Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Факультет компьютерных систем и сетей

Кафедра электронных вычислительных машин

К ЗАЩИТЕ ДОПУСТИТЬ

Зав. каф. ЭВМ

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Б.Н. Никульшин

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к дипломному проекту

на тему

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ПРОСМОТРА И

ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ О РАСПИСАНИИ ЗАНЯТИЙ

БГУИР ДП 1–40 02 01 01 019 ПЗ

Студент А.В. Гуринович

Руководитель Д.В. Басак

Консультанты:

от кафедры ЭВМ Д.В. Басак

по экономической части В.Г. Горовой

Нормоконтролер Е.Е. Клинцевич

Рецензент

МИНСК 2023

Реферат

Дипломный проект предоставлен следующим образом. Электронные носители: 1 компакт-диск. Чертёжный материал: 6 листов формата А1. Пояснительная записка: N страниц, N рисунков, N таблиц, N литературных источников, 3 приложения.

Ключевые слова: Swift, SwiftUI, MVVM, CoreData, Xcode, App Store, адаптивный графические пользовательские интерфейсы, iOS, iPadOS, macOS.

Предметной областью данного проекта является расписание занятий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. Объектом разработки является кроссплатформенное нативное приложение для просмотра и обработки информации о расписании занятий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Целью разработки данного дипломного проекта является создание приложения с высокой степенью удобства и быстродействия, которое будет использовать всю доступную через интерфейс программирования приложений интегрированной информационной системы Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники информацию для отображения расписания, и иной информации.

Для разработки данного проект использовалась интегрированная среда разработки Xcode, язык программирования Swift и платформа SwiftUI для создания пользовательского интерфейса.

В результате разработки создано программное средство для просмотра и обработки информации о расписании занятий для операционных систем iOS, iPadOS и macOS. Программное средство доступно для загрузки на платформе Apple App Store.

Практическим применением разработки является удобное и быстрое получение структурированной информации для студентов и преподавателей университета. Пользователи смогут легко находить информацию о своих занятиях, преподавателях, группах, кабинетах, а также добавлять задания со сроком выполнения и управлять ими. Проект улучшает опыт обучения в университете для пользователей на платформах Apple, снижает время, затрачиваемое на получение и обработку информации.

Проект является эффективным с экономической стороны, при этом эффективно выражается не только в прямой прибыли от продаж, но и в повышении эффективности пользователей в процессе обучения.

Данные проект полностью завершён и доступен пользователям на рынке, в частности, в Apple App Store. Дальнейшему развитию приложения может поспособствовать открытый исходный код, который доступен на web-сервисе GitHub, где другие пользователи могут сообщать об ошибках, предлагать и реализовывать улучшения программного средства.

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Факультет: КСиС. Кафедра: ЭВМ.

Специальность: 40 02 01 «Вычислительные машины, системы и сети».

Специализация: 40 02 01-01 «Проектирование и применение локальных компьютерных сетей».

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ЭВМ

\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Б.В.Никульшин

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2023 г.

ЗАДАНИЕ

по дипломному проекту студента

Гуриновича Андрея Викторовича

1 Тема проекта: «Программное средство для просмотра и обработки информации о расписании занятий» – утверждена приказом по университету от 24 марта 2023 г. № 743-с.

**2** Срок сдачи студентом законченного проекта: 1 июня 2023 г.

**3** Исходные данные к проекту:

1. Получение данных из интегрированной информационной системы Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.
2. Операционные системы: iOS, iPadOS и macOS.
3. Среда разработки: Xcode.
4. Язык программирования: Swift.

**4** Содержание пояснительной записки (перечень подлежащих разработкевопросов):

Введение 1. Обзор литературы. 2. Системное проектирование. 3. Функциональное проектирование. 4. Разработка программных модулей. 5. Программа и методика испытаний. 6. Руководство пользователя. 7. Технико-экономическое обоснование разработки и реализации на рынке программного средства для просмотра и обработки информации о расписании занятий. Заключение. Список использованных источников. Приложения.

**5** Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Вводный плакат. Плакат.
2. Программное средство для просмотра и обработки информации о расписании занятий. Схема структурная.
3. Программное средство для просмотра и обработки информации о расписании занятий. Модель данных.
4. Программное средство для просмотра и обработки информации о расписании занятий. Диаграмма классов.
5. Представление списка групп. Диаграмма последовательностей
6. Представление расписания занятий. Диаграмма последовательностей
7. Заключительный плакат. Плакат.

**6** Содержание задания по экономической части: «Технико-экономическое обоснование разработки и реализации на рынке средства для просмотра и обработки информации о расписании занятий».

ЗАДАНИЕ ВЫДАЛ \_\_\_\_\_\_\_\_ В.Г. Горовой

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование этапов дипломного проекта | Объем этапа, % | Срок выполнения этапа | Примечания |
| Подбор и изучение литературы | 10 | 23.03 – 29.03 |  |
| Структурное проектирование | 10 | 29.04 – 05.04 |  |
| Функциональное проектирование | 20 | 05.04 – 18.04 |  |
| Разработка программных модулей | 30 | 18.04 – 08.05 |  |
| Программа и методика испытаний | 10 | 08.05 – 11.05 |  |
| Расчёт экономической эффективности | 10 | 11.05 – 15.05 |  |
| Оформление пояснительной записки | 10 | 15.05 – 21.05 |  |

Дата выдачи задания: 23 марта 2023 г.

Руководитель \_\_\_\_\_\_\_\_ Д.В. Басак

ЗАДАНИЕ ПРИНЯЛ К ИСПОЛНЕНИЮ \_\_\_\_\_\_\_\_ А.В. Гуринович

Содержание

[ВВЕДЕНИЕ 7](#_Toc135185470)

[1 Обзор литературы 8](#_Toc135185471)

[1.1 Интерфейс программирования приложений интегрированной информационной системы Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники 8](#_Toc135185472)

[1.2 Выбор платформы для разработки 13](#_Toc135185473)

[1.3 Интегрированная среда разработки Xcode 18](#_Toc135185474)

[1.4 Обзор аналогов 19](#_Toc135185475)

[2 Системное проектирование 23](#_Toc135185476)

[2.1 Модели 23](#_Toc135185477)

[2.2 Представления 24](#_Toc135185478)

[2.3 Модели представлений 24](#_Toc135185479)

[2.4 Блок извлечения 25](#_Toc135185480)

[2.5 Блок декодирования 25](#_Toc135185481)

[2.6 Постоянное хранилище 25](#_Toc135185482)

[2.7 Фоновые контексты 26](#_Toc135185483)

[2.8 Контекст Представления 26](#_Toc135185484)

[3 Функциональное проектирование 27](#_Toc135185485)

[3.1 Модель данных 28](#_Toc135185486)

[3.2 Протоколы 34](#_Toc135185487)

[3.3 Модели 37](#_Toc135185488)

[3.4 Модели представлений 43](#_Toc135185489)

[3.5 Блок извлечения 51](#_Toc135185490)

[3.6 Блок декодирования 55](#_Toc135185491)

[4 Разработка программных модулей 65](#_Toc135185492)

[4.1 Алгоритм получения учебной недели даты 65](#_Toc135185493)

[4.2 Алгоритм создания основанных на датах секций расписания из множества занятий. 66](#_Toc135185494)

[4.3 Алгоритм создания основанных на учебных неделях и днях недели секций расписания из множества занятий. 67](#_Toc135185495)

[4.4 Алгоритм извлечения данных из API 68](#_Toc135185496)

[5 Программа и методика испытаний 70](#_Toc135185497)

[6 Руководство пользователя 71](#_Toc135185498)

[7 Технико-экономическое обоснование разработки и реализации на рынке ПРОГРАММНОГО средства для просмотра и обработки информации о расписании занятий 72](#_Toc135185499)

[7.1 Характеристика программного средства, разрабатываемого для реализации на рынке 72](#_Toc135185500)

[7.2 Расчёт инвестиций в разработку программного средства 72](#_Toc135185501)

[7.3 Расчёт экономического эффекта от реализации программного средства на рынке 75](#_Toc135185502)

[7.4 Расчёт показателей экономической эффективности разработки и реализации программного средства на рынке 77](#_Toc135185503)

[7.5 Вывод об экономической целесообразности реализации проектного решения 78](#_Toc135185504)

[Заключение 79](#_Toc135185505)

[Список использованных источников 80](#_Toc135185506)

[ПРИЛОЖЕНИЕ А 82](#_Toc135185507)

[ПРИЛОЖЕНИЕ Б 83](#_Toc135185508)

[ПРИЛОЖЕНИЕ В 84](#_Toc135185509)

ВВЕДЕНИЕ

Данный дипломный проект посвящён разработке программного средств для просмотра и обработки информации о расписании занятий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Целью разработки данного дипломного проекта является создание приложения с высокой степенью удобства и быстродействия, которое будет использовать всю доступную через интерфейс программирования приложений интегрированной информационной системы Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники информацию для отображения расписания, и иной информации.

Для разработки данного проект использовалась интегрированная среда разработки Xcode, язык программирования Swift и платформа SwiftUI для создания пользовательского интерфейса.

В результате разработки создано программное средство для просмотра и обработки информации о расписании занятий для операционных систем iOS, iPadOS и macOS. Программное средство доступно для загрузки на платформе Apple App Store.

Практическим применением разработки является удобное и быстрое получение структурированной информации для студентов и преподавателей университета. Пользователи смогут легко находить информацию о своих занятиях, преподавателях, группах, кабинетах, а также добавлять задания со сроком выполнения и управлять ими. Проект улучшает опыт обучения в университете для пользователей на платформах Apple, снижает время, затрачиваемое на получение и обработку информации.

Проект является эффективным с экономической стороны, при этом эффективно выражается не только в прямой прибыли от продаж, но и в повышении эффективности пользователей в процессе обучения.

Разработка программного средства для разных типов устройств является одной из основных проблем данного дипломного проекта, что требует создания большого количества шаблонов и использования стандартных библиотек SwiftUI.

В рамках разработки проекта отсутствует возможность изменения интерфейса программирования приложений интегрированной информационной системы Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, что ставит дополнительной задачей создание особого функционала, который, как правило, должен находиться на серверной части, например, функции для обработки и композиции очень больших объёмов данных.

Адаптация к существующему API.

Упор на обработку информации, а не отображение

Во введении кратко указывается, чему посвящён дипломный проект, делается обзор состояния предметной области, формулируется общая цель разработки и её место среди известных отечественных и зарубежных аналогов.

# Обзор литературы

## Интерфейс программирования приложений интегрированной информационной системы Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники

Интерфейс программирования приложений (далее – API) интегрированной информационной системы (далее – ИИС) Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники (далее – БГУИР) предоставляет программные интерфейсы, предназначенные для получения информации о расписании групп и преподавателей, а также информацию о факультетах, кафедрах, специальностях и аудиториях [[[1]](#endnote-2)].

API имеет возможность предоставления ответа на запрос как в виде JavaScript Object Notation (далее – JSON), так и в виде так и в виде Extensible Markup Language (далее – XML). Так как Swift имеет встроенную библиотеку для расшифровки JSON, в разработке проекта будет использованы ответы в нотации JSON. Для XML потребовалось бы использовать сторонний модуль расшифровки, либо разрабатывать его самостоятельно.

Далее в данном подразделе представлены структуры ответов API ИИС на различные запросы. В каждой структуре приведено названия ключей и типы значений. В случае, если значение типа является опциональным, оно приводится со знаком вопроса в конце названия, это соответствует нотации обозначения опциональных типов в языке программирования Swift. Полями, в данном подразделе, далее будут называться пары ключа и значения.

### Факультет

Структура представлена в таблице:

Таблица 1.1 – Структура факультета из API ИИС

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Ключ | Тип | Описание |
| id | Число | Идентификатор |
| name | Строка | Название |
| abbrev | Строка | Аббревиатура |

### Специальность

Некоторые специальности содержат идентификаторы факультета, которые не сопоставляются ни с одним из получаемых запросом факультетом объектов. Такое поведение вызвано тем, что в ответе на запрос специальностей содержатся также те специальности, обучение по которым более не производится, либо производится через Систему электронного обучения БГУИР. Также существуют специальности, которые ссылаются на более несуществующие факультеты, либо на их предыдущие идентификаторы.

Структура представлена в таблице:

Таблица 1.2 – Структура специальности из API ИИС

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип | Описание |
| id | Число | Идентификатор |
| name | Строка | Название |
| abbrev | Строка | Аббревиатура |
| code | Строка | Код |
| facultyId | Число | Идентификатор факультета |

### Кафедра

Ответ на данный запрос предоставляет только кафедры, другие подразделения, к которым, могут относится кабинеты, в нём не содержатся.

Структура представлена в таблице:

Таблица 1.3 – Структура кафедры из API ИИС

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Ключ | Тип | Описание |
| id | Число | Идентификатор |
| name | Строка | Название |
| abbrev | Строка | Аббревиатура |

### Аудитория

Аудитория имеет две вложенных структуры: тип аудитории и номер здания. Типы аудитории принимают одно из следующих значений: лекционные занятия, практические занятия, лабораторные занятия, компьютерный класс.

Структура представлена в таблице:

Таблица 1.4 – Структура типа аудитории из API ИИС

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип | Описание |
| id | Число | Идентификатор |
| name | Строка | Название | |
| abbrev | Строка | Аббревиатура | |

Номер здания представляет из себя структуру, в которой содержится только идентификатор и название здания. При этом идентификатор не совпадает с номером корпуса, это актуально только для корпусов с первого по пятый, поэтому значащим полем в первую очередь является название здания.

Даже аудитории, которые находятся вне университета, такие как, например, находящиеся в зданиях EPAM Systems в Парке высоких технологий, имеют присвоенное здание, в котором они де-факто не находятся. Например, вышеупомянутые кабинетам присвоен второй корпус.

Структура представлена в таблице:

Таблица 1.5 – Структура номера здания из API ИИС

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип | Описание |
| id | Число | Идентификатор |
| name | Строка | Название |

Значение вместимости аудитории встречается очень редко, чаще всего у компьютерных классов, только 27 аудиторий имеют значение для этого ключа. Аудитории также могут не иметь присвоенной кафедры.

Структура представлена в таблице:

Таблица 1.6 – Структура аудитории из API ИИС

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип | Описание |
| id | Число | Идентификатор |
| name | Строка | Название |
| note | Строка? | Заметка |
| capacity | Число? | Вместительность |
| department | Кафедра? | В таблице 1.3 |
| auditoryType | Тип аудитории | В таблице 1.4 |
| buildingNumber | Номер здания | В таблице 1.5 |

### Группа

В случае с группой и преподавателем существуют некоторые особенности, данные структуры предоставляются в двух представлениях: обычном, которое является ответом на запрос всех групп и расписания группы, и встроенном, которое является частью структуры занятия. При этом они имеют как общие поля, которые содержатся в обоих представлениях, так и содержащиеся исключительно в одном представлении поля.

Структура представлена в таблице:

Таблица 1.7 – Структура группы из API ИИС

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Название | Тип | Представление | | Описание |
| Обычное | Встроенное |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| id | Число | • |  | Идентификатор |
| name | Строка | • | • | Номер |
| calendarId | Строка | • |  | Идентификатор календаря Google Calendar |

Продолжение таблицы 1.7

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| course | Число | • |  | Курс |
| educationDegree | Число | • | • | Степень образования |
| numberOfStudents | Число |  | • | Количество студентов |
| facultyId | Строка | • |  | Идентификатор факультета |
| facultyAbbrev | Строка | • |  | Аббревиатура факультета |
| specialityName | Строка | • | • | Название специальности |
| specialityAbbrev | Строка | • |  | Аббревиатура специальности |
| specialityCode | Строка |  | • | Код специальности |
| specialityDepartment  EducationFormId | Число | • |  | Идентификатор специальности |

### Преподаватель

Структура преподавателя, имеет схожие со структурой группы особенности, однако в ней меньше непересекающихся полей, а встроенное представление вовсе содержит все поля.

Значение степени в обычном представлении имеет значение аббревиатуры степени, а в встроенном представлении же имеет значение полного названия степени.

Структура представлена в таблице:

Таблица 1.8 – Структура преподавателя из API ИИС

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Название | Тип | Представление | | Описание |
| Обычное | Встроенное |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| id | Строка | • | • | Идентификатор |
| firstName | Строка | • | • | Имя |
| middleName | Строка? | • | • | Отчество |
| lastName | Строка | • | • | Фамилия |
| rank | Строка? | • | • | Ранг |
| degree | Строка? | • | • | Степень либо аббревиатура |
| degreeAbbrev | Строка? |  | • | Аббревиатура степени |

Продолжение таблицы 1.8

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| urlId | Строка | • | • | Идентификатор для доступа через сайт |
| calendarId | Строка | • | • | Идентификатор календаря Google Calendar |
| photoLink | Строка | • | • | Ссылка на фотографию |
| academicDepartment | Строки | • | • | Список аббревиатур кафедр |
| email | Строка? |  | • | Адрес электронной почты |
| jobPositions | Строки? |  | • | Должности |

### Расписание

Структуры группы и преподавателя существуют только для запроса соответствующего расписания. Данные структуры не могут встретиться в одном расписании вместе. Так как в структуре занятия отсутствует информация о дне недели, от предоставляется в контейнере занятий по дням недели. Занятия по дням недели включают экзамены только в том случае, если существуют обычные занятия.

Структура представлена в таблице:

Таблица 1.9 – Структура расписания из API ИИС

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип | Описание |
| schedules | Занятия по дням недели | Словарь, где ключом является день недели, а значением является массив занятий |
| exams | Занятия | В таблице 1.10 |
| startDate | Строка? | Уникальный идентификатор аудитории |
| endDate | Строка? | Название аудитории |
| startExamsDate | Строка? | Заметка |
| endExamsDate | Строка? | Вместимость аудитории, очень редко обозначена |
| studentGroupDto | Группа | В таблице 1.7 |
| employeeDto | Преподаватель | В таблице 1.8 |

### Занятие

Структура занятия является наиболее сложной, так как содержит много опциональных значений, имеет в себе другие структуры, которые ссылаются далее на третье структуры. Именно занятие связывает аудитории, группы и преподавателей.

Опциональность аудиторий, групп и преподавателей обусловлена тем, что при запросах расписания группы, для занятия может не быть назначен преподаватель. Например, если преподаватель не является сотрудником университета, а занятия проходят на базе предприятия под руководством его преподавателей.

Аналогично и занятия со стороны расписания преподавателя могут быть временно не назначены группы.

Структура представлена в таблице:

Таблица 1.10 – Структура занятия из API ИИС

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип | Описание |
| subject | Строка | Аббревиатура названия дисциплины |
| subjectFullName | Строка | Название дисциплины |
| weekNumber | Числа | Список номеров недель, |
| startLessonTime | Строка | Время начала занятия |
| endLessonTime | Строка | Время окончания |
| numSubgroup | Число | Номер подгруппы |
| split | Булево значение | Определяет, является ли занятие разделённым |
| note | Строка? | Заметка |
| lessonTypeAbbrev | Строка | Аббревиатура типа занятия |
| announcement | Булево значение | Определяет, является ли это занятие объявлением |
| dateLesson | Строка? | Дата занятия |
| startLessonDate | Строка | Дата начала периода проведения данного занятия |
| endLessonDate | Строка | Дата окончания периода проведения данного занятия |
| auditories | Строки? | Названия аудиторий и здание |
| studentGroups | Группы? | Список групп, |
| employees | Преподаватели? | Список преподавателей |

## Выбор платформы для разработки

Создание приложений на языке программирования Swift в первую очередь подразумевает использование трёх платформ: UIKit для iOS и iPadOS или AppKit для macOS и SwiftUI для всех операционных систем (далее – ОС). Они используют соответственно паттерны Model-View-Controller и View-ViewModel-Model.

### Model-View-Controller

Model-View-Controller (далее – MVC) является паттерном, который разделяет приложение Модель (Model), Представление (View) и Контроллер (Controller) [[[2]](#endnote-3)]. Структура паттерна представлена на рисунке:



Рисунок 1.1 – схема структуры паттерна MVC

Модель отвечает за хранение данных и логику обработки данных: в ней описывается бизнес-логика, правила валидации и другие операции, связанные с данными. Модель не имеет информации о Представлением и Контроллером, то есть не имеет доступа к их полям, функциям и иному.

Представление отображает данные пользователю и предоставляет возможность взаимодействия с приложением через графический интерфейс. В ней определяется внешний вид и макет интерфейса, это происходит в графическом редакторе. Представление не имеет представления о существовании Модели и Контроллера.

