



ОБЗОР И АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПОДХОДОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОД РОССИЙСКИЕ МОБИЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Е. Д. Мишина, Н. И. Синёв

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

В статье рассмотрены основные мобильные операционные системы и инструменты, необходимые для работы с ними.

Обозначены основные особенности операционных систем и подходы при разработке программного обеспечения для Аврора ОС, РОСА Мобайл, Ред ОС М, Astra Linux Mobile, kvadraOS, были выделены их преимущества и недостатки для оценки перспектив их развития.

Ключевые слова: мобильные операционные системы, программирование, Android, Аврора ОС, РОСА Мобайл, Ред ОС М, Astra Linux Mobile, kvadraOS.

Для цитирования:

Мишина, Е. Д. Обзор и анализ существующих технологий и подходов при разработке программного обеспечения под российские мобильные операционные системы / Е. Д. Мишина, Н. И. Синёв // Системный анализ и логистика. – 2024. – № 4(42). – с. 13-20. DOI: 10.31799/2077-5687-2024-4-13-20.

REVIEW AND ANALYSIS OF EXISTING TECHNOLOGIES AND APPROACHES TO SOFTWARE DEVELOPMENT FOR RUSSIAN MOBILE OPERATING SYSTEMS

E. D. Mishina, N. I. Sinyov

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

The article considers the main mobile operating systems and the tools required to work with them.

The main features of operating systems and approaches in software development for Aurora OS, ROSA Mobile, Red OS M, Astra Linux Mobile, kvadraOS are outlined, their advantages and disadvantages were highlighted to assess the prospects of their development.

Keywords: mobile operating systems, programming, Android, Aurora OS, ROSA Mobile, Red OS M, Astra Linux Mobile, kvadraOS.

For citation:

Mishina, E. D. Review and analysis of existing technologies and approaches to software development for Russian mobile operating systems / E. D. Mishina, N. I. Sinyov // System analysis and logistics. – 2024. – № 4(42). – p. 13-20. DOI: 10.31799/2077-5687-2024-4-13-20.

Введение

С 2022 года из-за сложной геополитической обстановки и санкционного давления крупнейшие зарубежные компании начали покидать российский рынок, что вызвало ряд проблем для пользователей, пользующихся телефонами на мобильных операционных системах (ОС) iOS от Apple и Android от Google. Российские пользователи столкнулись с ограниченным доступом к определенным приложениям и сервисам, а также с вопросами защиты данных. Существует вероятность того, что устройства на этих операционных системах могут быть заблокированы в будущем. Кроме того, с каждым годом увеличивается процент населения, пользующегося смартфонами. Эти факторы поспособствовали более интенсивному развитию российских мобильных операционных систем.

Анализ рынка мобильных операционных систем РФ

На данный момент в реестр российского ПО включены следующие мобильные операционные системы общего назначения: Аврора, РОСА МОБАЙЛ, kvadraOS, РЕД ОС М, Astra Linux Common/Special Edition. Рассмотрим технологии и подходы при разработке программного обеспечения для каждого из них.



ОС Аврора

ОС Аврора — это защищенная отечественная ОС, вокруг которой строится мобильная инфраструктура, устойчивая к санкционным рискам [1, 2].

Разработка российской мобильной операционной системы началась в 2016 году – уже тогда правительство задумывалось об импортозамещении. Операционная система, созданная компанией «Открытая мобильная платформа» на базе финской Sailfish OS, разработана на основе ядра Linux и включает проекты с открытым и закрытым исходным кодом.

Устройствами на операционной системе Аврора пользуются государственные служащие и крупные российские предприятия, что обусловлено ее соответствием всем требованиям регуляторов в области национальной безопасности и защиты информации. ОС Аврора регулярно проходит сертификацию в ФСБ и ФСТЭК, что подтверждает ее высокий уровень защищенности. Среди используемых средств безопасности можно выделить подпись пакетов и модулей ядра, валидацию и изоляцию приложений, контроль целостности, шифрование данных и другие технологии.

В экосистеме Авроры сейчас более 100 мобильных приложений, большая часть из которых — внутренние терминальные программы бизнеса. Однако есть и пользовательские приложения, например, клиент банка ВТБ или МойОфис.

Пользователи устройств на базе ОС Аврора могут загружать приложения из отечественного магазина RuStore. Однако не все приложения, представленные в магазине, совместимы с данной операционной системой.

Для разработчиков программного обеспечения на официальном сайте Авроры представлены Аврора SDK и API документация, а также UI Kit для разработки приложений с графическим интерфейсом.

