

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт математики, физики и информационных технологий
(наименование института полностью)

Кафедра «Прикладная математика и информатика»
(наименование)

09.04.03 Прикладная информатика
(код и наименование направления подготовки)

Управление корпоративными информационными процессами
(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Модель адаптации пользовательских интерфейсов для мобильных ERP-систем

Обучающийся

В.Д. Пантилеев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к. п. н., доцент О.М. Гущина

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

Оглавление

Введение.....	4
Глава 1 Мобильные ERP-приложения	7
1.1 Определение ERP-систем.....	7
1.2 Определение мобильных ERP-систем	12
1.3 Проблема, актуальность и цели исследования	16
Глава 2 Удобство использования пользовательских интерфейсов мобильных приложений ERP-систем	19
2.1 Методы оценки удобства использования.....	19
2.2 Проблемы удобства использования мобильных интерфейсов ERP-приложений	27
Глава 3 Разработка модели адаптации пользовательского интерфейса для решения проблем удобства использования.....	31
3.1 Адаптивные пользовательские интерфейсы	31
3.2 Разработка адаптаций мобильных пользовательских интерфейсов для решения выявленных проблем юзабилити.....	39
3.2.1 Определение формата адаптаций.....	39
3.2.2 Решение проблемы ограниченного размера экрана.....	42
3.2.3 Решение проблемы ограниченного заряда батареи	46
3.2.4 Решение проблемы отсутствия методов автозаполнения и валидации.....	50
3.2.5 Решение проблемы подключения к мобильной передаче данных.....	57
3.3 Модель адаптации мобильных пользовательских интерфейсов..	60
Глава 4 Апробация разработанной модели адаптации.....	62
4.1 Апробация разработанной модели на неадаптивном прототипе мобильной ERP-систем	62
4.2 Анализ влияния внедрения паттернов модели на характеристики удобства использования	66

4.2.1 Методы оценки адаптивных пользовательских интерфейсов	66
4.2.2 Определение исследовательского вопроса	67
4.2.3 Этап выполнения	69
4.2.4 Результаты исследования.....	70
Заключение	76
Список используемой литературы	78

Введение

Внедрение систем ERP в компаниях значительно упрощает работу с большими объемами данных и улучшает управление бизнес-процессами. Своевременное получение бизнес-информации позволяет быстро реагировать на определенную проблему, однако, доступ к ERP системам зачастую возможен только со своего рабочего места.

Одним из недостатков ERP систем является невозможность получать информацию своевременно, в режиме реального времени. Мобильность позволила бы частично решить эту проблему. Мобильность и доступ в режиме реального времени — две движущие силы, которые доминируют в программном пространстве.

Существуют проблемы, связанные с пользовательским интерфейсом присущие мобильным ERP-системам. Так как мобильная ERP является продолжением традиционных ERP-систем, то мобильные ERP-системы могут страдать из-за проблем удобства использования. Это обуславливает актуальность настоящей магистерской диссертации.

ERP-системы являются очень сложными и большими, а большинство мобильных устройств уступают в возможностях персональным компьютерам. Использование адаптивных пользовательских интерфейсов могло бы решить некоторые проблемы удобства использования, однако нет четко определенных способов адаптаций для решения этих проблем в контексте мобильных ERP-приложений.

Объектом исследования являются методы оценки удобства пользовательских интерфейсов ERP-систем.

Предметом исследования приемы и методы адаптации пользовательских интерфейсов для мобильных ERP-систем.

Гипотеза исследования – модель, разработанная на основе выявленных проблем юзабилити должна предложить способы адаптации пользовательских

интерфейсов, которые позволят улучшить удобство использования интерфейса мобильного ERP-клиента.

Целью исследования является разработка модели адаптации мобильных пользовательских интерфейсов ERP-приложений, которая способна улучшить удобство использования.

Для достижения цели исследования потребуется:

- выделить проблемы удобства использования, которые возникают при проектировании мобильных интерфейсов ERP-приложений;
- определить приемы адаптации, которые позволили бы решить выявленные проблемы удобства использования;
- разработать модель адаптации для мобильных интерфейсов ERP, с помощью которой при наличии проблемы юзабилити, разработчик мог бы понять, как ее решить;
- провести апробацию разработанной модели адаптации.

Теоретической основой диссертационного исследования являются научные труды российских и зарубежных исследователей в области человеко-компьютерного взаимодействия и проектирования пользовательских интерфейсов, а также в области исследования проблем удобства использования ERP-систем.

Методологический аппарат исследования представлен методом оценки удобства использования пользовательских мобильных интерфейсов PACMAD, эвристической оценкой пользовательского интерфейса и системным анализом.

Научная новизна исследования заключается в разработке модели адаптаций для решения проблем удобства использования пользовательских интерфейсов мобильных ERP-систем.

Практическая значимость заключается в адаптации пользовательского интерфейса мобильного приложения ERP-системы мобильному контексту использования, что дает лучший пользовательский опыт конечному пользователю.

На защиту выносятся:

- разработанная модель адаптации для решения выявленных проблем удобства использования мобильных пользовательских интерфейсов ERP-систем;
- результаты апробации разработанной модели.

Первая глава посвящена определению ERP и мобильных ERP-систем. В ней также раскрывается проблема и актуальность исследования.

Во второй главе представлена модель RACMAD, которая используется для оценки удобства использования мобильных приложений. Также в этой главе на основе анализа литературы определяются проблемы удобства использования мобильных пользовательских интерфейсов.

Третья глава посвящена разработке модели для решения проблем, выявленных во второй главе.

В заключительной главе исследования будет проведена апробация модели путем разработки адаптивного прототипа пользовательского интерфейса мобильной ERP, а также будет проведена оценка для определения улучшений в отношении к характеристикам RACMAD.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка используемых источников.

Работа изложена на 80 с. и включает 25 рисунков, 2 таблицы.

Глава 1 Мобильные ERP-приложения

Задачей данной главы диссертации является анализ предметной области по теме исследования, а именно удобства использования и пользовательских интерфейсов мобильных приложений ERP-систем.

1.1 Определение ERP-систем

В настоящее время многие предприятия работают с ERP-системами. ERP (англ. Enterprise Resource Planning, планирование ресурсов предприятия) – это организационная стратегия интеграции производства и операций управления трудовыми ресурсами, финансового менеджмента и управления активами, ориентированная на непрерывную балансировку и оптимизацию ресурсов предприятия. ERP представляет собой специализированный пакет прикладного программного обеспечения, обеспечивающий общую модель данных и процессов для всех сфер деятельности [13].

Программное обеспечение ERP объединяет все аспекты деятельности, включая планирование продукции, разработку, производственные процессы, продажи и маркетинг. ERP-система – это не новая концепция. Она используется в бизнес-индустрии уже давно. Исследование ERP-систем позволяет отметить, что для этих типов систем можно использовать несколько определений. Поэтому некоторые из этих определений были процитированы для того, чтобы углубить фундаментальное понимание концепции ERP-систем.

Цель ERP – интегрировать бизнес-процессы в сфере производства, финансов и бухгалтерского учета, продаж и маркетинга, а также человеческих ресурсов в единую программную систему. Информация, которая ранее была фрагментирована во многих различных системах, хранится в едином всеобъемлющем хранилище данных, где она может быть использована многими различными подразделениями бизнеса [16]. ERP – это аббревиатура от Enterprise Resource Planning и означает методы и концепции комплексного

управления предприятиями в целом с точки зрения эффективного использования управленческих ресурсов для повышения эффективности управления предприятием. Пакеты ERP – это интегрированные (охватывающие все бизнес-функции) программные пакеты, которые поддерживают эти концепции ERP [12].

Системы планирования ресурсов предприятия – это основные программные продукты, используемые компаниями для интеграции и координации информации во всех областях бизнеса. Программы ERP помогают организациям управлять бизнес-процессами в масштабах всей компании, используя общую базу данных и общие инструменты управленческой отчетности [10]. Системы планирования ресурсов предприятия являются крупнейшими и наиболее сложными ИС в мире. ERP-системы ориентированы в первую очередь на внутрифирменные процессы, то есть операции, которые выполняются внутри организации, и они интегрируют функциональные и межфункциональные бизнес-процессы. Типичные ERP-системы поддерживают операции (производство), человеческие ресурсы, финансы и бухгалтерский учет, продажи и дистрибуцию, а также закупки [11].

Программные системы планирования ресурсов предприятия включают в себя широкий спектр программных продуктов, поддерживающих повседневные бизнес-операции и принятие решений. ERP интегрированно обслуживает многие отрасли и многочисленные функциональные области, пытаясь автоматизировать операции от управления цепочками поставок, контроля запасов, планирования производства и выпуска продукции, поддержки продаж, управления взаимоотношениями с клиентами, финансового учета и учета затрат, человеческих ресурсов и практически любого другого процесса управления, ориентированного на данные [13].

Комплексная система бизнес-программного обеспечения, которая позволяет организации автоматизировать и интегрировать большинство своих бизнес-процессов, обмениваться общими данными и практиками по всему предприятию, а также создавать информацию и получать к ней доступ в

режиме реального времени. Конечная цель ERP-системы заключается в том, чтобы информация вводилась только один раз [7].

Приложения для планирования ресурсов предприятия – это программные комплексы, которые помогают организациям интегрировать свои информационные потоки и бизнес-процессы. Обычно они поддерживают различные отделы и функции в организации, используя единую базу данных, которая собирает и хранит данные в режиме реального времени [14].

Системы планирования ресурсов предприятия или корпоративные системы – это программные системы для управления бизнесом, включающие модули, поддерживающие функциональные области, такие как планирование, производство, продажи, маркетинг, распределение, бухгалтерский учет, финансы, управление человеческими ресурсами, управление проектами, управление запасами, сервис и техническое обслуживание, транспорт и электронный бизнес [6]

Основываясь на вышеупомянутых определениях, ERP-системы нацелены на реализацию корпоративного подхода в информационных системах, и это достигается за счет интеграции всей информации, проходящей через предприятие, в единую программную систему и в единое всеобъемлющее хранилище данных, и, таким образом, она может использоваться многими различными подразделениями предприятия.

Основными преимуществами ERP-систем являются их возможности в режиме реального времени и наглядность внутри организации, а также их способность автоматизировать большинство бизнес-процессов организаций. Несколько исследователей выявили дополнительные теоретические и промышленные преимущества, которые могут быть получены при полной реализации ERP-систем в коммерческих организациях, и их можно разделить на прямые и косвенные. Прямые преимущества, такие как повышение эффективности, интеграция информации для более эффективного принятия решений и более быстрое реагирование на запросы клиентов. В то время как косвенные выгоды заключаются в улучшении корпоративного имиджа,

повышении деловой репутации клиентов и удовлетворенности клиентов [19].

Также отдельно можно выделить следующие преимущества [7]:

- оптимизация процессов и рабочих потоков в рамках единой интегрированной системы;
- сокращение избыточного ввода данных и избыточных процессов;
- информационная интеграция и обмен информацией между различными отделами предприятий;
- внедрение единообразных процессов, основанных на признанных лучших деловых практиках;
- повышение удовлетворенности клиентов за счет улучшения своевременной доставки, повышения качества и сокращения сроков доставки;
- снижение затрат на складские запасы в результате улучшения планирования, отслеживания и прогнозирования потребностей;
- снижение цен поставщиков за счет более эффективного использования перерывов в количестве и отслеживания производительности поставщиков;
- возможность отслеживать фактические затраты на деятельность и выполнять калькуляцию на основе деятельности;
- возможность предоставить консолидированную картину продаж, запасов и дебиторской задолженности;
- повышенная безопасность данных организации;
- улучшение коммуникации между различными отделами.

ERP-системы имеют ряд недостатков, которые привели к высокой частоте отказов при их внедрении. Ниже приведены некоторые недостатки этих систем, которые были обобщены из актуальных исследовательских работ по теме [17]:

- ERP-системы имеют низкое удобство использования из-за их сложных, жестких и раздутых пользовательских интерфейсов;

- высокие затраты на ERP-системы, связанные с планированием, оборудованием, внедрением, конфигурацией, кастомизацией, тестированием, обучением и поддержкой;
- длительные процессы внедрения могут занять от одного до трех лет и более;
- процессы настройки являются дорогостоящими и отнимают много времени;
- ERP-системы сложны в освоении;
- трудности переноса данных из устаревших систем в систему ERP и проблемы несовместимости.

ERP-системы считаются самыми крупными, сложными и требовательными системами, и эти атрибуты вытекают из характеристик, которые приписываются таким системам:

- адаптивность, которая означает способность ERP-системы быть гибкой и следовать новым правилам и изменениям организации.
- открытость, которая означает модульность и переносимость характеристик, позволяющих ERP-системе развиваться вместе с организацией.
- интеграция, которая направлена на обеспечение взаимосвязей между функциями и иерархическими уровнями, а также взаимодействия между различными процессами.
- полнота означает поддержку широкого спектра функций, применимость для развертывания в различных типах фирм и возможность подключения к внешним ресурсам.
- гомогенизация относится к существованию уникального источника данных, единообразию человеко-машинных интерфейсов и единству администрирования системы.
- трансверсальность относится к ориентированному на процесс представлению ERP-системы для достижения ее целей, и ряд проектов

ERP потерпели неудачу из-за отсутствия характеристики трансверсальности в установленной системе.

- характеристика передовой практики относится к способности внедрять лучшие практики на местах.

Продолжением идеи ERP-систем стали мобильные ERP-системы.

1.2 Определение мобильных ERP-систем

В 2002 году был упомянут термин «мобильная ERP-система», где автор подчеркнул, что мобильная ERP станет будущим ERP-систем и продолжением. Таким образом, мобильная ERP рассматривается как пример более масштабной концепции, которой является ERP [10][28].

Осознанию и внедрению концепции мобильной ERP способствовали три ключевых фактора: распространение мобильных устройств, которые проникают во все аспекты нашей жизни, постоянный прогресс в области мобильных вычислений и огромные скачки в области человеко-компьютерного взаимодействия. Следовательно, возросли требования предприятий к доступу к ERP-системам с помощью мобильных устройств, таких как смартфоны, планшетные компьютеры и мобильные карманные компьютеры [8].

Мобильные ERP дают оперативно и гибко получать доступ к информации и функциональным возможностям, которые необходимы сотруднику предприятия и хранятся в ERP-системе предприятия. В литературе можно найти несколько определений мобильной ERP, и каждое из этих определений пытается прояснить понятие мобильной ERP [6]. Мобильная ERP дает доступ к программному обеспечению, которое позволяет мобильному устройству (портативному компьютеру, телефону, планшетному ПК, КПК) подключаться к ERP-системе организации через мобильную сеть связи и передачи данных.

Одним из хороших примеров является мобильная ERP, которая относится к использованию мобильного устройства (например, смартфона или планшета) для выполнения различных бизнес-функций, таких как продажи, управление взаимоотношениями с клиентами и управление цепочками поставок через единую интегрированную систему. Другими словами, это инструмент, используемый для выполнения бизнес-функций на ходу [18].

Основываясь на этих определениях, можно сказать, что мобильные ERP-приложения способны выполнять несколько бизнес-функций и процессов ERP-систем и управлять ими. Заказ на продажу, запрос ценового предложения, тендер, заказ на покупку, отгрузка, складирование, контроль запасов, заказ на доставку, выставление счетов, заказ на обслуживание клиентов, мониторинг и контроль производства, заказ на выполнение работ – все это примеры бизнес-процессов и функций, которые могут выполняться и управляться мобильными ERP-приложениями. В дополнение к управлению основными утилитами, такими как корпоративный календарь, адресная книга, доска объявлений, заметки и внутренние сообщения.

Мобильные ERP-системы внедряют и используют многие предприятия в целях обеспечения удаленного доступа управления ресурсами. К преимуществам мобильных ERP-решений можно отнести возможность для владельцев и руководителей различных предприятий использовать мобильные приложения в целях реализации удаленного доступа к отчетам в режиме реального времени и находясь в любой точке земного шара [12]. Интеграция мобильной ERP-системы может [9]:

- ускорить отдельные бизнес-процессы.
- минимизировать риски на производстве, заранее высылая предупреждения с помощью push-нотификаций, где бы не находились сотрудники.
- ускорить принятие решений. ERP-системы на мобильных устройствах предоставляет пользователям мгновенный доступ к важной бизнес-информации, позволяя быстро реагировать на проблемы.

- облегчить кооперацию сотрудников, высылая простые оповещения, которые уведомляют команду о задаче, которую они должны утвердить. Независимо от процесса, он может быть одобрен с помощью смартфона без каких-либо усилий.
- увеличить конкурентное преимущество за счет ускорения бизнес-процессов. Сотрудникам вне офиса не нужно возвращаться, чтобы урегулировать определенные проблемы. Они могут взаимодействовать с клиентами, когда им это нужно.

Сотрудники, деятельность которых не подразумевает постоянное присутствие в офисе, высоко ценят использование мобильных устройств и особенно те сотрудники, которые все время проводят в выездных командировках и должны все время вести отчет о своих расходах. С помощью мобильных возможностей ERP-систем можно настроить автоматическую отправку по всем своим расходам при помощи планшета или смартфона. Таким образом, использование мобильных устройств позволяет упростить бизнес-процессы и экономить время [20].

В последние годы несколько исследований показали специфические проблемы с удобством использования в ERP-системах. Одной из таких проблем является пользовательский интерфейс ERP; пользовательский интерфейс считается важным уровнем любого системного приложения, который позволяет конечным пользователям выполнять функции приложения. ERP-системы интегрируют и обрабатывают большие объемы данных, поэтому их пользовательские интерфейсы сложны и страдают от плохого удобства использования. Эти раздутые пользовательские интерфейсы влияют на эффективность конечных пользователей из-за того, что они теряются. Мобильная ERP является расширением ERP-систем, эти системы могут страдать от проблем с удобством использования ERP-систем, кроме того, мобильная ERP в настоящее время все еще является молодой темой в практике и исследованиях.

Смартфоны и планшетные компьютеры различаются по своим характеристикам и техническим характеристикам, на самом деле их возможности несопоставимы с настольными компьютерами. Исследователями выявлены следующие проблемы:

- опыт, связанный с мобильными устройствами, значительно отличается от опыта настольных устройств, включая меньшую продолжительность сеанса и ограничений по размеру экрана, которые влияют на то, как должны функционировать мобильные приложения;
- мобильные устройства менее мощные, чем настольные компьютеры, с точки зрения возможностей обработки, памяти и энергопотребления;
- использование виртуальных клавиатур ухудшает удобство использования мобильной ERP-системы из-за ее низкой скорости ввода, а также повышенной частоты ошибок [21];
- разнообразие мобильных операционных систем.