Контроллер обрабатывает пользовательский ввод и управляет взаимодействием Модели и Представления. В ней содержится логика приложения, отвечающая за обработку событий, получаемых от Представления, и изменение Модели соответствующим образом. Контроллер имеет исходящую связь с Представлением или Моделью.

### UIKit и AppKit

UIKit является основной платформой для создания пользовательских интерфейсов на iOS и iPadOS [[[3]](#endnote-4)]. В платформе применяется в первую очередь императивное программирование. UiKit представляет собой набор готовых компонентов интерфейса, таких как кнопки, текстовые поля, таблицы, контейнеры, иные элементы интерфейса и контейнеры для них. SwiftUI паттерн проектирования архитектуры MVC.

В целом, UIKit и SwiftUI представляют собой две разные платформы для создания пользовательских интерфейсов в операционных системах Apple, каждая со своими плюсами и минусами. Разработчики должны выбирать платформу, которая лучше всего подходит для их задач и опыта в программировании.

AppKit является платформой для создания приложений под macOS [[[4]](#endnote-5)]. Платформа является набором инструментов и ресурсов, который разработчики могут использовать для создания графических пользовательских интерфейсов.

UIKit и AppKit имеют следующую парадигму для создания пользовательских интерфейсов: используются файлы xib или Storyboard, в которых определяются все элементы интерфейса и их свойства, а уже в файлах Swift программируется поведение и особенности интерфейса, программный код в данном случае пишется в императивной парадигме. Обе платформы используют паттерн Model-View-Controller.

AppKit и UIKit очень похожи и имеют одинаковую структуру и логику. Элементы имеют одинаковые названия и одинаковые параметры, хоть и существуют особенные для платформ элементы. Несмотря на это, эти платформы не являются взаимозаменяемыми, хоть технически и существует возможность создания приложения сразу на двух платформах, по сути это два разных приложения, которые объединены только Моделью, а все элементы графического интерфейса необходимо имплементировать отдельно для каждой из платформ.

### Model-View-ViewModel

Model-View-ViewModel (далее – MVVM) является схожим с MVC паттерном, используемым для разделения компонентов приложения на три основных уровня: Модель, Представление и Модель Представления (ViewModel). Структура паттерна представлена на рисунке:



Рисунок 1.2 – схема структуры паттерна MVVM

Модель, аналогична Модели MVC, не имеет информации о Представлением и Модели Представления.

Представление, частично похоже на MVC, отображает данные пользователю и обрабатывает пользовательский ввод. При это в отличии от MVC, представление напрямую обращается к Модели Представления, последняя чаще всего является полем Представления.

Модель Представления является посредником между моделью и представлением и чем-то схожа с Контроллером MVC. Модель имеет общее с Представляем данные, которые автоматически обновляются и Модели Представления и в самом Представлении при изменении их как стороны пользователя, так и со стороны модели. В MVC же Контроллер при обновлении данных запускает метод обновления Представления. В каком-то смысле Представление совмещает Контроллер и Представление MVC.

Одним из недостатков MVVM является некоторая его избыточность для простых приложений, которые имеют небольшое количеством логики и данных. MVVM требует больше кода, чем, например, простая парадигма Model-View-Controller. При этом эти недостатки нивелируются при разработке относительно больших приложений, так как MVVM предоставляет огромные возможности для повторного использования различных элементов Представления. На начальных этапах разработка приложение, использующего платформу MVVM, может быть затратным с точки зрения количества кода и времени разработки, однако повторное использование и универсальность стандартизированных представлений.

### SwiftUI

SwiftUI является более современной платформа для создания пользовательских интерфейсов, которая была запущена в 2019 году [[[5]](#endnote-6)]. В платформе применяется в первую очередь декларативное программирование. SwiftUI основан на декларативном подходе, где для создания интерфейса описывается его конечное представление в виде дерева вложенных представлений. SwiftUI паттерн проектирования архитектуры MVVM.

Одним из основных преимуществ SwiftUI является более простой и интуитивный синтаксис для описания пользовательского интерфейса. Кроме того, SwiftUI обладает рядом функций, которых нет в UIKit, таких как автоматические анимации и адаптивный дизайн, что упрощает создание интерфейсов, которые могут адаптироваться к разным размерам экранов.

Также преимуществом SwiftUI является возможность непосредственной работы с данными в представлениях, благодаря связыванию данных (Data Binding), который позволяет отслеживать изменения данных в Модели или Модели Представления и автоматически обновлять Представление, что значительно упрощает разработку приложений.

На данный момент SwiftUI не поддерживает все функции, которые доступны в UIKit, для SwiftUI 4.0 чаще всего это узкоспециализированные возможности. Для добавления элементов из UIKit в структуру SwiftUI существует структура UIViewControllerRepresentable [[[6]](#endnote-7)], которая позволяет взаимодействовать с элементами UIKit и преобразовывать их в элементы путём некоторых манипуляций SwiftUI.

### Сравнение UIKit и AppKit с SwiftUI в контексте разрабатываемого программного средства

UIKit использует императивный подход к программированию, который требует явного указания всех деталей в коде, в то время как SwiftUI использует декларативный подход, который позволяет описывать только конечный результат, а не метод его достижения. Декларативная парадигма является более удобной для разработчика, однако может усложнить разработку при создании крайне специализированных элементов интерфейсов. Так как разрабатываемое программное средство не подразумевает создания таких элементов, SwiftUI является более подходящим для разработки.

Среди исходных данных к дипломному проекту приведена кроссплатформенность, а именно реализация приложения для iOS, iPadOS и macOS. Разработка кроссплатформенного приложения UIKit и AppKit потребует большего количества времени, так как Представление и Контроллер необходимо разрабатывать отдельно для каждой платформы. Хоть это и были бы крайне схожие элементы, необходимость параллельной разработки значительно затруднила бы какие-либо изменения проекта. Однако, среди преимуществ UIKit и AppKit можно выделить возможность создания более продвинуты и эстетически нестандартных пользовательских графических интерфейсов.

SwiftUI обеспечивает адаптивный дизайн, который автоматически изменяет интерфейс в зависимости от размера Представления, а UIKit не имеет встроенной поддержки адаптивности, то есть требует отдельных расчётов для размеров элементов интерфейса разных устройств, что потребует большого количества времени в контексте разработки данного программного средства для разных типов устройств с разными размерами дисплеев.

С точки сторонних библиотек и инструментов: UIKit имеет более широкий выбор сторонних библиотек и инструментов для разработки, в то время как для SwiftUI являются более ограниченными.

Так как SwiftUI имеет декларативною парадигму программирования, автоматический адаптивный дизайн и возможности создания кроссплатформенных приложений для iOS, iPadOS и macOS без необходимости параллельной разработки Представления и Контроллера для каждой платформ, платформа оптимальной для разработки данного программного средства.

## Интегрированная среда разработки Xcode

Xcode является интегрированной средой разработки (далее – IDE) для приложений, предназначенных для платформ Apple: iOS, iPadOS, macOS, watchOS и tvOS. Xcode позволяет создавать приложения, тестировать их, отлаживать и развёртывать.

Xcode включает в себя различные редакторы кода, визуальные редакторы пользовательских интерфейсов, отладчики и профилировщики производительности, а также инструменты для автоматизации и управления проектами.

Возможно проводить установку и отладку приложений как в симуляторе, так и на устройстве, которое можно подключить как проводным, так и беспроводным образом. В режиме отладки Xcode выводит подробную информацию о работе устройства или симулятора. Например, возможно приостановить выполнение приложения и рассмотреть отображаемый графический пользовательский интерфейс как набор слоёв.

Xcode также включает в себя библиотеку функций, которые могут быть использованы для создания приложений: инструменты для работы с базами данных, мультимедийными файлами, сетевыми протоколами, графикой.

Мгновенный просмотр результатов компиляции графического пользовательского интерфейса, разработанного на платформе SwiftUI, позволяет мгновенно отображать последствия изменения кода реальном времени. Это разработчикам оперативно тестировать новые идеи и экспериментировать с различными вариантами оформления, не теряя время на компиляцию и запуск приложения в симуляторе или на устройстве. Также доступен мгновенный просмотр сразу для нескольких вариантов отображения: разные макеты устройств, ориентации, цветовые темы и иные модификации.

## Обзор аналогов

На момент написания дипломной работы существуют только два схожих программных средства для iOS; одно – для iPadOS. Они распространяются в Apple App Store. Для macOS приложений, аналогичных разрабатываемому, не существует. Представленные версии приложений для не являются нативными для macOS и запускаются через системную прослойку. В пунктах приведён обзор существующих приложений, их основные характеристики, возможности, ограничения.

### BSUIR Timetable

BSUIR Timetable представляет из себя приложение доступное для iOS версии 13,0 и выше и macOS 11,0 и выше с чипом Apple M1 и выше. [[[7]](#endnote-8)] Приложение разработано на платформе UIKit. Средняя оценка приложения на основании 32 отзывов составляет 3,7 балла. Поддерживаются русский и английский языки. Монетизация происходит с использованием рекламы и встроенной покупки для её отключения. Стоимость данной покупки составляет 0,99 Долларов США.

Основные возможности приложения представлены в таблице:

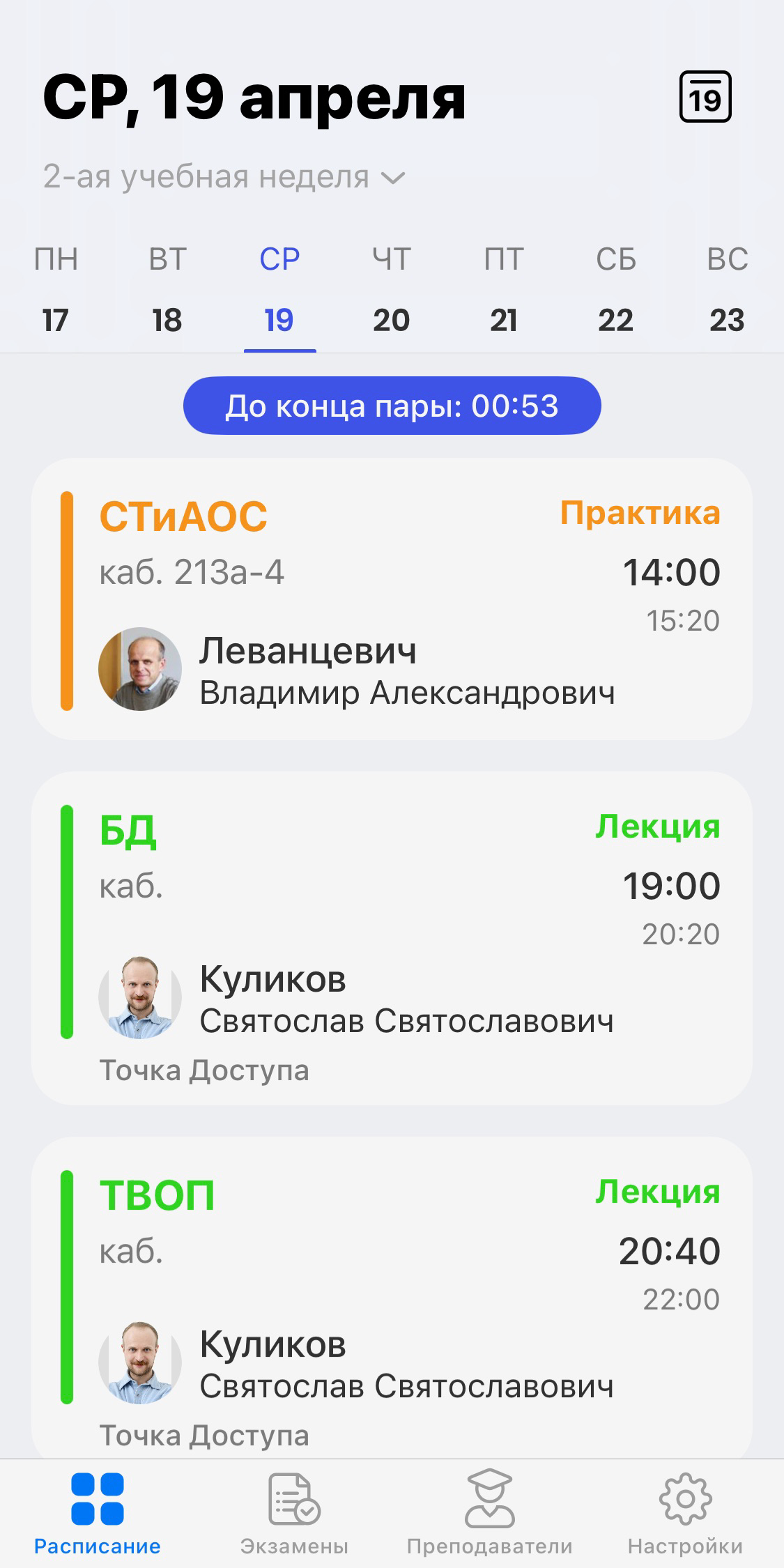
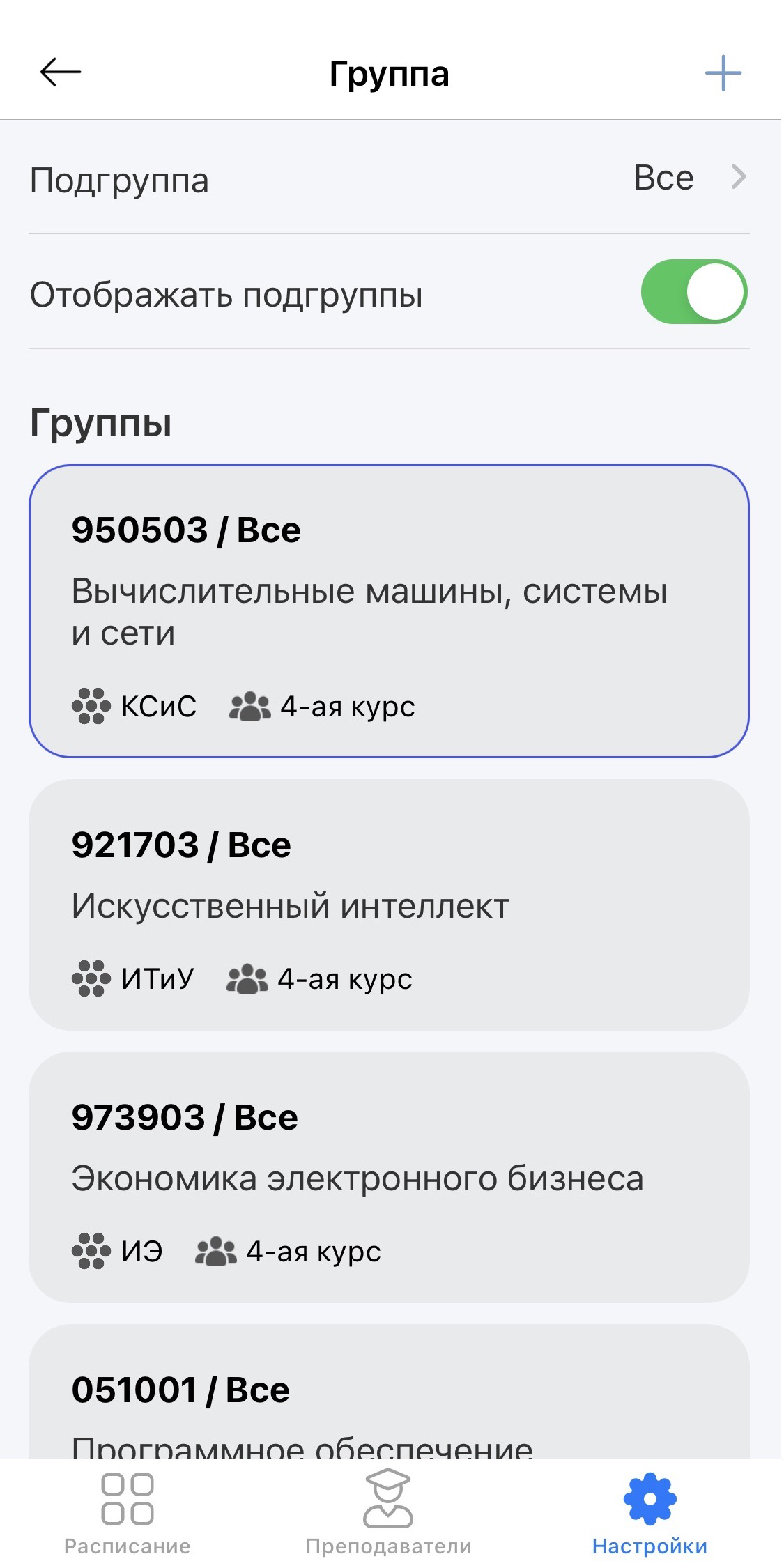
Таблица 1.11 – Основные возможности BSUIR Timetable

|  |  |
| --- | --- |
| Секция | Возможность |
| 1 | 2 |
| Группа | Поиск по номеру |
| Отображение списка всех групп |
| Отображение расписания |
| Отображение факультета |
| Отображение специальности |
| Выбор подгруппы |
| Добавление в избранные |

Продолжение таблицы 1.11

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | 2 |
| Преподаватель | Поиск по фамилии |
| Отображение расписания |
| Отображение списка всех преподавателей |
| Отображение списка текущих преподавателей |
| Расписание | Отображение по датам |
| Отображение по неделям |
| Отображение времени до занятия |
| Уведомления о начале занятия |
| Виджеты |

Интерфейс данного приложения представлен на рисунке:

**

*а) б)*

Рисунок 1.3 – интерфейс приложения BSUIR Timetable:

*а* – расписание группы; *б* – выбор из избранных групп

### Bsuir Schedule

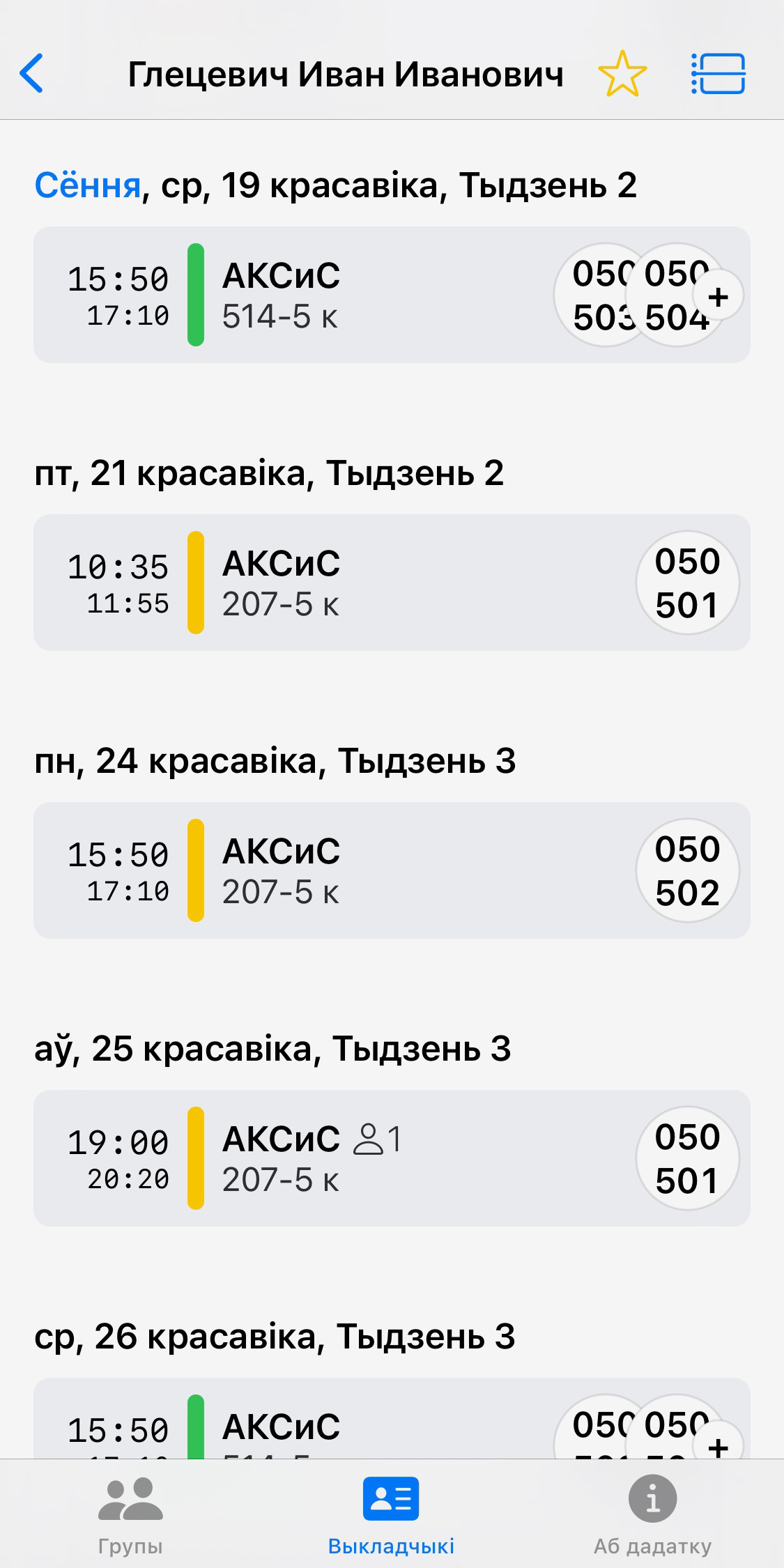
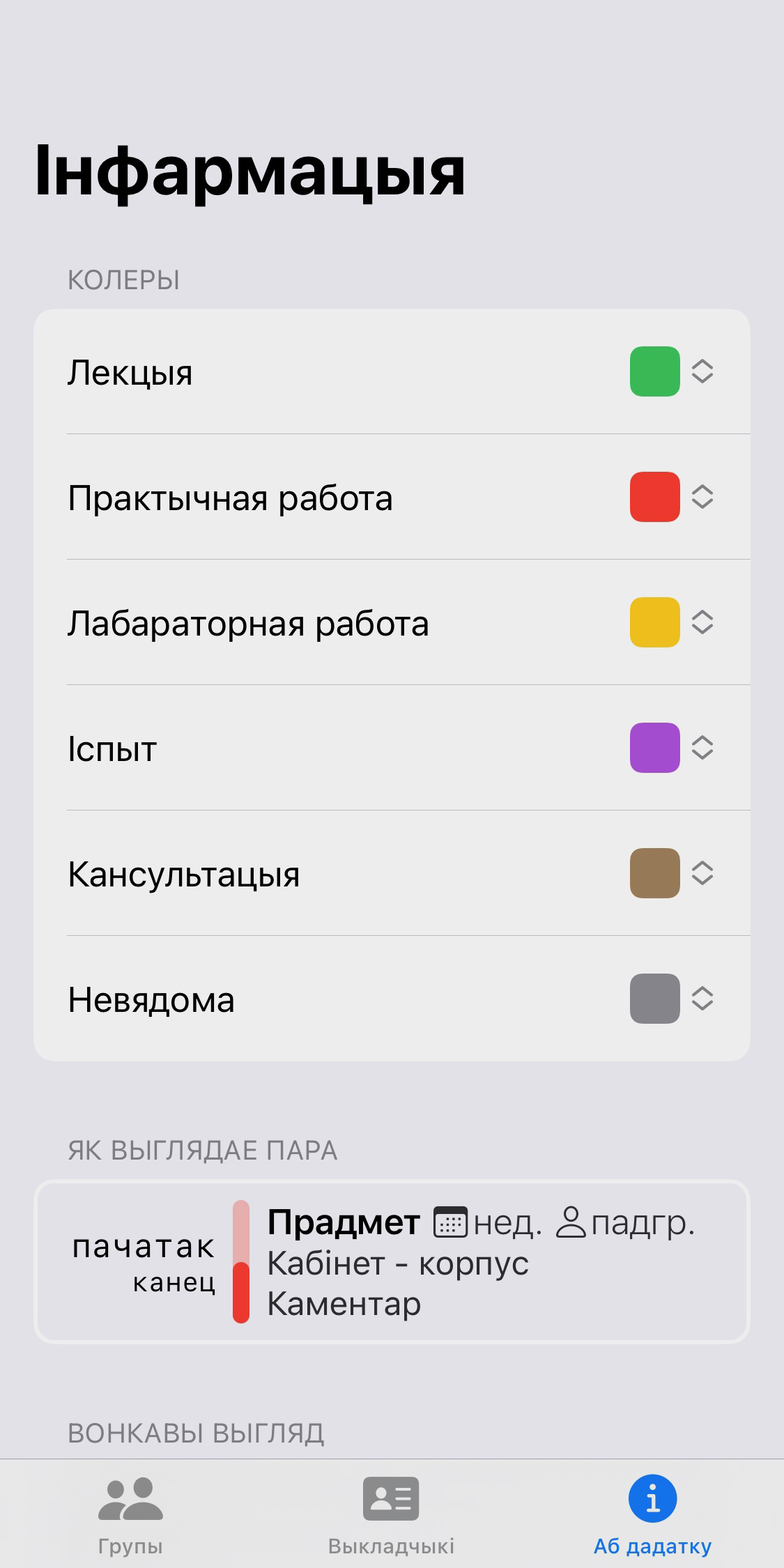
Bsuir Schedule является приложением, которое доступно для iOS и iPadOS версии 15,0 и выше и macOS 11,0 и выше с чипом Apple M1 и выше [[[8]](#endnote-9)]. Приложение разработано на платформе SwiftUI. Средняя оценка приложения на основании 409 отзывов составляет 4,6 балла. Поддерживаются белорусский, украинский, русский и английский языки. Монетизация отсутствует, приложение распространяется на полностью безвозмездной основе. Исходные коды приложения доступны на платформе. GitHub [[[9]](#endnote-10)].

Данное приложение является наиболее продвинутым среди аналогов, однако его архитектура предполагает в перовую очередь просмотр расписания занятий, а не его обработку. Данное приложение не хранит информацию о расписании, она сбрасывается при каждом выходе из приложения. Разрабатываемое же в данном дипломном проекте приложение подразумевает создание продвинутого приложения, упор в котором сделан на обработку информации о расписании.

Таблица 1.12 – Основные возможности Bsuir Schedule

|  |  |
| --- | --- |
| Секция | Возможность |
| Группа | Поиск по номеру |
| Отображение списка всех групп |
| Отображение расписания |
| Добавление в избранные |
| Преподаватель | Поиск по фамилии имени и отчеству |
| Отображение списка всех преподавателей |
| Отображение расписания |
| Добавление в избранные |
| Расписание | Отображение по датам |
| Отображение по неделям |
| Выбор цвета для каждого типа занятия |
| Виджеты |
| Другое | Изменение иконки приложения |
| Очистка кэша |

Интерфейс данного приложения представлен на рисунке:

**

*а) б)*

Рисунок 1.4 – интерфейс приложения Bsuir Schedule:

*а* – расписание преподавателя; *б* – настройки

# Системное проектирование

Так как программное средство подразумевает большое количество функционала, в том числе и работу с базой данных и получение данных из API ИИС БГУИР, существует необходимость в создании предопределённой структуры.

Очевидно, что в первую очередь структуру можно представить как MVVM. Однако наиболее верным решением будет также дополнить её. Кроме модели, представления и модели представления, добавить блоки работы с базой данных (далее – БД) и иные блоки, которые нельзя отнести к обычным Моделям.

Таким образом, структура проекта состоит из следующих блоков.

- Модели;

- Представления;

- Модели представлений;

- Блок извлечения;

- Блок декодирования;

- Постоянное хранилище;

- Фоновые контексты;

- Контекст представления.

Взаимосвязь между основными блоками проекта отражена на структурной схеме ГУИР.400201.019 С1.

## Модели

Модели будут являться наиболее крупной частью проекта, так как необходима не только реализация Моделей для всех данных из API ИИС, но и создание множества дополнительных Моделей для обработки логики. При этом использование

Swift предполагает широкое использование расширений, то есть описание Моделей в разных файлах и создание вместо новых Моделей расширений к существующим, часто это происходит в файле другой Модели. Например, для создания функции разделения массива занятий по датам их проведения принято не создавать глобальную функцию или метод для класса, в котором необходимо это действие, вместо этого создаётся расширение для массива элементом которого являются занятия. В таком случае функция будет вызываться от самого массива.

Написание расширений для Модели позволяет создавать наиболее универсальные функции и не заполнять глобальное пространство имён специфичными элементами.

Модели имеют связи с Моделями Представления, которые создают и изменяют первых, а блок декодирования может создавать новые и обновлять существующие Модели. Также Модели имеют связь с Фоновыми контекстами, где производятся фоновые вычисления.

## Представления

Структура SwiftUI подразумевает существование некого корневого Представления, из которого начинается работа с приложением. Из этого Представления существуют ссылки на другие представления, и так далее. При это всегда существует возможность вернуться назад по пути Представлений, также Представления путём ссылок могут приводить на самих себя.

В SwiftUI представлением является всё, что отображается в интерфейсе, то есть, например, как кнопка является представлением, которое описано программным декларативным образом, так и содержащий кнопку, например, список, также является Представлением, то есть одно Представление может включать в себя мужество других и даже самого себя. Благодаря этому свойству и возможности Представлений принимать переменные при инициализации, появляется возможность широкого использования шаблонов.

Представления должны иметь одинаковый функционал на всех платформах, для которых ведётся разработка, и быть реализованными наиболее универсальным методом, который поддерживает адаптивный графический пользовательский интерфейс.

Представление связано с Моделями Представлений: получает из них данные и отправляет данные на обработку. Также считается приемлемым и выполнять некоторые простые вычисления сразу в Представлениях, а в некоторых относительно простых или использующих большое шаблоны Представлениях вовсе не нужны Модели Представлений, они напрямую взаимодействуют с моделями. Это же касается и Представлений, которым не нужна какая-либо обработка данных, например, ячейка таблицы или кнопка.

Представление также взаимодействует с Контекстом Представления, из которого получает Модели и их обновлениях.

## Модели представлений

Модели представлений подразумеваются прослойкой между моделями и представлениями, в которых осуществляется специфичные для представления вычисления, неспецифичные же стоит выносить в сами Модели, а именно в расширения Моделей.

Модели представлений чаще всего предназначены для обработки информации из Моделей для приведения их в советующий конкретному Представлению формат, примерном такой функциональности может служить вычисления периода длительности сессии для групп:, когда в Модели хранятся только даты начала и конца сессии, в Модели Представления из них вычитается длительность и уже этот высчитанный параметр передаётся для отображения пользователю в Представление.

Модель Представления имеет связь как с Моделью, так и с Представлением.

## Блок извлечения

Для получения необходимой информации из API ИИС БГУИР необходимо создание блока, который будет извлекать данные из API: отправлять запрос, получать и частично обрабатывать ответ.

Блок извлечения должен передавать полученные данные, либо информацию об ошибке, в блок декодирования.

## Блок декодирования

Блок декодирования получает данные из блока извлечения. Он должен быть реализован в соответствии структурами, представленными в API ИИС БГУИР, подробное их описание приведено в подразделе 1.1. Блок создаёт Модели в Фоновых контекстах и заполняет их декодированными данными. Для обновления Моделей должна быть реализована возможность получения существующих Моделей и записи в них новых извлечённых данных.

## Постоянное хранилище

Стандартным фреймворком для работы с БД CoreData является стандартным для iOS, iPadOS и macOS. Постоянное хранилище обеспечивает сохранение данных приложения в постоянную память устройства и их восстановление после выхода из приложения.

Постоянное хранилище является контейнером для хранения объектов CoreData, который позволяет сохранять, загружать и управлять данными приложения.

При использовании CoreData, данные приложения хранятся в базе данных SQLite, которая представляет собой один файл в контейнере приложения. Постоянное хранилище управляет этим файлом и предоставляет удобный интерфейс для взаимодействия с данными без использования SQL.

Данные из постоянного хранилища читаю и записывают различные контексты, которые могут автоматически обновляются при изменении данных в постоянном хранилище. При этом без выполнения операции сохранения контекста новые или изменённые данные не попадают не только в постоянное хранилище, но и в другие контексты.

Постоянное хранилище автоматически выполняет операции по объединению данных из сохранённого контекста постоянного хранилища в соответствии с заданными правилами. Например, если в постоянном хранилище имеется группа с определённым номером, и в одном из контекстов появилась группа с таким же номером, то, при сохранении контекста, хранилище может провести различные операции, которые зависят от настроек: полностью игнорировать данные из контекста; полностью игнорировать данные из хранилища; объединить объекты с приоритетом данных из хранилища; объединить объекты с приоритетом данных из контекста; выдать ошибку сохранения.

Постоянное хранилище связано с Контекстом Представления и Фоновыми контекстами.

## Фоновые контексты

Фоновые контексты используются для обработки данных, которые напрямую не отображаются пользователю, то есть они используются для выполнения задач на фоне, например, для загрузки данных из сети.

Основным отличим между фоновым контекстом и Контекстом Представления является то, что первый работает в отдельном потоке, в то время как второй работает в основном потоке, что означает, что задачи, выполняемые фоновым контекстом, не блокируют пользовательский интерфейс.

Фоновые контексты имеют связь как с Моделями, так и с блоком декодирования.

## Контекст Представления

В CoreData, главный контекст, он же Контекст Представления является контекстом, который обычно используется для работы с графическим интерфейсом в основном потоке приложения.

Контекст Представления представляет собой корневой объект контекстов CoreData, который создаётся автоматически при инициализации стека CoreData.

Основной задачей Контекста Представления является предоставление доступа к объектам из Постоянного хранилища Представлениям и другим основных функциям приложения, которые непосредственно связанных с Представлением. В отличие от других контекстов, Контекст Представления создаётся в главном потоке приложения и связан с главным потоком графического интерфейса, что позволяет ему выполняться в том же потоке, что и обработка графического интерфейса. Данный факт также накладывает и ограничения, Контекст Представления опасно использовать для загрузки и крупного изменения данных, так как при критической ошибке в нём велик шанс непредвиденного завершения всего приложения.

Контекст Представления обычно настроен таким образом, чтобы изменения, сделанные в нём, автоматически сохраняются в Постоянном хранилище, что гарантирует, что данные, которые отображают Представления, всегда будут соответствовать актуальным данным в Постоянном хранилище.

Контекст Представления связан только с Представлением и Постоянным хранилищем.

# Функциональное проектирование

В целом функциональная структура проекта аналогична структурной, однако из-за декларативного стиля написания в неё не входят представления. Также не описано функциональное проектирование связанных с БД блоков, кроме модели данных, так как они используют стандартные функции и методы. Взаимосвязь между основными компонентами представлена на диаграмме классов ГУИР.400201.019 РР.1.

Дополнительно стоит отметить использование протоколов. Протоколо-ориентированное – это парадигма, в которой основной упор делается на работу с протоколами (интерфейсами), а не на классах и наследовании. В основе парадигмы лежит использование протоколов для определения интерфейсов, а не классов, как это происходит в объектно-ориентированном программировании. Это означает, что в протоколо-ориентированной парадигме акцент смещается на то, что объекты могут делать, с того, чем они являются.

Swift поддерживает данную парадигму, предоставляя средства для определения протоколов, наследования протоколов, расширения протоколов и даже использования протоколов в качестве типов данных. Протоколы в Swift могут использоваться для определения интерфейсов, которые объекты должны реализовывать, и для расширения функциональности существующих типов данных.

Протоколы в Swift могут содержать объявления свойств, методов и инициализаторов, а также расширения, которые позволяют добавлять новую функциональность к типам данных, которые уже реализуют протокол. Более того, протоколы в Swift могут быть использованы в качестве типов данных, что позволяет создавать переменные и константы, тип которых определяется протоколом, а не конкретным классом или структурой.

Преимущества этой парадигмы включают в себя более легкую и быструю разработку программ, более простое тестирование кода, а также более легкое переиспользование кода. Эти преимущества особенно заметны в Swift, где протоколы могут использоваться в качестве типов данных и для расширения функциональности уже существующих типов данных.

Так как в проекте предусмотрено постоянное хранение данных, необходимо создать модель данных. Проект подразумевает наличие связи между данными, поэтому необходимо создать реляционную модель данных.

Основной связующей таблицей, очевидно, является занятие, которое связывает группы, преподавателей и кабинеты, при этом последние также имеют и другие связи с таблицами, которые описывают их особенности. Всего создано 13 основных таблиц и 7 служебных таблиц для описания связей типа многие-ко-многим. Таблицы и связи между ними представлены графически на модели данных ГУИР.400201.019 РР.2, а также подробно описаны в подразделе 3.1.

Таким образом, можно выделить следующую функциональную структуру проекта:

- Модель данных;

- Протоколы;

- Модели;

- Модели представления;

- Блок извлечения;

- Блок декодирования;

## Модель данных

В данном подразделе представлены таблицы модели данных и связи между ними. Типы данных представлены в нотации Swift, также, как они описаны в исходном коде, то есть на опциональность значения указывает вопросительный знак после названия типа данных.

### Auditorium

Auditorium является таблицей, описывающей аудиторию, её структура представлена в таблице:

Таблица 3.1 – Таблица Auditorium

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Атрибут | Тип | Описание |
| building | Int16 | Номер корпуса |
| name | String | Название |
| floor | Int16 | Номер этажа |
| capacity | Int16? | Вместимость аудитории |
| favorite | Bool | Флаг, указывающий, является ли аудитория избранной |
| formattedName | String | Форматированное название аудитории, например «207б-4» или «epam 103 к1» |
| note | String? | Примечание или дополнительная информация о аудитории |
| outsideUniversity | Bool | Флаг, указывающий, находится ли аудитория вне корпусов университета |

Первичными ключами являются buiding, name, floor. Таблица Auditorium имеет четыре опциональные связи с другими таблицами, что представлено в таблице:

Таблица 3.2 – Связи таблицы Auditorium

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип | Таблица |
| compoundSchedule | Многие-ко-многим | CompoundSchedule |
| department | Многие-к-одному | Department |
| lessons | Многие-ко-многим | Lesson |
| type | Многие-к-одному | AuditroiumType |

### AuditoriumType

Таблица Auditorium описывает тип аудитории. Структура представлена в таблице:

Таблица 3.3 – Таблица AuditoriumType

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Атрибут | Тип | Описание |
| id | Int16 | Уникальный идентификатор типа аудитории. |
| abbreviation | String | Краткое название типа аудитории. |
| name | String | Полное название типа аудитории. |

Первичным ключом является id. Таблица имеет опциональную связь типа один-к-многим с таблицей Auditroium.

### CompoundSchedule

CompoundSchedule является таблицей, которая имеет только один атрибут: name – который содержит уникальное название, которое является первичным ключом. Данная таблица имеет опциональные связи типа многие-ко-многим с Auditorium, Employee и Group, которые необходимы для просмотра объединённого расписания занятий.

### Degree

Таблица Degree описывает учёную степень преподавателя, атрибуты, их типы и описания приведены в таблице:

Таблица 3.4 – Таблица Degree

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Атрибут | Тип | Описание |
| abbreviation | String | Краткое название степени |
| name | String? | Полное название степени |

Первичным ключом является abbreviation. Необходимость в данной таблице вытекает из указанной в пункте 1.1.6 особенности предоставления научной степени преподавателей, а именно того, что она разные представления названия степени содержатся в ответах на разные запросы к API. Для предотвращения разного одной и той же степени, информация о ней вынесена в отдельную таблицу, которая имеет связь типа один-к-многим с Employee.

