании доступных цифровых сред и могут служить основой для формулирования конкретных дизайн-рекомендаций, ориентированных на пользователей старшего возраста. Дальнейшие исследования с целенаправленным формированием выборки пожилых участников позволят уточнить величину и статистическую надёжность обнаруженных эффектов.

### 6.3.1. Ограничения проведённого исследования

При интерпретации полученных результатов необходимо учитывать ряд ограничений, связанных с дизайном, процедурой и составом выборки.

Наиболее существенным ограничением работы стало несоответствие фактического возрастного состава выборки первоначально запланированному целевому диапазону от 60 до 80 лет. В силу объективных трудностей набора респондентов возрастные критерии были расширены, что привело к включению в выборку значительной доли молодых участников. Данное обстоятельство потребовало проведения дополнительного анализа и не позволяет делать прямые статистически подтверждённые выводы об эффективности предложенного решения исключительно для узкой группы пожилых пользователей. Выявленная в этой подгруппе тенденция к сокращению времени и снижению вариативности содержательно значима и согласуется с общим эффектом, однако для её надёжного статистического подтверждения необходимы дальнейшие исследования с целенаправленным формированием выборки пожилого возраста.

Непосредственно с предыдущим ограничением связан малый объём подвыборки пожилых пользователей, составивший всего 18 человек. При планируемом анализе мощности для обнаружения эффекта среднего размера с уровнем значимости пять процентов необходимый объём выборки для независимых групп должен составлять не менее 64 человек. Фактический размер подгруппы не обеспечивает достаточной статистической мощности, что с высокой вероятностью объясняет отсутствие значимых различий внутри данной возрастной категории, несмотря на наблюдаемую содержательную тенденцию.

Разработанные прототипы, стилизованные под официальный сайт Государственного Эрмитажа, представляли собой модели, из которых были удалены все посторонние навигационные и контентные элементы. Такой подход был необходим для изоляции исследуемых переменных и обеспечения внутренней валидности эксперимента. Однако он неизбежно снижает экологическую валидность, поскольку в реальных интерфейсах пользователь одновременно взаимодействует с множеством конкурирующих за внимание элементов, что может модулировать выраженность эффекта аффордансов. Предстоит выяснить, сохраняется ли обнаруженное преимущество в условиях полных цифровых продуктов с их неизбежной информационной насыщенностью.

Дистанционный немодерируемый формат, обеспечив возможность набора необходимого объёма выборки и естественную среду выполнения заданий, одновременно внёс ряд неконтролируемых переменных. Различия в технических характеристиках устройств, условиях освещения, наличии отвлекающих факторов, невозможность уточнения инструкций участником в случае непонимания, всё это могло увеличить общую вариативность результатов, особенно в контрольной группе. Примечательно, что, несмотря на действие этих дополнительных факторов, эффект аффордансов оказался достаточно устойчивым, чтобы проявиться на общей выборке.

В качестве основного поведенческого показателя эффективности интерфейса выступало время выполнения задания. Эта метрика, являясь стандартной для юзабилити-исследований, не позволяет напрямую дифференцировать различные компоненты когнитивной нагрузки. Сокращение времени может быть следствием снижения как экстринсивной нагрузки, связанной с поиском неочевидных элементов, так и герменевтической нагрузки, обусловленной необходимостью интерпретации интерфейсных сигналов. Для более тонкого анализа механизмов влияния аффордансов на когнитивные процессы в будущих исследованиях целесообразно

дополнить хронометраж методами субъективного шкалирования, например опросником NASA-TLX, а также, при возможности, психофизиологическими измерениями.

Осознание перечисленных ограничений не отменяет полученных результатов, но задаёт более точную рамку для их понимания. Выявленные эффекты существуют и надёжно воспроизводятся на общей выборке, однако их экстраполяция на узкую группу пожилых пользователей требует осторожности и дальнейшей эмпирической проверки. Именно ограничения исследования указывают направление, в котором следует двигаться для получения более определённых выводов о применимости предложенного интерфейсного решения для целевой аудитории пожилого возраста.

### 6.3.2. Перспективы дальнейших исследований

Полученные результаты и выделение ограничений проделанной работы позволяют наметить несколько перспективных линий для дальнейших исследований.