Кроме того, взаимодействие между конечным пользователем мобильного приложения и находящимися поблизости людьми, объектами, а также элементами окружающей среды может отвлекать внимание пользователя, поскольку конечный пользователь не будет привязан к одному местоположению. Выполнение дополнительных задач при использовании мобильного приложения, таких как ходьба, может вызвать отвлечение внимания. Пользователь мобильной ERP может отвлекаться, что может привести к неточности ввода данных и сбою в завершении бизнес-процесса, кроме того, это может замедлить полноту бизнес-процесса.

Атрибуты мобильной связи, такие как пропускная способность и надежность, будут влиять на удобство использования мобильных ERP-систем, атрибуты удобства использования для этих систем находятся под угрозой в случае замедления или потери интернет-соединения. Напротив, настольные компьютеры имеют стабильное подключение к внутренним ERP-системам.

Описание проблем с удобством использования пользовательских интерфейсов мобильных ERP-систем будет проводиться во второй главе.

1.3 Проблема, актуальность и цели исследования

Тема мобильных ERP-систем все еще является молодой в исследованиях и практике, и это видно из редкости исследовательских работ в этой области. Существует большой пробел в знаниях относительно удобства использования в области исследований мобильных ERP-систем. Данное исследование пытается восполнить этот пробел в знаниях и расширяет базу знаний за счет полученных результатов в рамках данного исследования.

Мобильные ERP-системы – это текущая волна ERP-систем, однако эта волна страдает от проблем с удобством использования. Поэтому поставщикам ERP следует учитывать эти проблемы при внедрении своего ERP-продукта в мобильный контекст [27].

Уровень пользовательского интерфейса является важным компонентом любых программных приложений, поскольку он соединяет их конечных пользователей с функциональными возможностями приложения. Следовательно, развертывание программных приложений завершилось бы неудачей из-за слабого уровня пользовательского интерфейса. ERP-системы страдают от проблем с удобством использования из-за их сложных, жестких и раздутых пользовательских интерфейсов. Мобильная ERP является расширением ERP-систем, следовательно, мобильная ERP может страдать от той же сложности и жесткости пользовательского интерфейса ERP. Это, в свою очередь, может напрямую повлиять на удобство использования мобильной ERP [26].

Во многих исследовательских работах адаптивный пользовательский интерфейс использовался для решения некоторых проблем с удобством использования прикладного программного обеспечения и их различных контекстов. Адаптивные пользовательские интерфейсы обладают способностью осознавать контекст своего использования и автоматически реагировать на изменения этого контекста. Это делается путем изменения представления пользовательского интерфейса, содержимого, навигации или

даже поведения. Таким образом, мобильная ERP-система может извлечь выгоду из адаптивного пользовательского интерфейса для улучшения ее удобства использования при использовании в различных контекстах.

Процесс разработки мобильных приложений не может продемонстрировать высокий уровень удобства использования при внедрении мобильных технологий в ERP-системы, поскольку в нем используются традиционные методологии для разработки мобильных корпоративных приложений. Таким образом, на основе обзора литературы были выявлены следующие пробелы в знаниях:

- определение проблем с удобством использования пользовательских интерфейсов мобильных ERP-приложений;
- решения, которые помогают улучшить удобство использования мобильных ERP-приложений.

Основная цель этого исследования – улучшить удобство использования мобильной ERP за счет использования адаптаций пользовательских интерфейсов. Следовательно, основным исследовательским вопросом является то, как можно адаптировать пользовательские интерфейсы для повышения удобства использования мобильной ERP.

Для достижения основной цели исследования в этом исследовании необходимо достичь нескольких подцелей:

- определить в чем заключается и чем измеряется удобство использования мобильных пользовательских интерфейсов;
- идентифицировать проблемы с удобством использования пользовательских интерфейсов мобильных приложений;
- определить, какие адаптации мобильных пользовательских интерфейсов и как, можно было бы использовать для решения выявленных проблем с удобством использования, определенных во второй подцели.

В этом исследовании используются научные исследования в области дизайна и проектирования для достижения основной цели исследования.

Чтобы убедиться, что данное исследование актуально, необходимо определить проблемы юзабилити мобильной ERP на практике, проведя опрос по оценке юзабилити для конечных пользователей мобильной ERP. Для решения этой задачи будет проведен анализ литературы по теме исследования. Это может быть использовано для повышения осведомленности разработчиков о проблемах удобства использования мобильных ERP-приложений при разработке таких приложений. Чтобы обеспечить строгость исследования, это исследование опирается на существующие базы знаний и обзор литературы в трех основных областях, а именно:

- удобство использования мобильных пользовательских интерфейсов;
- мобильные ERP-приложения;
- человеко-компьютерное взаимодействие.

Адаптивные пользовательские интерфейсы использовались в многочисленных исследовательских работах как средство повышения удобства использования программных приложений. Таким образом, мобильные ERP-приложения имеют возможность улучшить свое удобство использования, решая потенциальные проблемы с юзабилити с помощью этих типов пользовательских интерфейсов. Результатом исследования является модель для разработчиков мобильных ERP-систем, которая позволит понять, как улучшить удобство использования в их приложениях. Модель содержит решения, основанные на адаптациях мобильных пользовательских интерфейсов, которые способны решить проблемы юзабилити.

В данной главе был проведен анализ литературы по теме мобильных ERP-приложений и пользовательских интерфейсов мобильных приложений. В результате было выявлено, что мобильные ERP-приложения имеют проблемы с удобством использования. На основе анализа литературы было выяснено, что применение адаптаций к пользовательскому интерфейсу мобильного приложения может решить его проблемы удобства использования. Таким образом, для решения проблем юзабилити, необходимо разработать модель адаптации пользовательских интерфейсов.

Глава 2 Удобство использования пользовательских интерфейсов мобильных приложений ERP-систем

Задачей данной главы диссертации является определение атрибутов оценки юзабилити и идентификация проблем удобства использования пользовательских интерфейсов мобильных приложений.

2.1 Методы оценки удобства использования

В настоящее время примечательно, что предприятия в значительной степени ориентированы на внедрения мобильных корпоративных приложений. Однако эта ориентация сталкивается с некоторыми проблемами, которые заставляют владельцев бизнеса и IT-директоров глубоко задуматься о препятствиях, которые могут помешать этой рабочей модели. Например, предприятия сталкиваются с проблемой быстрой разработки, развертывания и обслуживания мобильных приложений, чтобы удовлетворить растущие требования своих клиентов и сотрудников, и нанимать разработчиков мобильных приложений чрезвычайно сложно и дорого. Более того, удобство использования мобильных приложений считается одной из таких проблем, на решение которой направленно данное исследование в отношении мобильных ERP-систем.

Термин «юзабилити» или «удобство использования» был впервые введен в начале 1980-х годов, чтобы заменить термин «удобный для пользователя», который был расплывчатым и имел различные субъективные коннотации. Удобство использования считается важнейшим показателем качества программного обеспечения и один из важнейших факторов успеха программных систем. В области разработки программного обеспечения удобство использования связано с дизайном пользовательского интерфейса, и это означает, что удобство использования оказывает влияние на пользовательский интерфейс, а не на ядро системы [14].

Удобство использования – это атрибут качества, который оценивает, насколько просты в использовании пользовательские интерфейсы. Этот термин также относится к методам повышения удобства использования в процессе проектирования.

Удобство использования рассматривается как подкатегория полезности системы, которая в свою очередь, оказывает прямое влияние на практическую приемлемость, что приводит к приемлемости программной системы. Выделяют пять атрибутов удобства использования:

- эффективность, которая означает, что ресурсы расходуются в зависимости от точности и полноты, с которыми конечные пользователи достигают целей;
- удовлетворенность, которое означает отсутствие дискомфорта и позитивное отношение к использованию продукта.
- обучаемость, которая означает, что система должна быть простой в освоении, чтобы конечный пользователь мог немедленно приступить к работе с системой;
- запоминаемость, которая означает, что система должна быть легко запоминаемой, чтобы случайный конечный пользователь мог вернуться к системе после некоторого периода неиспользования без необходимости учиться всему заново;
- ошибки, что означает, что система должна иметь низкий уровень ошибок, чтобы конечные пользователи допускали мало ошибок во время использования системы, и чтобы, если они все-таки допускали ошибки, они могли легко исправить. Кроме того, катастрофические ошибки не должны возникать.

Полезность – еще один атрибут, который означает способность системы делать то, что требуется от ее конечных пользователей, и этот атрибут отделен от категории удобства использования в его модели, потому что, когда в продукте отсутствует атрибут полезности, он не предоставляет требуемые функции.

Выше было описан термин «удобство использования» согласно Якобу Нильсену. Аналогично, в стандарте ISO 9241-11 удобство использования определяется как степень, в которой продукт может быть использован определенными пользователями для достижения определенных целей с эффективностью, действенностью и удовлетворением в определенном контексте использования [29].

Вышеупомянутое определение описывает три атрибута удобства использования, а именно:

- эффективность – точность и полнота, с которыми пользователи достигают определенных целей;
- производительность – ресурсы расходуются в зависимости от точности и полноты, с которыми пользователи достигают своих целей;
- удовлетворенность – свобода от дискомфорта и позитивное отношение к использованию продукта.

Кроме того, в стандарте ISO 9241-11 определены три фактора, которые следует учитывать при оценке удобства использования, а именно пользователь, цель и контекст использования [29]:

- пользователь – лицо, которое взаимодействует с продуктом;
- цель – предполагаемый результат;
- контекст использования – пользователи, задачи, оборудование (аппаратное обеспечение, программного обеспечение и материалы), а также физическая и социальная среда, в которой используется продукт.

Из определения юзабилити в стандарте ISO 9241-11 можно отметить, что оно не учитывает атрибуты обучаемости, запоминаемости и ошибок, которые были рассмотрены Нильсеном. Это может быть оправдано неявным включением этих атрибутов в определения эффективности, действенности и удовлетворенности. Например, можно утверждать, что частота ошибок оказывает прямое влияние на эффективность.

Однако вышеупомянутые модели были в основном заимствованы из традиционных настольных приложений. Кроме того, появление мобильных

устройств создало новые проблемы юзабилити, которые трудно смоделировать с использованием традиционных моделей юзабилити, и многие из этих моделей не учитывают последствия мобильности, такие как дополнительная когнитивная нагрузка.

Была предложена модель PASMAD (Люди в центре разработки мобильных приложений – с англ. People At the Centre of Mobile Application Development), которая направлена на устранение некоторых недостатков существующих моделей удобства использования, когда они применяются к мобильным устройствам.

Модель PASMAD включает в себя и расширяет атрибуты как модели Нильсена, так и стандартной модели ISO 9241-11 в контексте мобильных приложений. Например, в этой модели введен атрибут когнитивной нагрузки, который считается важным атрибутом мобильных приложений. Кроме того, модель удобства использования PASMAD определяет три фактора, которые следует учитывать при разработке мобильных приложений, а именно пользователя, задачу и контекст использования. Каждый из этих факторов повлияет на дизайн пользовательского интерфейса для мобильных приложений [30].

Модель PASMAD объединяет ключевые атрибуты из различных моделей удобства использования для создания более всеобъемлющей модели. Таким образом, в этой модели определены семь атрибутов удобства использования, а именно эффективность, действенность, удовлетворенность, обучаемость, запоминаемость, ошибки и когнитивная нагрузка [30]:

- эффективность – это способность пользователя выполнить задачу в определенном контексте, и обычно она измеряется путем оценки того, могут ли участники выполнить набор определенных задач или нет;
- производительность – это способность пользователя выполнять свою задачу быстро и точно, и этот атрибут может быть измерен несколькими способами, такими как время, затраченное на выполнение данной

задачи, или количество нажатий клавиш, необходимых для выполнения данной задачи;

- удовлетворенность – это воспринимаемый пользователем уровень комфорта и приятности при использовании конкретной программной систем, и это отражается в отношении пользователя к использованию программного обеспечения. Уровень удовлетворенности отличается у отдельных пользователей и измеряется субъективно с помощью анкет и других качественных методов;
- обучаемость – это уровень легкости, с которым пользователь может овладеть приложением, и указывает, сколько времени требуется пользователю, чтобы эффективно ознакомиться с приложением. Для измерения требуется оценить, сколько времени требуется пользователю, чтобы достичь заранее определенного уровня мастерства;
- запоминаемость – это способность пользователя продолжать использовать приложение без необходимости заново учиться его использованию после периода бездействия или эпизодического неиспользования. Атрибут можно измерить, попросив пользователей выполнить ряд задач после того, как они освоят использование приложения, а затем попросить их выполнить ту же задачу после длительного периода бездействия. После этого можно провести сравнительный анализ между двумя наборами полученных результатов;
- ошибки – этот атрибут указывает, насколько хорошо пользователь может выполнять желаемые задачи без ошибок. Основываясь на этом показании, разработчики могут определить наиболее проблемные области для пользователей и, таким образом, улучшить эти области на последующих интеграциях разработки. Следовательно, при его оценке следует учитывать частоту возникновения ошибок и учет характеристик ошибок. Частота ошибок может указывать на простоту системы, в то время как, анализируя природу ошибок, разработчики могут предотвратить возникновение этих ошибок;

- когнитивная нагрузка относится к объему когнитивной обработки, необходимой пользователю для использования приложения. В традиционных исследованиях юзабилити преобладающим предположением является то, что пользователи выполняют одну задачу, и, таким образом, они могут полностью сосредоточить свое внимание на и когнитивную обработку на этой задаче. При использовании мобильного приложения, пользователи одновременно выполняют другие задачи, например, ходьба. Атрибут измеряют с помощью индекса нагрузки на задачи.

Измерение удобства использования может быть достигнуто путем придания его абстрактным атрибутам более конкретного характера путем описания их в терминах реального продукта. Исходя из этого, атрибуты удобства использования можно разделить на два типа критериев. С одной стороны, объективные операционные критерии, которые направлены на то, чтобы указать производительность пользователя, такие как эффективность, действенность, обучаемость, запоминаемость, ошибки и когнитивная нагрузка. С другой стороны – субъективные операционные критерии, которые измеряют субъективное восприятие продукта пользователями, такие как удовлетворенность. Следовательно, показатели удобства использования классифицируются на целевые и субъективные показатели.

Можно выявить два подхода к оценке удобства использования, а именно экспертный анализ и тестирование конечным пользователем. При подходе экспертного анализа эксперты по юзабилити проводят анализ для выявления проблем с программным приложением на основе их прошлого опыта работы с аналогичными продуктами в дополнение к заранее определенному набору рекомендаций, который известен как эвристика. В то время как при подходе к тестированию конечных пользователей представители конечных пользователей учувствуют в использовании приложения на этапе разработки и дают свои отзывы, и, таким образом, эксперты по юзабилити собирают отзывы конечных пользователей, анализируют их и сообщают о полученных

результатах команде разработчиков [15]. Эти подходы включают в себя несколько методов и приемов проверки удобства использования, методы тестирования пользователей, исследовательские методы и аналитические методы (рисунок 1).

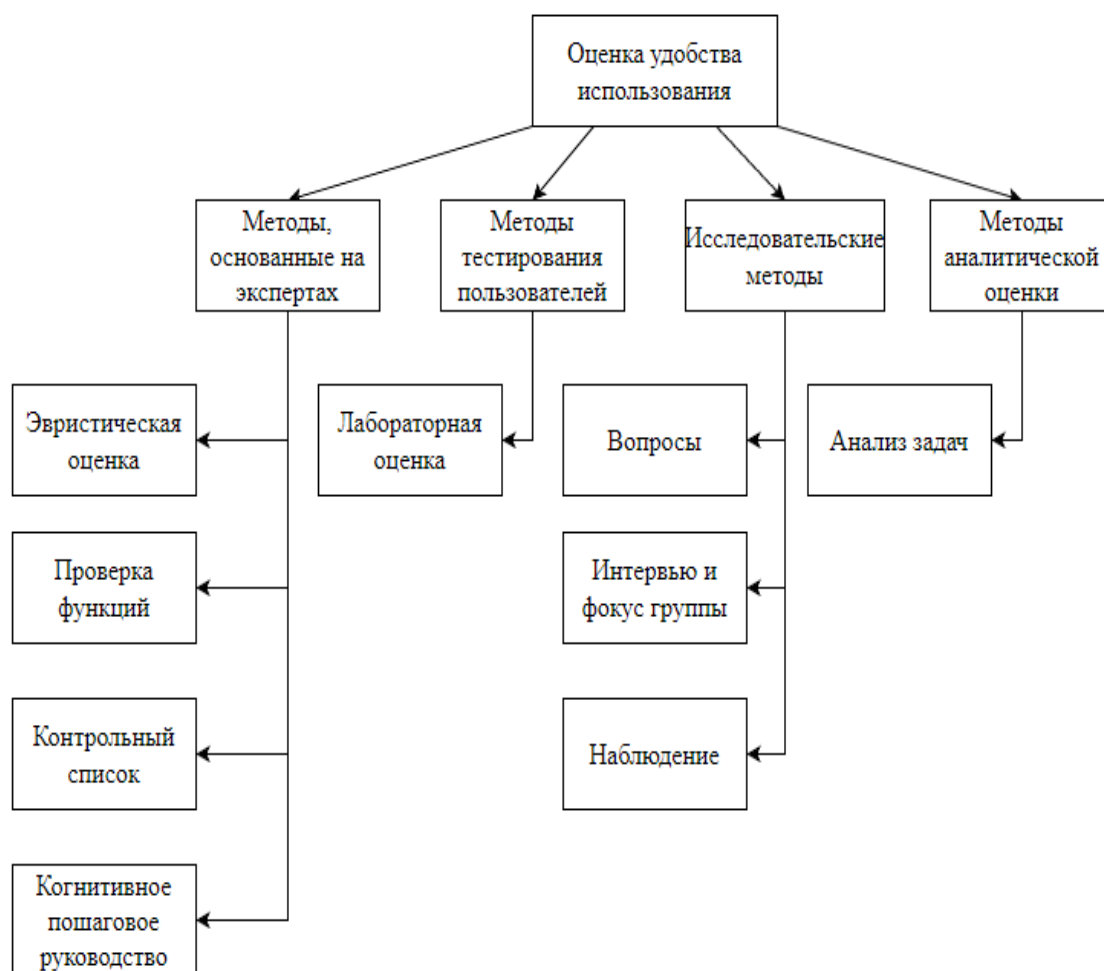


Рисунок 1 – Методы оценки удобства использования программного обеспечения

Экспертные методы имеют формирующую характеристику, которая может быть использована экспертами по юзабилити.