### Department

Таблица Department, описывает подразделение университета, которым может быть как кафедра, так и, например, научно-исследовательская лаборатория или часть. Структура представлена в таблице:

Таблица 3.5 – Таблица Department

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Атрибут | Тип | Описание |
| abbreviation | String | Краткое название подразделения |
| favorite | Bool | Флаг, указывающий, является ли подразделение избранным |
| id | Int16 | Уникальный идентификатор подразделения |
| name | String? | Полное название подразделения |

Первичным ключом являются abbreviation. Таблица имеет две опциональные связи с другими таблицами, что представлено в таблице:

Таблица 3.6 – Связи таблицы Department

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип | Таблица |
| auditories | Многие-к-одному | Auditorium |
| employees | Многие-ко-многим | Empoyee |

### EducationTask

EducationTask является таблицей, которая описывает задания, которые пользователи сами добавляют. Таблица не имеет первичного ключа. Структура приведена в таблице:

Таблица 3.7 – Таблица EducationTask

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Атрибут | Тип | Описание |
| creation | Date | Дата создания задачи |
| deadline | Date | Дата, до которой необходимо выполнить задачу |
| images | [Data]? | Массив данных, содержащих изображения |
| note | String | Заметка к задаче |
| subject | String | Название предмета |

### EducationType

Таблица EducationType описывает тип получения образования. Структура представлена в таблице:

Таблица 3.8 – Таблица EducationType

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Атрибут | Тип | Описание |
| id | Int16 | Уникальный идентификатор типа получения образования |
| name | String | Название типа получения образования |

Первичным ключом является атрибут id. EducationType имеет опциональную связь типа один-к-многим с таблицей Speciality

### Employee

Таблица Employee описывает преподавателя университета и все доступные для него атрибуты из API ИИС. Структура представлена в таблице:

Таблица 3.9 – Таблица Employee

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Атрибут | Тип | Описание |
| id | Int32 | Уникальный идентификатор преподавателя |
| educationEnd | Date? | Дата окончания образования преподавателя |
| educationStart | Date? | Дата начала образования преподавателя |
| examsEnd | Date? | Дата окончания экзаменов преподавателя |
| examsStart | Date? | Дата начала экзаменов преподавателя |
| favorite | Bool | Флаг, указывающий, является ли преподаватель избранным |
| firstName | String | Имя преподавателя |
| lastName | String | Фамилия преподавателя |
| lessonsUpdateDate | Date? | Дата последнего обновления списка занятий, которые проводит преподаватель |
| middleName | String? | Отчество преподавателя |
| photo | Data? | Фотография преподавателя |
| photoLink | String? | Ссылка на фотографию преподавателя |
| rank | String? | Звание преподавателя |
| urlID | String? | Уникальный идентификатор преподавателя в системе |

Первичным ключом является id, Таблица Emplpyee имеет четыре опциональные связи с другими таблицами, что представлено в таблице:

Таблица 3.10 – Связи таблицы Employee

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип | Таблица |
| compoundSchedule | Многие-ко-многим | CompoundSchedule |
| degree | Многие-к-одному | Degree |
| departments | Многие-ко-многим | Department |
| lessons | Многие-ко-многим | Lesson |

### Faculty

Таблица Faculty описывает факультет университета и обладает атрибутами, представленными в таблице:

Таблица 3.11 – Таблица Faculty

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Атрибут | Тип | Описание |
| id | Int16 | Уникальный идентификатор факультета |
| abbreviation | String? | Краткое название факультета |
| name | String? | Полное название факультета |

Первичным ключом является атрибут id. Таблица имеет опциональную связь типа один-к-многим с таблицей Speciality.

### Group

Таблица Group содержит атрибуты учебной группы студентов. Структура представлена в таблице:

Таблица 3.12 – Таблица Group

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Атрибут | Тип | Описание |
| name | String | Название группы студентов. |
| course | Int16 | Номер курса, на котором учится группа. |
| educationDegreeValue | Int16 | Ступень образования группы |
| educationEnd | Date? | Дата окончания обучения группы. |
| educationStart | Date? | Дата начала обучения группы. |
| examsEnd | Date? | Дата окончания экзаменационной сессии для группы. |
| examsStart | Date? | Дата начала экзаменационной сессии для группы. |
| favorite | Bool | Флаг, указывающий, является ли группа избранной |
| lessonsUpdateDate | Date? | Дата последнего обновления информации о занятиях для группы. |
| nickname | String? | Никнейм группы, если таковой имеется. |
| numberOfStudents | Int16 | Количество студентов, учащихся в группе |

### Lesson

Таблица Lesson содержит атрибуты занятия. Структура представлена в таблице:

Таблица 3.13 – Таблица Lesson

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Атрибут | Тип | Описание |
| abbreviation | String | Краткое название учебной дисциплины занятия |
| auditoriesNames | [String] | Названия аудиторий |
| dateString | String | Дата проведения занятия |
| employeesIDs | [Int32] | Идентификаторы преподавателей |
| startLessonDateString | String | Дата начала периода проведения занятия |
| timeStart | String | Время начала занятия |
| weekday | Int16 | День недели проведения занятия |
| weeks | [Int] | Номера недель, в которые проводится занятие |
| subgroup | Int16 | Номер подгруппы |
| endLessonDate | Date | Дата окончания периода проведения занятия |
| note | String? | Примечание к занятию |
| subject | String? | Полное название учебной дисциплины |
| timeEnd | String | Время окончания занятия |

Первичными ключами являются abbreviation, auditoriesNames, dateString, employeesIDs, startLessonDateString, timeStart. weekday, weeks. Таблица имеет четыре опциональные связи, что представлено в таблице:

Таблица 3.14 – Связи таблицы Lesson

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип | Таблица |
| auditories | Многие-ко-многим | Auditroium |
| employees | Многие-ко-многим | Employee |
| groups | Многие-ко-многим | Group |
| type | Многие-к-одному | LessonType |

### LessonType

Таблица LessonType описывает тип занятия и содержит атрибуты, которые представлены в таблице:

Таблица 3.15 – Таблица LessonType

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Атрибут | Тип | Описание |
| id | String | Уникальный идентификатор типа занятия |
| abbreviation | String | Краткое название типа занятия |
| colorData | String | Строка, содержащая кодированные данные о цвете типа занятия |
| name | String | Полное название типа занятия |

Атрибут id LessonType является первичным ключом, также таблица имеет одну опциональную связь типа один-к-многим с таблицей Lesson.

### Speciality

Таблица Speciality описывает специальность студенческой группы, описание атрибутов приведено в таблице:

Таблица 3.16 – Таблица Speciality

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Атрибут | Тип | Описание |
| id | Int32 | Уникальный идентификатор специальности |
| abbreviation | String | Краткое название специальности |
| code | String? | Код специальности |
| name | String | Полное название специальности |

## Протоколы

Кроме стандартных протоколов, таких как Decodable, ObservableObject, CaseIterable, в проекте используются собственные протоколы, которые, в первую очередь. Используются для создания, универсальных представлений.

### Favored

Протокол Favored описывает общие свойства и методы для классов, которые могут быть добавлены в избранное.

Класс, который реализует протокол Favored, должен реализовывать протокол ObservableObject, чтобы его объекты могли быть наблюдаемыми в SwiftUI, что позволяет графическому интерфейсу обновляться автоматически.

Класс также должен реализовывать протокол NSManagedObject, который определяет класс, который может быть сохранен и управляем в CoreData, что позволяет создавать универсальные функции для обработки изменения статуса соответствующего этому протоколу объекта.

Также в протоколе определено свойство favorite типа Bool, которое может использоваться для хранения состояния, является ли объект избранным или нет.

Таким образом, если класс, который хранится в CoreData и должен отображаться в SwiftUI и должен иметь возможность быть помеченным как "избранный" и сохранённым в Core Data, то он может реализовать этот протокол и использовать его свойства и методы.

### SectionType

Протокол SectionType описывает тип, который должен быть перечислимым, имеет хешируемое значение, должен содержать описание типа description, а также должен содержать все возможные значения в AllCases, который должен быть массивом того же типа, что и сам протокол.

Перечислимые типы, которые соответствуют протоколу SectionType, должны реализовывать переменную description, которая содержит описание данного типа.

Протокол SectionType также должен реализовывать протокол Hashable, чтобы объекты данного типа можно было хешировать и использовать в качестве ключей в словарях.

Наконец, протокол SectionType требует реализации статического свойства AllCases, которое должно содержать все возможные значения перечисления. Это свойство используется, например, для создания списка всех возможных значений перечисления, которые могут быть использованы в пользовательском интерфейсе.

### EducationBounded

Протокол EducationBounded описывает сущности, которые имеют определенный период обучения и сдачи экзаменов, а также позволяет получить даты занятий и экзаменов на основе указанных дат.

Он содержит следующие свойства:

- educationStart: дата начала обучения, если она была предоставлена API.

- educationEnd: дата окончания обучения, если она была предоставлена API.

- examsStart: дата начала экзаменов, если она была предоставлена API.

- examsEnd: дата окончания экзаменов, если она была предоставлена API.

Протокол также имеет расширения для Group и Employee, которые позволяют декодировать даты обучения и экзаменов из JSON, используя соответствующие ключи в EducationDatesCodingKeys.

Кроме того, в расширении EducationBounded используются методы datesStride, которые возвращают массив дат между двумя указанными датами включительно.

### EducationRanged

Протокол EducationRanged, определяет свойства, связанные с периодом обучения, в частности, определяет два свойства: educationRange и educationDates.

Свойство educationRange определяет диапазон дат, который содержит период обучения. Этот диапазон вычисляется на основе дат начала и конца обучения, а также дат начала и конца экзаменов, если они указаны.

Свойство educationDates определяет массив дат, который содержит все даты в периоде обучения, вычисленные на основе educationRange.

Кроме того, протокол EducationRanged имеет метод dividedEducationDates, который разделяет даты на две группы: прошлые даты и будущие даты. Этот метод вычисляет текущую дату и затем использует её для разделения всех дат на две группы.

Первое расширение протокола EducationRanged добавляет реализацию свойств и метода. Второе расширение расширяет последовательность Sequence, которая содержит элементы типа Lesson. Оно определяет свойства и методы, аналогичные тем, что определены в расширении EducationRanged

### LessonsRefreshable

Протокол LessonsRefreshable позволяет классам, реализующим его, обновлять список занятий из API.

Протокол объявляет требования, которые должны быть реализованы классами, которые используют этот протокол. Он содержит ассоциированный тип (associatedtype), который позволяет определить, какой тип данных будет использоваться для обновления занятий.

Свойства:

- Свойство lesson представляющее собой множество (NSSet) занятий;

- Свойство lessonsUpdateDate представляющее дату последнего обновления занятий.

Метод update метод, который возвращает результат типа, заданного через ассоциированный тип (AssociatedType).

Метод fetchLastUpdateDate возвращает дату последнего обновления занятий. Этот метод должен быть реализован в классах, которые используют протокол LessonsRefreshable.

Для Employee и Group также реализованы расширения, которые реализуют эти методы.

### Scheduled

Scheduled является ключевым протоколом, которому соответствуют Auditorium, Group и Employee и CompoundSchedule. Именно этот протокол используется для ScheduleView, который отображает расписание.

Протокол Scheduled описывает сущности, которые имеют расписание, могут быть отмечены как избранные и имеют определенный диапазон дат обучения. Протокол наследуется от трех других протоколов: Favored, EducationRanged и DefaultLessonViewSettings.

Свойства протокола:

- lessons: необязательное свойство, которое представляет занятия, связанные с этой сущностью;

- title: обязательное свойство типа String, которое представляет заголовок для этой сущности.

Протокол Scheduled не имеет собственной реализации и определяет только требования, которые должны быть реализованы классами, которые будут его принимать.

## Модели

Некоторые модели проекта имеют соответствующие таблицы в БД, описание их атрибутов приводиться не будет, а основной акцент сделан на функциональности.

### Auditorium

Расширение Auditorium для соответствия протоколу Comparable позволяет сравнивать объекты типа Auditorium между собой. Он принимает два параметра типа Auditorium и возвращает значение типа Bool, указывающее, меньше ли левый операнд по отношению к правому.

Высчитываемая переменная groups добавляет свойство groups к объектам типа Auditorium. Это свойство возвращает массив Group, связанных с аудиторией через занятия (представленные в виде массива lessons). Если массив пуст или равен nil, то метод возвращает nil. Если массив не пуст, то метод компактно отображает его в массив групп, затем объединяет их в один массив и сортирует по возрастанию name. В итоге метод возвращает массив Group, связанных с аудиторией в отсортированном порядке.

Перечисление AuditoriumSectionType представляет тип секций, которые могут быть созданы на основе последовательностей Auditroium. Оно наследует протокол SectionType, который содержит только свойство description для текстового описания типа секции. AuditoriumSectionType содержит три случая:

- building – для секций, сгруппированных по зданию;

- buildingAndFloor – для секций, сгруппированных по зданию и этажу;

- department – для секций, сгруппированных по подразделению.

Для представления Auditorium в виде секций существует расширения Sequence для создания секций с разной сортировкой.

Метод sections принимает значение типа AuditoriumSectionType и возвращает массив секций NSManagedObjectsSection<Auditorium>. Суть метода заключается в группировке аудиторий по зданиям, этажам и подразделениям.

Метод buildingBasedSections принимает значение типа Bool, определяющее, должны ли секции группироваться по зданию и этажу или только по зданию. Затем метод создаёт массив секций NSManagedObjectsSection<Auditorium> на основе группировки аудиторий по зданию и, если floorSectioned равно true, по этажам. Секции возвращаются в порядке возрастания номера здания и этажа.

Метод departmentBasedSections возвращает массив секций NSManagedObjectsSection<Auditorium>, сгруппированных по подразделениям, на основе свойства department каждой аудитории. Секции возвращаются в порядке возрастания аббревиатуры подразделения. Если у аудитории нет подразделения, она попадает в секцию «Без подразделения».

### Employee

Вычисляемая переменная formattedName возвращает отформатированное имя преподавателя в виде строки, объединяя имя и отчество, если оно есть.

Вычисляемая переменная departmentsArray возвращает массив всех подразделений, к которым привязан данный преподаватель. Если таких подразделений нет, то возвращает nil.

Вычисляемая переменная departmentsAbbreviations возвращает массив сокращений названий отделов, к которым привязан данный преподаватель. Если таких отделов нет, то возвращает nil.

Печисление EmployeeSectionType, которое реализует протокол SectionType, используется для определения типа секции в списке преподавателей. Перечисление EmployeeSectionType определяет четыре типа секций:

- firstLetter – группирующее преподавателей по первой букве фамилии;

- department – группирующее преподавателей по отделам, с которыми они имеют связи;

- rank – группирующее преподавателей по их рангу;

- degree – группирующее преподавателей по их степени.

Перечисление также реализует вычисляемое свойство description, которое возвращает строковое представление описания типа секции. В зависимости от значения перечисления, вычисляемая переменная description возвращает соответствующее ему описание в виде строки.

Метод sections является расширением для коллекции элементов типа Employee, которое реализует протокол Sequence. Метод принимает аргумент типа EmployeeSectionType, определяющий как будут сгруппированы элементы коллекции.

Для значения аргумента .firstLetter, метод сначала группирует элементы по первой букве фамилии, используя метод sectioned, затем сортирует полученные секции в алфавитном порядке, и конвертирует их в массив объектов типа NSManagedObjectsSection, где каждый объект представляет одну секцию, содержащую заголовок - символ первой буквы фамилии, ипреподователей, у которых фамилия начинается на эту букву.

Для значения аргумента .department, метод вызывает приватный метод departmentSections, который группирует элементы по подразделениям, используя массив всех подразделений, отсортированных по их сокращению. Для каждого подразделения создаётся отдельная секция, содержащая заголовок – сокращение названия подразделения, и элементы – работники, которые относятся к этому подразделению. Кроме того, создаётся дополнительная секция для работников, которые не относятся ни к одному подразделению.

Для значения аргумента .rank, метод группирует элементы по рангу, используя метод sectioned, затем сортирует полученные секции в алфавитном порядке по наименованию должности, и конвертирует их в массив объектов типа NSManagedObjectsSection, где каждый объект представляет одну секцию, содержащую заголовок – название ранга, и преподавателей, которые занимают эту должность. Если у преподавателя не указан ранг, он будет отображён в отдельной секции «Без ранга».

Для значения аргумента .degree, метод группирует элементы по учёным степеням, используя метод sectioned, затем сортирует полученные секции в алфавитном порядке по краткомк названию учёной степени, и конвертирует их в массив объектов типа NSManagedObjectsSection, где каждый объект представляет одну секцию, содержащую заголовок – название степени, и преподавателей, которые имеют эту степень. Если у работника не указана учёная степень, он будет отображён в отдельной секции «Без степени».

### Group

Вычисляемая переменная groups является методом расширения для класса Employee и возвращает массив групп, в у которых преподаёт данный преподаватель. Вычисляемая переменная использует свойство lessons данного преподавателя, чтобы получить все занятия, в которых он участвует. Затем метод использует компактный отображённый массив, чтобы получить все группы, связанные с каждым занятием. Метод объединяет все группы в единый набор (Set) и сортирует их по возрастанию name. Метод возвращает отсортированный массив Group или nil, если у преподавателя нет занятий.

Вычисляемая переменная flow является методом расширения для класса Group и возвращает массив групп того же потока (тех же специальностей и курса), что и данная группа. Вычисляемая переменная использует свойство speciality данной группы, чтобы получить все группы в той же специальности. Затем вычисляемая переменная удаляет все группы, которые не соответствуют тому же курсу или не являются данной группой. Метод сортирует массив групп по возрастанию id и возвращает его, или nil, если нет групп того же потока.

Метод description является методом расширения для массива групп Array<Group> и возвращает строковое описание этого массива. Метод использует сортировку по номеру каждой группы, затем метод объединяет их в строку, используя дефис для групп, которые являются частью последовательности номеров, а для остальных групп используется запятая. Метод возвращает строковое описание массива групп или пустую строку, если массив групп пустой.

Перечисление GroupSectionType, которое реализует протокол SectionType представляет типы секций, используемые для отображения данных в представлении. В перечислении определены четыре типа секций:

- specialityAbbreviation – краткое название специальности;

- specialityName – полное название специальности;

- faculty – факультет;

- flow – поток.

Каждый элемент перечисления имеет вычисляемую переменную description, которое возвращает соответствующую строку для отображения

### Lesson

Метод id принимает опциональный параметр sectionID и возвращает строку, которая состоит из значений различных свойств объекта Lesson, таких как краткое название учебной дисциплины abbreviation, время начала timeStart, номер подгруппы subgroup, наименование аудиторий auditoriesNames и идентификаторы преподавателей employeesIDs. Если передан sectionID, то он добавляется в начало строки.

Вычисляемая переменная description возвращает строковое представление объекта Lesson, содержащее сокращение названия предмета, тип занятия, время начала и окончания, список групп, которые проходят занятие, и идентификаторы преподавателей.

Метод filtered(abbreviation:) принимает строку abbreviation и возвращает новую последовательность Lesson, содержащую только те элементы, у которых свойство abbreviation содержит переданную строку.

Метод filtered(subgroup:) принимает опциональный параметр subgroup типа Int и возвращает новую последовательность Lesson, содержащую только те элементы, у которых свойство subgroup совпадает с переданным параметром или равно 0, то есть общие занятия.

Вычисляемая переменнаяdate возвращает объект Date, полученный из строки dateString объекта Lesson с помощью форматирования, заданного в DateFormatters.short.

Вычисляемая переменная dateRange возвращает диапазон дат объекта Lesson, который задается через свойства startLessonDate и endLessonDate.

Вычисляемая переменная timeRange возвращает диапазон времени объекта Lesson, который задаётся через свойства timeStart и timeEnd.

Вычисляемая переменная weeksDescription возвращает строку, содержащую описание недель, в которые проходит занятие. Если свойство weeks объекта Lesson пустое, то метод возвращает nil. Если в свойстве weeks находится только одно значение, то метод возвращает его, увеличенное на 1. В противном случае метод разбивает список недель на группы, состоящие из последовательных значений, и возвращает строку, содержащую диапазоны недель.

### LessonViewConfiguration

Класс LessonViewConfiguration представляет конфигурацию представления занятия. Он содержит следующие свойства:

- showFullSubject: флаг, указывающий, нужно ли отображать полное название учебной дисциплины.

- showGroups: флаг, указывающий, нужно ли отображать группы, связанные с занятием.

- showEmployees: флаг, указывающий, нужно ли отображать преподавателей, связанных с занятием.

- showWeeks: флаг, указывающий, нужно ли отображать номера недель.

- showDates: флаг, указывающий, нужно ли отображать даты.

- showDate: флаг, указывающий, нужно ли отображать дату.

Инициализатор класса принимает значения по умолчанию для некоторых свойств, чтобы облегчить создание экземпляра класса с помощью значения по умолчанию.

Класс LessonViewConfiguration также подписан на протокол ObservableObject, чтобы быть наблюдаемым в SwiftUI, и наследует его функциональность.

Расширение класса LessonViewConfiguration реализует протокол Equatable, чтобы обеспечить возможность сравнения двух экземпляров класса.

Протокол DefaultLessonViewSettings определяет метод defaultLessonSettings, которая должна быть реализована всеми классами, которые имеют настройки представления занятия по умолчанию.

Расширения классов Auditorium, Employee и Group реализуют протокол DefaultLessonViewSettings, предоставляя значения по умолчанию для настроек представления занятия, основанных на типе группы/преподавателя/аудитории.

### Speciliaty

Метод formattedID формирует идентификатор специальности, который состоит из краткого названия специальности, краткого названия факультета, идентификатора типа получения образования и уникального идентификатора специальности. Возвращает строку с сформированным идентификатором.