Первоочередной задачей является проведение подтверждающего исследования с целенаправленным формированием выборки пользователей старше 60 лет. На основе наблюдаемого в настоящей работе размера эффекта необходимый объём выборки должен составлять не менее 64 человек в группе, что позволит достичь достаточной статистической мощности и надёжно верифицировать выявленную тенденцию к снижению времени выполнения, а также, что особенно важно, к драматическому сокращению вариативности результатов у пожилых пользователей.

В настоящем исследовании использовался один конкретный тип визуальной подсказки — статическая кнопка, дублирующая жестовое взаимодействие. Перспективным представляется сравнительное изучение эффективности различных форматов когнитивных аффордансов: скроллбаров, динамических подсказок, визуальных инструкций, комбинированных решений и других. Особый интерес вызывает вопрос о том, какие типы аффордансов в наибольшей степени соответствуют ментальным моделям пожилых пользователей и требуют минимальных усилий для декодирования.

Также необходимы исследования, оценивающие эффективность предложенных аффордансов в условиях полнофункциональных интерфейсов, где пользователь одновременно взаимодействует с навигационными меню, рекламными баннерами, всплывающими уведомлениями и иными элементами, создающими фоновую когнитивную нагрузку.

В настоящей работе когнитивная нагрузка оценивалась косвенно через время выполнения задания и его вариативность. Для более прямой проверки теоретической модели, связывающей явные аффордансы со снижением когнитивной нагрузки, целесообразно применение специализированных методик: субъективных шкал, анализа движений глаз, а также психофизиологических измерений.

Таким образом, настоящее исследование не только предоставляет эмпирическое обоснование для конкретного дизайн-решения, но и задаёт содержательную повестку для дальнейших теоретических и прикладных разработок в области проектирования доступных интерфейсов для пользователей старшего возраста.

### 6.4. Обсуждение практических последствий для дизайна интерфейсов

Проведенный анализ позволяет перейти от теоретического понимания проблем к формулированию конкретных практических следствий.

Особенно важным становится создание бескомпромиссной визуальной ясности, основанной на физиологических ограничениях. Данный принцип предполагает использование шрифтов увеличенного размера с высокой разборчивостью, применение цветовых палитр с контрастностью, соответствующей стандартам WCAG, и обеспечение достаточного размера кликабельных областей для минимизации моторных ошибок. Дополнительное внимание следует уделить звуковому сопровождению. Все звуковые сигналы должны быть четкими, различимыми на фоне шума и обязательно дублироваться визуальной обратной связью.

Также необходимо заменить абстрактные элементы интерфейса на метафоричные и буквальные решения. Интерфейсные элементы должны использовать понятные метафоры, имеющие прямую связь с реальными объектами и действиями. Такой подход позволяет создать мгновенно узнаваемые аффордансы, устранившие необходимость в интерпретации.

Не менее значимым аспектом является управление вниманием и памятью через структурную простоту, согласованность и поддержку обучения. Практическая реализация этого принципа требует внедрения последовательной навигационной модели на основе стандартных паттернов, что позволяет снизить герменевтическую нагрузку и избежать необходимости постоянного переучивания. Одновременно интерфейс должен проектироваться как система с поддержкой постепенного обучения, где пользователь может начинать с базовых функций и органично осваивать сложные возможности по мере роста уверенности.

Таким образом, проектирование для пожилых пользователей представляет собой комплексный подход к созданию цифровой среды, которая предвосхищает когнитивные и перцептивные ограничения. Компенсируя их через продуманный дизайн, такие интерфейсы возвращают пользователю чувство уверенности и контроля, служа практическим фундаментом для построения инклюзивных и психологически комфортных решений.

## **Заключение**

В настоящей работе проведён теоретический анализ влияния визуальных, структурных и интерактивных элементов мобильных интерфейсов на когнитивную нагрузку пожилых пользователей. На основе обобщения существующих исследований были выявлены ключевые паттерны, связывающие отдельные характеристики интерфейсных элементов с динамикой когнитивной нагрузки. Показано, что семантическая ясность текстовых компонентов, метафоричность визуальных обозначений, структурная предсказуемость навигации и интуитивная понятность жестовых взаимодействий выступают факторами, снижающими нагрузку. Напротив, абстрактность, неконсистентность и неявность визуальных и интерактивных сигналов систематически приводят к её росту, особенно в условиях стресса или дефицита времени.