Методы тестирования пользователей требуют отбора участников, которых просят выполнить различные задачи, после чего специалисты собирают данные и анализируют их, чтобы определить, как пользовательский

интерфейс помог конечным пользователям и их ожиданиям при выполнении задач.

Исследовательские методы направлены на наблюдение за конечным пользователем в реальных условиях и контексте использования, и это наблюдение пытается зафиксировать то, как действуют конечные пользователи, инструменты, которые они используют, их взаимодействия друг с другом, и как контекст использования влияет на то, как они взаимодействуют с системой.

Методы аналитической оценки направлены на описание целей и последовательностей действий конечного пользователя, которые выполняются во время взаимодействия с программным обеспечением.

Одним из популярных методов проверки в сообществе исследователей юзабилити является эвристическая оценка. Эвристическая оценка – это неформальный метод анализа юзабилити для оценки пользовательского интерфейса любого программного приложения путем максимально точного указания экспертами на проблемы юзабилити в пользовательском интерфейсе. Существуют следующие способы проверки удобства использования этим методом [15]:

- эвристические правила: оценщики выявляют потенциальные проблемы с удобством использования, оценивая систему по набору рекомендаций в виде контрольных списков;
- субъективное суждение: оценщики используют свои знания, полученные в результате предыдущих оценок юзабилити, для выявления проблем с юзабилити;
- оценка на основе задач: оценщики изучают, как выполняются задачи в системе, и отмечают любые проблемы, с которыми они могут столкнуться.

На основе анализа литературы будут выявлены общие проблемы удобства использования, которыми будет необходимо руководствоваться при разработке модели адаптации пользовательского интерфейса мобильной ERP-

системы. Следовательно, будет использоваться субъективное суждение в качестве метода эвристической ошибки.

2.2 Проблемы удобства использования мобильных интерфейсов ERP-приложений

Якобом Нильсеном были представлены десять эвристик, которые широко используются для руководства процессом проектирования пользовательского интерфейса. Эвристики юзабилити Нильсена – это основополагающие принципы, которые применимы к любым интерфейсам [22]. Десять характеристик представлены следующим образом [11]:

- видимость состояния системы – процесс создания элементов и структур системы видимыми, чтобы пользователь был осведомлен о контексте. Система должна всегда информировать пользователей о том, что происходит, посредством соответствующей обратной связи в разумные сроки.;
- соответствие между системой и реальным миром – система должна говорить на языке пользователей, используя знакомые им слова, фразы и понятия;
- пользовательский контроль и свобода – пользователи могут совершать в приложении действия, которые они не собирались предпринимать. Мобильные приложения должны поддерживать функции отмены и повтора;
- согласованность и стандарты – шрифты, кнопки и надписи должны быть единообразными; интерактивные элементы должны предсказуемо работать во всех частях приложения;
- предотвращение ошибок – устранение условий, которые приводят к ошибкам или предоставление возможности подтверждения перед совершением действия;
- узнавание – объекты, действия и опции должны быть видимыми;

- гибкость и эффективность использования – возможность персонализации часто выполняемых действий пользователями;
- эстетичный и минималистичный дизайн – экраны не должны содержать информацию, которая не имеет отношения к делу или редко требуется. Каждая дополнительная единица информации на экране конкурирует с соответствующими единицами информации и уменьшает их относительную видимость;
- помощь в распознавании, диагностировании и устранении ошибок – обработка ошибок. Каждое сообщение об ошибке должно указывать что произошло и почему, а также какие шаги нужно предпринять чтобы устранить проблему;
- справка и документация – информация должна быть доступна для поиска, ориентирована на конкретные задачи, содержать перечень конкретных шагов, которые необходимо выполнить, и не быть слишком большой.

В контексте мобильных ERP-систем выявлены следующие проблемы удобства использования:

- мобильные устройства имеют ограниченный размер экрана по сравнению с настольными компьютерами. Следовательно, существует ограничение на объем информации, который может быть отображен [4][5]. Соответственно, существует большая вероятность потери смысла и увеличения количества ошибок. Прямое отображение большинства веб-страниц на небольших мобильных устройствах может быть эстетически неприятным, недоступным для навигации и, в худшем случае, полностью неразборчивым. Приоритизация наиболее важной информации повышает эффективность использования – в некоторых случаях прокрутка вниз неизбежна, но в большинстве необходимо максимально сократить ее. Следовательно, ограниченный размер экрана мобильных устройств негативно влияет на все выбранные атрибуты удобства использования модели PACMAD;

- приложения могут потреблять значительно количество энергии аккумулятора. Следовательно, конечный пользователь может почувствовать разочарование, если он потеряет некоторые текущие данные после того, как батарея разрядится во время работы. Следовательно, ограниченная емкость аккумулятора негативно влияет на удовлетворенность, эффективность и действительность;
- большинство мобильных устройств используют сенсорное взаимодействие (виртуальную клавиатуру) в качестве основной модели ввода. Этот тип ввода снижает производительность набора текста и комфорт [5]. Кроме того, точность набора текста на виртуальных клавиатурах значительно ниже по сравнению с клавиатурами ноутбуков и настольных компьютеров. Чрезвычайно полезно включить функции автоматического заполнения, исправления и валидации пользовательских данных [16]. Отсутствие данных методов помощи пользователю при вводе данных оказывает негативное влияние на ошибки, удовлетворенность, эффективность и действенность при работе с приложением [17];
- подключение к мобильной передаче данных влияет на время загрузки данных и качество потокового мультимедиа. Кроме того, надежность подключения к беспроводной сети хуже в отличие от стабильного соединения для настольных компьютеров. Таким образом, конечный пользователь может испытывать разочарование в случае замедления или потери интернет-соединения, а также потерять определенные текущие данные. Следовательно, медленное и ненадежное подключение к мобильной передаче данных негативно сказывается на ошибках, удовлетворенности, эффективности и действенности [23].

В таблице 1 представлены все выявленные проблемы удобства использования.

Таблица 1 – Влияние выявленных проблем на атрибуты PACMAD

Проблемы удобства использования	Ошибки	Запоминаемость	Обучаемость	Удовлетворение	Эффективность	Производительность
Ограниченный размер экрана	+	+	+	+	+	+
Ограниченный заряд батареи				+	+	+
Отсутствие методов автозаполнения и валидации	+			+	+	+
Нестабильное подключение к мобильной передаче данных	+			+	+	+

В данной главе диссертации была решена задача идентификации проблем юзабилити пользовательских интерфейсов мобильных приложений. Проблемы, определенные в таблице 1 присущи и мобильным пользовательским интерфейсам ERP-приложений.

Представленные проблемы можно решить с помощью различных адаптаций пользовательских интерфейсов.

Определение способов адаптаций, разработка методов и разработка общей модели адаптации будут представлены в следующей главе магистерской диссертации.

Глава 3 Разработка модели адаптации пользовательского интерфейса для решения проблем удобства использования

Задачей данной главы диссертации является разработка модели для руководства разработчиками мобильных ERP-приложений для адаптивных пользовательских интерфейсов, и эта модель должна обладать способностью решать выявленные проблемы с удобством использования.

3.1 Адаптивные пользовательские интерфейсы

В компьютерных системах системы, которые используются без каких-либо возможностей взаимодействия, обычно называются пакетными системами или неинтерактивными системами. В свою очередь, системы, которые предоставляют возможность настройки конечным пользователем, называются гибкими или податливыми системами, которые полагаются на адаптацию систем.

В литературе можно найти два варианта адаптации систем, а именно адаптируемые системы и адаптивные системы. Адаптируемые системы предоставляют конечному пользователю инструменты для настройки характеристик и параметров системы, и, таким образом, корректировки производятся путем явного вмешательства конечного пользователя. В свою очередь, адаптивные системы относятся к системам, которые способны автоматически изменять свои собственные характеристики в соответствии с потребностями конечного пользователя, и, таким образом, вмешательство является неявным.

Пользовательские интерфейсы считаются частью адаптивных систем, и эти типы пользовательских интерфейсов обеспечивают самоадаптацию для своих компонентов.

Пользовательский интерфейс считается важной составляющей программных приложений из-за его ключевой роли во взаимодействии конечного пользователя с функциональностью приложения. Кроме того, было

замечено, что с ростом функциональности программных приложений графические интерфейсы становятся более сложными, и это одна из причин, почему пользовательские интерфейсы ERP-систем и их расширения, такие как мобильные ERP-приложения, являются сложными.

Более ранние пользовательские интерфейсы были статичными, что означало, что пользовательский интерфейс создавался разработчиком системы, и конечный пользователь должен был научиться им пользоваться. Следовательно, этим типам пользовательских интерфейсов не хватает учета различий между предпочтениями, навыками, опытом и персонализацией конечных пользователей.

В адаптируемых пользовательских интерфейсах разработчики пытаются предоставить конечным пользователям инструменты настройки, такие как цветовые палитры и инструменты разрешения экрана, для адаптации компонентов пользовательского интерфейса.

Адаптивный интерфейс может быть определен как набор дисплеев, элементов управления, человека-оператора и базовой программной системы, которая способна изменять отображение информации, доступность управления и распределение задач, подлежащих выполнению, в зависимости от состояния оператора, состояния системы и окружающей среды, в которую погружены как оператор, так и системы [3].

Адаптивный пользовательский интерфейс – это интерфейс, который адаптирует свои элементы к потребностям отдельного пользователя [1]. Примерами адаптивных интерфейсов на мобильных устройствах являются: навигатор, который указывает текущее местоположение пользователя и вычисляет путь к месту назначения, расширяемая панель поиска, программная клавиатура.

Использование адаптивных пользовательских интерфейсов решает некоторые проблемы, которые не могут быть надлежащим образом решены традиционными пользовательскими интерфейсами:

- адаптивные пользовательские интерфейсы могут предоставить персонализированный метод взаимодействия, основанный на распознавании моделей поведения, предпочтений и методов работы конечного пользователя в программном приложении. Эта персонализация направлена на облегчение коммуникации между конечным пользователем и программным приложением;
- адаптивные пользовательские интерфейсы могут уменьшить переполнение информацией, связанное с поиском информации в сложных системах или больших базах данных, путем фильтрации нерелевантной информации и, таким образом, снижая когнитивную нагрузку на конечного пользователя;
- адаптивные пользовательские интерфейсы могут исправить неправильные представления конечного пользователя или ненадлежащее использование программных приложений, объясняя новые концепции и предоставляя информацию для облегчения выполнения требуемых задач;
- адаптивные пользовательские интерфейсы могут автоматизировать рутинные задачи конечного пользователя, наблюдая за текущей задачей конечного пользователя, понимая ее и распознавая намерения конечного пользователя, а затем автоматизируя ее. Таким образом, позволяя конечному пользователю сосредоточиться на других видах деятельности;
- адаптивные пользовательские интерфейсы могут предоставлять мультимодальные интерфейсы, целью которых является поиск новых парадигм для взаимодействия ввода/вывода между системами и конечными пользователями, в частности, для использования сложных вычислительных систем людьми с ограниченными возможностями.

Однако исследования показали несколько недостатков адаптивных пользовательских интерфейсов, которые могут негативно повлиять на многие

положительные принципы удобства использования программной системы и нарушить их:

- цели пользователя не могут быть предсказаны с полной уверенностью, и, следовательно, эти цели и параметры пользовательской модели должны быть оценены с некоторой вероятностью;
- адаптивные пользовательские интерфейсы испытывают трудности с прозрачностью из-за отсутствия понимания их внутренней работы и процессов адаптации конечными пользователями. Недостаток предсказуемости проистекает из несоответствия между вводимыми данными конечного пользователя и выходными данными;
- недостаток управляемости, связанный с неспособностью адаптивных пользовательских интерфейсов обеспечить своим конечным пользователям ощущение контроля над процессом адаптации и, таким образом, уменьшить эффект неправильных системных решений;
- адаптивные пользовательские интерфейсы содержат пользовательскую модель. Современные пользовательские интерфейсы требуют от своих конечных пользователей делиться своими предпочтениями с сообществом пользователей, что приводит к проблемам конфиденциальности.

Одной из наиболее перспективных и быстро развивающихся областей на данный момент является система персональной помощи. Такая адаптивная система анализирует связанные с пользователем данные, его поведение и условия окружающей среды. Основываясь на результатах такого анализа, он прогнозирует следующую или текущую активность пользователя и предлагает соответствующую информацию или функциональные возможности.

Хорошим примером такой системы является Google Now. Это приложение работает в фоновом режиме на мобильном телефоне пользователя. В случае, если можно получить соответствующую информацию, связанную с деятельностью пользователя, например, местоположение и другие типы персональных данных за один раз, он

предлагает нужную информацию и функциональность в виде карточки. Приложение напоминает пользователю о количестве минут, оставшихся до вылета, чтобы успеть на рейс. Кроме того, он предлагает функциональность и информацию, относящиеся к текущей задаче. Эти данные являются результатом адаптации интерфейса в соответствии с целями или задачами пользователя. В случае, описанном выше, в интерфейсе будут представлены элементы для таких действий, как расчет маршрута до аэропорта, дата и время рейса, информация о терминале и выходе на посадку. По прибытии в пункт назначения система предложит текущий прогноз погоды и местные тарифы, новости.

Персонализация контента — это получение информации в соответствии с индивидуальными интересами пользователя. Этот метод широко используется в системах публикации новостей, коммерческих веб-сайтах и приложениях. Общая идея этого варианта использования адаптивных пользовательских интерфейсов заключается в том, чтобы выполнить фильтрацию контента на основе поведения или предпочтений пользователя. Этот процесс обучения и/или вывода основан на базовой информации о пользователе. Система анализирует активность пользователя, его предпочтения, местоположение, подключения, историю просмотров или прослушивания музыки и многое другое. На основе результатов такого анализа он фильтрует содержимое приложения. Примерами такого контента могут быть рекомендуемые продукты, гипермедиа, кино, статьи, музыкальные треки или видеоклипы, рекомендации или внушения. Такая логика персонализирует контент для конкретного пользователя в зависимости от его пользовательской модели, и поэтому производительность приложения у разных пользователей разная.

При адаптации элементов интерфейса элементы пользовательского интерфейса приложения приводятся в соответствие с тем, как пользователь использует систему. Интерфейс адаптируется для более эффективного удовлетворения потребностей пользователя, его целей и текущей ситуации.

Одним из наиболее знакомых примеров является персонализированное меню. Адаптивный механизм отображает только те пункты прейскуранта, которые используются чаще всего, и скрывает редко используемые пункты прейскуранта из списка прейскурантов. Такая логика делает меню персонализированным. Алгоритм определяет порядок опций в меню в соответствии с частотой их использования: чем чаще используется опция, тем доступнее она в меню.

В системах с многопользовательским интерфейсом представление информации настраивается в соответствии с ролью пользователя или его характеристиками в системе. Это достигается путем адаптации контента и функциональных элементов управления в соответствии со знаниями и предметной областью группы пользователей: администратора, пользователя, гостя и других.

Последним вариантом использования адаптивности пользовательского интерфейса являются системы, которые изменяют пользовательский интерфейс в зависимости от окружения и взаимодействия пользователя или приложения с ним. Собранные данные об окружающей среде используются в качестве контекста для адаптации: местоположение пользователя, температура, уровень шума и так далее.

После обзора литературы можно выделить три основных типа адаптации для реализации адаптированных составляющих и измерений, а именно адаптация контента, адаптация презентации и адаптация навигации:

- адаптация контента направлена на адаптацию информационного контента с целью реализации персонализации и просмотра соответствующей информации для конкретного конечного пользователя и/или конкретного устройства для конкретной деятельности в конкретной среде. Таким образом, информационное содержание адаптируется в соответствии с целями, знаниями, собственными предпочтениями и потребностями конечного пользователя, а также действиями, которые конечный пользователь выполняет в интерфейсе;

- адаптация представления направлена на обеспечение наиболее подходящего представления и визуализации компонентов пользовательского интерфейса для конкретного конечного пользователя и/ или конкретного устройства для конкретной деятельности в конкретной среде (контексте использования). Однако этот тип адаптации не является полностью независимым от адаптации контента и адаптации навигации, но на последние типы влияют некоторые методы и приемы адаптации презентации;
- адаптация навигации направлена на то, чтобы помочь конечным пользователям найти правильный путь в приложении для достижения конкретной цели (задачи). Этот тип адаптации доказал свою эффективность с точки зрения просмотра и эффективности обучения. В этом типе адаптации навигационные ссылки адаптируются и представляются конечным пользователям в соответствии с их текущей целью, знаниями о задаче и другими соответствующими характеристиками.

Прежде чем выбрать адаптацию в качестве основного метода построения пользовательского интерфейса, необходимо ответить на ряд фундаментальных вопросов:

- что должно быть адаптировано – какая сторона (пользователь или система) модели взаимодействия пользователя с компьютером должна играть главную роль в процессе адаптации;
- какой уровень взаимодействия следует адаптировать – какая часть системы должна быть адаптирована: представление или функциональность;
- какие данные (информация) должны быть приняты во внимание при применении адаптации;
- каким целям должен способствовать выбранный уровень адаптации и на основе какого контекста – какова цель приложения, может ли она быть достигнута с помощью методов адаптации и имеющихся ресурсов;

– когда и в какие моменты должна применяться адаптация.

Одним из главных вопросов процесса адаптации является «что должно быть адаптировано?». Вопрос о распределении контроля над процессом адаптации был исследован многочисленными исследованиями. Согласно этим исследованиям, поддержание адаптивным пользовательским интерфейсом не является логическим, его нельзя рассматривать как имеющее или не имеющее адаптивных функций. Вместо этого используются принципы адаптации с различными уровнями адаптивности. Уровни адаптивности отражают распределение контроля над адаптацией между пользователем и системой: управляет ли система адаптацией единолично или осуществляет совместный процесс с пользователем.

В случае адаптивного дизайна пользовательского интерфейса для мобильного приложения адаптация системы должна быть перенесена на системную сторону, насколько это возможно, с учетом прозрачности процесса адаптации. Другими словами, мобильное приложение стремится быть всеобъемлющим или вездесущим. Таким образом, система или приложение должны управлять информацией таким образом, чтобы снизить сложность и обеспечить невидимость самой вычислительной системы.