Метод formattedDescription Метод формирует описание специальности, которое состоит из названия специальности, типа обучения и краткого названия факультета. При необходимости, метод может использовать сокращённое название специальности вместо полного названия. Метод принимает значение useSpecialityName типа Bool, который указывает, следует ли использовать полное название специальности или сокращённое. Метод возвращает строку с сформированным описанием.

### ScheduleSection

Класс ScheduleSection предназначен для представления отдельной секции расписания.

Метод init инициализирует объект класса, принимая значения типа ScheduleSectionType, даты, номера недели и дня недели, а также последовательность Lesson, и упорядочивает занятия по подгруппам и времени начала. Также устанавливает свойства title и today, определяет относительность секции по отношению к текущей дате и времени, и запускает таймер для обновления свойства title, если секция относится к текущему дню.

Метод addTimerCancellable создаёт таймер, который будет каждую секунду вызывать метод updateTitle, а также проверять относительность секции по отношению к текущей дате и времени.

Метод checkRelativity: вычисляет относительность секции по отношению к текущей дате и времени в днях или в днях и часах, в зависимости от типа секции.

Метод updateTitle обновляет свойство "title" секции в зависимости от текущего времени и относительности секции по отношению к текущей дате и времени.

Метод closestLesson: возвращает ближайшее занятие из списка занятий, если такой есть.

Метод isToday возвращает Bool, который отписывает, относится ли секция к сегодняшнему дню.

Метод todayTitle возвращает строку, описывающую текущее время относительно ближайшего занятия, если такой есть.

Метод dateTitle возвращает заголовок, предназначенный дня секцией отсортированных по неделям.

Метод weekTitle возвращает заголовок, предназначенный дня секцией отсортированных по неделям.

Свойство title возвращает название секции, которое зависит от текущего времени и относительности секции по отношению к текущей дате и времени.

Вычисляемое свойство today типа Bool, которое устанавливается в истинное значение, если секция относится к текущему дню.

ScheduleSectionType, которое советует типу SectionType, определяет два возможных значения: .date и .week.

Также имеется ряд связанных с ScheduleSection расширений.

Первое расширение добавляет два протокола: Identifiable и Equatable – к типу ScheduleSection. Протокол Identifiable гарантирует наличие у ScheduleSection идентификатора id, возвращающего строку, это используется для идентификации элементов в SwiftUI. Протокол Equatable гарантирует, что ScheduleSection может быть сравнен с другим ScheduleSection.

Второе расширение добавляет свойство описания description, которое возвращает строку, описывающую ScheduleSection и все его занятия.

Третье расширение добавляет функцию isToday(), которая определяет, является ли секция сегодняшней. Если секция имеет тип .date, функция возвращает true, если дата секции является сегодняшней датой. Если секция имеет тип .week, функция возвращает true, если неделя и день секции совпадают с текущей неделей и днём.

Четвёртое расширение добавляет функцию sections к типу Sequence, который содержит элементы типа Lesson. Функция принимает тип ScheduleSectionType и массив дат educationDates и возвращает массив ScheduleSection. Если тип ScheduleSectionType равен .date, функция создает ScheduleSection для каждой даты в educationDates. Если тип равен .week, функция создает ScheduleSection для каждой недели и каждого дня недели. Функции dateSections() и weekSections() создают ScheduleSection для соответствующих типов.

Пятое расширение добавляет функцию filtered к типу Sequence, который содержит элементы типа ScheduleSection. Функция фильтрует занятия в каждой секции с помощью метода filtered (abbreviation :) и filtered (subgroup :) у типа Lesson. Затем функция возвращает новый массив ScheduleSection, содержащий только отфильтрованные занятия.

Шестое расширение добавляет функцию closest к типу Array, который содержит элементы типа ScheduleSection. Функция принимает дату и тип ScheduleSectionType и возвращает ближайшую ScheduleSection к заданной дате. Если тип ScheduleSectionType равен .date, функция находит первую секцию, которая имеет дату не меньше, чем заданная дата. Если секция является сегодняшней, функция возвращает секцию только в том случае, если в ней есть ближайшее занятие. Если тип равен .week, функция находит первую секцию, которая имеет учебную неделю и день недели большей либо равный сегодняшней и имеет ближайшее занятие.

## Модели представлений

Чаще всего модели представлений обладают малым количеством функций, которые обеспечивают преобразование данных для Представления.

### AuditoriumViewModel

Класс AuditoriesViewModel соответствует протоколу ObservableObject, который отвечает за управление данными в представлении для отображения списка аудиторий. Класс имеет несколько свойств, которые публикуются @Published, чтобы сигнализировать об изменении свойствам, которые используются в представлении SwiftUI.

Свойства класса:

- predicate: свойство типа NSPredicate, которое используется для фильтрации списка аудиторий в соответствии с выбранным типом аудитории и поисковым запросом;

- searchText: свойство типа String, которое содержит текст для поиска в списке аудиторий;

- selectedSectionType: свойство типа AuditoriumSectionType, которое определяет, выбран ли раздел здания или тип аудитории;

- selectedAuditoriumType: свойство типа AuditoriumType, которое содержит выбранный тип аудитории;

- cancellables: свойство типа Set<AnyCancellable>, которое используется для хранения подписок, которые необходимо отменить, когда объект больше не нужен.

Класс содержит два приватных метода addSearchTextPublisher и addSelectedAuditoriumTypePublisher, которые используют Combine для отслеживания изменений в свойствах searchText и selectedAuditoriumType соответственно. Когда происходят изменения, методы вызывают метод calculatePredicate.

Метод calculatePredicate конструирует предикат для фильтрации списка аудиторий на основе выбранного типа аудитории и поискового запроса. Этот метод создаёт список предикатов и объединяет их оператором логическй конъюнкции, чтобы создать окончательный предикат для фильтрации.

Класс также содержит статический метод update, который обновляет список всех аудиторий. Этот метод использует async и await для асинхронного получения данных о всех аудиториях из API.

### DepartmentsViewModel

Класс DepartmentsViewModel представляет модель данных для отображения списка отделов в пользовательском интерфейсе. В данном классе используется подписка на изменения переменной searchText, чтобы автоматически фильтровать список отделов при изменении поискового запроса.

Описание свойств класса:

- predicate: свойство типа NSPredicate, которое определяет предикат для фильтрации списка отделов. По умолчанию, это значение равно nil;

- searchText: свойство типа String, которое хранит поисковый запрос;

- cancellables: свойство типа Set<AnyCancellable>, которое хранит все подписки на изменения.

Метод addSearchTextPublisher добавляет подписку на изменение переменной searchText. При изменении переменной searchText, вызывается метод calculatePredicate.

Метод calculatePredicate вычисляет предикат для фильтрации списка отделов на основе значения переменной searchText. Если значение searchText пусто, предикат равен nil. В противном случае, создается предикат, который фильтрует список подразделений по полному и краткому названиям.

Статический метод update загружает данные из API и обновляет список отделов.

### EmployeesViewModel

Класс EmployeesViewModel представляет модель представления для списка преподавателей. Он соответствует протоколу ObservableObject, который отвечает за управление данными в представлении для отображения списка аудиторий. Класс позволяет фильтровать список преподавателей по фамилии, имени, названию отдела или его аббревиатуре, а также выбирать тип секции для разделения списка.

Основные свойства класса:

- predicate: предикат для фильтрации списка преподавателей. При изменении фильтра вызывается метод calculatePredicate;

- searchText: текст поискового запроса для фильтрации списка преподавателей;

- selectedSectionType: тип секции, выбранный пользователем для разделения списка преподавателей;

- showDepartments: флаг, указывающий, должны ли отображаться отделы преподавателей;

- scrollTargetID: идентификатор преподавателя, к которому нужно прокрутить список при отображении.

Метод calculatePredicate используется для вычисления предиката фильтрации списка преподавателей. Предикат строится на основе текста поискового запроса и включает фильтрацию по фамилии, имени, названию отдела или его аббревиатуре. Если текст поискового запроса пуст, метод устанавливает predicate в nil.

Метод update обновляет список преподавателей из API и вызывает метод updateEmployees для обновления данных преподавателей.

Приватный метод addSearchTextPublisher предназначен для добавления подписчика на изменения текста поискового запроса. Подписчик использует оператор debounce для того, чтобы задержать обработку изменений на 0,5 секунды, что оптимизирует работу алгоритма, так как изменения предиката происходит только через 0,5 секунды после окончания изменения свойства searchText, а не после ввода каждого нового символа.

### EducationTaskDetailedViewModel

Класс EducationTaskDetailedViewModel является моделью представления для детального представления о задании. Он наследуется от ObservableObject, чтобы обновлять представление при изменении значений свойств, отмеченных как @Published. Переменная educationTask типа EducationTask является @Published, так как изменения в этом свойстве должны обновлять пользовательский интерфейс, использующий этот объект EducationTaskDetailedViewModel.

Переменная backgroundContext типа NSManagedObjectContext используется для работы с CoreData.

Переменная withDeadline и deadline используются для хранения информации о наличии или отсутствии срока выполнения для данной образовательной задачи.

Переменная noteText предназначена для хранения текстового описания образовательной задачи.

Переменная photosPickerItems и imagesData используются для хранения информации о фотографиях, прикреплённых к задаче.

Переменная lessons содержит массив объектов типа Lesson для данной задачи.

Переменная deadlineDates используется для хранения дат и времени для каждого срока выполнения, вычисленного на основе расписания занятий для заданных занятий.

Метод addPhotosPickerItemsSubscriber используется для добавления подписчика на свойство photosPickerItems и сохранения фотографий в imagesData.

Метод createDeadlineDates используется для вычисления сроков выполнения на основе расписания занятий для данной образовательной задачи.

Метод save сохраняет все изменения в CoreData, а именно изменения в переменных educationTask, withDeadline, deadline, noteText, imagesData.

Класс использует асинхронный подход и сопрограммы Task для выполнения длительных операций, таких как загрузка изображений или вычисление дат дедлайнов. Кроме того, он использует Combine для создания подписок на изменение данных и выполнения асинхронных операций.

### EducationTaskViewModel

Класс EducationTaskViewModel представляет модель представления задачи обучения, которая отвечает за отображение информации о дате сдачи задачи. Класс содержит следующие свойства:

- deadline: дата срока выполнения задачи;

- deadlineString - строковое представление относительного срока выполнения задачи, имеет атрибут @Published;

- timerCancellable: объект, используемый для хранения и отмены таймера.

Метод addTimerCancellable создаёт таймер, который будет обновлять deadlineString каждую секунду. Он также сохраняет этот таймер в свойство timerCancellable.

Метод createDeadlineString создаёт строковое представление даты срока выполнения задачи с помощью форматирования и возвращает это значение.

Когда таймер обновляет deadlineString, метод withAnimation используется для создания плавного эффекта анимации изменения текста в представлении экране.

### GroupDetailedViewModel

Класс GroupViewModel отвечает за управление данными группы, включая, а именно её псевдонимом.

Свойство nicknameString, содержит псевдоним группы, отображаемый пользователю. При изменении этого свойства автоматически обновляется пользовательский интерфейс, так как оно имеет атрибут @Published.

Метод submitNickname принимает экземпляр Group и устанавливает ей псевдоним. Если nicknameString пуста, то псевдоним группы удаляется, то есть выставляется в nil. Метод использует CoreData для сохранения изменений и работает в фоновом контексте.

Когда пользователь изменяет псевдоним группы, nicknameString обновляется, и пользовательский интерфейс автоматически отражает это изменение. Затем пользователь может вызвать метод submitNickname, чтобы сохранить этот псевдоним в БД. Если псевдоним изменяется успешно, submitNickname сохраняет изменения в фоновом потоке и обновляет модель данных группы. В результате изменения пользовательского интерфейса группы сохраняются и переживают перезапуск приложения.

### GroupsViewModel

Класс GroupsViewModel представляет модель представления для списка групп. Диаграмма последовательностей для представления списка групп представлена на чертеже ГУИР.400201.019 РР.3. Свойства класса:

- predicate: определяет условие выборки групп, если значение не задано, будут выбраны все группы, @Published используется для автоматического уведомления подписчиков об изменении значения.

- searchText: текст, введённый пользователем для поиска группы. @Published используется для автоматического уведомления подписчиков об изменении значения;

- selectedSectionType: тип секции, выбранной пользователем, группировка групп по критерию;

- selectedFaculty: факультет, выбранный пользователем. nil - значение по умолчанию;

- selectedSpecialtyEducationType: тип образования специальности, выбранный пользователем. nil - значение по умолчанию;

- selectedEducationDegree: степень образования, выбранная пользователем. nil - значение по умолчанию;

- selectedCourse: курс, выбранный пользователем. nil - значение по умолчанию;

- cancellables: набор AnyCancellable для отмены подписок при удалении объекта.

Метод addSearchTextPublisher добавляет подписку на изменение свойства searchText и вызывает метод calculatePredicate, если значение изменилось.

Метод addSelectionSubscribers добавляет подписку на изменение свойств selectedFaculty, selectedSpecialtyEducationType, selectedEducationDegree и selectedCourse и вызывает метод calculatePredicate, если значение изменилось.

Метод calculatePredicate вычисляет NSPredicate на основе выбранных пользователем значений свойств и текста поиска. Если значение searchText пусто, используются только выбранные пользователем значения. Если выбранных значений нет, то отображаются все группы.

Метод update обновляет данные групп, он является асинхронным.

В инициализаторе вызываются методы addSearchTextPublisher и addSelectionSubscribers.

### ScheduleViewModel

Класс ScheduleViewModel представляет модель представления расписания и используется для управления данными и состоянием связанными с отображением расписания. Диаграмма последовательностей для представления расписания занятий представлена на чертеже ГУИР.400201.019 РР.4. Свойства класса:

- selectedRepresentationType: Тип представления расписания (ScheduleRepresentationType). Определяет выбранный тип представления расписания, такой как прокрутка или страничный;

- selectedSectionType: Тип секции расписания (ScheduleSectionType). Определяет выбранный тип секции расписания;

- showScrollView: Флаг, определяющий видимость ScrollView;

- selectedSectionID: Идентификатор выбранного раздела расписания;

- scrollWithAnimation: Флаг, определяющий анимацию прокрутки;

- searchText: Текст для поиска в разделах расписания;

- showSearchField: Флаг, определяющий видимость поля поиска;

- selectedDate: Выбранная дата;

- showDatePicker: Флаг, определяющий видимость выбора даты;

- selectedSubgroup: Выбранная подгруппа;

- selectedHometaskLesson: Выбранное занятие для задания;

- sections: Массив разделов расписания (ScheduleSection);

- filteredSections: Отфильтрованный массив секций расписания;

- cancellables: Набор отменяемых подписок (AnyCancellable).

Методы addSelectedRepresentationType добавляет подписчика на изменение выбранного типа представления расписания. При изменении типа представления вызывается метод updateFilteredSections для обновления отфильтрованных разделов расписания.

Метод addSelectedSubgroupSubscriber добавляет подписчика на изменение выбранной подгруппы. При изменении подгруппы вызывается метод updateFilteredSections для обновления отфильтрованных разделов расписания.

Метод addSearchTextSubscriberдобавляет подписчика на изменение текста поиска. При изменении текста поиска вызывается метод updateFilteredSections для обновления отфильтрованных разделов расписания.

Метод addSelectedDateSubscriberдобавляет подписчика на изменение выбранной даты. При изменении даты вызывается метод scrollToDate для прокрутки до соответствующей секции расписания.

Метод updateSections обновляет разделы расписания на основе переданных уроков и дат образования. Он также вызывает метод updateFilteredSections для обновления отфильтрованных разделов расписания.

Метод updateFilteredSections обновляет отфильтрованные разделы расписания на основе текущих параметров фильтрации (текст поиска и выбранная подгруппа). Если параметр returnToClosestSection установлен в true, то метод также вызывает метод initialScroll для прокрутки к ближайшему разделу расписания.

Метод initialScrollвыполняет начальную прокрутку к ближайшему разделу расписания в зависимости от выбранного типа представления. Затем устанавливает выбранный раздел и флаг showScrollView в соответствии с выбранным типом представления.

Метод scrollToDate выполняет прокрутку к разделу расписания, соответствующему переданной дате. Параметр scrollWithAnimation указывает, следует ли использовать анимацию при прокрутке.

Метод scrollTo выполняет прокрутку до указанного раздела в ScrollViewProxy. Если идентификатор раздела не пустой, то метод прокручивает к указанному разделу. Если флаг scrollWithAnimation установлен в true, то прокрутка выполняется с анимацией.

Вычисляемое свойство defaultRules возвращает значение типа Bool, которое зависит от того, находятся ли параметры отображения в состоянии по умолчанию.

### PrimaryScheduleViewModel

Класс PrimaryScheduleViewModel является моделью представления для отображения ближайшего расписания. В качестве типа для расписания может быть использован любой тип, реализующий протокол Scheduled.

- scheduled содержит объект с расписанием, которое будет отображаться в данной модели представления;

- subgroup содержит номер подгруппы для расписания, если он имеется.

- title содержит заголовок для отображаемого расписания, который будет обновляться при изменении данных;

- section содержит объект раздела расписания, который ближе всего по времени;

- lesson содержит занятие, которое ближе всего по времени;

- state используется для отслеживания состояния данной модели представления.

Свойство state может принимать следующие значения:

- updating отображает ProgressView до момента окончания обновления;

- showLesson отображает ближайшее занятие;

- noClosestSection отображает сообщение о том, что больше занятий для данного объекта в этом семестре нет.

Метод init инициализирует модель представления. Он получает расписание, которое будет отображаться, и опциональный номер подгруппы, который используется только для типа Group. При инициализации, метод update вызывается асинхронно для обновления данных. Если расписание реализует протокол LessonsRefreshable, то вызывается метод checkForLessonsUpdates для обновления занятий. Также создается таймер, который вызывает метод addTimerCancellable каждую секунду.

Метод addTimerCancellable создаёт таймер, который обновляет данные в модели представления. Внутри метода есть логика для обновления заголовка расписания и текущего занятия.

Метод update обновляет данные модели представления. Он получает объекты занятий из расписания и фильтрует их по номеру подгруппы (если имеется). Затем, используя метод closest из расширения массива, содержащего ScheduleSection, находится ближайший объект раздела расписания к текущему времени. Если ближайшего раздела нет, то меняется состояние на noClosestSection. Если есть ближайший раздел, то обновляется заголовок расписания и меняется состояние на showLesson. Метод также вызывает метод updateTitle для обновления заголовка, если необходимо.

Метод updateTitle обновляет заголовок для отображаемого расписания. Он получает заголовок текущего раздела и обновляет заголовок расписания, добавляя его к текущему заголовку. Если заголовок не изменялся, то метод не выполняет никаких действий.

## Блок извлечения

Блок извлечения реализован путём создания расширений для стандартного класса URLSession.

### FetchDataType

FetchDataType является перечислением, которое используется в проекте для определения URL-адресов API ИИС БГУИР для получения различных данных.

В этом перечислении определены различные случаи, каждый из которых представляет собой URL-адрес для конкретного типа данных:

- faculties – URL-адрес для получения списка факультетов;

- specialities – URL-адрес для получения списка специальностей;

- auditories – URL-адрес для получения списка аудиторий;

- departments – URL-адрес для получения списка кафедр;

- groups – URL-адрес для получения списка групп;

- group – URL-адрес для получения расписания для определенной группы;

- groupUpdateDate – URL-адрес для получения даты последнего обновления расписания для определенной группы;

- employees – URL-адрес для получения списка преподавателей;

- employee – URL-адрес для получения расписания для определенного преподавателя;

- employeeUpdateDate – URL-адрес для получения даты последнего обновления расписания для определенного преподавателя.

Перечисление использует тип String для хранения URL-адреса. В коде он используется для создания URL-объектов, которые используются для отправки запросов на сервер. Каждый случай перечисления имеет свою собственную строку, которая представляет URL-адрес для конкретного типа данных.

### Функции для извлечения данных их API ИИС БГУИР

Функция data(from:) async throws -> Dataиспользуется для получения данных с определенного URL-адреса. Она принимает один параметр: URL-адрес в виде строки.

Функция проверяет, может ли URL быть создан из заданной строки. Если URL не может быть создан, функция генерирует ошибку URLError(.badURL). Затем функция использует стандартный метод data(from:) для получения данных из сети. При успешном получении данных функция возвращает полученные данные в формате Data.