Сформулированные на основе теоретического анализа положения получили эмпирическую проверку в двух экспериментальных исследованиях, каждое из которых было посвящено изучению различных аспектов когнитивной нагрузки при взаимодействии пожилых пользователей с мобильными интерфейсами. Полученные данные позволили не только подтвердить отдельные теоретические предположения, но и выявить новые закономерности, требующие дальнейшего осмысления. Совокупность результатов теоретического анализа и экспериментальных исследований создаёт основу для перехода от разрозненных дизайн-рекомендаций к целостной системе принципов проектирования, ориентированных на пользователей старшего возраста.

Практическая значимость работы заключается в формировании методологической основы для создания инклюзивных интерфейсов, способствующих цифровой автономии пожилых пользователей и снижению барьеров при взаимодействии с современными цифровыми продуктами. Сформулированные принципы проектирования могут быть непосредственно использованы разработчиками при создании мобильных приложений, ориентированных на аудиторию пожилого возраста.

Таким образом, проведённое исследование структурирует область проектирования пользовательского опыта для старшего поколения и задаёт конкретные направления для разработки эмпирически обоснованных стандартов в области доступного и инклюзивного дизайна.

## **Литература**

- [1] НИУ ВШЭ: 70% пожилых людей в России пользуются смартфонами // ТАСС. 2025. URL: <https://tass.ru/obschestvo/25482025> (дата обращения: 11.11.2025).
- [2] Elboim-Gabyzon M., Weiss P.L., Danial-Saad A. Effect of Age on the Touchscreen Manipulation Ability of Community-Dwelling Adults // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021. Vol. 18. No. 4. 2094. DOI: 10.3390/ijerph18042094