Чтобы ответить на второй вопрос, об уровнях взаимодействия, нужно описать какие типы адаптаций будут применяться. Можно выделить три основных класса адаптации, которые подходят для мобильных приложений:

- информация – включает адаптацию содержимого приложения, его компоновки и организации;
- визуализация – включает в себя способ представления информации;
- пользовательский интерфейс – включает в себя адаптацию элементов управления пользовательским интерфейсом и взаимодействие между пользователем и системой.

Для разрабатываемой модели адаптации, как способа решить выявленные проблемы юзабилити мобильных пользовательских интерфейсов, будут использоваться все три типа адаптации. В данной работе термин

«пользовательский интерфейс» будет относиться ко всем классам адаптации, описанным выше.

На мобильных устройствах для процессов адаптации необходимо учитывать все доступные данные и контекст. Было отмечено, что необходимо принимать во внимание окружающую среду, а также характеристики пользователя. В случае мобильных систем это утверждение особенно справедливо, поскольку мобильные устройства имеют огромное разнообразие датчиков, которые могут использоваться в качестве измерителей окружающей среды [2]. Более того, портативные устройства часто встречаются в условиях разнообразного окружения из-за их мобильности.

Основной целью адаптации пользовательского интерфейса для мобильных приложений является создание понятного, прямолинейного и удобного пользовательского интерфейса. Кроме того, интерфейс должен реагировать на изменяющуюся среду и смягчать ограничения мобильных устройств.

Для каждой отдельной адаптации из разрабатываемой модели ответы на вопросы об уровне и триггерах взаимодействия будут даны в следующем разделе.

3.2 Разработка адаптаций мобильных пользовательских интерфейсов для решения выявленных проблем юзабилити

3.2.1 Определение формата адаптаций

Несмотря на значительный прогресс в исследованиях адаптивных пользовательских интерфейсов, до сих пор не существует методологии определения того, когда и как следует внедрять адаптивность пользовательского интерфейса, а также отсутствует стандартизация подходов адаптации.

Руководства по пользовательскому интерфейсу — это набор документации, в которой представлены рекомендации по разработке интерфейса приложения. Рекомендации помогают установить правила

координации действий отдельных разработчиков и проектировщиков. Такой подход облегчает процесс разработки приложения за счет определения подробных требований, что избавляет от необходимости изобретать их снова и снова по отдельности.

Руководство может содержать экспертные знания о различных подходах с различными версиями программного обеспечения, операционными системами, размерами устройств, вариантами использования, которые применимы и актуальны для конкретной операционной системы, браузера, сервиса или технологии.

Шаблон проектирования — это общее повторно используемое решение конкретной проблемы в рамках данного контекста (в случае данного исследования контекстом является адаптация мобильных пользовательских интерфейсов). Шаблон обычно имеет форму описания или шаблона решения задачи, который может быть использован для решения повторяющейся проблемы в нескольких различных ситуациях [25].

В то время как рекомендации определены как стандартизированный подход к обмену знаниями о дизайне, шаблоны записывают метаинформацию, окружающую простую императивную инструкцию, обычно встречающуюся в рекомендациях. Многочисленные исследователи указывали на важность проектирования на основе шаблонов как способа совместного использования решений проблем проектирования вычислений с учетом контекста.

На рисунке 2 представлена схема элементов дизайна пользовательского интерфейса – конечный результат разработки рекомендаций, основанный на существующей в системе проблеме.

Чем выше уровень в пирамиде, тем к более узкому случаю он применим, но может существовать больше вариаций такого элемента дизайна. Например, для одной и той же проблемы проектирования адаптивных пользовательских интерфейсов может быть определено несколько рекомендаций, на основе правила может быть разработан список шаблонов, каждый из которых может быть основой для создания компонента.



Рисунок 2 – Схема элементов дизайна пользовательского интерфейса

Адаптации должны быть представлены в формате рекомендаций и связаны с каждой из них одним или несколькими шаблонами. Шаблоны, представленные для каждой рекомендации, являются проекциями конкретной проблемы юзабилити.

Предлагаемые рекомендации ориентированы на разработчиков и проектировщиков, обладающих некоторыми знаниями в области разработки приложений. Шаблон содержит:

- проблему, описанную в главе 2;
- решение, где представлена фактическая рекомендация для описанной проблемы;
- применимость, которая указывает на возможное использование рекомендации в виде шаблона с подробной информацией о том, в какой ситуации этот шаблон может быть применен.

Таким образом, решения проблем юзабилити адаптивных пользовательских интерфейсов будут представлены в последующих пунктах данного подраздела.

3.2.2 Решение проблемы ограниченного размера экрана

Ограниченный размер экрана может породить раздутые пользовательские интерфейсы в мобильных приложениях. Большое количество прокрутки экрана не уменьшает количество шагов взаимодействия, которые необходимо пройти пользователю чтобы выполнить задачу. Каждое действие, требуемое приложением, рассматривается как еще одно препятствие на пути пользователей, поэтому проблема множества шагов взаимодействия является актуальной для мобильных ERP-приложений.

Упрощение пользовательского интерфейса мобильного приложения – один из эффективных способов снизить когнитивную нагрузку на приложение. В ERP-приложениях пользователям часто приходится работать с большим количеством данных, а значит и заполнять различные формы. Одним из способов снизить количество ошибок пользователей при работе с длинными формами данных является уменьшение количества вводимой информации на одном экране. Разбитие формы на несколько шагов позволит пользователям концентрировать внимание на отдельных подзадачах.

На рисунке 3 представлена форма создания запроса предложения о сбыте товара мобильного интерфейса «Odoo ERP».

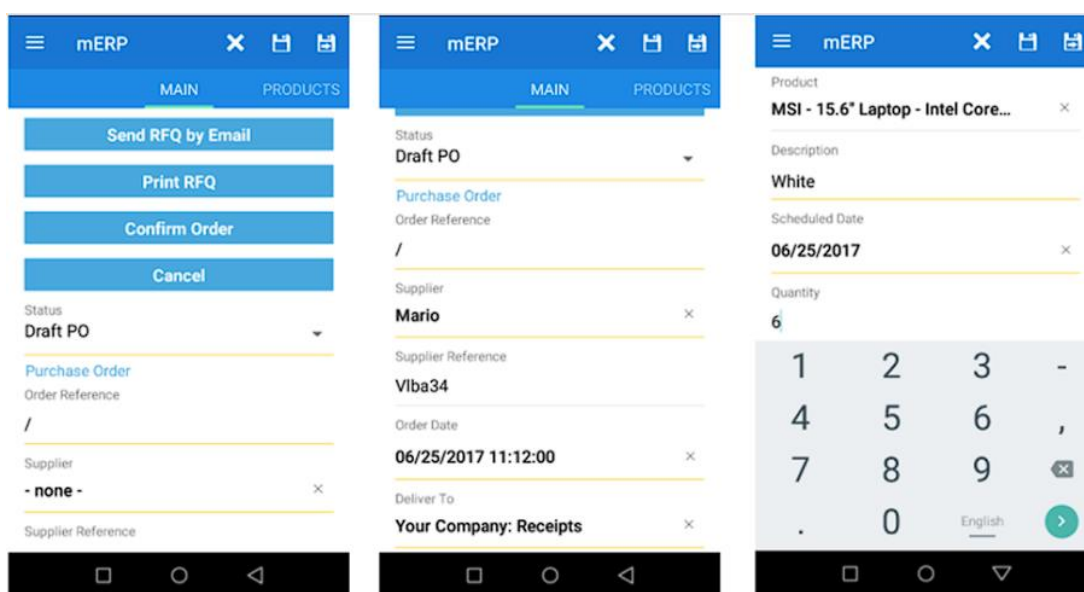
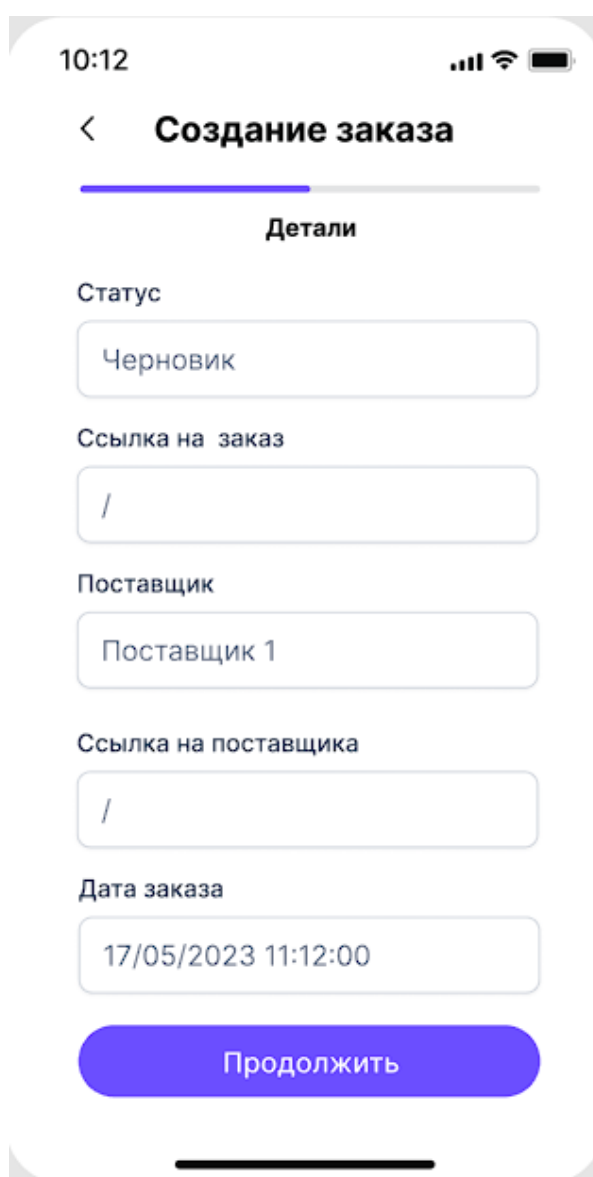


Рисунок 3 – Неадаптивный интерфейс Odoo ERP

У данного пользовательского интерфейса есть проблемы с удобством использования. В контексте проблемы пользователь должен заполнить длинную форму, данные в которой содержат информацию о продукте и поставщике.

Чтобы решить проблему ограниченного размера экрана была разработана адаптация путем разделения функционала формы на несколько частей. На рисунке 4 представлена часть формы, где пользователь должен заполнить детали поставщика.



10:12

< **Создание заказа**

Детали

Статус

Черновик

Ссылка на заказ

/

Поставщик

Поставщик 1

Ссылка на поставщика

/

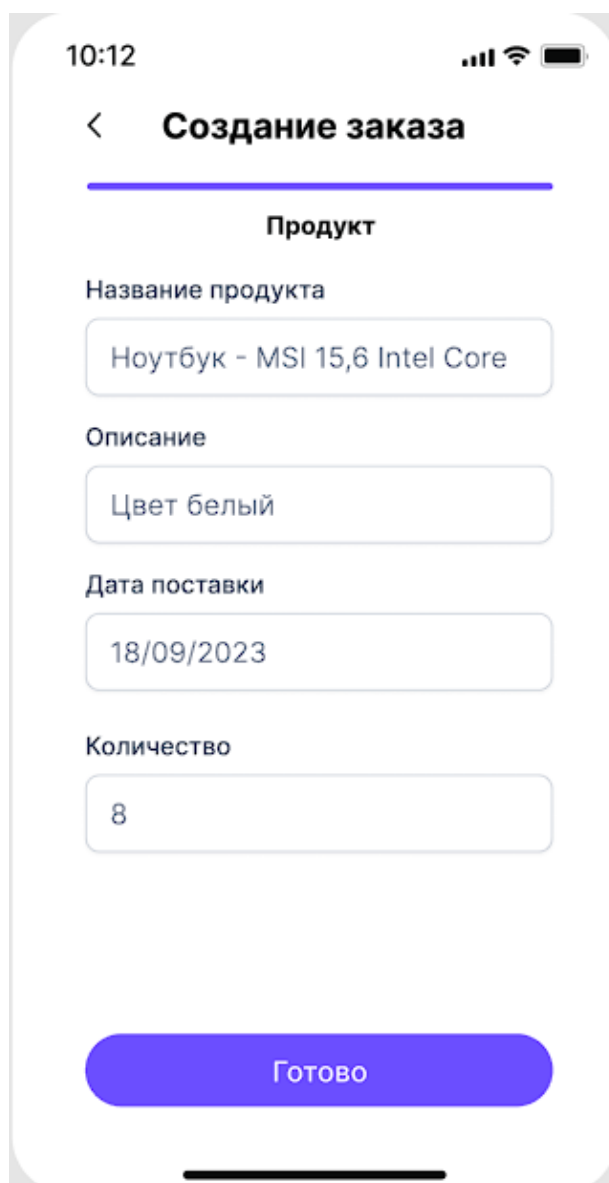
Дата заказа

17/05/2023 11:12:00

Продолжить

Рисунок 4 – Адаптация формы для решения проблемы ограниченного размера экрана (часть 1)

На рисунке 5 представлена форма, где пользователь должен заполнить информацию о продукте.



10:12

< **Создание заказа**

Продукт

Название продукта

Ноутбук - MSI 15,6 Intel Core

Описание

Цвет белый

Дата поставки

18/09/2023

Количество

8

Готово

Рисунок 5 – Адаптация формы для решения проблемы ограниченного размера экрана (часть 2)

Чтобы сократить количество кнопок на экране формы был применен мобильный шаблон для отображения всплывающих элементов меню (рисунок б).

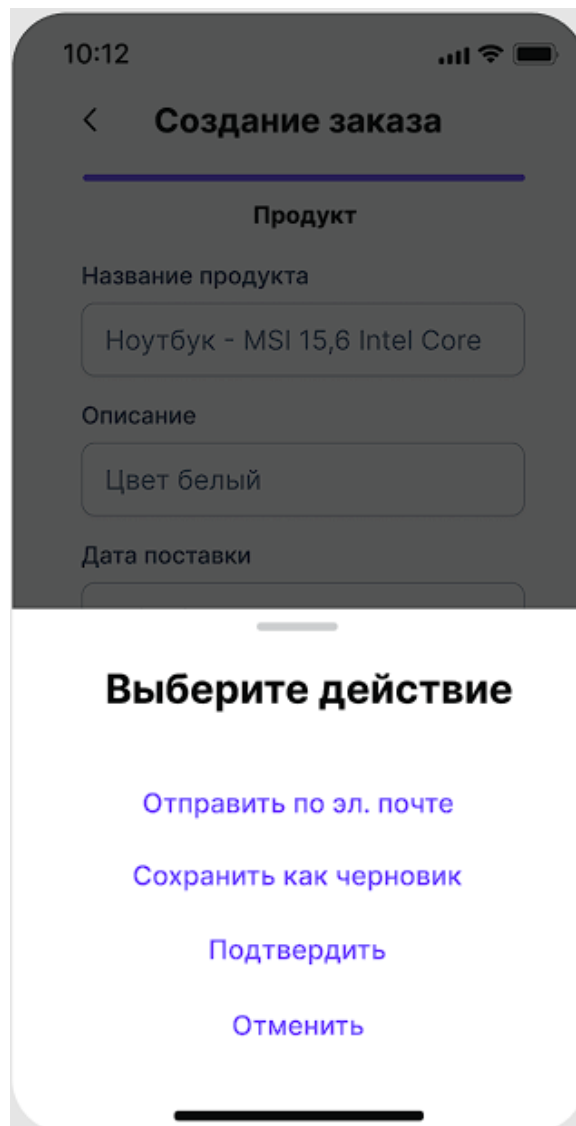


Рисунок 6 – Адаптация с помощью всплывающего меню

Кроме применения описанных выше приемов, на рисунках 4-6 можно заметить степпер. Степперы информируют пользователей об их прогрессе, указывая, на каком этапе они находятся и сколько шагов осталось. Данный элемент пользовательского интерфейса отображается вверху мобильного экрана в виде шкалы прогресса.

Таким образом, по определенному формату адаптация представлена следующим образом:

- проблема ограниченного размера экрана определена большим количеством прокрутки для маленьких экранов;

- если элементы мобильного пользовательского интерфейса можно сгруппировать по смыслу, то такие группы нужно располагать на разных экранах, чтобы сократить количество прокрутки;
- для реализации адаптации использован прием разделения контента на несколько частей;
- в качестве компонентов адаптации выступают формы для ввода данных, степпер и мобильное всплывающее меню.

Предложенная адаптация представлена в виде визуальных приемов проектирования пользовательского интерфейса.

3.2.3 Решение проблемы ограниченного заряда батареи

Ограниченный заряд батареи – это проблема, которая присуща всем мобильным устройствам. Если сессия использования мобильного ERP-приложения прервется внезапно, то пользователь потеряет все свои данные, которые он не сохранил в данной сессии.

Решение данной проблемы должно производиться с помощью адаптации функциональности приложения. Пользователь ожидает что, когда телефон будет включен и мобильное приложение ERP будет запущено, он не потеряет свой прогресс и свои данные. Для решения данной проблемы можно воспользоваться сохранением данных в память устройства.

В обычных случаях данные, введенные пользователем, сохраняются на сервер, но до того, как будет совершен вызов соответствующего запроса, мобильное приложение хранит данные в кратковременной памяти, которая очистится, когда приложение будет закрыто.

Чтобы сохранить данные, которые еще не были отправлены на сервер можно использовать внутреннюю память. Данные, которые попадают во внутреннюю память скрыты от пользователей и доступны только приложению. Однако все же не рекомендуется хранить конфиденциальные данные во внутренней памяти слишком долго. Основными вопросами хранения данных во внутренней памяти является то, когда нужно сохранять данные и когда нужно их очищать.

На данный момент операционные системы iOS и Android не предоставляют возможности сохранять данные при отключении устройства. Принудительная остановка приложения будет выполняться, когда устройством выполняется отключение. Она не удалит данные, которые уже сохранены во внутренней памяти устройства, однако все временные данные текущего состояния будут очищены. Следовательно, сохранять данные во внутреннюю память лучше всего, когда пользователь закончил взаимодействия с формой для ввода данных. На рисунке 7 представлен алгоритм работы с формами данных, в котором данные сохраняются, после завершения взаимодействия с каждой формой.