Функция data(for dataType: FetchDataType, with argument: String? = "") async throws -> Data? принимает тип запрашиваемых данных, который описан в enum FetchDataType, и необязательный аргумент (название группы или идентификатор преподавателя).

Функция использует эти параметры для создания URL-адреса, по которому будет выполнен запрос на сервер. Функция выполняет запрос на сервер с использованием метода await data(from url: URL) и возвращает данные в виде объекта Data. Если запрос произошёл успешно, то функция возвращает запрошенные данные. Если возникла ошибка (например, не удалось создать URL-адрес или сервер вернул пустой ответ), то функция генерирует ошибку типа URLError и возвращает nil.

Обе функции используют async и await для асинхронного получения данных из сети. Это означает, что при вызове этих функций процесс выполнения не блокируется, а продолжает выполнять другие задачи, пока данные не будут получены.

### Извлечение аудитории

Описанные выше функции являются универсальными и служат только для извлечения абстрактных данных из API. Извлечение и обработка конкретных данных производится в расширениях моделей. Ниже приведены необходимые функции для извлечения и обновления преподавателя из API.

Расширение для класса Auditorium в приложении, которое определяет функцию fetchAll, которая загружает данные о всем доступных аудиториях асинхронно.

В начале функции выполняется запрос к серверу для загрузки данных с помощью URLSession.shared.data. Если запрос не удалось выполнить или данные не получены, то функция возвращает управление.

Затем функция извлекает полученные данные с помощью JSONSerialization.jsonObject и конвертирует их в массив словарей. Если произойдёт ошибка извлечения или не удастся создать словари, функция выведет ошибку с помощью Log.error и завершает свою работу.

Затем функция создаёт новый фоновый контекст CoreData в режиме с помощью и настраивает политику слияния объектов в контексте на NSMergeByPropertyStoreTrumpMergePolicy, чтобы обеспечить слияние объектов с приоритетом данных из фонового контекста при сохранении в постоянное хранилище.

Затем метод инициализирует экземпляр JSONDecoder и устанавливает свойство userInfo на контекст CoreData. Это свойство используется при декодировании JSON объектов, чтобы связать объекты с соответствующим контекстом CoreData.

Далее функция вызывает статический метод getAll, который возвращает все существующие объекты класса Auditorium из заданного контекста CoreData. Этот метод будет использоваться позже, чтобы искать объекты аудиторий в базе данных.

Затем функция итерируется по всем словарям, которые были получены из ответа на запрос к API, и конвертирует их в объекты Auditorium CoreData. Если аудитория уже существует в базе данных, функция вызовет метод update на экземпляре декодера, чтобы обновить данные объекта из словаря. Если аудитория не найдена в базе данных, то функция создаст новый объект Auditorium из словаря, используя метод decode.

В конце функция сохраняет все изменения в базе данных с помощью backgroundContext.save(). Затем функция выводит количество загруженных аудиторий с помощью Log.info и время, которое потребовалось для загрузки и обработки данных.

### Извлечение подразделения, факультета и специальности

Расширение классов Department, Faculty и Speciliaty реализует аналогичные методы fetchAll, которые являются статическими и асинхронным, не принимает параметров и не возвращает значения.

Если данные, полученные с помощью метода URLSession.shared.data по адресу, переданному в качестве аргумента, отсутствуют, то функция завершается.

Затем получается текущее время и создаётся пара backgroundContext, JSONDecoder.

Выполняется декодирование полученных данных в массив объектов советующего типа с помощью объекта JSONDecoder. Если процесс декодирования завершается неудачно, в лог выводится сообщение об ошибке и функция завершается.

После этого изменения сохраняются в backgroundContext. Создаются логи с количеством полученных объектов и временем, затраченным на выполнение операции.

### Извлечение преподавателя

Функция static func fetchAll() async используется для асинхронной загрузки данных о преподавателях из внешнего источника.

Функция начинается с загрузки данных с помощью URLSession.shared.data(from:), который был описан выше. Затем данные преобразуются из формата JSON в массив словарей [[String: Any] с помощью JSONSerialization.jsonObject.

Далее функция создает новый фоновый контекст CoreData с помощью newBackgroundContext() и задает политику слияния NSMergeByPropertyStoreTrumpMergePolicy, которая обеспечивает слияние объектов с приоритетом данных из контекста при сохранении в постоянное хранилище.

Затем используется JSONDecoder, который настроен на работу с Core Data. Информация о контексте userInfo[.managedObjectContext] и наличии вложенного контейнера групп userInfo[.groupEmbeddedContainer] используется для декодирования JSON-объектов в объекты модели CoreData.

Далее функция вызывает метод getAll, который возвращает все объекты модели Employee из указанного контекста CoreData. Результат сохраняется в массив employees.

Затем функция итерируется по полученному массиву словарей и декодирует каждый словарь в соответствующий объект Employee. Если объект с таким же id уже существует в массиве employees, то происходит обновление объекта из данных существующего объекта с помощью JSONDecoder.update(\_:from:). Если же объекта с таким id нет, то происходит добавление нового объекта в массив employees.

В конце функция сохраняет контекст CoreData с помощью backgroundContext.perform(schedule: .immediate), чтобы сохранение происходило в фоне. В лог также выводится количество загруженных преподавателей и время выполнения функции.

### Извлечение группы

Расширение для класса Group добавляет метод fetchAll, который получает данные из ответа API и обрабатывает их с помощью JSON-сериализации. Затем он обновляет существующие объекты Group или создаёт новые и сохраняет их в базе данных.

Метод начинается с проверки доступности данных с помощью URLSession.shared.data. Затем данные десериализуются с использованием JSONSerialization. Если десериализация прошла успешно, создается новый фоновый контекст CoreData и устанавливается политика слияния объектов. Далее используется декодер JSONDecoder, который настраивается на использование контекста и опционального контейнера для вложенных объектов типа Group. Затем получаются все имеющиеся в базе данных объекты Group.

Затем каждый словарь данных в полученном массиве обрабатывается по следующим правилам: если объект Group с таким же именем уже существует в базе данных, то он обновляется с помощью метода update, иначе создается новый объект Group и сохраняется в базе данных.

После того, как все объекты обработаны и сохранены в базе данных, метод fetchAll заканчивается, выводя количество полученных и сохранённых групп и время выполнения операции.

Существует также расширение Group для обновления объектов в базе данных. Расширение добавляет два метода: update и updateGroups.

Метод update получает данные о группе из сети и обновляет соответствующий объект Group в базе данных. Первым шагом метод проверяет наличие данных о группе в API. Если данные доступны, они десериализуются, и создается новый фоновый контекст CoreData. Затем декодер JSONDecoder настраивается на использование контекста и опционального контейнера для вложенных объектов типа Group. Затем метод получает объект Group из базы данных, используя его objectID, и обновляет его с помощью метода update.

Метод updateGroups обновляет все объекты Group в переданном в метод массиве. Для этого он создаёт группу асинхронных задач, каждая из которых также асинхронно вызывает метод update для соответствующего объекта Group.

## Блок декодирования

Блок декодирования использует стандартные функции и протоколы JSONDecoder, Decodable и CodingKeys, для которых написаны расширения.

### Расширения стандартных библиотек

Расширения JSONDecoder и PropertyListDecoder расширяют протокол DecodingFormat. Эти расширения определяют метод decoder(for data: Data), который возвращает объект Decoder для соответствующего формата данных. Этот метод используется при декодировании объектов, чтобы создать необходимый декодер.

Далее определен протокол DecoderUpdatable, который имеет метод update(from decoder: Decoder), который обновляет значения из переданного декодера.

Протокол DecodingFormat, который определяет метод decoder(for data: Data), который создает и возвращает объект декодера для соответствующего формата данных, и метод decode<T: Decodable>(\_ type: T.Type, from data: Data), который декодирует объект типа T из переданных данных.

Два класса NestedSingleValueDecodingContainer и NestedDecoder определяют контейнеры декодирования для вложенных объектов в KeyedDecodingContainer. NestedSingleValueDecodingContainer – это контейнер, который декодирует единственное значение, а NestedDecoder - контейнер, который декодирует вложенные объекты.

Расширение KeyedDecodingContainer определяет метод update<T: DecoderUpdatable>(\_ value: inout T, forKey key: Key, userInfo: [CodingUserInfoKey : Any] = [:]), который использует NestedDecoder для обновления значений объекта T из ключа key в KeyedDecodingContainer.

### Декодирование аудитории

Декодирование сущности AuditoriumType выполняется с использованием JSONDecoder и инициализации через него. Внутри метода происходит декодирование значений из контейнера с помощью ключей, заданных в перечислении CodingKeys. Контейнер получается из параметра decoder.

Значения для свойств id, name и abbreviation декодируются с помощью метода decode(\_:forKey:), который вызывается на контейнере. Типы, которые декодируются, указываются в квадратных скобках. Для свойства id это Int16, а для name и abbreviation это String.

После того, как все значения декодированы, создается новый экземпляр AuditoriumType в контексте управляемого объекта, который получается из userInfo параметра декодера. Значения свойств объекта заполняются декодированными значениями.

После создания объекта, вызывается метод info из класса Log для записи информации о созданном экземпляре AuditoriumType в логах.

### Декодирование типа аудитории

Декодирование сущности Auditorium выполняется при помощи протокола Decoder.

Сущность Auditorium имеет метод init, который и выполняет декодирование. Метод получает контейнер со значениями, распаковывает его и сохраняет необходимые данные в свойствах сущности.

Для декодирования используются keyedBy контейнеры. В методе init создаются два таких контейнера: container и buildingContainer.

Первый контейнер хранит значения для свойств name, capacity, note, type, department. Второй контейнер, buildingContainer, используется для декодирования номера здания, в котором расположена аудитория.

Внутри метода init вызываются два метода декодирования: decodeBuilding и decodeName. В первом методе декодируется номер здания, а во втором - номер и название аудитории.

При декодировании номера здания выполняется проверка на то, что здание является учебным. Если номер здания не может быть преобразован в Int16, то создаётся исключение типа AuditoriumDecodingError.nonEducationalBuilding.

Если номер здания является соответствующим односу из корпусов, то он сохраняется в свойстве building.

При декодировании номера и названия аудитории выполняется проверка на то, находится ли аудитория в университете. Если первый символ строки с номером и названием аудитории не является цифрой, то аудитория расположена за пределами университета.

Если аудитория расположена в университете, то номер и название аудитории разделяются. Номер преобразуется в Int16 и сохраняется в свойстве floor. Название аудитории сохраняется в свойстве name.

После декодирования номера здания, номера и названия аудитории, а также остальных свойств, вызывается метод formateName, который форматирует номер и название аудитории в соответствии с определенными правилами и сохраняет полученное значение в свойстве formattedName.

### Декодирование учёной степени преподавателя

Декодирование сущности Degree выполняется путём реализации протокола Decodable и переопределения метода init. Передаваемый в метод параметр decoder содержит закодированные данные, которые необходимо декодировать.

В начале метода происходит проверка наличия ключа degree и его значения в декодируемых данных. Если это условие не выполнено, создаётся исключение. Далее, в методе определяется контекст из передаваемых данных, создаётся объект Degree с помощью метода init(context: NSManagedObjectContext) и вызывается метод обновления свойств сущности update, который описан далее.

В методе update из контейнера данных достаются значения ключей degree и degreeAbbreviation. Если значение degreeAbbreviation не пустое, то свойствам name и abbreviation объекта присваиваются соответствующие значения. В противном случае, только свойству abbreviation объекта присваивается значение из degree, что связанно с особенностями, описанными в подразделах 1.1.6 и 3.1.4.

### Декодирование подразделения

Декодирование сущности Department выполняется при помощи JSONDecoder и инициализации через него.

- Свойство id получает значение из ключа «id» контейнера, если ключ присутствует, иначе - из ключа «idDepartment»;

- Свойство name получает значение из ключа «name»" контейнера;

- Свойство abbreviation получает значение из ключа «abbrev» контейнера и затем передаётся в метод formattedAbbreviationString, который приводит его к нужному формату.

Если контейнер не содержит всех необходимых ключей, то создаётся ошибка DepartmentDecodingError.noKeys.

В итоге, при успешном декодировании, создаётся экземпляр класса Department с установленными свойствами id, name, abbreviation и выводится сообщение об успешном создании экземпляра в лог. Также класс Department имеет дополнительный конструктор init(from string: String, in context: NSManagedObjectContext), который позволяет создавать экземпляры класса из строки и контекста базы данных, то есть без использования Decoder.

### Декодирование типа получения образования

Декодирование сущности EducationType выполняется в методе init. В начале инициализируется новый экземпляр EducationType в контексте управляемого объекта CoreData, полученного из параметра decoder.userInfo.

Далее, с использованием контейнера, полученного из decoder, происходит декодирование значений свойств объекта. Используя ключи, определенные в enum CodingKeys, выполняется декодирование id и name из контейнера.

Значение для свойства id декодируется с помощью метода decode, вызванного на контейнере, и ожидаемого типа Int16. Значение для свойства name также декодируется с помощью метода decode, и ожидается тип String. Затем, полученное значение для свойства name преобразуется, используя метод capitalized, для того чтобы первая буква была заглавной, а остальные – строчными.

После успешного декодирования значений свойств, вызывается метод info класса Log, чтобы записать информацию о созданном экземпляре EducationType в логах.

### Декодирование преподавателя

Декодирование сущности Employee выполняется через инициализатор init. В этом инициализаторе происходит получение контекста управляемого объекта из userInfo параметра decoder, создание нового экземпляра Employee полученного контекста. Затем вызывается метод update, в котором происходит обновление свойств объекта на основе декодированных данных.

В методе update сначала получается контейнер из декодера с помощью ключей, заданных в CodingKeys, а далее вызываются остальные методы для декодирования, которые перечислены ниже.

Метод decodeEmployee используется для декодирования основной информации о преподователе. Если присутствует структура вложенного контейнера employeeNestedContainer, она извлекается, иначе используется корневой контейнер. Значения для свойств id, urlID, firstName, middleName, lastName, photoLink и rank декодируются из контейнера. Значение для departments декодируется как массив строк и затем преобразуется во множество Department, которые добавляются к свойству departments преподавателя.

Метод decodeDegree декодирует степень преподавателя. Если уже существует объект degree, вызывается его метод update, иначе создается новый объект Degree с использованием метода Degree и присваивается свойству degree.

Метод decodeLessons декодирует занятия, связанные с преподавателем. Если в контейнере есть словарь lessonsDictionary, он декодируется как [String:[Lesson]]. Уроки из словаря объединяются и добавляются в массив lessons. Затем, если есть массив exams, он также добавляется в массив lessons. Для каждого занятия в массиве lessons устанавливается массив с идентификатором переподователя. Если массив lessons не пустой, устанавливается дата обновления lessonsUpdateDate. Наконец, занятия добавляются в свойство lessons преподавателя.

### Декодирование факультета

Декодирование сущности Faculty выполняется с использованием метода init. В этом методе происходит инициализация объекта Faculty и заполнение его свойств значениями из декодера.

Сначала получается контекст управляемого объекта из параметра decoder.userInfo. Затем вызывается инициализатор init, который создает новый экземпляр Faculty в указанном контексте.

Далее происходит проверка условия: если параметр groupContainer равен true, это означает, что инициализатор был вызван из декодера, который декодирует Group и не может найти требуемую специальность. В этом случае вызывается специальный метод updateFromGroupDecoder, который обрабатывает специфические ключи Group.

Если условие не выполняется, то вызывается метод update, который обновляет свойства Faculty из декодера. Внутри метода контейнер получается с помощью container, а затем значения свойств декодируются с помощью метода decode, вызываемого на контейнере. Значения декодируются для свойств id, name и abbreviation с соответствующими ключами из enum CodingKeys.

После успешного обновления свойств Faculty, вызывается метод info из класса Log для записи информации об обновлении Faculty в логах.

Если вызывается метод updateFromGroupDecoder, то вложенный контейнер, если он присутствует, получается из nestedContainer, иначе используется обычный контейнер. Затем значения свойств id и abbreviation декодируются из контейнера с помощью метода decode, вызываемого на контейнере. Значения декодируются с соответствующими ключами из enum GroupCodingKeys.

### Декодирование группы

Декодирование сущности Group выполняется через метод init. Внутри этого метода создается новый экземпляр Group в контексте управляемого объекта CoreData, который получается из userInfo параметра декодера. Затем вызывается метод update, который выполняет обновление свойств объекта на основе декодированных данных.

Внутри метода update происходит следующий процесс декодирования:

- Получение контейнера из декодера с помощью decoder.container;

- Вызов методов decodeGroup, decodeEducationDates, decodeSpeciality и decodeLessons для декодирования различных свойств объекта Group;

- В методе decodeGroup происходит декодирование информации о группе, такой как имя, курс, степень образования и количество студентов;

- В методе decodeSpeciality происходит декодирование специальности группы. Если специальность указана, то создается новый экземпляр Speciality с помощью инициализатора Speciality и присваивается свойству speciality объекта Group;

- В методе decodeLessons происходит декодирование занятий и экзаменов группы. Если есть занятия или экзамены, то свойство lessonsUpdateDate устанавливается на текущую дату;

- После завершения декодирования вызывается метод info из класса Log для записи информации о созданном или обновлённом экземпляре Group в логах.

Декодирование сущности Group включает в себя несколько вспомогательных методов, которые выполняют декодирование конкретных свойств объекта Group из декодера. Давайте подробнее рассмотрим каждый из этих методов:

Метод decodeGroup получает контейнер из декодера, используя decoder.container. Затем метод декодирует информацию о группе из контейнера. Свойство name декодируется из строки с ключом .id и присваивается объекту Group. Если доступно значение для ключа .course, то свойство course декодируется из Int16 и также присваивается объекту Group. Свойство educationDegreeValue декодируется из Int16 с ключом .educationDegree и присваивается объекту Group. Если доступно значение для ключа .numberOfStudents, то свойство numberOfStudents декодируется из Int16 и присваивается объекту Group.

Метод decodeSpeciality получает контейнер из декодера, используя decoder.container. Затем метод пытается декодировать значение типа Int32 из контейнера с ключом .specialityID. Если декодирование успешно, создается новый экземпляр Speciality с помощью инициализатора Speciality и присваивается свойству speciality объекта Group.

В логах записывается информация о созданной и присвоенной специальности.

Метод decodeLessons получает контейнер в качестве параметра. Используя контейнер, метод пытается декодировать массив занятий и экзаменов группы из ключей .lessons и .exams соответственно. Если есть хотя бы один из массивов занятий или экзаменов, то свойство lessonsUpdateDate объекта Group устанавливается на текущую дату и время.

### Декодирование занятия

Декодирование сущности Lesson выполняется в методе init. Вначале из параметра decoder извлекается контекст управляемого объекта CoreData с помощью decoder.userInfo. Затем происходит инициализация нового экземпляра Lesson с использованием entity и insertInto.

Декодирование значений начинается с извлечения контейнера container из decoder с помощью decoder.container.

Затем вызывается метод decodeLesson, который выполняет декодирование свойств subject, abbreviation, note и subgroup с помощью метода decode на контейнере. Свойство subject декодируется как опциональное значение String, abbreviation не может быть опциональным, поэтому при декодировании присваивается пустая строка, в случае отсутствия значения. Свойства note и subgroup декодируются как опциональные значения String и Int16 соответственно.

Затем, если есть значение lessonTypeID в контейнере, выполняется инициализация свойства type с помощью конструктора LessonType(id:context:).

Далее вызывается метод decodeDate, который декодирует значения свойств, относящихся к дате и времени занятия. Сначала декодируется строка date, которая присваивается свойству dateString. Затем декодируются значения startLessonDate, endLessonDate, timeStart и timeEnd с помощью метода decode.

Если значения startLessonDate и endLessonDate успешно декодируются в строки, то они присваиваются соответствующим свойствам startLessonDateString, startLessonDate и endLessonDate. При этом проверяется условие, если startLessonDate больше endLessonDate, то значения этих свойств меняются местами.

Затем, если дата date или startLessonDate имеет значение, вычисляется weekday с помощью свойства weekday у date.

Далее декодируется массив weeks с помощью метода decode. Если значения успешно декодируются в [Int], то они присваиваются свойству weeks с вычитанием единицы из каждого значения. Если в массиве weeks содержится значение «-1», оно удаляется с помощью removeFirst.

Метод decodeAuditories отвечает за декодирование и присваивание значений свойствам, связанным с аудиториями занятия.