- [3] Mubarak F., Suomi R. Elderly Forgotten? Digital Exclusion in the Information Age and the Rising Grey Digital Divide // *Inquiry*. 2022. Vol. 59. 00469580221096272. DOI: 10.1177/00469580221096272
- [4] Sweller J. Cognitive Load Theory, Learning Difficulty, and Instructional Design // *Learning and Instruction*. 1994. Vol. 4. No. 4. P. 293–312.
- [5] Игнатъев А.В. Проектирование человеко-машинного взаимодействия. Санкт-Петербург: Лань, 2023. 339 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/339029> (дата обращения: 14.03.2025).
- [6] Sweller J., Van Merriënboer J.J.G., Paas F. Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later // *Educational Psychology Review*. 2019. Vol. 31. No. 2. P. 261–292. DOI: 10.1007/s10648-019-09465-5
- [7] Hedden T., Gabrieli J.D.E. Insights into the ageing mind: a view from cognitive neuroscience // *Nature Reviews Neuroscience*. 2004. Vol. 5. No. 2. P. 87–96. DOI: 10.1038/nrn1323
- [8] Craik F.I.M., McDowd J.M. Age differences in recall and recognition // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1987. Vol. 13. No. 3. P. 474–479.
- [9] Salthouse T.A. *Adult cognition: An experimental psychology of human aging*. New York: Springer-Verlag, 1982. 379 p.
- [10] Hollender N., Hofmann C., Deneke M., Schmitz B. Integrating cognitive load theory and concepts of human–computer interaction // *Computers in Human Behavior*. 2010. Vol. 26. No. 6. P. 1278–1288. DOI: 10.1016/j.chb.2010.05.031
- [11] Norman D.A. Affordances, conventions and design // *Interactions*. 1999. Vol. 6. No. 3. P. 38–42. DOI: 10.1145/301153.301168
- [12] Hartson R., Pyla P. Affordances in UX Design // *The UX Book: Agile UX design for a quality user experience*. 2nd ed. Morgan Kaufmann, 2019. P. 651–693. DOI: 10.1016/B978-0-12-805342-3.00030-8
- [13] Michell V.A. Cognition Capabilities and the Capability-Affordance Model // *Proceedings of the Third International Symposium on Business Modeling and Software Design – BMSD*. SciTePress, 2013. P. 86-95. DOI: 10.5220/0004774300860095
- [14] Sadeghi Z., Homayounvala E., Borhani M. HCI for Elderly, Measuring Visual Complexity of Webpages Based on Machine Learning. 2020 *Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA)*. Melbourne. Australia. 2020. P. 1-6. DOI: 10.1109/DICTA51227.2020.9363381
- [15] Zhang R., Son O.-S. A Measurement Model for Visual Complexity in HCI: Focusing on Visual Elements in Mobile GUI Design // *Electronics*. 2025. Vol. 14. No. 5. 942. DOI: 10.3390/electronics14050942
- [16] Leung R., McGrenere J., Graf P. Age-related differences in the initial usability of mobile device icons // *Behaviour & Information Technology*. 2011. Vol. 30. No. 5. P. 629–642. DOI: 10.1080/01449290903171308
- [17] Ye Z., Li T. An Exploration of the Application of Affordance Theory in the Interface Navigation Design of Smart Homes for the Elderly // *Art and Design Review*. 2025. Vol. 13. No. 2. P. 170–180. DOI: 10.4236/adr.2025.132012
- [18] Fu Y., Song F., Guo J., Wang Y., Liu Y. The Effect of Icon Style and Color on Cognitive Efficiency in Traditional Culture App // *International Journal of Human–Computer Interaction*. 2025. P. 1-25. DOI: 10.1080/10447318.2025.2538707
- [19] Song X., Lin Z., Tang R. Developing icons for older adults: The roles of icon design categories, text labels, and learning strategies // *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2024. Vol. 102. 103613. DOI: 10.1016/j.ergon.2024.103613
- [20] Jeong E., Ryu H., Jo G., Kim J. Cognitive Load Changes during Music Listening and its Implication in Earcon Design in Public Environments: An fNIRS Study // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018. Vol. 15. No. 10. 2075. DOI: 10.3390/ijerph15102075
- [21] Lei Z., Ma S., Li H., Yang Z. The Impact of Different Types of Auditory Warnings on Working Memory // *Frontiers in Psychology*. 2022. Vol. 13. 780657. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.780657
- [22] Ejaz A., Rahim M., Khoja S.A. The Effect of Cognitive Load on Gesture Acceptability of Older Adults in Mobile Application // 2019 *IEEE 10th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON)*. 2019. P. 979–986. DOI: 10.1109/UEMCON47517.2019.8992970
- [23] Mihajlov M., Law E.L.-C., Springett M. Intuitive Learnability of Touch Gestures for Technology-Naive Older Adults // *Interacting with Computers*. 2015. Vol. 27. No. 3. P. 344–356. DOI: 10.1093/iwc/iwu044
- [24] Xiao Y., Miao K., Jiang C. Mapping Directional Mid-Air Unistroke Gestures to Interaction Commands: A User Elicitation and Evaluation Study // *Symmetry*. 2021. Vol. 13. No. 10. 1926. DOI: 10.3390/sym13101926
- [25] Li Q., Luximon Y. Older adults’ use of mobile device: usability challenges while navigating various interfaces // *Behaviour & Information Technology*. 2019. Vol. 39. No. 8. P. 837–861. DOI: 10.1080/0144929X.2019.1622786
- [26] Awan M., Ali S., Ali M., Khan D., Shah K., Ullah S. Usability Barriers for Elderly Users in Smartphone App Usage: An Analytical Hierarchical Process-Based Prioritization // *Scientific Programming*. 2021. Vol. 2021. P. 1–14. DOI: 10.1155/2021/2780257
- [27] Riaz M.M., Faisal C.M.N., Mahmood T., Lanvin D.F., Gonzalez-Rodriguez M., Andrés J. Navigation Patterns and Design Strategies to Minimize Mobile Usability Issues. Preprint. 2023. DOI: 10.21203/rs.3.rs-3399474/v1.