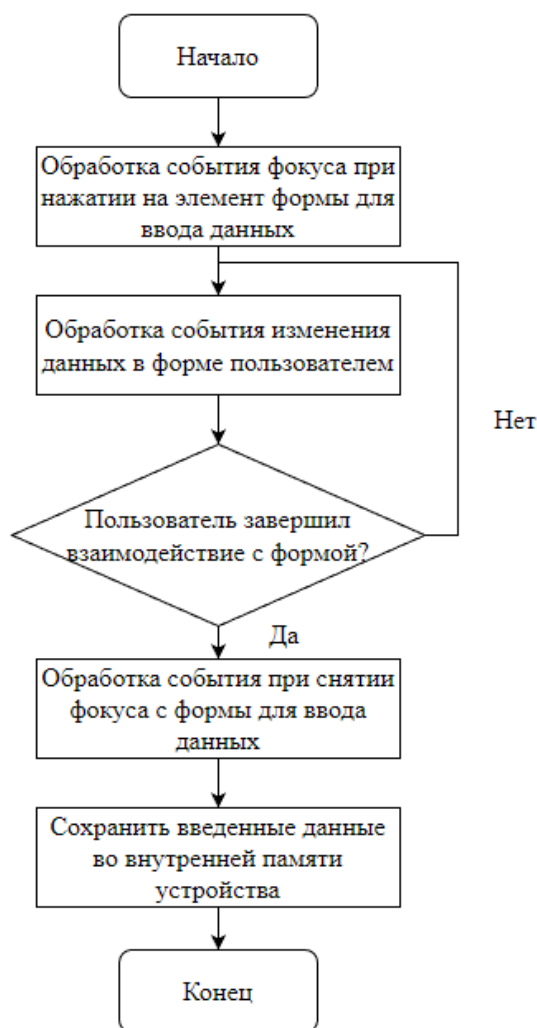


Рисунок 7 – Алгоритм обработки события для сохранения данных во внутренней памяти устройства

Подпроцесс «Сохранить введенные данные во внутренней памяти устройства» представляет собой сохранение данных в формате «Ключ-Значение» для каждой группы данных. До момента сохранения данных на сервер в ERP-приложении может быть несколько форм для ввода данных. Следовательно, значение, которое сохраняется в память устройства, может содержать данные из нескольких форм.

Чтобы дать пользователю восстановить состояние приложения до отключения устройства необходимо его проинформировать об этом. Одними из наиболее часто используемых шаблонов проектирования мобильных пользовательских интерфейсов для информирования пользователя являются нотификации. Нотификации используются, чтобы привлечь внимание пользователей к важным событиям. На рисунке 8 представлен пример нотификации, который можно использовать, чтобы проинформировать пользователя о том, что в памяти устройства имеются несохраненные сервером данные.

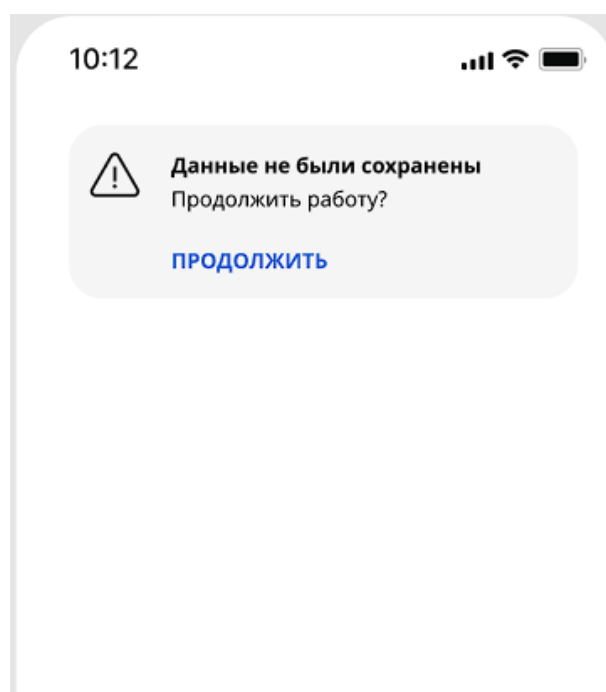


Рисунок 8 – Использование нотификаций для информирования о сохраненных в памяти данных

Если пользователь закроет данную нотификацию, то система должна считать, что несохраненные данные пользователю больше не нужны. То есть, необходимо произвести очистку данных, по заранее определенному ключу. Кроме того, данные необходимо очистить, если пользователь успешно завершил взаимодействие с формами для ввода данных.

На рисунке 9 представлен механизм работы адаптации для решения проблемы ограниченного заряда батареи.

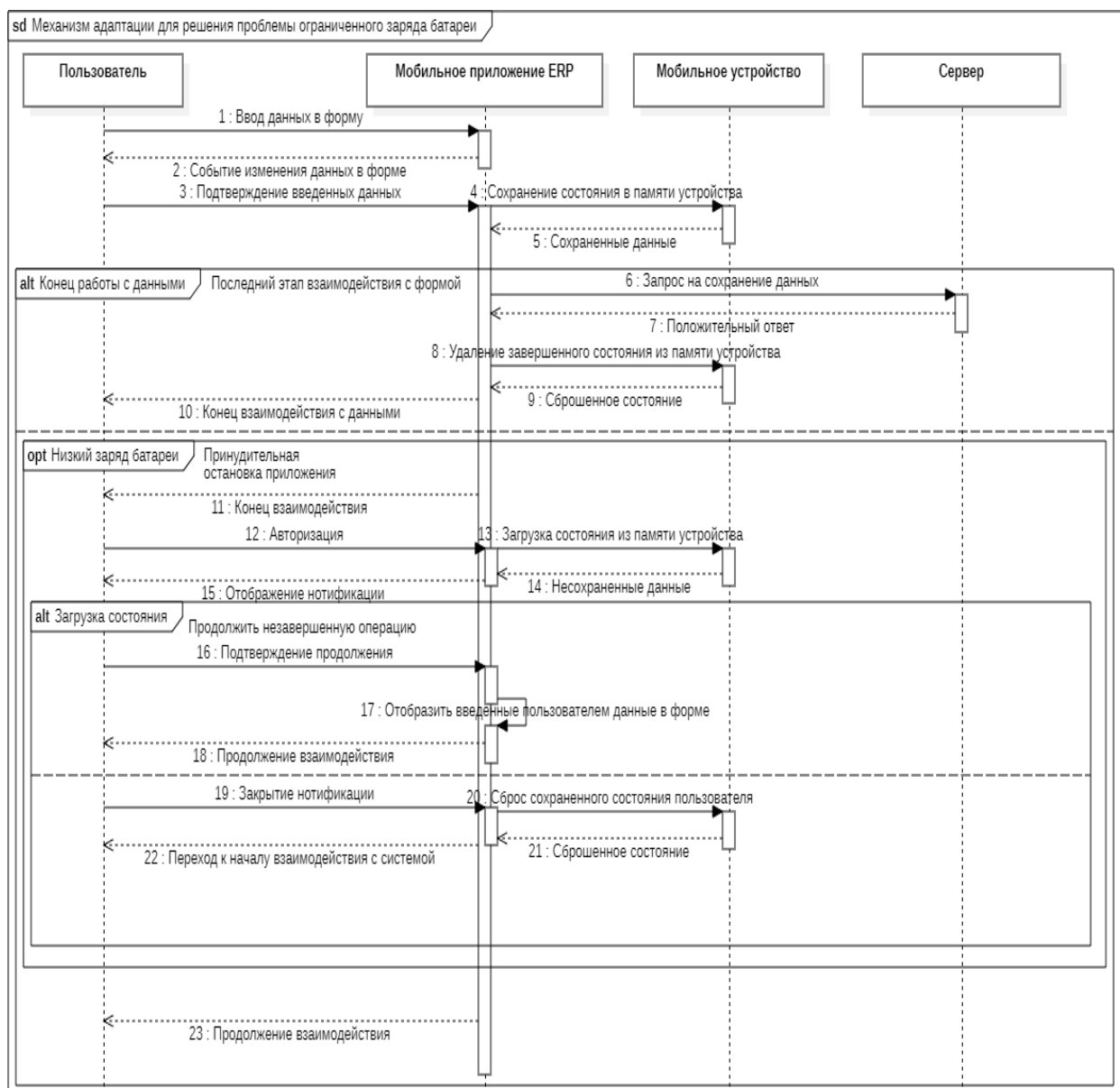


Рисунок 9 – Адаптация пользовательского интерфейса для решения проблемы ограниченного заряда батареи

На рисунке представлена адаптация для предупреждения проблемы потери данных в случае разряда батареи. Сохранение данных производится при завершении взаимодействия с формой заполнения данных. Если работа с данными предусматривает заполнение нескольких форм, то текущее состояние сохраняется в памяти устройства, пока данные не будут сохранены на серверной части приложения. В случае, если до отправки соответствующего запроса при работе с данными будет произведена принудительная остановка приложения, пользователь сможет восстановить свой прогресс. Для этого система должна проверить наличие незавершенного состояния в памяти устройства, и если такое есть, то отобразить соответствующую нотификацию с предложением о восстановлении состояния приложения до отключения устройства.

Схема адаптации представлена следующим образом:

- проблема ограниченного заряда батареи определена проблемой сохранения введенных пользователем данных при принудительной остановке приложения;
- адаптация реализуется для случаев, когда форма данных состоит более чем одного шага;
- адаптация производится с помощью реализации сохранения состояния данных в памяти устройства, а также применением нотификаций;
- в качестве компонентов пользовательского интерфейса мобильной адаптации выступают формы ввода данных и нотификации.

Адаптация пользовательского интерфейса заключается в том, что пользователю не нужно заново вводить данные в мобильном приложении, если сессия прервалась до сохранения данных.

3.2.4 Решение проблемы отсутствия методов автозаполнения и валидации

Отсутствие методов исправления, автозаполнения и валидации может сильно влиять на удобство использования в мобильных ERP-приложениях при работе с данными.

Одним из способов решить данную проблему является использования шаблона автозаполнения. Автозаполнение – это способ сократить ввод данных и помочь пользователям получать мгновенные результаты поиска. Пользователь нуждается часто нуждается в помощи при выполнении поисковых задач, которые трудно запомнить или в которых легко ввести ошибку. Адаптация пользовательского интерфейса данным способом позволяет:

- устранить проблемы с неоднозначностью, когда элемент может быть введен несколькими способами;
- улучшить скорость ввода;
- улучшить точность ввода;
- устранить проблему, когда количество элементов было бы слишком большим или неудобным для отображения в стандартном выпадающем списке.

Шаблон автозаполнения – это механизм прогнозирования, основанный на распознавании, используемый для оказания помощи пользователям при поиске. В поле поиска автозаполнения отображаются элементы, которые соответствуют вводимым пользователем данным по мере их ввода. По мере того, как пользователь вводит больше текста в поле поиска, список подходящих элементов сужается.

Список подходящих элементов должен позволять пользователям выбирать элементы с помощью нажатия на элемент списка. Это позволяет пользователю быстро выбрать термин без необходимости вводить весь термин. Список предлагаемых элементов чаще всего отображается непосредственно под текстовым полем ввода и имеет ширину, соответствующую ширине текстового поля.

На рисунке 10 представлена реализация данного шаблона.

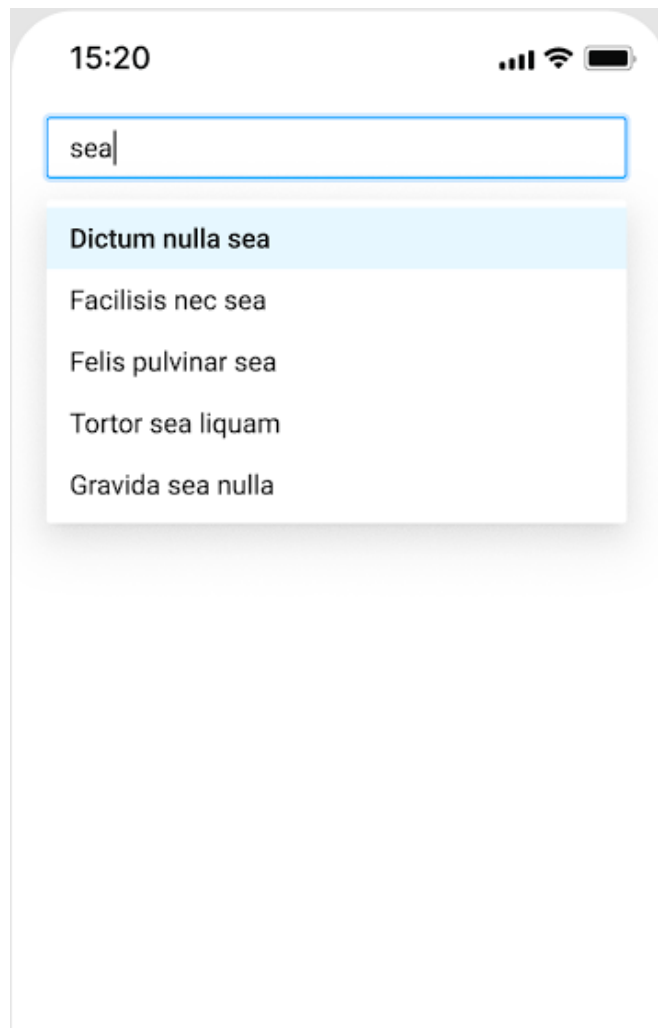


Рисунок 10 – Реализация шаблона автозаполнения

Чаще всего автоматическое завершение реализуется с помощью одного из следующих способов:

- путем индексации текста с возможностью поиска в древовидной структуре;
- с помощью разбиения по шаблону;
- с помощью фильтрации.

Упорядоченный список слов является наилучшей структурой данных при реализации автозаполнения, поскольку поисковая система уже поддерживает такой список как часть своего инвертированного индекса. Таким образом, алгоритм работы автозаполнения в контексте мобильных ERP-приложений представлен на основе фильтрации (рисунок 11).

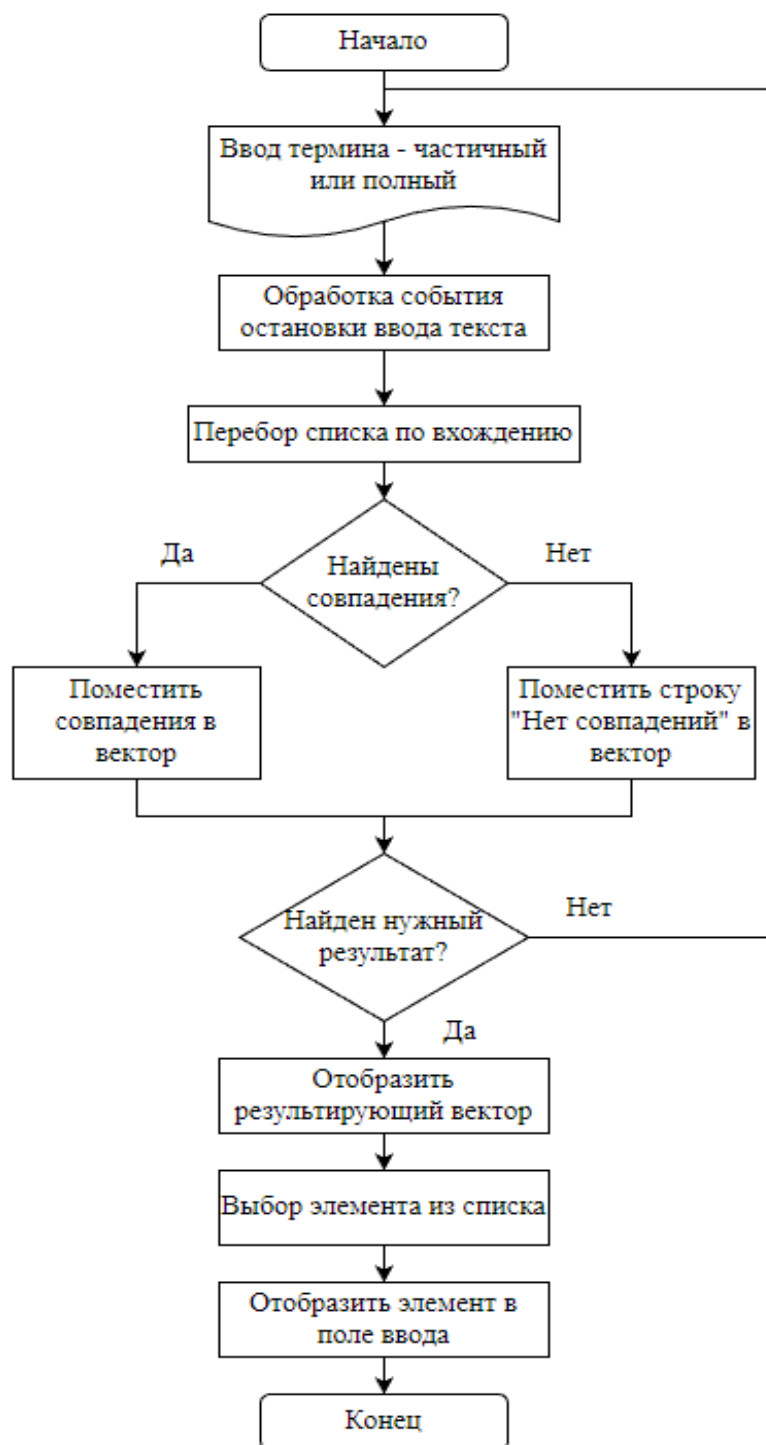


Рисунок 11 – Адаптация пользовательского интерфейса для решения проблемы отсутствия автозаполнения

В формах пользователям часто приходится предоставлять такую информацию, как номера телефонов, номера банковских карт и даты, а подобную информацию можно вводить в различных форматах. Пользователь может по-разному ввести телефонный номер: без пробелов, разделив цифры

пробелами или дефисами. Даже когда у пользователей есть пример, они все равно могут ввести данные не в том формате. Сообщение об ошибке может замедлить процесс заполнения формы и оттолкнуть пользователей, если несколько элементов формы обладают жесткими требованиями к формату.

Валидация данных может частично решить данную проблему. Когда пользователь вводит данные в форму, он ожидает сразу получить обратную связь. Цель данного шаблона – минимизировать ошибки ввода пользователя.