Внутри метода происходит попытка декодирования значения для ключа .auditorium из контейнера container. Если декодирование успешно, то полученный массив названий аудиторий преобразуется в массив объектов Auditorium с использованием инициализатора Auditorium(from:in:), где каждое имя аудитории передаётся в инициализатор вместе с контекстом context. Затем полученные аудитории добавляются к свойству auditories занятия с помощью метода addToAuditories. Кроме того, имена аудиторий сохраняются в свойстве auditoriesNames занятия в виде отсортированного массива строк, состоящих из номера этажа, имени аудитории и номера здания.

Если декодирование значения для ключа .auditorium не удалось, то свойство auditoriesNames занятия присваивается пустой массив.

Метод decodeAnnouncement отвечает за декодирование и обработку значений, связанных с объявлением. Внутри метода сначала проверяется, является ли значение для ключа .announcement равным true. Если значение равно true, то выполняется следующая логика:

- Устанавливаются значения [0, 1, 2, 3] для свойства weeks, указывающего на то, что объявлением проходит на всех неделях.

- Если значение для ключа .announcementStart декодируется успешно с помощью, то присваивается значение свойству timeStart, аналогично, если значение для ключа .announcementEnd декодируется успешно, то присваивается значение свойству timeEnd.

Таким образом, в результате декодирования и обработки значений объявлений занятия, устанавливаются соответствующие свойства weeks, timeStart и timeEnd.

Метод decodeEmployees также принимает контейнер container, декодер decoder и контекст NSManagedObjectContext. Он проводит попытку декодировать массив преподавателей из контейнера. Если декодирование успешно, создается NSSet, содержащий экземпляры класса Employee, полученные в результате декодирования. Затем этот NSSet добавляется к свойству занятия employees с помощью метода addToEmployees, устанавливающего связь типа многие-ко-многим между Lesson и Employee. Таким образом, свойство employees будет содержать связанных с данным занятием преподавателей.

Метод decodeGroups принимает контейнер container, декодер decoder и контекст NSManagedObjectContext. Внутри метода происходит попытка декодирования массива групп студентов из контейнера. Если декодирование прошло успешно, создается NSSet, содержащий экземпляры класса Group, полученные в результате декодирования. Затем этот NSSet добавляется к свойству занятия groups с помощью метода addToGroups, который является сгенерированным CoreData методом для установки связи типа многие-ко-многим между Lesson и Group. Таким образом, свойство groups будет содержать связанные группы студентов для данного занятия.

### Декодирование типа занятия

Декодирование сущности LessonType выполняется путём инициализации объекта с использованием соответствующих инициализаторов.

В классе LessonType определено два инициализатора. Первый инициализатор принимает только идентификатор id и контекст. Внутри инициализатора вызывается инициализатор родительского класса NSManagedObject, передавая ему сущность и контекст. Затем устанавливается значение свойства id равным переданному идентификатору.

Второй инициализатор принимает идентификатор id, название name, аббревиатуру abbreviation, цвет color и контекст управляемого объекта context. Опять же, внутри инициализатора вызывается инициализатор родительского класса с передачей сущности и контекста. Затем значения переданных свойств устанавливаются соответствующим образом.

В обоих случаях, после создания экземпляра LessonType, он будет связан с контекстом управляемого объекта и готов к сохранению или использованию в приложении.

### Декодирование специальности

Декодирование сущности Speciality выполняется в методе init. В этом методе происходит инициализация нового экземпляра Speciality в контексте управляемого объекта, который получается из userInfo параметра декодера.

Далее проверяется условие, является ли вызов init направленным из декодера, который расшифровывает Group и не может обнаружить требуемую специальность. Если это так, вызывается специальный метод updateFromGroupDecoder, который обрабатывает ключи для группы. В противном случае вызывается метод update, который обрабатывает обычные ключи.

В методе update осуществляется декодирование значений из контейнера с помощью ключей, заданных в enum CodingKeys. Контейнер получается из параметра decoder. Значения для свойств id, name, abbreviation, code и educationType декодируются с помощью метода decode, который вызывается на контейнере. Типы, которые декодируются, указываются в квадратных скобках. Некоторые значения могут быть опциональными, и если декодирование не удалось, то выбрасывается исключение.

Затем проверяется, можно ли декодировать facultyID и получить контекст управляемого объекта. Если это возможно, создается новый объект Faculty с помощью инициализатора, принимающего id и context, и устанавливается свойство faculty для Speciality.

После декодирования всех значений и обновления объекта Speciality вызывается метод info из класса Log для записи информации о том, что специальность была обновлена.

В методе updateFromGroupDecoder происходит декодирование значений, когда вызов init осуществляется из декодера, декодирующего Group. Если информация о специальности содержится во вложенном контейнере, он получается с помощью nestedContainer, в противном случае используется обычный контейнер. Затем значения для свойств id, name, abbreviation и faculty декодируются с помощью метода deco, а объект Faculty декодируется с помощью инициализатора, принимающего декодер.

# Разработка программных модулей

В данном разделе представлено несколько ключевых алгоритмов программного средства, а также приведено описание нескольких ключевых представлений.

## Представления

Так как количество представлений в программном средстве превышает три десятка, для описания выбрано только несколько представлений, при этом упор сделан на представления, которые используются как шаблоны или части включаются в другие представления.

### Стандартизированное меню с проверкой значений по умолчанию

Во многих представлениях существует необходимость в меню с некоторыми параметрами, при этом стоит отображать пользователю, является ли выбранный в данный момент времени набор – набором по умолчанию. Для этого используется заливка значка меню цветом в момент, когда выбранные параметры не являются параметрами по умолчанию.

Исходный код представления:

struct MenuView<Content: View>: View {

var defaultRules: [Bool]

var satisfyDefaultRules: Bool {

!defaultRules.contains(false)

}

var imageName: String {

if satisfyDefaultRules {

return "line.3.horizontal.decrease.circle"

} else {

return "line.3.horizontal.decrease.circle.fill"

}

}

@ViewBuilder var content: () -> Content

var body: some View {

Menu {

content()

} label: {

Image(systemName: satisfyDefaultRules ? imageName")

}

}

}

Представление принимает как единственный параметр массив значений типа Bool defaultRules. Данный массив содержит в себе условия, которые должны выполняться для того, чтобы набор значений параметров (настроек) считался набором по умолчанию.

Вычисляемое свойство satisfyDefaultRules проверяет, являются ли верными все переданные в defaultRules значения. Если это так, то значение свойства является истинным, в ином случае – ложным.

Вычисляемое свойство imageName используется для того, чтобы получать названия изображения иконки меню с заливкой, либо без неё.

Этот же imageName передаётся в Image, то есть при изменении свойства defaultRules изменяется satisfyDefaultRules свойство, а из-за него изменяется уже imageName, а это изменяет изображение в представлении.

### Стандартизированная квадратная ячейка

Стандартизированная квадратная ячейка является одним из базовых элементов, на которых строится иерархия представлений программного средства. Она используется как базовая ячейка для многих списков.

Исходный код представления:

struct SquareView<Content: View>: View {

@ViewBuilder var content: () -> Content

var body: some View {

content()

.padding()

.roundedRectangleBackground()

.aspectRatio(1.0, contentMode: .fit)

}

}

Описание кода:

- struct SquareView<Content: View>: View: объявление структуры SquareView с обобщённым типом Content, который должен соответствовать протоколу View, сам SquareView также соответствует протоколу View;

- @ViewBuilder var content: () -> Content: определение свойства content с атрибутом @ViewBuilder. это свойство является замыканием, которое возвращает тип Content, а атрибут @ViewBuilder, означает, что в него может быть передано сразу несколько View;

- var body: some View объявление вычисляемого свойства body типа some View, это обязательное свойство для протокола View;

- content(): вызов замыкания content, которое позволяет использовать содержимое замыкания как часть представления SquareView;

- .padding(): применение модификатора padding() к содержимому SquareView, этот модификатор добавляет отступы равные 16 пунктам вокруг содержимого;

- .roundedRectangleBackground(): применение модификатора roundedRectangleBackground() к содержимому SquareView, этот модификатор задаёт фон в форме закруглённого прямоугольника;

- .aspectRatio(1.0, contentMode: .fit): Применение модификатора aspectRatio(\_:contentMode:) к содержимому SquareView. этот модификатор задаёт соотношение сторон в представлении и режим заполнения содержимого, в данном случае, соотношение сторон установлено равным единице, то есть квадрату, а режим заполнения – .fit, что означает, что содержимое будет подстроено под размеры представления.

### Стандартизированная квадратная текстовая ячейка

На основании стандартизированной квадратной ячейки, которая может вмещать любое представление в себя, создана стандартизированная квадратная текстовая ячейка, которая вмещает в себя три строки текста с различными атрибутами.

Разделение стандартизированной квадратной ячейки и стандартизированной квадратная текстовой ячейки обусловлено тем, что такое разделение позволяет использовать обычную стандартизированную квадратную ячейку не только для текста. Например, она используется для кнопки выбора изображений в представлении задачи. Там вместо текста располагается изображение знака сложения.

Исходный код представления:

struct SquareTextView: View {

var title: String

var firstSubtitle: String?

var secondSubtitle: String?

var body: some View {

SquareView {

HStack {

VStack(alignment: .leading) {

titleText

Spacer()

firstSubtitleText

secondSubtitleText

}

.lineLimit(2)

.minimumScaleFactor(0.5)

.multilineTextAlignment(.leading)

.foregroundColor(.primary)

Spacer(minLength: 0)

}

}

}

var titleText: some View {

Text(title)

.font(.system(.title3,

design: .rounded,

weight: .bold))

}

@ViewBuilder var firstSubtitleText: some View {

if let firstSubtitle = firstSubtitle {

Text(firstSubtitle)

}

}

@ViewBuilder var secondSubtitleText: some View {

if let secondSubtitle = secondSubtitle {

Text(secondSubtitle)

.font(.headline)

.foregroundColor(Color.gray)

}

}

}

Описание кода:

- Объявление структуры SquareTextView с одним обязательным свойством title типа String;

- Объявление двух необязательных свойств firstSubtitle и secondSubtitle типа String?;

- Создание SquareView, которое является контейнером с квадратной формой.

- Создание HStack – горизонтального контейнера, в котором располагаются элементы в строку;

- Создание VStack – вертикального контейнера, в котором располагаются элементы в столбец;

- В VStack добавляются тексты: titleText, firstSubtitleText, secondSubtitleText;

- Установка ограничения на количество строк для VStack (.lineLimit(2));

- Установка минимального масштаба текста для VStack (.minimumScaleFactor(0.5));

- Выравнивание многострочного текста по левому краю для VStack (.multilineTextAlignment(.leading));

- Установка цвета текста для VStack (.foregroundColor(.primary));

- Добавление пустого пространства справа от VStack с использованием Spacer(minLength: 0);

- Определение вычисляемого свойства titleText, которое возвращает Text с заголовком;

- Установка шрифта для Text (.font(.system(.title3, design: .rounded, weight: .bold)));

- Определение вычисляемого свойства firstSubtitleText с использованием @ViewBuilder, которое возвращает Text с первым дополнительным заголовком, если он существует;

- Проверка, существует ли первый дополнительный заголовок (if let firstSubtitle = firstSubtitle);

- Определение вычисляемого свойства secondSubtitleText с использованием @ViewBuilder, которое возвращает Text со вторым дополнительным заголовком, если он существует.

### Ленивая квадратная сетка

Ленивая квадратная сетка представляет из себя представление построенное на основе LazyVGrid. Данное представлене используется в паре с вышеупомянутыми ячейками.

LazyVGrid – это контейнерное представление, которое организует своих потомков в сетку с гибким количеством колонок. Он обеспечивает ленивую загрузку своих элементов, что означает, что только видимые элементы просчитываются и отображаются на экране, а остальные элементы загружаются по мере прокрутки или при изменении размеров экрана. Данное свойство позволяет значительно сократить затраты приложения на ресурсы оперативной памяти, однако, при интенсивной прокрутке может быть увеличена нагрузка на процессор.

Основные черты LazyVGrid:

- Гибкое количество колонок: LazyVGrid позволяет задать количество колонок с помощью параметра columns, который может быть константой или динамическим;

- Ленивая загрузка: LazyVGrid загружает и отображает только видимые элементы, что повышает производительность и улучшает использование ресурсов;

- Динамическое размещение элементов: LazyVGrid автоматически размещает элементы в сетке, заполняя доступное пространство с учётом размеров и расположения элементов;

- Поддержка разных типов представлений: LazyVGrid может содержать любые представления внутри себя, такие как текст, изображения, кнопки и другие пользовательские виды;

- Конфигурирование размещения элементов: LazyVGrid предоставляет возможность настраивать различные атрибуты размещения элементов, такие как отступы, выравнивание и прочие.

Исходный код представления:

struct SquareGrid<Content: View>: View {

@ViewBuilder var content: () -> Content

var body: some View {

LazyVGrid(columns: [SquareTextView.gridItem],

alignment: .leading,

spacing: 8) {

content()

}

}

}

### Разделённая на секции ленивая квадратная сетка

Для использования с шаблонным классом NSManagedObjectsSection, который используется во многих представлениях для отображения списков с секциями. Используя ленивую квадратную сетку, была создана разделённая на секции ленивая квадратная сетка, которая принимает секции как параметр.

Само представление каждой секции реализуется через замыкание, которое предоставляет доступ к объекту NSManagedObjectsSection, внутри замыкания можно реализовать любое представление. Чаще всего там используются стандартизированные квадратные текстовые ячейки.

Исходный код представления:

struct SectionsSquareGrid<ItemType: NSManagedObject, Content: View>: View {

var sections: [NSManagedObjectsSection<ItemType>]

@ViewBuilder var content: (ItemType) -> Content

var body: some View {

SquareGrid {

ForEach(sections, id: \.id) { section in

Section {

ForEach(section.items, id: \.self) { item in

content(item)

}

} header: {

HeaderView(section.title)

}

}

}

}

}

### Форма с альтернативным текстом

Форма с альтернативным текстом используется для отображения информации в основном и альтернативном видах. Например, это может быть кратное и полное название.

Исходный код представления:

struct FormViewWithAlternativeText: View {

var title: String

var text: String?

var alternativeText: String?

@State var showAlternativeText = false

init(\_ name: String, \_ parameter: String?, \_ alternativeText: String?) {

self.title = name

self.text = parameter

self.alternativeText = alternativeText

}

var body: some View {

if let text = text {

if let alternativeText = alternativeText {

Button {

withAnimation { showAlternativeText.toggle() }

} label: {

FormView(title, showAlternativeText ? alternativeText : text)

}

} else {

FormView(title, text)

}

}

}

}

Как и в уже описанных представлениях, тут используются проверка значений на опциональность. В случае, если alternativeText представлен, используется свойство showAlternativeText типа Bool. Кнопка переключает значения showAlternativeText, а отображение формы настроено так, что при изменении showAlternativeText, выбирается, какой из текстов будет отображаться.

### Стандартизированный заголовок

Стандартизированный заголовок используется как для обозначения секций, так и для ссылок на другие представления.

Исходный код представления:

struct HeaderView: View {

var title: String

var withArrow: Bool

init(\_ title: String, withArrow: Bool = false ) {

self.title = title

self.withArrow = withArrow

}

var body: some View {

HStack(spacing: 0) {

Text(title)

.multilineTextAlignment(.leading)

.foregroundColor(.primary)

if withArrow {

Spacer()

Text(Image(systemName: "chevron.right"))

.foregroundColor(.gray)

}

}

.fontWeight(.heavy)

.font(.title2)

.padding(.top)

}

}

Параметр withArrow используется для заголовка со ссылкой, он указывает представлению, что необходимо добавить справа от заголовка стрелку.

## Алгоритмы

Некоторые из представленных ниже алгоритмов в исходном коде представляют сразу несколько методов или функций. Это обусловлено тем, что для улучшения читаемости исходного крупные методы разбиваются на несколько методов меньшего размера, где каждый из меньших методов выполняет конкретную небольшую задачу.

### Алгоритм получения учебной недели даты

Целью данного алгоритма является вычисление номера учебной недели университета для объекта типа Date.

Шаги алгоритма:

Шаг 1. Начало алгоритма.

Шаг 2. Создать константу calendar типа Calendar.

Шаг 3. Задать calendar значение Calendar.init(identifier: .iso8601).

Шаг 4. Создать переменную firstSeptemberDateComponents.

Шаг 5. Задать переменной firstSeptemberDateComponents значение calendar.dateComponents([.year], from: self).

Шаг 6. Задать свойству firstSeptemberDateComponents.day значение 1.

Шаг 7. Задать свойству firstSeptemberDateComponents.month значение 9.

Шаг 8. Создать переменную firstSeptember.

Шаг 9. Задать переменной firstSeptember значение calendar.date(from: firstSeptemberDateComponents)!.

Шаг 10. Если не выполняется условие self < firstSeptember, перейти к шагу 13.

Шаг 11. Отнять единицу от свойства firstSeptemberDateComponents.year, назначить результат свойству firstSeptemberDateComponents.year.

Шаг 12. Назначить переменной firstSeptember значение calendar.date(from: firstSeptemberDateComponents).

Шаг 13. Создать константу weeksOfSelfYear.

Шаг 14. Присвоить константе значение calendar.dateComponents([.weekOfYear], from: self).weekOfYear!.

Шаг 15. Создать переменную weeksOfDateYear.

Шаг 16. Присвоить переменной значение calendar.dateComponents([.weekOfYear], from: end).weekOfYear!.

Шаг 17. Создать константу yearOfSelf.

Шаг 18. Присвоить константе значение calendar.dateComponents([.year], from: self).year!.

Шаг 19. Создать константу yearOfDate.

Шаг 20. Присвоить константе значение calendar.dateComponents([.year], from: end).year!

Шаг 21. Если не выполняется условие yearOfSelf < yearOfDate && weeksOfDateYear != 52, перейти к шагу 23.

Шаг 22. Прибавить к weeksOfDateYear 52 и назначить результат этого вычисления weeksOfDateYear.

Шаг 23. Вернуть значение вычитания weeksOfSelfYear из weeksOfDateYear.

Шаг 24. Конец алгоритма.

### Алгоритм создания основанных на датах секций расписания из множества занятий

Целью данного алгоритма является создание из любой последовательности неповторяющихся занятий отсортированного массива секция расписания, которые основаны на дате.

Днный алгоритм получает значение educationDates типа [Date]? как параметр. Шаги алгоритма:

Шаг 1. Начало алгоритма.

Шаг 2. Создать константу startTime.

Шаг 3. Присвоить startTime значение CFAbsoluteTimeGetCurrent().

Шаг 4. Создать константу educationDates.

Шаг 5. Присвоить educationDates значение educationDates либо, в случае она равна nil, присвоить ей значение self.educationDates.

Шаг 6. Если self.educationDates не равна nil, перейти к шагу 8.

Шаг 7. Вернуть пустой массив.

Шаг 8. Создать переменную sections, типа [ScheduleSection].

Шаг 9. Создать переменную date.

Шаг 10. Извлечь первое значение из educationDates и присвоить его переменной date.

Шаг 11. Создать константу educationWeek.

Шаг 12. Присвоить educationWeek значение date.educationWeek.

Шаг 13. Создать константу weekday.

Шаг 14. Присвоить weekday значение date.weekday.

Шаг 15. Создать константу lessons.

Шаг 16. Присвоить lessons значение результата выполнения self.filter( { ($0.weekday == weekday && $0.weeks.contains(educationWeek) && ($0.dateRange?.contains(date) == true)) || $0.date == date } ).

Шаг 17. Если количество элементов в lessons равно нулю, то перейти на шаг 22.

Шаг 18. Создать константу section.

Шаг 19. Задать section значение ScheduleSection(type: .date, date: date, educationWeek: educationWeek, weekday: weekday, lessons: lessons).

Шаг 20. Вызвать статический метод Log.info(section.description).

Шаг 21. Добавить к sections section.

Шаг 22. Если массив educationDates не является пустым, перейти к шагу 10.

Шаг 23. Вызвать статический метод Log.info("dateSections \(sections.count) has been created, time: \((CFAbsoluteTimeGetCurrent() - startTime).roundTo(places: 5)) seconds").

Шаг 24. Вернуть sections.

Шаг 25. Конец алгоритма.

### Алгоритм создания основанных на учебных неделях и днях недели секций расписания из множества занятий

Целью данного алгоритма является создание из любой последовательности неповторяющихся занятий отсортированного массива секция расписания, которые основаны на учебных неделях и днях недели.