Аврора SDK — это набор инструментов для создания, сборки, запуска и отладки приложений [1]. Поддерживаются операционные системы Linux, Windows и macOS. В состав Аврора SDK входят:

- Aurora IDE (IDE) — интегрированная среда разработки, основанная на Qt Creator, для написания приложений на языках C, C++ и QML для ОС Аврора с использованием компонентов Sailfish Silica. IDE предоставляет продвинутый редактор кода с интеграцией системы контроля версий, управления проектами и сборками;
- Aurora OS Emulator (эмулятор) — виртуальная машина, которая позволяет выполнять приложения в окружении ОС Аврора аналогично работе на физических мобильных устройствах;
- Aurora OS Build Engine (среда сборки) — окружение, которое обеспечивает среду для сборки приложений, не зависящую от домашней операционной системы.

Также разработчикам предоставляются руководства и примеры приложений для ОС Аврора с открытым исходным кодом.

Чтобы использовать всю мощь операционной системы и поддержку производителя по всем вопросам при разработке программного обеспечения, рекомендуется применять нативные инструменты.

В ОС Аврора основным инструментом для разработки приложений является фреймворк Qt версии 5.6, который предоставляет единообразные API для широкого спектра функций устройства. Важно отметить, что Qt не является самостоятельным языком программирования, а представляет собой фреймворк, написанный на языке C++. Хотя Qt является кроссплатформенным по своей природе, в контексте ОС Аврора он рассматривается как нативный инструмент. В основе фреймворка лежит сам Qt и технология Qt Meta Language (QML), использующая JavaScript (JS) для описания интерфейсов, что обеспечивает удобство и гибкость при создании пользовательских интерфейсов. Помимо основных модулей Qt, в Аврора ОС используются дополнительные модули, такие как Qt Maps, Qt Sensors и Qt Contacts.



Мобильные инженеры применяют кроссплатформенные фреймворки для создания приложений, которые выглядят и функционируют почти как нативные на различных платформах, используя единую кодовую базу. Главным преимуществом такого подхода является возможность повторного использования кода, что позволяет существенно экономить время и ускоряет процесс разработки, так как нет необходимости писать отдельный код для каждой операционной системы.

К кроссплатформенным технологиям, с которыми официально работает компания «Открытая мобильная платформа» для создания программного обеспечения, относятся Flutter от Google и Kotlin Multiplatform от JetBrains.

Flutter позволяет создавать приложения на разных платформах, используя язык программирования Dart для написания кода. Flutter использует свой движок рендеринга для создания пользовательского интерфейса в своей основе, позволяя разработчикам создавать приложения с нативным внешним видом на нескольких платформах.

В отличие от этого, Kotlin Multiplatform (КМП) сосредотачивается на общем коде на Kotlin для различных платформ. КМП не имеет собственного движка рендеринга, вместо этого фокусируется на общем коде, позволяя совместно использовать бизнес-логику на разных платформах, сохраняя возможность создания уникального пользовательского интерфейса для каждой из них.

Flutter SDK не содержит в своем основном пакете поддержку операционной системы Аврора и данная платформа не доступна в официальной сборке Flutter [3]. Однако для разработки программного обеспечения компания ОМП выпустила специальный набор инструментов на основе Flutter SDK, который включает в себя:

- Документация по установке и использованию.
- Платформено-зависимые (требующие реализации под конкретную платформу) плагины.
- Приложение «Flutter example packages».
- Приложение «Flutter ToDo» портированное на ОС Аврора.

Для обеспечения совместимости с ОС Аврора, компания ОМП разрабатывает специальные плагины. Примером их функционирования служит приложение «Flutter example packages». На данный момент доступно двенадцать платформено-зависимых плагинов для ОС Аврора. Кроме того, в рамках приложения также проводится проверка платформено-независимых пакетов на совместимость. Эти пакеты зависят от версии Flutter и Dart и могут иметь зависимости, которые могут конфликтовать между собой.

На базе операционной системы Аврора можно запустить приложение через компонент QML WebView, который поставляется вместе с ОС Аврора и основан на Kotlin Multiplatform JS. В настоящее время отсутствует нативная поддержка Kotlin Multiplatform для данной операционной системы [4]. Однако, если у разработчика уже имеется готовое приложение, написанное с использованием КМП, оно может быть портировано на ОС Аврора. Для портирования КМП-приложения на платформу ОС Аврора необходимо, собрать общий модуль КМП в виде NPM-пакета с помощью плагина Gradle, создать проект приложения на Qt/QML с использованием Аврора SDK, добавить QML-компонент на основе WebView, создать JavaScript-библиотеку Wrapper для работы с асинхронными функциями из QML без модификации общего модуля КМП, и разработать пользовательский интерфейс для ОС Аврора с использованием бизнес-логики Kotlin Multiplatform. Также возможно создание нового приложения с использованием Kotlin Multiplatform JS специально под ОС Аврора.