Парадигма, называемая проверкой данных, хорошо подходит для выявления ошибок во время отправки формы. Распространенный способ определить проверяются ли данные — это настроить правила для каждого поля ввода в форме. Введенные данные должны соответствовать этим правилам, чтобы считаться действительными. Такими правилами проверки могут быть:

- проверка наличия контента – необходимо ввести хотя бы часть контента;
- проверка исключений – данные не должны содержать запрещенные термины;
- проверка включения содержимого – данные должны содержать определенные термины или находиться в пределах определенного диапазона;
- подтверждение принятия (например, условий предоставления услуг);
- подтверждение ввода данных – два поля ввода должны совпадать;
- проверка формата – проверка наличия определенных знаков или последовательности знаков (например, электронная почта должна содержать символ «@» и точку);
- проверка посимвольной длины введенных данных;
- проверка уникальности (многие системы допускают только одного пользователя с заданным именем).

На рисунке 12 представлена реализация валидации.

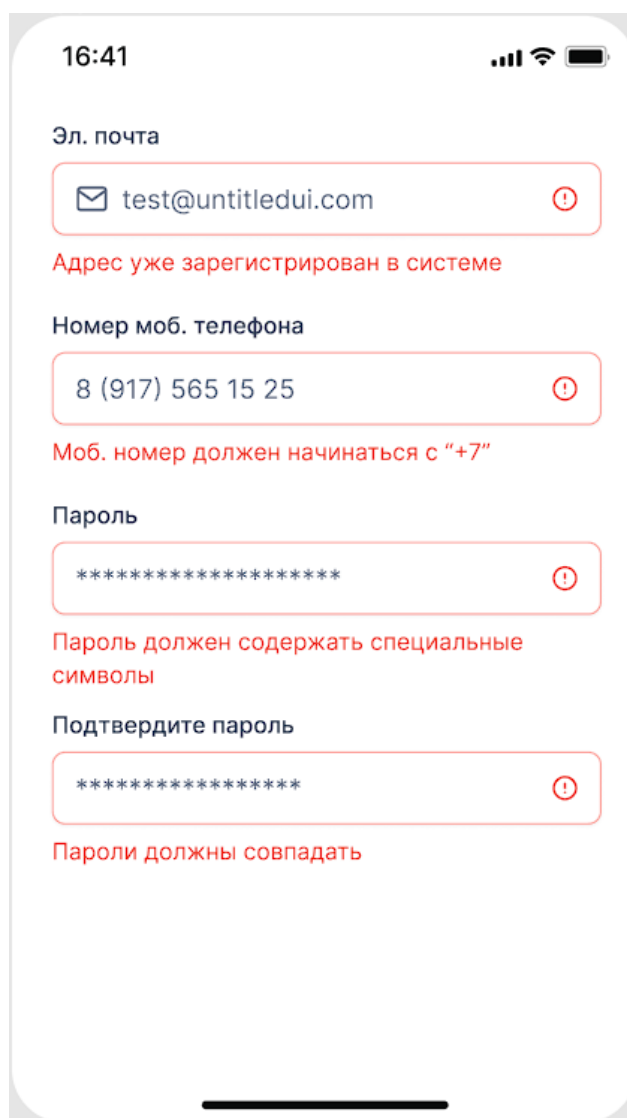


Рисунок 12 – Реализация валидации полей формы

На рисунке 13 представлен механизм адаптации с использованием валидации полей формы.

Схема адаптации представлена следующим образом:

- проблема отсутствия методов валидации и автозаполнения определена отсутствием помощи пользователю при заполнении форм данных;
- адаптация производится с помощью реализации шаблонов валидации и автозаполнения;
- шаблон автозаполнения применяется, когда вводимые пользователем данные могут повторяться, например, пользователь вводит электронную почту или название поставщика. Шаблон валидации применяется, когда

вводимые пользователем данные имеют строгий формат для серверной части ERP-приложения;

- в качестве компонентов адаптации выступают формы ввода данных и выпадающие списки.

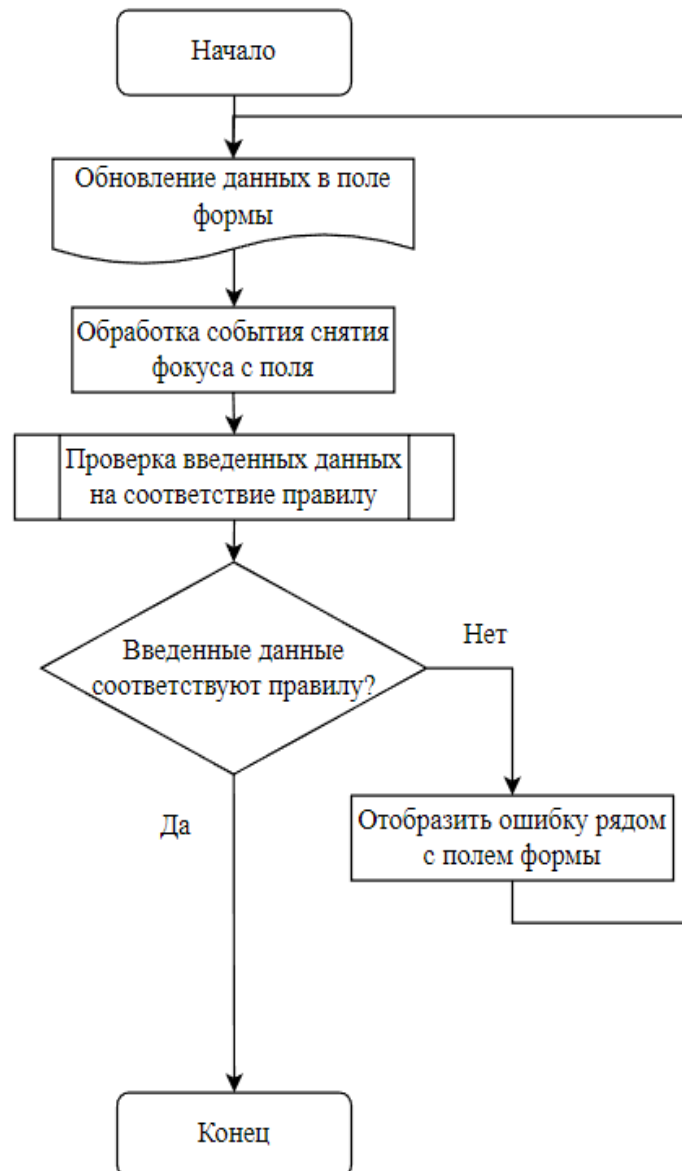


Рисунок 13 – Адаптация пользовательского интерфейса с применением валидации полей формы

Из-за сложности ERP-систем проблема пользовательского интерфейса, связанная с отсутствием методов валидации и исправления особенно актуальна. Для увеличения скорости и эффективности ввода данных, а также

предотвращения ошибок, в мобильных приложениях ERP описанные выше адаптации необходимо использовать для всех экранов, где пользователь взаимодействует с полями формы.

3.2.5 Решение проблемы подключения к мобильной передаче данных

Проблема подключения к мобильной передаче данных – это типовая проблема, характерная всем мобильным приложениям, которая в контексте мобильных ERP-приложений может сильно вредить удобству использования из-за потери прогресса при работе с данными.

Для оповещения пользователя при возникновении проблемы с соединением адаптация можно использовать шаблон нотификации в виде всплывающих уведомлений (рисунок 14).

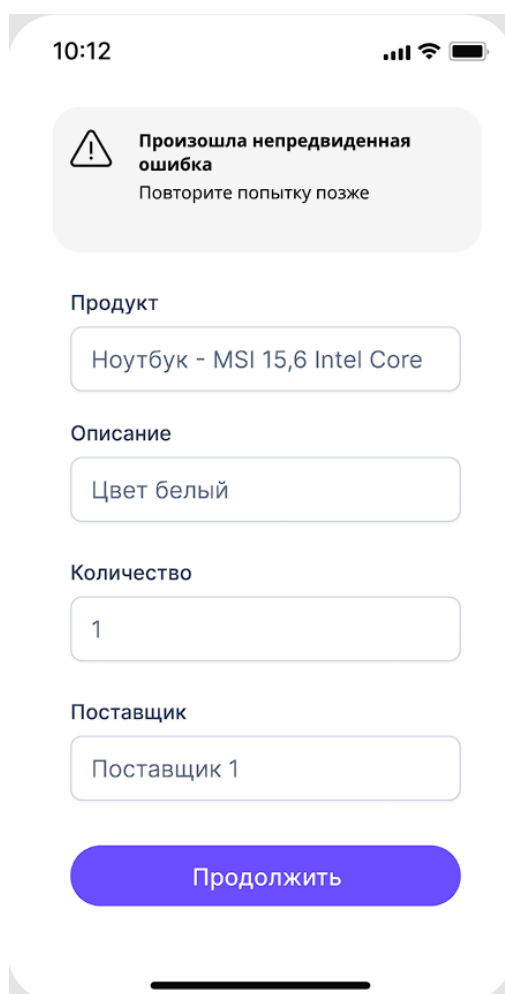


Рисунок 14 – Оповещение пользователя с помощью всплывающих нотификаций для адаптации проблемы мобильной передачи данных

Кроме того, нотификации могут иметь вид отдельных экранов (рисунок 15).

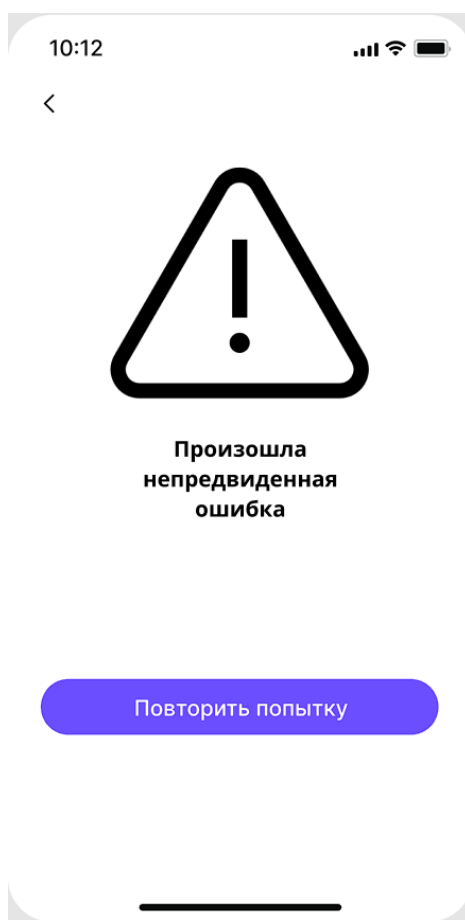


Рисунок 15 – Уведомление пользователя на отдельном экране приложения для адаптации проблемы мобильной передачи данных

Чтобы определить, когда мобильное приложение ERP теряет соединение, необходимо использовать механизм перехвата кодов состояния запросов.

Код состояния HTTP – часть первой строки ответа сервера при запросах по протоколу HTTPS. Он представляет собой целое трехразрядное десятичное число. Первая цифра означает класс состояния. Механизм перехвата должен учитывать коды состояний, начинающиеся с цифр 4 и 5, так как именно эти значения используются при ошибках сервера или проблемах, связанных с отправкой запроса.

Механизм адаптации с применением перехвата кодов состояний запросов и уведомлений представлен на рисунке 16.

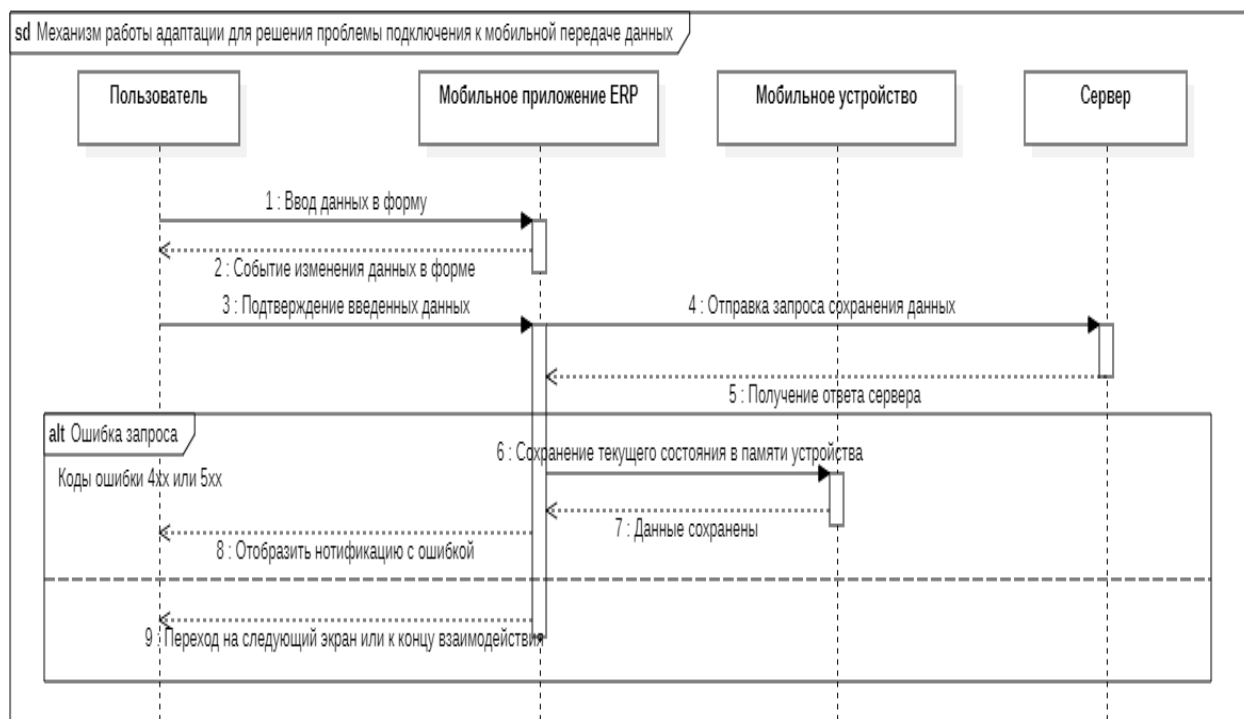


Рисунок 16 – Адаптация проблемы подключения к мобильной передаче данных

На рисунке 16 также можно заметить действие «Сохранение текущего состояния в памяти устройства». Таким образом, аналогично проблеме заряда батареи, решается проблема утери данных в случае, если пользователь закроет приложение до отправки данных. После возврата в приложение и авторизации пользователю должно быть предложено продолжить незаконченные операции.

Схема адаптации представлена следующим образом:

- проблема подключения к мобильной передаче данных определена проблемой утери прогресса при отсутствии подключения к сети;
- адаптации применяется, когда сервер возвращает ответ с кодом состояния, начинающимся с четырех или пяти;
- в адаптации признается шаблон нотификаций, перехват кодов состояний ответов сервера и сохранение данных состояния в памяти устройства;

- в качестве компонентов адаптации выступают формы ввода данных и нотификации.

Представленная адаптация дает представление пользователю о том, что его данные не утеряны и он может продолжить взаимодействие с мобильным ERP-приложением, когда подключение к сети станет доступным.

3.3 Модель адаптации мобильных пользовательских интерфейсов

На рисунке 17 представлена модель адаптации, разработанная на основе представленных выше адаптаций.

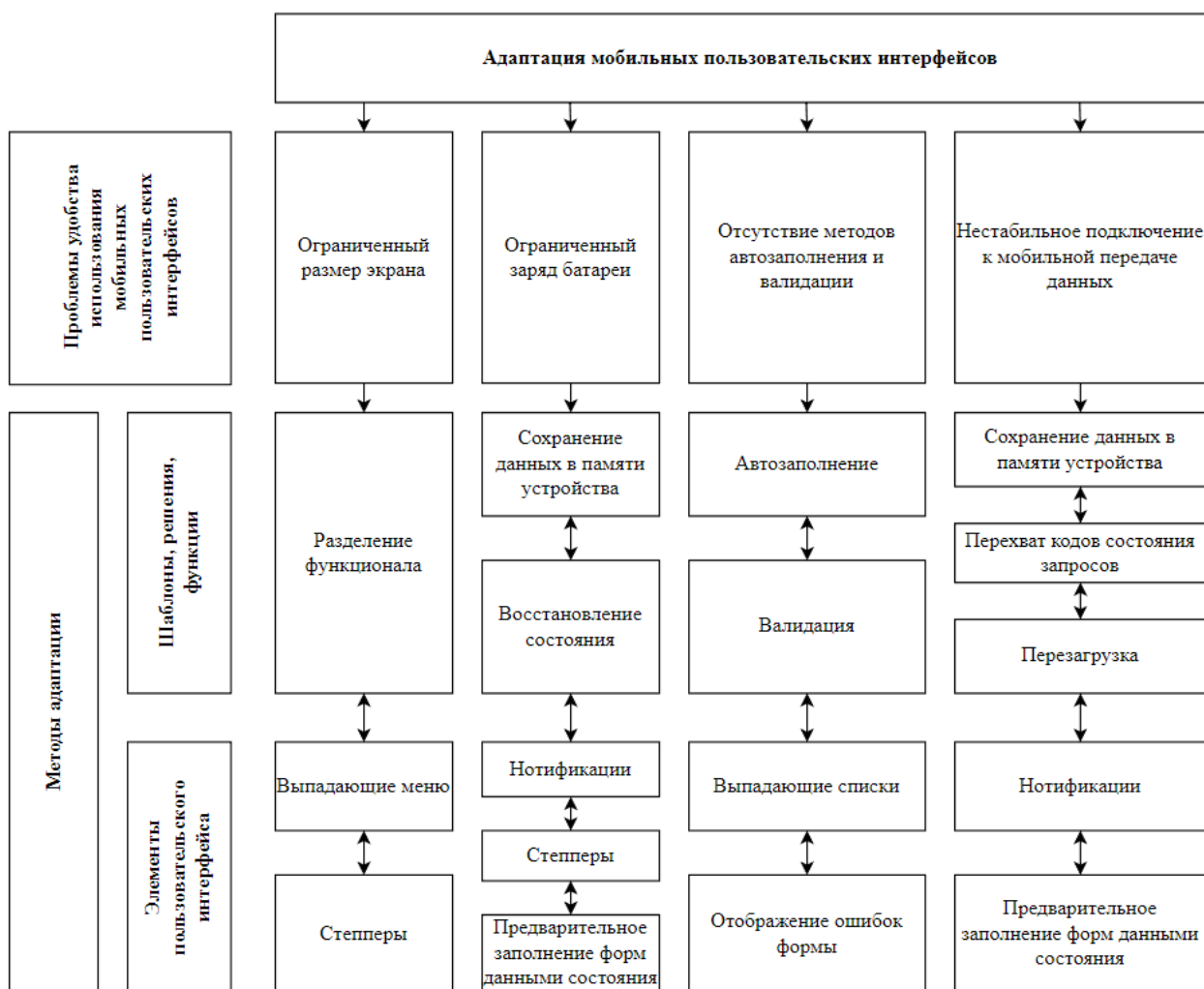


Рисунок 17 – Модель адаптации для решения проблем удобства использования

Цель предложенной модели адаптаций состоит в том, чтобы стать средством руководства разработчиками мобильных ERP-приложений при проектировании адаптивных пользовательских интерфейсов.