Шаги алгоритма:

Шаг 1. Начало алгоритма.

Шаг 2. Создать константу startTime.

Шаг 3. Присвоить startTime значение CFAbsoluteTimeGetCurrent().

Шаг 4. Создать переменную weeks.

Шаг 5. Создать переменную weekdays.

Шаг 6. Присвоить weeks статическое значение Constants.Ranges.weeks.

Шаг 7. Создать переменную week.

Шаг 8. Создать переменную weekday.

Шаг 9. Создать переменную lessonsInWeek.

Шаг 10. Создать переменную lessonsInWeekday.

Шаг 11. Извлечь первое значение из weeks и присвоить его week.

Шаг 12. Присвоить lessonsInWeek значение lessons.filter { $0.week == week }.

Шаг 13. Присвоить weekdays статическое значение Constants.Ranges.weekdays.

Шаг 14. Извлечь первое значение из weekdays и присвоить его weekday.

Шаг 15. Присвоить lessonsInWeekday значение lessonsInWeek.filter { $0.weekday == weekday }.

Шаг 16. Если количество элементов в lessonsInWeekday равно нулю, то перейти на шаг 22.

Шаг 17. Создать константу section.

Шаг 18.  Задать section значение ScheduleSection(type: .week, educationWeek: week, weekday: Int16(weekday), lessons: lessonsInWeekday).

Шаг 19. Вызвать статический метод Log.info(section.description).

Шаг 20. Добавить к sections section.

Шаг 21. Если количество элементов в массиве weekdays не равно нулю, перейти к шагу 14.

Шаг 22. Если количество элементов в массиве weeks не равно нулю, перейти к шагу 11.

Шаг 23. Вызвать статический метод Log.info("weekSections \(sections.count) has been created, time: \((CFAbsoluteTimeGetCurrent() - startTime).roundTo(places: 5)) seconds").

Шаг 24. Вернуть sections.

Шаг 25. Конец алгоритма.

### Алгоритм **извлечения данных из API**

Описание процесса извлечения данных из API и некоторые дополнительные подробности об используемых технологиях и методах приведены в подразделе 3.5. Целью алгоритма является асинхронно получить данные из API ИИС БГУИР, то есть сформировать запрос, отправить его, получить и обработать ответ. При этом необходимо обработать возможные ошибки.

Данный алгоритм получает значение dataType типа FetchDataType и argument типа String? как параметры. Шаги алгоритма:

Шаг 1. Начало алгоритма.

Шаг 2. Создать константу url.

Шаг 3. Если полученное как параметр значение argument равняется nil, то перейти к шагу 6.

Шаг 4. Присвоить url значение URL(string: dataType.rawValue).

Шаг 5. Перейти к шагу 7.

Шаг 6. Присвоить url значение URL(string: : dataType.rawValue + argument!).

Шаг 7. Если url не равно nil, перейти к шагу 10.

Шаг 8. Вызвать статический метод Log.error("Can't create url for \(dataType), argument: \(String(describing: argument))").

Шаг 9. Вернуть ошибку URLError(.badURL).

Шаг 10. Создать кортеж (data, urlResponse).

Шаг 11. Присвоить (data, urlResponse) значение try await URLSession.shared.data(from: url).

Шаг 12. Если количество элементов data не ровняется нулю, перейти к шагу 15.

Шаг 13. Вызвать статический метод Log.error("Can't get data from \(dataType), argument: \(String(describing: argument)), urlResponse: \(urlResponse)").

Шаг 14. Вернуть nil.

Шаг 15. Вернуть data.

Шаг 16. Конец алгоритма.

# Программа и методика испытаний

В разделе, посвящённом программе и методике испытаний, описываются внутренние (если самотестирование заложено в программу) и внешние средства тестирования. Могут использоваться как оригинальные, так и стандартные тесты. Рассматриваются способы проверки надёжности (устойчивости, стабильности и т. д.) разработанной программы в различных режимах, включая многопользовательский и многозадачный режимы, а также корректность обработки входных, промежуточных и выходных данных, в том числе: в области граничных значений допустимых диапазонов, заведомого неправильных данных, файлов большого размера. Для каждого из тестов приводятся исходные данные, параметры и результаты.

5 страниц

# Руководство пользователя

В руководстве пользователя даётся описание работы с программой. Указываются требования к аппаратному и программному обеспечению. Описывается процесс инсталляции с указанием каталогов, ключей реестра конфигурационных файлов и так далее. Также описывается пользовательский интерфейс с указанием элементов управления (пунктов меню, кнопок, закладок и т. д.), режимов работы и последовательности действий. Здесь могут приводиться скриншоты работы программы.

5 страниц

# Технико-экономическое обоснование разработки и реализации на рынке ПРОГРАММНОГО средства для просмотра и обработки информации о расписании занятий

## Характеристика программного средства, разрабатываемого для реализации на рынке

Созданный дипломный проект представляет собой кроссплатформенное приложение для ОС iOS, iPadOS и macOS, которое позволяет студентам и сотрудникам БГУИР просматривать расписание занятий и экзаменов для групп, преподавателей и кабинетов, а также общее расписание для нескольких сущностей; просматривать подробную информацию о группах, преподавателях, кабинетах, специальностях; добавлять собственные занятия; добавлять и отслеживать задания.

Целью разработки данного проекта является упрощение получения и обработки данных о занятиях и другой информации. Приложение предназначено для использования в учебных целях и помогает студентам и сотрудникам эффективнее планировать своё время, управлять заданиями и получать своевременную информацию об изменениях в учебном расписании.

Целевой аудиторией данного приложения являются студенты, и сотрудники БГУИР, которым необходим удобный инструмент для получения информации из API ИИС. Также потенциальными покупателями могут быть иные учебные заведения, которые могут быть заинтересованы в использовании данного приложения.

На iOS в момент разработки существует два приложения со схожим функционалом: BSUIR Schedule, BSUIR Timetable. Существующие решения используют данные ИИС БГУИР не в полном объёме. Функционал этих решений ограничивается отображением расписания преподавателей и групп, однако API предоставляет больше информации: кабинеты и их типы, название специальностей, факультетов и кафедры, отношение преподавателей к кафедрам и другое. На iPadOS существует только BSUIR Schedule, а на macOS отсутствуют какие-либо приложения с таким функционалом.

Планируется распространение приложения через Apple App Store с использованием модели монетизации с бесплатной базовой версией и платной расширенной версией, которая имеет больший функционал.

## Расчёт инвестиций в разработку программного средства

### Расчёт зарплат на основную заработную плату разработчиков

Расчёт затрат на основную заработную плату разработчиков производится исходя из количества людей, которые занимаются разработкой программного продукта, месячной зарплаты каждого участника процесса разработки и сложности выполняемой ими работы. Затраты на основную заработную плату рассчитаны по формуле:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (7.1) |

где коэффициент премий и иных стимулирующих выплат;

категории исполнителей, занятых разработкой программного средства;

часовая заработная плата исполнителя *i*-й категории, р;

трудоемкость работ, выполняемых исполнителем *i*-йкатегории, ч.

Разработкой всего приложения занимается инженер-программист, Обязанности тестирования приложения лежат на инженере-тестировщике. Задачами инженера-программиста, который занимается являются создание модели данных, графического интерфейса, связи между моделью данных и графическим интерфейсом. Инженер-тестировщик занимается выявлением неработоспособных частей приложения, а также оценивает пользовательский опыт, получаемый от использования приложения.

Месячная заработная плата основана на медианных показателях для Junior инженера-программиста за 2023 год по Республике Беларусь, которая составляет 910 Долларов США в месяц, а для Junior инженера-тестировщика – 600 Долларов США [[[10]](#endnote-11)]. По состоянию на 15 апреля 2023 года, 1 Доллар США по курсу Национального Банка Республики Беларусь составляет 2,9441 Белорусских рублей [[[11]](#endnote-12)].

В перерасчёте на Белорусские рубли месячные оклады для инженера-программиста и инженера-тестировщика соответственно составляют составляет 2 679,13 и 1 760,46 Белорусских рублей соответственно.

Часовой оклад исполнителей высчитывается путём деления их месячного оклада на количество рабочих часов в месяце, то есть 160 часов.

За количество рабочих часов в месяце для инженера-программиста и инженера-тестировщика принято соответственно 196 и 32 часа.

Коэффициент премии приравнивается к единице, так как она входит сумму заработной платы. Затраты на основную заработную плату приведены в таблице:

Таблица 7.1 – Затраты на основную заработную плату

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Категория исполнителя | Месячный оклад, р | Часовой оклад, р | Трудоёмкость работ, ч | Итого, р |
| Инженер-программист | 2 679,13 | 16,74 | 196 | 3 281,04 |
| Инженер-тестировщик | 1 760,46 | 11,00 | 32 | 352,00 |
| Итого | | | | 3 633,04 |
| Премия и иные стимулирующие выплаты (0%) | | | | 0 |
| Всего затраты на основную заработную плату разработчиков | | | | 3 633,04 |

### Расчёт затрат на дополнительную заработную плату разработчиков

Расчёт затрат на дополнительную заработную плату команды разработчиков рассчитывается по формуле:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (7.2) |

где норматив дополнительной заработной платы.

Значение норматива дополнительной заработной платы принимает за 10 %.

### Расчёт отчислений на социальные нужды

Размер отчислений на социальные нужды определяется согласно ставке отчислений, которая на апрель 2023 г. равняется 35%: 29% отчисляется на пенсионное страхование, 6% − на социальное страхование. Расчёт отчислений на социальные нужды вычисляется по формуле:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (7.3) |

где норматив отчислений в ФСЗН.

### Расчёт прочих расходов

Расчёт затрат на прочие расходы определяется при помощи норматива прочих расчётов. Эта величина имеет значение 30%. Расчёт прочих расходов вычисляется по формуле:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (7.4) |

где норматив прочих расходов.

### Расчёт расходов на реализацию

Для того, чтобы рассчитать расходы на реализацию, необходимо знать норматив расходов на неё. Принимаем значение норматива равным 3%. Формула, которая использована для расчёта расходов на реализацию:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (7.5) |

где Нр – норматив расходов на реализацию.

### Расчёт общей суммы затрат на разработку и реализацию

Определяем общую сумму затрат на разработку и реализацию как сумму ранее вычисленных расходов: на основную заработную плату разработчиков, дополнительную заработную плату разработчиков, отчислений на социальные нужды, расходы на реализацию и прочие расходы. Значение определяется по формуле:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (7.6) |

Таким образом, величина затрат на разработку программного средства высчитывается по указанной выше формуле и указана в таблице:

Таблица 7.2 – Затраты на разработку

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название статьи затрат | Формула/таблица для расчёта | Значение, р. |
| 1. Основная заработная плата разработчиков | См. таблицу 7.1 | 3 633,04 |
| 2. Дополнительная заработная плата разработчиков |  | 363,30 |
| 3. Отчисление на социальные нужды |  | 1 398,71 |
| 4. Прочие расходы |  | 1 089,91 |
| 5. Расходы на реализацию |  | 108,99 |
| 6. Общая сумма затрат на разработку и реализацию |  | 6 593,95 |

## Расчёт экономического эффекта от реализации программного средства на рынке

Для расчёта экономического эффекта организации-разработчика программного средства, а именно чистой прибыли, необходимо знать такие параметры как объем продаж, цену реализации и затраты на разработку.

Соответственно необходимо создать обоснование возможного объёма продаж, количества проданных лицензий расширенной версии программного средства, купленного пользователями. В БГУИР обучается примерно 16 000 студентов, а работают в университете более 2 200 человек, что в сумме составляет примерно 18 000 человек [[[12]](#endnote-13)]. Процент пользователей в Республике Беларусь, которые используют iOS среди других мобильных ОС [[[13]](#endnote-14)], iPadOS среди других планшетных ОС [[[14]](#endnote-15)] и macOS среди других настольных ОС [[[15]](#endnote-16)] на март 2023 года соответственно составляют 36,97%, 40,08% и 14,13%.

Учитывая высокую для студентов стоимость устройств компании Apple, отсутствие информации о количестве пользователей, распределённом по возрастным и социальным группам, примем за процент перспективных пользователей приложения 30% от общего числа связанных с БГУИР людей, то есть 5 400 человек. Допустим, что из них 4 000 человек установят приложение, а из них 2 000 человек приобретут расширенную версию.

Стоимость в App Store задаётся по конкретным заранее определённым компанией уровням, то есть установить любую стоимость нельзя. Расчёты в белорусском регионе App Store ведутся в Долларах США. Так как функции расширенной версии не представлены ни в одном другом приложении и не имеют аналогов, наиболее оптимальной ценой данной версии предполагается 7,99 Долларов США, что с вычетом комиссии Apple в 30% составляет 5,6 Доллара США. Таким образом, отпускная цена копии программного средства составляет 16,48 Белорусских рубля.

Для расчёта прироста чистой прибыли необходимо учесть налог на добавленную стоимость, который высчитывается по следующей формуле:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (7.7) |

где N – количество копий(лицензий) программного продукта, реализуемое за год, шт.;

– отпускная цена копии программного средства, р. ;

– количество приобретённых лицензий;

– ставка налога на добавленную стоимость, %.

Ставка налога на добавленную стоимость по состоянию на 15 апреля 2023 года, в соответствии с действующим законодательством Республики Беларусь, составляет 20%. Используя данное значение, посчитаем НДС:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (7.8) |

Посчитав налог на добавленную стоимость, можно рассчитать прирост чистой прибыли, которую получит разработчик от продажи программного продукта. Для этого используется формула:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (7.9) |

где *N* – количество копий(лицензий) программного продукта, реализуемое за год, шт.;

Цотп – отпускная цена копии программного средства, р.;

– сумма налога на добавленную стоимость, р.; Нп – ставка налога на прибыль, %;

– рентабельность продаж копий;

– рентабельность продаж копий.

Ставка налога на прибыль, согласно действующему законодательству, по состоянию на 14.04.2023 равна 20%. Рентабельность продаж копий взята в размере 40%. Зная ставку налога и рентабельность продаж копий (лицензий), рассчитывается прирост чистой прибыли для разработчика:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (7.10) |

## Расчёт показателей экономической эффективности разработки и реализации программного средства на рынке

Для того, чтобы оценить экономическую эффективность разработки и реализации программного средства на рынке, необходимо рассмотреть результат сравнения затрат на разработку данного программного продукта, а также полученный прирост чистой прибыли за год.

Сумма затрат на разработку меньше суммы годового экономического эффекта, поэтому можно сделать вывод, что такие инвестиции окупятся менее, чем за один год.

Таким образом, оценка экономической эффективности инвестиций производится при помощи расчёта рентабельности инвестиций (Return on Investment, ROI). Формула для расчёта ROI:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (7.11) |

где – прирост чистой прибыли, полученной от реализации программного средства на рынке информационных технологий, р.;

Зр – затраты на разработку и реализацию программного средства, р.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (7.12) |

## Вывод об экономической целесообразности реализации проектного решения

Проведённые расчёты технико-экономического обоснования позволяют сделать предварительный вывод о целесообразности разработки данного программного продукта. Общая сумма затрат на разработку и реализацию составила 6 593,95 Белорусских рублей, а отпускная цена была установлена на уровне 16,48 Белорусских рублей.

Прирост чистой прибыли за год, исходя из предполагаемого объёма продаж в размере 2000 расширенных версий в год, составляет 8 789,33 Белорусских рублей. Рентабельность инвестиций за год составляет 33,29%.

Это означает, что разработка данного программного продукта является целесообразной и реализация программного средства по установленной цене имеет смысл.

Однако, следует учитывать возможные риски, связанные с конкуренцией со стороны аналогов, что может привести к незамеченности продукта на рынке. Кроме того, высокая рентабельность связана с рисками, и расчётные результаты были получены при предполагаемом объёме продаж в 2000 копий в год.

Тем не менее, при поддержке проект может получить долгосрочное и успешное развитие, и количество проданных копий может превысить предполагаемое количество.

Масштабирование проекта на другие учебные заведения может способствовать его успешному развитию. В целом, инвестирование в предложенный проект также оправдано.

Заключение

Список использованных источников

[Введите текст] [Электронный ресурс]. – [Введите текст] – Режим доступа: [Введите текст]– Дата доступа: 19.04.2023

[Введите текст] [Электронный ресурс]. – [Введите текст] – Режим доступа: [Введите текст]– Дата доступа: 19.04.2023

[Введите текст] [Электронный ресурс]. – [Введите текст] – Режим доступа: [Введите текст]– Дата доступа: 19.04.2023

[Введите текст] [Электронный ресурс]. – [Введите текст] – Режим доступа: [Введите текст]– Дата доступа: 19.04.2023

[Введите текст] [Электронный ресурс]. – [Введите текст] – Режим доступа: [Введите текст]– Дата доступа: 19.04.2023

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Листинг ключевых фрагментов программы

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

**Спецификация**

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

**Ведомость документов**

1. [] Интегрированная информационная система «БГУИР: Университет» [Электронный ресурс]. – Документация – Режим доступа: https://iis.bsuir.by/api – Дата доступа: 18.04.2023 [↑](#endnote-ref-2)
2. [] Apple Developer [Электронный ресурс]. – Model-View-Controller – Режим доступа: <https://developer.apple.com/library/archive/documentation/General/Conceptual/DevPedia-CocoaCore/MVC.html> – Дата доступа: 17.04.2023 [↑](#endnote-ref-3)
3. [] Apple Developer [Электронный ресурс]. – UIKit – Режим доступа: <https://developer.apple.com/documentation/uikit> – Дата доступа: 17.04.2023 [↑](#endnote-ref-4)
4. [] Apple Developer [Электронный ресурс]. – AppKit – Режим доступа: <https://developer.apple.com/documentation/appkit> – Дата доступа: 17.04.2023 [↑](#endnote-ref-5)
5. [] Apple Developer [Электронный ресурс]. – SwiftUI – Режим доступа: <https://developer.apple.com/xcode/swiftui/> – Дата доступа: 17.04.2023 [↑](#endnote-ref-6)
6. [] Apple Developer [Электронный ресурс]. – Interfacing with UIKit – Режим доступа: <https://developer.apple.com/tutorials/swiftui/interfacing-with-uikit> – Дата доступа: 17.04.2023 [↑](#endnote-ref-7)
7. [] Apple App Store [Электронный ресурс]. – BSUIR Timetable – Режим доступа: <https://apps.apple.com/by/app/bsuir-timetable/id1443305662> – Дата доступа: 19.04.2023 [↑](#endnote-ref-8)
8. [] Apple App Store [Электронный ресурс]. – Bsuir Schedule – Режим доступа: <https://apps.apple.com/by/app/bsuir-schedule/id944151090> – Дата доступа: 19.04.2023 [↑](#endnote-ref-9)
9. [] GitHub [Электронный ресурс]. – [Введите текст] – Режим доступа: <https://github.com/asiliuk/BsuirScheduleApp> – Дата доступа: 19.04.2023 [↑](#endnote-ref-10)
10. [] Интернет-издание «Dev.by» [Электронный ресурс]. – Зарплата в ИТ – Режим доступа: <https://salaries.devby.io> – Дата доступа: 15.04.2023 [↑](#endnote-ref-11)
11. [] Национальный банк Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Официальные курсы белорусского рубля по отношению к иностранным валютам, устанавливаемые Национальным банком Республики Беларусь ежедневно, на 15.04.2023 – Режим доступа: <https://www.nbrb.by/statistics/rates/ratesdaily.asp> – Дата доступа: 15.04.2023 [↑](#endnote-ref-12)
12. [] Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники [Электронный ресурс]. – БГУИР сегодня – Режим доступа: <https://www.bsuir.by/ru/bguir-segodnya> – Дата доступа: 15.04.2023 [↑](#endnote-ref-13)
13. [] Statcounter GlobalStats [Электронный ресурс]. – Mobile Operating System Market Share Belarus – Режим доступа: <https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/belarus> – Дата доступа: 15.04.2023 [↑](#endnote-ref-14)
14. [] Statcounter GlobalStats [Электронный ресурс] Tablet Operating System Market Share Belarus – Режим доступа: <https://gs.statcounter.com/os-market-share/tablet/belarus> – Дата доступа: 15.04.2023 [↑](#endnote-ref-15)
15. [] Statcounter GlobalStats [Электронный ресурс]. – Desktop Operating System Market Share Belarus – Режим доступа: <https://gs.statcounter.com/os-market-share/desktop/belarus> – Дата доступа: 15.04.2023 [↑](#endnote-ref-16)