Веб-приложение под ОС Аврора - нативное приложение, которое использует компоненты WebView для открытия ссылок веб-порталов. Поэтому разрешение, запрашиваемое веб-приложением, точно такие же как у нативного приложения.

Работа через веб-приложение, а не через браузер, имеет следующие отличия. Пользователь взаимодействует только с предоставленным веб-сервисом, что позволяет



блокировать браузер, при этом веб-приложения продолжают функционировать. Также возможна интеграция с нативным кодом у веб-приложения. Однако, есть некоторые минусы:

- Ограниченные возможности использования нативных функций мобильного устройства.
- Прямая зависимость от работоспособности веб-сайта.
- Низкий уровень безопасности.

Фреймворк WebView обеспечивает простой и гибкий способ предоставления доступа к веб-страницам и веб-сайтам в приложение. Компонент WebView использует движок браузера ОС Аврора, созданный с помощью Mozilla gecko.

РОСА МОБАЙЛ

РОСА Мобайл - российская мобильная операционная система, разработанная на основе ядра Linux [2].

Операционная система разработана на основе собственного репозитория Rosa 2021.1, входящего в десятку ведущих мировых Linux-репозиторий по количеству предоставляемых пакетов. Пользовательский интерфейс РОСА Мобайл разработан на базе открытой и бесплатной платформы KDE Plasma Mobile. Данная платформа использует мобильную редакцию рабочего стола Plasma 5, библиотеки KDE Frameworks 5, стек телефонии ModemManager и коммуникационный фреймворк Telepathy. Мобильные приложения используют компоненты из набора Plasma Mobile Gear, основанные на библиотеке Qt, компонентном наборе MauiKit и фреймворке Kirigami [5]. Это позволяет создавать универсальные интерфейсы для разных устройств.

Одной из ключевых особенностей архитектуры данной ОС является ее независимость от закрытых компонентов операционной системы Android, что обеспечивает высокий уровень безопасности использования мобильных устройств и открывает новые перспективы для разработки защищенных систем.

РОСА Мобайл базируется на единой платформе компании, охватывающей операционные системы для широкого спектра устройств, включая компьютеры. Это позволяет нативным приложениям стать универсальными, поскольку они используют единый бэкенд для всех устройств.

В РОСА Мобайл предусмотрен магазин приложений RosaStore для нативных приложений, созданных специально для этой операционной системы. Благодаря эмулятору платформа позволяет запускать и Android-приложения, но без сервисов Google.

Для стимулирования разработки приложений компания разработки операционной системы «НТИЦ ИТ РОСА» планирует в 2024 году предложить разработчикам программного обеспечения набор инструментов для визуальной разработки UI Kit, который будет содержать все необходимые компоненты для создания приложений для РОСА Мобайл. Разработка приложений предполагается на языках C++ и Python в графическом окружении Qt с помощью Qt Creator – свободной IDE для разработки на C, C++, JavaScript и QML.

Также будут выпущены средства сборки и тестирования приложений. На данный момент разработчикам приложений уже переданы тестовые варианты устройств, но в скором времени будет предложен и программный эмулятор для отладки кода без установки его на устройство. Приложения для нового устройства можно перенести с настольной версии «РОСА Хром», адаптировав интерфейс под маленький экран и управление касанием.

РЕД ОС М

Мобильная операционная система РЕД ОС М представляет собой многопользовательскую и многозадачную платформу, обеспечивающую унифицированную функциональную и универсальную доверенную среду для выполнения прикладного программного обеспечения [2, 6].



Среда разработки для мобильных приложений операционной системы РЕД ОС М функционирует на базе операционных систем, использующих ядро Linux. РЕД ОС М содержит в себе компонент режима рабочего стола настольной ОС (РЕД ОС).

Мобильный интерфейс представлен в виде Android Launcher, обеспечивающего доступ к мобильным приложениям через стандартный формат APK (Android Package Kit), который является стандартным форматом для Android и других операционных систем, основанных на Android [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Дополняя мобильный интерфейс, настольная часть РЕД ОС М представлена средой рабочего стола Mate. Этот интерфейс создает привычную для пользователей настольных компьютеров среду и поддерживает установку и запуск настольных приложений в формате RPM. Таким образом, пользователи могут взаимодействовать с программами, которые привычны для настольных операционных систем.