- [28] Paschoarelli L.C., Fernandes N.M., Ferro-Marques L.R. Understanding the Barriers and Challenges Between Older Users and Smartphones: A Systematic Literature Review // *Perspectives on Design and Digital Communication II*. Springer Series in Design and Innovation. 2021. Vol. 14. P. 53–64. DOI: 10.1007/978-3-030-75867-7\_4
- [29] Lee J.S., Ham Y. Paradox of Time Pressure: Cognitive and Task Performance during Time-Sensitive and Challenging Teleoperation // *Journal of Construction Engineering and Management*. 2025. Vol. 151. No. 1. DOI: 10.1061/JCEMD4.COENG-15417
- [30] Hu J., Xin C., Zhang M., Chen Y. The effect of cognitive load and time stress on prospective memory and its components // *Current Psychology*. 2023. Vol. 43. No. 2. P. 1–15. DOI: 10.1007/s12144-023-04354-1
- [31] Yang L., Qi B., Guo Q. The Effect of Icon Color Combinations in Information Interfaces on Task Performance under Varying Levels of Cognitive Load // *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14. No. 10. 4212. DOI: 10.3390/app14104212
- [32] Zhang J., Chen J., Wang K. The effects of cognitive closure need and time pressure on individual risk decision making // *Acta Psychologica*. 2025. Vol. 258. 105240. DOI: 10.1016/j.actpsy.2025.105240
- [33] Das P. Adaptive Learning in Later Life. Doctoral dissertation. Irvine: University of California, 2024. 156 p.
- [34] Emery V.K., Edwards P.J., Jacko J.A., Moloney K.P., Barnard L., Kongnakorn T., Sainfort F., Scott I.U. Toward achieving universal usability for older adults through multimodal feedback // *ACM SIGCAPH Computers and the Physically Handicapped*. 2002. No. 73-74. P. 114–121. DOI: 10.1145/960201.957214
- [35] Miller G.A. The magical number seven plus or minus two: some limits on our capacity for processing information // *Psychological Review*. 1956. Vol. 63. No. 2. P. 81–97. DOI: 10.1037/H0043158

### The Impact of Mobile Interface Elements on Cognitive Load in Older Adults

V. M. Trefilova, V. I. Everstova, A. F. Dzhumagulova

ITMO University, Russia

**Abstract.** This article provides a literature review and the results of experimental studies focusing on the influence of visual, structural, and interactive components of mobile interfaces on the cognitive load experienced by older adults. It addresses age-related cognitive changes such as reduced working memory capacity, slower information processing, and attentional challenges, all of which impact the ease of interaction with digital technologies. Grounded in cognitive load theory and the concept of cognitive affordances, the study differentiates types of cognitive load and emphasizes how interface elements can either alleviate or exacerbate mental effort. The findings indicate that utilizing concise, clear text, legible fonts with appropriate size and contrast, simplified navigation, and metaphorical, semantically meaningful icons reduces cognitive load. In contrast, visual clutter, excessive options, and abstract interface components increase complexity. Auditory and gesture-based interactions grounded in familiar patterns also help minimize mental effort. Common problematic scenarios identified include complex navigation, hidden functionalities, and pressure-induced decision-making, which collectively increase cognitive overload. Practical design recommendations focus on ensuring visual clarity, employing metaphor-based affordances, maintaining structural simplicity, and supporting incremental learning to improve usability and inclusiveness for older users. The study significantly advances the field of interface design for older adults within human-computer interaction by enhancing digital autonomy and inclusion for aging populations.

**Keywords:** older adults, cognitive load, mobile interfaces, usability, inclusive design

### References

- [1] Higher School of Economics: 70% of older adults in Russia use smartphones. (2025). TASS. Available at: <https://tass.ru/obschestvo/12812407> (Accessed date: 11/11/2025) [In Russian]
- [2] Elboim-Gabyzon, M., Weiss, P. L., & Danial-Saad, A. (2021). Effect of Age on the Touchscreen Manipulation Ability of Community-Dwelling Adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Vol. 18. No. 4. 2094. DOI: 10.3390/ijerph18042094
- [3] Mubarak, F., & Suomi, R. (2022). Elderly Forgotten? Digital Exclusion in the Information Age and the Rising Grey Digital Divide. *Inquiry*. Vol. 59. 00469580221096272. DOI: 10.1177/00469580221096272
- [4] Sweller, J. (1994). Cognitive Load Theory, Learning Difficulty, and Instructional Design. *Learning and Instruction*. Vol. 4. No. 4. 293–312. DOI: 10.1016/0959-4752(94)90003-5