Модель разделена на проблемы удобства использования и методы адаптации, описанные в предыдущем подразделе. Методы адаптации представлены в виде визуальных элементов адаптации и решений.

Решения представляют собой различные шаблоны или функциональность, которые необходимо внедрить разработчику для решения связанной проблемы.

Элементы пользовательского интерфейса являются результатом внедрения шаблонов адаптации, которые увидят пользователи. Например, при решении проблемы ограниченного заряда батареи, реализация сохранения данных в памяти устройства и восстановления состояния будет визуально представлена в виде уведомлений, индикаторов и предварительного заполнения форм данными сохраненного состояния.

Таким образом, в данном этапе исследования были решены следующие подзадачи:

- определены методы адаптации, которые позволят решить выявленные проблемы удобства использования;
- разработана модель адаптации для мобильных пользовательских интерфейсов.

Следовательно, становится возможным проверить состоятельность гипотезы исследования.

Глава 4 Апробация разработанной модели адаптации

Задачей данной главы диссертации является апробация разработанной модели адаптации путем ее применения на неадаптивном интерфейсе клиента мобильной ERP-системы.

4.1 Апробация разработанной модели на неадаптивном прототипе мобильной ERP-систем

Цель данной главы – проверить возможность применения модели для решения проблем удобства использования и оценить улучшения адаптивной версии мобильного пользовательского интерфейса ERP-системы.

Процесс оценки должен быть направлен на определение того, может ли внедрение адаптивного пользовательского интерфейса и его компонентов улучшить удобство использования в мобильном приложении ERP-системы с точки зрения выбранных атрибутов удобства использования модели RASMA, описанной в главе 2:

- производительность;
- эффективность;
- удовлетворенность;
- обучаемость;
- запоминаемость;
- частота ошибок.

Для подтверждения гипотезы исследования, о работоспособности метода нужно провести эмпирическую оценку неадаптивного и адаптивного прототипов мобильной ERP-системы.

Для проведения оценки и разработки прототипов была выбрана ERP-система с открытым исходным кодом «Odoо ERP». Для проведения оценки неадаптивного интерфейса ERP-системы был взят тестовый пример версии 2017 года. Первая часть неадаптивной формы была представлена на рисунке

3. На рисунке 18 представлен неадаптивный интерфейс для формы создания доставки и счетов.

The screenshot shows a mobile application interface for 'DELIVERIES & INVOICES' in the mERP system. The interface is non-responsive, showing a list of fields with values and a 'NO' button. The fields are:

- Expected Date: - none -
- Destination: WH/Stock
- Invoicing Control: Based on generated draft invoice
- Invoice Received: NO
- Payment Term: - none -
- Fiscal Position: - none -

Рисунок 18 – Форма «Доставка и счета» неадаптивного интерфейса

На рисунках 3 и 18 представлены форма запроса создания предложения о сбыте в модуле «Закупки». У данного пользовательского интерфейса можно выявить ряд проблем, которые были описаны в главе 2.

Для решения этих проблем, на основе этой версии был разработан адаптивный прототип, который решает эти проблемы удобства использования.

Для решения проблемы отсутствия помощи пользователю при вводе данных в форму реализована адаптация с применением шаблона автозаполнения (рисунок 19).

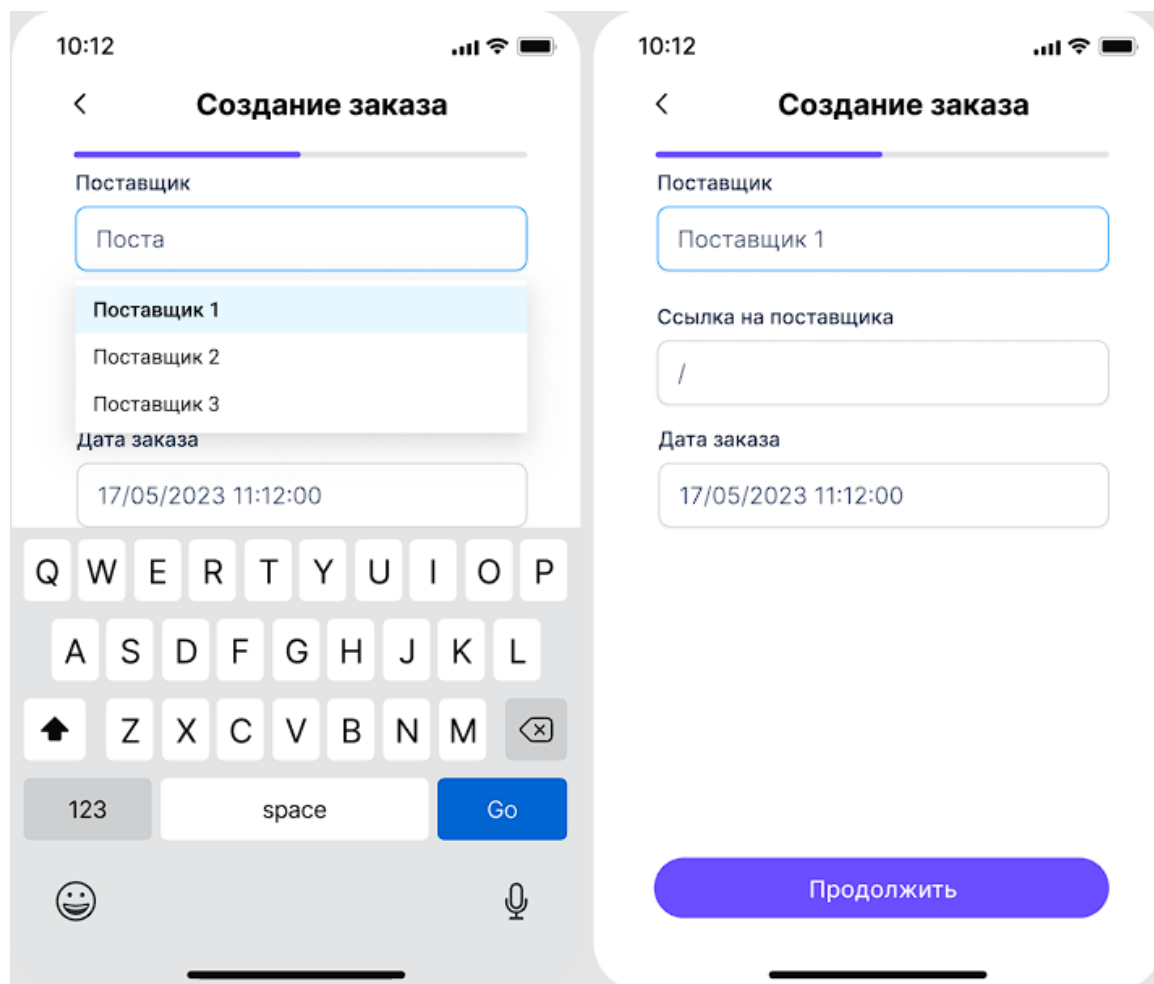


Рисунок 19 – Адаптация с применением шаблона автозаполнения формы «Создание заказа»

На рисунке 20 показано применение шаблона валидации для формы доставки и счетов для решения той же проблемы.

Для формы «Доставка и счета» не предусмотрена адаптация проблемы ограниченного размера экрана, однако применяются перехват кодов состояний запросов и нотификации для решения проблемы подключения к мобильной передаче данных.

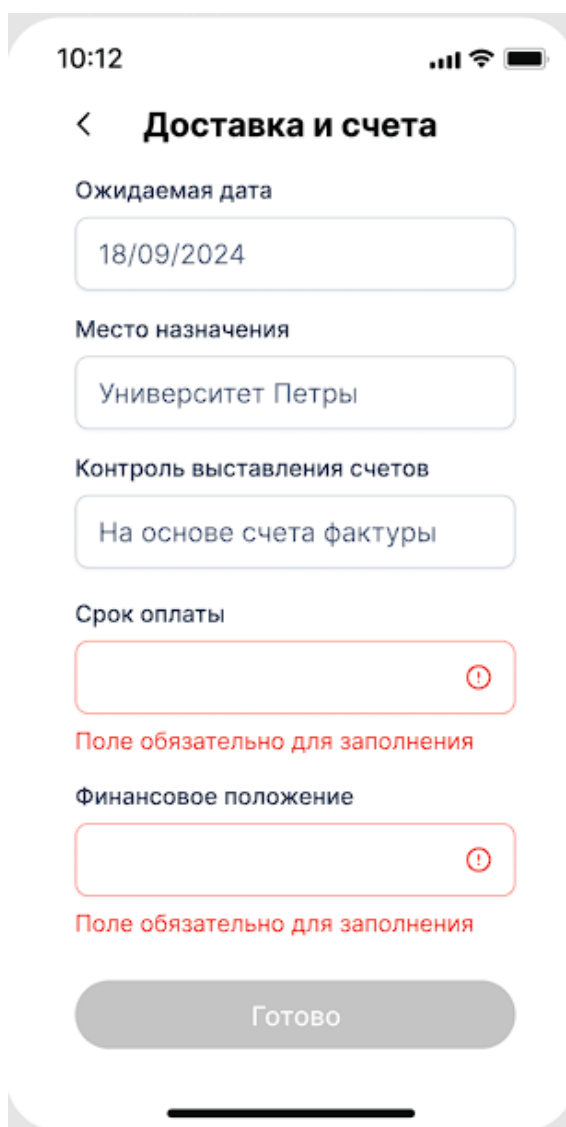


Рисунок 20 – Адаптация формы «Доставка и счета»

Адаптации для решения проблем ограниченного размера экрана, проблемы подключения к мобильной передаче данных и проблемы ограниченного заряда батареи уже были представлены в предыдущей главе на рисунках 4, 5, 6, 8, 15.

Данные методы адаптации также включены в разработанную модель в главе 3. Таким образом данные прототипы будут использоваться для подтверждения гипотезы о том, что применение методов, описанных в модели решения проблем удобства использования, положительно влияет на атрибуты удобства использования модели RASMAД.

4.2 Анализ влияния внедрения паттернов модели на характеристики удобства использования

4.2.1 Методы оценки адаптивных пользовательских интерфейсов

В области исследований адаптивных пользовательских интерфейсов не существует четко определенной методологии оценки адаптивных пользовательских интерфейсов. Однако в исследованиях по оценке можно найти две отличающиеся методологии оценки: эмпирическую и многоуровневую методологии.

В методологии эмпирической оценки удобство использования адаптивных пользовательских интерфейсов оценивается в форме контролируемого эксперимента путем сравнения адаптивных интерфейсов с не адаптивными в той же области, чтобы показать актуальность любой достигнутой производительности. В многоуровневой методологии процесс оценки разделен на различные компоненты, которые могут оцениваться независимо, такие как предлагаемая многоуровневая система оценки, которая различает два уровня оценки, а именно уровень оценки взаимодействия и уровень оценки принятия адаптационных решений.

Следовательно, методология эмпирической оценки может быть использована для оценки удобства использования для наблюдения за любыми улучшениями производительности. В то время как методология многоуровневой оценки не может быть использована, из-за цели оценки, которая не заключается в оценке решений по адаптации с точки зрения обоснованности и значимости. Методология эмпирической оценки считается наиболее преобладающей методологией для оценки адаптивных пользовательских интерфейсов, и это было отмечено в многочисленных исследовательских работах, в которых использовалась эта методология. Кроме того, обычные методы оценки удобства использования, которые были объяснены в главе 2 (методы, основанные на экспертах, методы пользовательского тестирования, исследовательские методы и методы

аналитической оценки), обычно используются в сочетании с эмпирическими оценками.

Эмпирические оценки направлены на оценку производительности конечного пользователя и его отношения к конкретной системе путем получения субъективных отзывов конечного пользователя об эффективности, действенности и удовлетворенности с помощью традиционных методов оценки удобства использования.

4.2.2 Определение исследовательского вопроса

На этом этапе определяется основной исследовательский вопрос, на который необходимо ответить для достижения цели оценки. В этой оценке основная цель состоит в том, чтобы определить, может ли представленная модель улучшить удобство использования разработанного прототипа интерфейса мобильной ERP-системы после применения шаблонов проектирования мобильных пользовательских интерфейсов, соотнесенных с проблемами прототипа или нет. Поэтому оценка должна быть проведена путем сравнения адаптивной версии прототипа с неадаптивной версией. Кроме того, участники оценки должны оценивать дважды, чтобы измерить обучаемость и запоминаемость.

Зависимыми переменными в этой оценке являются адаптивная и неадаптивная версии прототипа приложения мобильной ERP. В свою очередь, независимые переменные – это выбранные атрибуты модели удобства использования PACMAD, которые использовались для измерения зависимых переменных в проведенной оценке.

Целью проведения эмпирической оценки является оценка производительности конечного пользователя и его отношения к адаптивной версии разработанного прототипа. Как было указано ранее в главе 2, частота ошибок, запоминаемость, обучаемость и эффективность (выбранные атрибуты модели удобства использования PACMAD) считаются объективными операционными критериями, которые направлены на определение производительности конечного пользователя. В то время как атрибут

удовлетворенности считается субъективным операционным критерием, который измеряет субъективное восприятие (отношение) конечных пользователей. Следовательно, измерение этих абстрактных атрибутов удобства использования может быть выполнено путем придания им более конкретного характера. Таким образом, в эмпирической оценке должны быть использованы следующие показатели [24]:

- эффективность измеряется путем определения того, произошло ли значительное улучшение в среднем по времени выполнения задач, количеству допущенных ошибок и количеству активных виджетов пользовательского интерфейса. Сравнивается использование неадаптивной и адаптивной версии в течение двухдневного периода оценки для каждого контекста эксперимента;
- частота ошибок измеряется путем определения того, произошло ли значительное снижение среднего числа ошибок, допущенных между использованием неадаптивной версии и использованием адаптивной версии в течение двухдневного периода оценки для каждого контекста эксперимента;
- запоминаемость и обучаемость измеряются путем определения того, была ли разница в результатах эффективности (среднее значение: время выполнения задач, количество допущенных ошибок и количество активных виджетов пользовательского интерфейса) между использованием неадаптивной версии и использованием адаптивной версии;
- удовлетворенность измеряется с использованием субъективных операционных критериев. Субъективные показатели были разделены на две категории и измеряются с использованием 5-балльной шкалы: общая реакция на прототип и отношение к выявленным проблемам юзабилити.

Полученные данные в результате оценки вышеупомянутых показателей должны помочь оценить влияние модели на атрибуты удобства использования модели PASCAD.

4.2.3 Этап выполнения

Этот этап состоит из двух этапов, которые заключаются в разработке контролируемого эксперимента с последующим проведением оценки.

Экспериментальные проекты для адаптивных пользовательских интерфейсов обычно включают межпредметные проекты, внутриспредметные проекты или смешанные межпредметные проекты. Для этой оценки использовался межпредметный дизайн, чтобы выявить любые различия между двумя группами эксперимента с точки зрения определенных показателей. Таким образом, сравнительные оценки должны быть проведены между группой адаптивной версии и группой неадаптивной версии. Эти типы оценок регулярно используются, чтобы определить, существует ли статистически значимая разница между двумя оцениваемыми системами. Кроме того, они помогают определить, обеспечивает ли включение пользовательского интерфейса в систему заметные улучшения с точки зрения эффективности.

Эмпирическая оценка проводится для каждой группы, назначенной для каждой версии разработанного прототипа, в течение двухдневного периода оценки. Целью определения этого промежутка времени между проведенными экспериментами для каждой версии было оценить обучаемость и запоминаемость. Рисунок 21 иллюстрирует хронологию оценочных экспериментов.

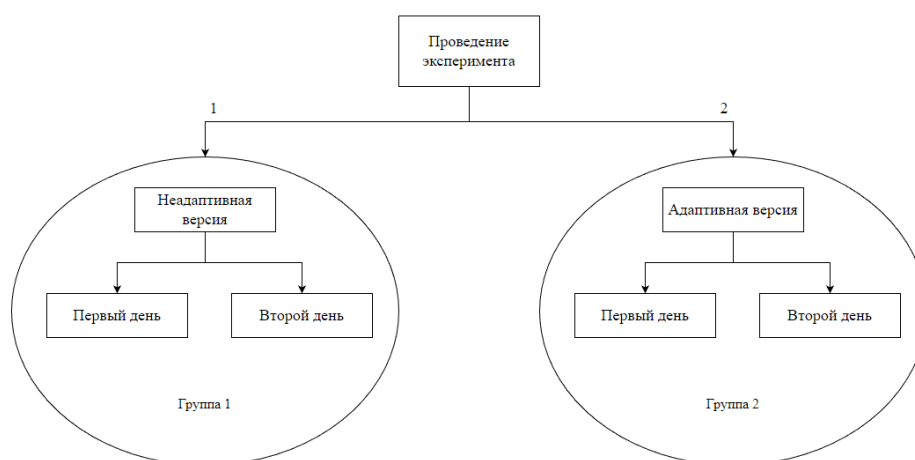


Рисунок 21 – Хронология проведения эксперимента

Процедура, которой должны следовать с каждым участником в течение каждого дня, выглядит следующим образом.

День первый:

- участнику предоставлено подробное объяснение и иллюстрация того, как создать запрос с помощью модуля закупок в ERP-системе;
- участнику предложено создать запрос запроса индивидуально, используя ERP-систему;
- участнику был предоставлен подготовленный список заданий на первый день оценки, и его попросили выполнить задание для каждого эксперимента.

День второй:

- участнику предоставлен подготовленный список задач на второй день оценки, и его просят выполнить задание для каждого эксперимента;
- по завершении экспериментов на второй день оценки участнику был предоставлен подготовленный вопросник об удовлетворенности после тестирования для заполнения.