Для получения доступа к среде разработки приложений необходимо зарегистрироваться в реестре партнёров-разработчиков мобильных приложений компании «Ред Софт».

Astra Linux Mobile

Astra Linux Mobile — это не отдельная операционная система, а адаптированный для мобильных устройств дистрибутив Astra Linux Special Edition. Производитель ОС — ООО «РусБИТех-Астра».

Astra Linux Common Edition — универсальная ОС для повседневного использования, а Astra Linux Special Edition — сертифицированная ОС с инструментами обеспечения конфиденциальности данных.

ОС Astra Linux имеет единый графический интерфейс для всех устройств, подходящий для сенсорных экранов. Мобильный режим операционной системы отличается новым графическим интерфейсом, адаптированным для сенсорных экранов, пониженным энергопотреблением, интегрированными российскими средствами защиты информации и возможностью запускать не модифицированные приложения для Android в изолированной среде.

Экосистема Astra Linux включает более 300 совместимых программных продуктов и постоянно расширяется в рамках программы Ready For Astra Linux. Репозиторий содержит более 20.000 пакетов, а также имеется открытое API для сторонних разработчиков.

Для разработки программного обеспечения необходимо использовать персональный компьютер с установленной операционной системой Astra Linux Special Edition. Данная ОС предоставляет комплексный набор инструментов, необходимых для создания мобильных приложений, обеспечивая оптимальную среду для разработчиков. В число основных инструментов входят интегрированная среда разработки QtCreator, язык программирования C/C++ и инструменты рабочего стола Fly. Для оформления мобильного приложения в стиле Fly рекомендуется использовать библиотеку компонентов QML, доступную в пакете «fly-qml-components» [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

kvadraOS

Разработчиком kvadraOS является компания Yadro, специализирующаяся на производстве вычислительной техники [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. Данная операционная система создана на основе бесплатного и открытого проекта Android Open Source Project (AOSP), но без Google-сервисов Google Mobile Service (GMS).

Представитель Yadro отметил, что в процессе разработки kvadraOS все компоненты AOSP были существенно модифицированы. Для разработки kvadraOS была использована открытая среда разработки Open Source SDK, однако в будущем Yadro планирует создать собственные инструменты разработки [10].

Yadro работает над двумя версиями своей мобильной операционной системы: Enterprise, предназначенной для корпоративных клиентов, и Indigo, нацеленной на частных



пользователей. Версия kvadraOS Enterprise предоставляет возможности для централизованного управления устройствами и включает специализированное ПО для бизнеса. В настоящее время ведутся тестирование и интеграция программного обеспечения совместно с их разработчиками.

kvadraOS совместима с широким кругом устройств и программ, в том числе, в нее интегрирован магазин приложений RuStore.

Соберем все данные о системах и представим в виде таблицы. Полученные результат представлен в

Таблица 1.

Таблица 1 — Сравнение особенностей российских мобильных ОС

ОС Хар-ки	Аврора ОС	РОСА Мобайл	ПЕД ОС М	Astra Linux Mobile	kvadraOS
Основано	Linux	Linux	AOSP	Linux	AOSP
Основной стек разработки	C++/Qt/QML	C/C++/Qt	Java, Kotlin	C/C++/Qt	Java, Kotlin, Qt
Основная среда разработки (IDE)	Qt Creator Aurora IDE (на основе Qt Creator)	Qt Creator	JetBrains IDE	Qt Creator	JetBrains IDE
Дополнительные технологии	Kotlin, Flutter, Rust, Go, Python	Kotlin	Частично Qt	Kotlin, Rust, Go, Python	-
Средства распространения приложений	Rpm пакет, Аврора Маркет, RuStore	Пакеты, Роса Маркет	Apk файлы, Rpm пакет, RuStore, HMS	Linux пакеты, самописные магазины	Apk файлы, RuStore
Требуемая ОС для разработки ПО	Linux, Windows, macOS	Linux, Windows, macOS	Linux, ПЕД ОС	Astra Linux Special Edition	Linux, Windows, macOS
Документация	Открытая	Закрытая	Открытая	Открытая	Закрытая
Сообщество разработчиков	Многочисленное	Немногочисленное	Немногочисленное	Немногочисленное	Немногочисленное
Модель распространения ОС	Только с устройством	Только с устройством, свободная установка	Только с устройством	Только с устройством, свободная установка	Только с устройством
Сегменты рынка	B2B, B2C	B2B	B2B	B2B, B2C	B2B, B2C

Среди данных мобильных операционных систем наиболее выделяющимися и широко используемыми на российском рынке на данный являются Аврора ОС и РОСА Мобайл.