- [5] Ignatiev, A.V. (2023). Proektirovanie cheloveko-mashinnogo vzaimodeistviya [Human-machine interaction design]. Saint Petersburg. Lan. 339 p. Available at: <https://e.lanbook.com/book/339029> (Accessed date: 14/03/2025). [In Russian]
- [6] Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. *Educational Psychology Review*. Vol. 31. No. 2. 261–292. DOI: 10.1007/s10648-019-09465-5
- [7] Hedden, T., & Gabrieli, J. D. E. (2004). Insights into the ageing mind: a view from cognitive neuroscience. *Nature Reviews Neuroscience*. Vol. 5. No. 2. 87–96. DOI: 10.1038/nrn1323
- [8] Craik, F. I. M., & McDowd, J. M. (1987). Age differences in recall and recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. Vol. 13. No. 3. 474–479. DOI: 10.1037/0278-7393.13.3.474
- [9] Salthouse, T.A. (1982). Adult cognition: An experimental psychology of human aging. Springer-Verlag. 379 p.
- [10] Hollender, N., Hofmann, C., Deneke, M., & Schmitz, B. (2010). Integrating cognitive load theory and concepts of human–computer interaction. *Computers in Human Behavior*. Vol. 26. No. 6. 1278–1288. DOI: 10.1016/j.chb.2010.05.031
- [11] Norman, D.A. (1999). Affordances, conventions and design. *Interactions*. Vol. 6. No. 3. 38–42. DOI: 10.1145/301153.301168
- [12] Hartson, R., & Pyla, P. (2019). Affordances in UX Design. *The UX Book: Agile UX design for a quality user experience* (2nd ed.). Morgan Kaufmann. 651–693. DOI: 10.1016/B978-0-12-805342-3.00030-8
- [13] Michell, V. A. (2013). Cognition Capabilities and the Capability-Affordance Model. *Proceedings of the Third International Symposium on Business Modeling and Software Design – BMSD*. SciTePress. 86-95. DOI: 10.5220/0004774300860095
- [14] Sadeghi, Z., Homayounvala, E., & Borhani, M. (2020). HCI for Elderly, Measuring Visual Complexity of Webpages Based on Machine Learning. *2020 Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA)*. Melbourne, Australia. 1-6. DOI: 10.1109/DICTA51227.2020.9363381
- [15] Zhang, R., & Son, O.-S. (2025). A Measurement Model for Visual Complexity in HCI: Focusing on Visual Elements in Mobile GUI Design. *Electronics*. Vol. 14. No. 5. 942. DOI: 10.3390/electronics14050942
- [16] Leung, R., McGrenere, J., & Graf, P. (2011). Age-related differences in the initial usability of mobile device icons. *Behaviour & Information Technology*. Vol. 30. No. 5. 629–642. DOI: 10.1080/01449290903171308
- [17] Ye, Z., & Li, T. (2025). An Exploration of the Application of Affordance Theory in the Interface Navigation Design of Smart Homes for the Elderly. *Art and Design Review*. Vol. 13. No. 2. 170–180. DOI: 10.4236/adr.2025.132012
- [18] Fu, Y., Song, F., Guo, J., Wang, Y., & Liu, Y. (2025). The Effect of Icon Style and Color on Cognitive Efficiency in Traditional Culture App. *International Journal of Human–Computer Interaction*. 1-25. DOI: 10.1080/10447318.2025.2538707
- [19] Song, X., Lin, Z., & Tang, R. (2024). Developing icons for older adults: The roles of icon design categories, text labels, and learning strategies. *International Journal of Industrial Ergonomics*. Vol. 102. 103613. DOI: 10.1016/j.ergon.2024.103613
- [20] Jeong, E., Ryu, H., Jo, G., & Kim, J. (2018). Cognitive Load Changes during Music Listening and its Implication in Earcon Design in Public Environments: An fNIRS Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Vol. 15. No. 10. 2075. DOI: 10.3390/ijerph15102075
- [21] Lei, Z., Ma, S., Li, H., & Yang, Z. (2022). The Impact of Different Types of Auditory Warnings on Working Memory. *Frontiers in Psychology*. Vol. 13. 780657. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.780657
- [22] Ejaz, A., Rahim, M., & Khoja, S. A. (2019). The Effect of Cognitive Load on Gesture Acceptability of Older Adults in Mobile Application. *2019 IEEE 10th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON)*. 979–986. DOI: 10.1109/UEMCON47517.2019.8992970
- [23] Mihajlov, M., Law, E. L.-C., & Springett, M. (2015). Intuitive Learnability of Touch Gestures for Technology-Naive Older Adults. *Interacting with Computers*. Vol. 27. No. 3. 344–356. DOI: 10.1093/iwc/iwu044
- [24] Xiao, Y., Miao, K., & Jiang, C. (2021). Mapping Directional Mid-Air Unistroke Gestures to Interaction Commands: A User Elicitation and Evaluation Study. *Symmetry*. Vol. 13. No. 10. 1926. DOI: 10.3390/sym13101926
- [25] Li, Q., & Luximon, Y. (2019). Older adults' use of mobile device: usability challenges while navigating various interfaces. *Behaviour & Information Technology*. Vol. 39. No. 8. 837–861. DOI: 10.1080/0144929X.2019.1622786
- [26] Awan, M., Ali, S., Ali, M., Khan, D., Shah, K., & Ullah, S. (2021). Usability Barriers for Elderly Users in Smartphone App Usage: An Analytical Hierarchical Process-Based Prioritization. *Scientific Programming*. Vol. 2021. 2780257. DOI: 10.1155/2021/2780257
- [27] Riaz, M. M., Faisal, C. M. N., Mahmood, T., Lanvin, D. F., Gonzalez-Rodriguez, M., & Andrés, J. (2023). Navigation Patterns and Design Strategies to Minimize Mobile Usability Issues. DOI: 10.21203/rs.3.rs-3399474/v1
- [28] Paschoarelli, L. C., Fernandes, N. M., & Ferro-Marques, L. R. (2021). Understanding the Barriers and Challenges Between Older Users and Smartphones: A Systematic Literature Review. N. Martins, D. Brandão, & F. Moreira da Silva (Eds.). *Perspectives on Design and Digital Communication II*. Vol. 14. 53–64. Springer. DOI: 10.1007/978-3-030-75867-7\_4