Результаты проведения исследования будут представлены далее.

4.2.4 Результаты исследования

Внедрение адаптаций из предложенной модели для решения проблем ограниченного заряда батареи и подключения к мобильной передаче данных не решает данные проблемы полностью. Поскольку данные проблемы являются типовыми для всех мобильных устройств и не касаются конкретного приложения, то в контексте мобильной ERP-системы адаптации могут помочь лишь минимизировать ущерб удобству использования после возникновения проблемы.

В контексте решения проблемы ограниченного заряда батареи была предложена адаптация путем внедрения сохранения текущего состояния заполненных пользователем данных в приложение до тех пор, пока не будет выполнена какая-либо операция, которая предусматривает взаимодействие большими формами данных.

Моделирование адаптации показало, что среднее время на выполнение и среднее количество сфокусированных элементов интерфейса было значительно меньше, чем у неадаптивного интерфейса, так как пользователь может восстановить состояние и предотвратить потерю заполненных данных. Следовательно, данная адаптация также предотвращает количество потенциальных ошибок пользователя.

Для решения проблемы подключения к мобильной сети была предложена адаптация путем внедрения механизма кодов состояния ответов серверных запросов. Как и в случае с проблемой заряда батареи, адаптация предлагает сохранение состояния формы данных в память устройства, а также использование уведомлений и предварительное заполнение формы на основе введенных ранее данных пользователем.

Моделирование данной адаптации показало, что ее использование может улучшить такие атрибуты PACMAD как эффективность и количество ошибок.

Адаптации для решения проблем ограниченного размера экрана и отсутствия методов автозаполнения и валидации используют методы адаптации презентации. Таким образом, данные адаптации возможно проверить с помощью оценки прототипов интерфейса мобильной ERP-системы.

В экспериментах были рассчитаны средние значения времени выполнения задания за двухдневный период оценки (рисунок 22).

На основе этих данных были получены следующие результаты:

- записанное время выполнения заданий в экспериментах первого дня с использованием адаптивной версии прототипа в среднем было короче на 97 секунд, чем в неадаптивной версии прототипа;
- записанное время выполнения заданий в экспериментах второго дня с использованием адаптивной версии прототипа в среднем было короче на 95,4 секунды, чем в неадаптивной версии прототипа.

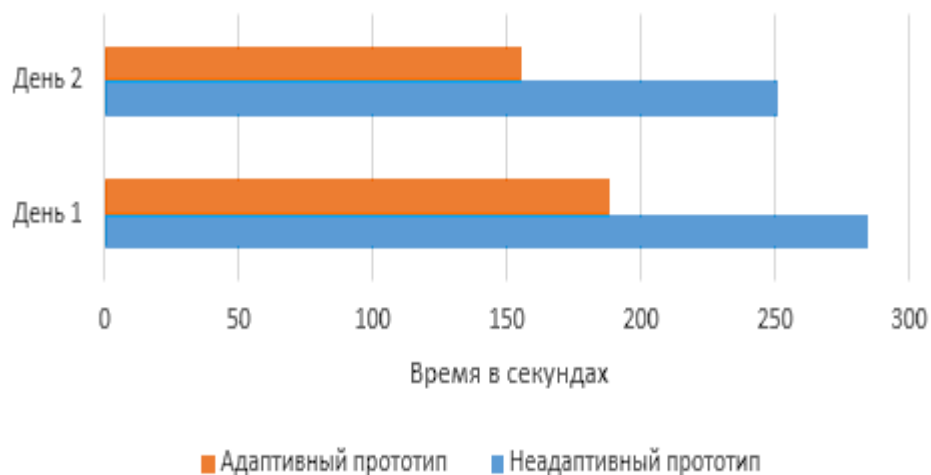


Рисунок 22 – Среднее время на выполнение задач

Таким образом, можно сделать вывод, что после применения данных адаптаций, время выполнения задач сократится.

В экспериментах были рассчитаны средние значения количества ошибок, допущенных за двухдневный период оценки, и на рисунке 23 показаны сравнения между ними.

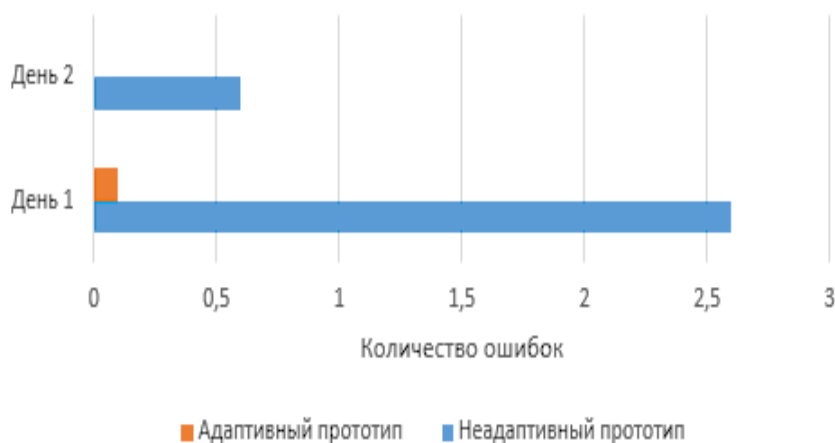


Рисунок 23 – Среднее количество ошибок

На основе этих рассчитанных средних значений были получены следующие результаты:

- количество ошибок, допущенных в экспериментах первого дня при использовании адаптивной версии прототипа, имело на 2,5 меньшую частоту ошибок, чем неадаптивная версия прототипа;
- количество ошибок, допущенных в экспериментах второго дня при использовании адаптивной версии прототипа, имело на 0,6 меньшую частоту ошибок.

Таким образом, на основе полученных результатов, можно сделать вывод, что внедрение адаптаций снижает частоту ошибок у пользователей.

Сфокусированные виджеты пользовательского интерфейса – это элементы, с которыми взаимодействовал пользователь, чтобы выполнить задачу.

В ходе экспериментов были записаны средние значения количества виджетов пользовательского интерфейса, которые были сфокусированы за двухдневный период оценки, и на рисунке 24 показаны сравнения между ними.

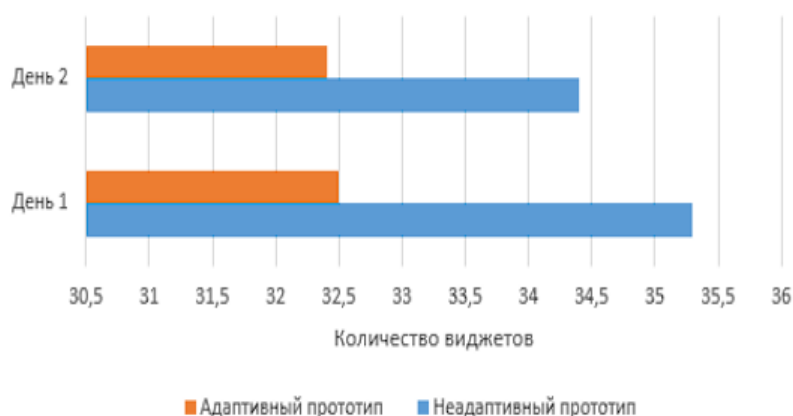


Рисунок 24 – Среднее количество сфокусированных виджетов

На основе этих средних были получены следующие результаты:

- количество виджетов пользовательского интерфейса в экспериментах первого дня с использованием адаптивной версии прототипа, было на 2,8 виджетов меньше, чем у неадаптивной версии прототипа;

- количество виджетов пользовательского интерфейса в экспериментах второго дня с использованием адаптивной версии, было на 2 виджета меньше.

На представленных рисунках в этом разделе видно, что количество необходимых шагов для выполнения задач у адаптивной версии ниже, чем у неадаптивной. Следовательно адаптивная версия пользовательского интерфейса более эффективна с точки зрения RASMA.

Целью расчета удовлетворенности является измерение субъективного восприятия участниками каждой из двух версий прототипа. Таким образом, каждому участнику из каждой группы был предоставлен вопросник об удовлетворенности после тестирования, который он должен был заполнить после завершения всех определенных экспериментов в течение двухдневного периода оценки.

Общая реакция на прототип представлена на рисунке 25.

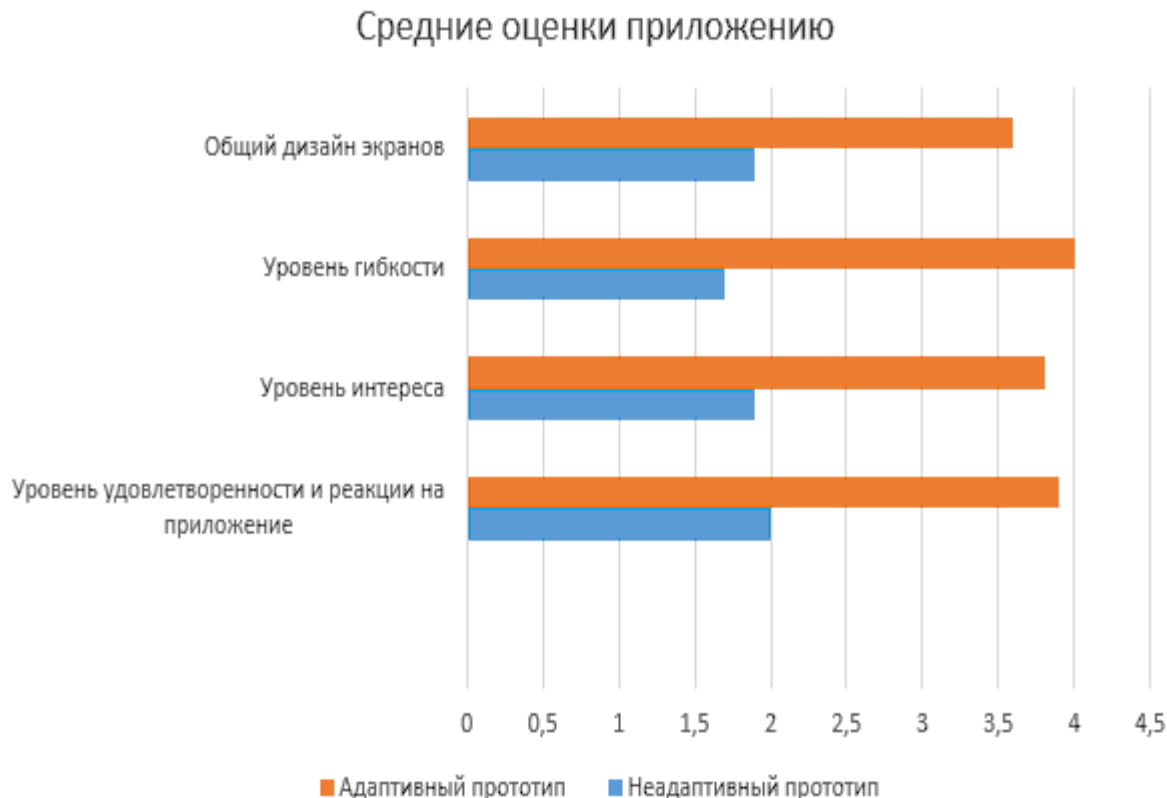


Рисунок 25 – Средние оценки приложению

Таким образом, подтверждено, что уровень удовлетворенности становится выше после внедрения паттернов проектирования, описанных в модели.

Эксперимент показал, что внедрение адаптивного прототипа положительно сказалось на таких атрибутах PACMAD, как эффективность, производительность, удовлетворенность и ошибки.

В таблице 2 представлена разница между 2 днями для адаптивной и неадаптивной версии.

Таблица 2 – Результаты сравнения

	Неадаптивная версия прототипа		Адаптивная версия прототипа	
	День 1	День 2	День 1	День 2
Время на выполнение задач	284.9	250.7	187.9	155.3
Количество ошибок	2.6	0.6	0.1	0
Количество сфокусированных виджетов	35.3	34.4	32.5	32.4

В результате, подтверждена гипотеза о том, что модель для решения проблем удобства использования с помощью предложенных методов адаптации пользовательских интерфейсов, при ее применении, улучшает удобство использования согласно модели оценки PACMAD.

Таким образом, в данной главе решена исследовательская задача апробации разработанной модели адаптации.

Заключение

Магистерская диссертация посвящена проблемам удобства использования пользовательских интерфейсов мобильных ERP-систем и способам их решения. Был проведен анализ проблем юзабилити, которые присущи интерфейсам мобильных ERP-систем.

В ходе проведения исследования и написания диссертации были получены следующие результаты:

- с помощью анализа литературы были выявлены актуальные проблемы удобства использования пользовательских интерфейсов мобильных ERP-приложений, которые негативно влияют на атрибуты удобства использования метода оценки PACMAD;
- была предложена модель решения выявленных проблем мобильных пользовательских интерфейсов с помощью разработанных адаптаций;
- осуществлена апробация модели на тестовом примере мобильной ERP-системы «Odoо ERP» модуля «Закупки»;
- проведена оценка юзабилити адаптивного прототипа мобильного интерфейса ERP-приложения. Опрос показал, что реализация адаптивных методов, предложенных в разработанной модели, оказывает положительное влияние на атрибуты удобства использования модели PACMAD и юзабилити пользовательского интерфейса мобильной ERP-системы.

Благодаря выполненным исследованиям в работе была решена научно-исследовательская задача разработки модели адаптаций для решения проблем удобства использования пользовательских интерфейсов мобильных ERP-систем.

Таким образом, для подтверждения гипотезы исследования были выполнены следующие задачи:

- выявлены проблемы удобства использования, которые возникают при работе с мобильными интерфейсами ERP-приложений;

- определены приемы адаптации, с помощью которых можно решить выявленные проблемы удобства использования;
- была предложена модель адаптации для мобильных интерфейсов ERP-приложений;
- была проведена апробация разработанной модели адаптации на тестовом примере мобильного ERP-приложения. В результате оценки, были выявлены улучшения отдельных атрибутов модели оценки удобства использования PASCAD.

Значение диссертационной работы определяется тем, что благодаря использованию разработанной модели становится возможным повышение действенности проектирования мобильных пользовательских интерфейсов ERP-систем.

Список используемой литературы

1. Анокин А. Принципы адаптивного интерфейса // Международная научно-практическая конференция «Психология труда, инженерная психология и эргономика 2014» – СПб.: Межрегиональная эргономическая ассоциация, 2014. – 253-360 с.
2. Бобров. А.В. Исследование технологии кроссплатформенной разработки приложения с адаптивным пользовательским интерфейсом // Молодой ученый. – 2022. – 5-8 с.
3. Захаркина В.В. Аспекты разработки адаптивных веб-интерфейсов // Информационное общество: образование, наука, культура и технологии будущего – СПб.: Ун-т ИТМО, 2016. – 9 с.
4. Кедлек Т. Адаптивный дизайн: делаем сайты для любых устройств – СПб.: Питер, 2013. – 288 с
5. Тидвелл Д., Брюэр Ч., Валенсия Э. Разработка интерфейсов. Паттерны проектирования. 3-е изд. — СПб.: Питер, 2022. — 560 с.
6. Álvaro Lozano Murciego. Mobility Integration of ERP systems // Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal., 2015.
7. Broomé, Clason Agnes. A Case Study of a Business Process Modeling in Mobile ERP System. // Studentthesis, Malmö universitet, Fakulteten för teknik och samhälle (TS)., 2019.
8. Cailan, Diana Andreea. Mobile ERP: A literature review on the concept of Mobile ERP systems. // Studentthesis, Internationella Handelshögskolan, Högskolan i Jönköping, IHH, Informatik., 2016.
9. Claes Kallström. Identifying Potential Effects of Using ERP-Connected Mobile Devices in Manufacturing Companies // Linköping University., 2016.
10. F. Monk, J. Wagner. Concepts in Enterprise Resource Planning, 2012.
11. J. Nielsen. Heuristic Evaluation., 1994.
12. Jigar K Patel. Mobile ERP: Implementation and Sustainment Strategies // International Journal of Computer Trends and Technology., 2020.

13. Khandoker Rahad. A New Initiative for ERP System Architecture with Mobile Cloud: Aspects of Bangladesh // International Conference on Electrical Engineering and Information Communication Technology., 2016.
14. Khalil Omar. A selection model of ERP system in mobile ERP design science research: Case study: Mobile ERP usability. // 13th International Conference of Computer Systems and Applications (AICCSA), 2016.
15. Khalil Omar. An investigation of the proliferation of mobile ERP apps and their usability. // 8th International Conference on Information and Communication Systems (ICICS)., 2017.
16. Kim, J. H. Differences in typing forces, muscle activity, comfort, and typing performance among virtual, notebook, and desktop keyboards // Applied ergonomics., 2014.
17. K. C. Laudon, J. P. Laudon. Management information systems: Managing the digital firm: Pearson, 2014.
18. Mousa Albashrawi. Adoption of Mobile ERP in Traditional-ERP Organizations: The Effect of Computer Self-Efficacy Emergent Research Forum Paper // AMCIS., 2016.
19. Motiwalla, Albashrawi. Understanding Mobile Banking Usage Behavior: An Analytics Approach., 2016.
20. Mousa Albashrawi. Adoption of Mobile ERP in Educational Environment: Computer Self-Efficacy and System Security. // International Journal of Enterprise Information Systems., 2020.
21. Porntida Kaewkamol. Data Quality of ERP systems in Mobile Environment. // Mobile and Wireless Technologies, 2016.
22. Rosa, Y.G. Heuristic Evaluation on Mobile Interfaces: A New Checklist // The Scientific World Journal., 2014.
23. Saleh Hadidi. ERP Security Based On Web Services // Gloubal Journal of Computer Science And Technology., 2020.

24. Schryen, G. Writing qualitative IS literature reviews – Guidelines for synthesis, interpretation and guidance of research // Communications of the AIS., 2015.
25. Sona Srivastava. ERP Deployment // Digitising Enterprise., 2021.
26. S. Lee. User Behavior of Mobile Enterprise Applications. // KSII Transactions on Internet and Information Systems., 2016.
27. Yvette Gelogo. Mobile Integrated Enterprise Resource Planning System Architecture // International Journal of Control and Automation., 2014.
28. T. H. Willis, A.H. Willis-Brown. Extending the value of ERP. Industrial Management & Data Systems., 2002.
29. Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: Definitions and concepts., 2018.
30. Safitra Aditya Bagaskara. Software Quality Testing in Mobile Application Based on the PACMAD Model., 2022