- [29] Lee, J. S., & Ham, Y. (2025). Paradox of Time Pressure: Cognitive and Task Performance during Time-Sensitive and Challenging Teleoperation. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 151. No. 1. DOI: 10.1061/JCEMD4.COENG-15417
- [30] Hu, J., Xin, C., Zhang, M., & Chen, Y. (2023). The effect of cognitive load and time stress on prospective memory and its components. *Current Psychology*. Vol. 43. No. 2. 1–15. DOI: 10.1007/s12144-023-04354-1
- [31] Yang, L., Qi, B., & Guo, Q. (2024). The Effect of Icon Color Combinations in Information Interfaces on Task Performance under Varying Levels of Cognitive Load. *Applied Sciences*. Vol. 14. No. 10. 4212. DOI: 10.3390/app14104212
- [32] Zhang, J., Chen, J., & Wang, K. (2025). The effects of cognitive closure need and time pressure on individual risk decision making. *Acta Psychologica*. Vol. 258. 105240. DOI: 10.1016/j.actpsy.2025.105240
- [33] Das, P. (2024). Adaptive Learning in Later Life. Doctoral dissertation, University of California, Irvine.
- [34] Emery, V. K., Edwards, P. J., Jacko, J. A., Moloney, K. P., Barnard, L., Kongnakorn, T., Sainfort, F., & Scott, I. U. (2002). Toward achieving universal usability for older adults through multimodal feedback. *ACM SIGCAPH Computers and the Physically Handicapped*. Vol. 73-74. 114–121. DOI: 10.1145/960201.957214
- [35] Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*. Vol. 63. No. 2. 81–97. DOI: 10.1037/h0043158