Аврора ОС имеет долгую историю на рынке и заслужила доверие как со стороны государства, так и многих коммерческих организаций. В частности, в 2021 году для проведения переписи населения использовались планшеты на базе Аврора ОС, что подчеркивает её надежность и функциональность. Также РЖД перевел рабочие устройства проводников на эту ОС, что свидетельствует о высоком уровне доверия к продукту. Сообщество разработчиков Аврора ОС является одним из самых крупных и активных на рынке, что положительно влияет на ее развитие.

РОСА Мобайл, несмотря на своё недавнее появление на рынке, уже успела зарекомендовать себя как перспективный и значимый участник индустрии. Система обладает крупной экосистемой и обеспечивает удобное взаимодействие между различными устройствами. Это делает её привлекательной для широкого круга пользователей и разработчиков.

Остальные операционные системы так же представлены, но не имеют на данный момент



такого широкого распространения или не готовы к обычному потребительскому рынку.

Следует отметить, что разработка программного обеспечения для всех рассмотренных ОС очень схожа, а именно на каждой из ОС можно писать и отлаживать ПО с помощью C/C++ и фреймворка Qt, в том числе и для kvadraOS и РЕД ОС М, если использовать для неё специальную сборку для Qt для работы с Android. Однако, в рабочем графическом окружении kvadraOS, Аврора ОС и РОСА Мобайл есть специальная надстройка, которая автоматически предоставляет разработчику адаптированные графические элементы системы для приложений, что значительно упрощает разработку программного обеспечения.

Так же не маловажную роль играет то, что на Аврора ОС, РЕД ОС М и kvadraOS уже появился российский магазин приложений RuStore, который позволит использовать проверенные и одобренные приложения от российских и зарубежных разработчиков; санкционные приложения, которые по тем или иным причинам были удалены из официальных магазинов. В совокупности, это все только повысит привлекательность устройств для потребителя и поспособствует более широкому распространению техники, которая работает под управлением этих операционных систем.

Заключение

В данной статье были рассмотрены основные мобильные российские операционные системы и инструмент, необходимые для работы с ними. Обозначены основные особенности этих ОС и подходы при разработке программного обеспечения для каждого из них.

В результате получилось, что под все операционные системы можно разрабатывать кросс-платформенное ПО на C/C++ с использованием фреймворка Qt, с той лишь разницей, что у Аврора ОС, РОСА Мобайл и kvadraOS в окружении ОС существует своя надстройка над визуальной графической составляющей, которая позволяет писать графическую часть программного обеспечения уже подготовленную для работы с ОС из среды разработки, что сказывается на упрощении разработки. В остальных же случаях – разработчику нужно будет дополнительно адаптировать работу интерфейса пользователя для работы в графическом окружении мобильных ОС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чувилин К. Проекты с открытым исходным кодом как основа передачи компетенций разработчикам приложений для ОС Аврора / К. Чувилин // Объединённая конференция "СПО: от обучения до разработки": Сборник тезисов конференции, Переславль-Залесский, 19–22 мая 2022 года. – Москва: ООО "МАКС Пресс", 2022. – С. 158-161.
2. Ковцур М. М. Исследование современных отечественных мобильных операционных систем и приложений / М. М. Ковцур, Е. В. Коренюгин, М. В. Яссер // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании : Сборник научных статей XIII Международной научно-технической и научно-методической конференции в 4 т., Санкт-Петербург, 27–28 февраля 2024 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 2024. – С. 445-449.
3. Дейч В. С. Инструменты для кроссплатформенной разработки мобильных приложений / В. С. Дейч // Академическая наука на службе обществу и государству : Сборник статей III Международного научно-исследовательского конкурса, Петрозаводск, 15 ноября 2023 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства "Новая Наука", 2023. – С. 86-94.
4. Хабр: Kotlin Multiplatform в ОС Аврора [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/articles/753570/> (дата обращения: 09.06.2024).
5. РОСА Мобайл. Операционная система РОСА Мобайл на базе KDE Plasma Mobile [Электронный ресурс]. – URL: <https://opennet.ru/59467-rosa> (дата обращения: 09.06.2024).



- 09.06.2024).
6. РЕД СОФТ: Мобильная операционная система «РЕД ОС М» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.red-soft.ru/ru/content/redos-m> (дата обращения: 09.06.2024).
 7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023619335 Российская Федерация. Мобильная операционная система "РЕД ОС М": № 2023615336 : заявл. 21.03.2023 : опубл. 10.05.2023 / В. А. Комлев, Н. А. Самофатов, К. Е. Веселкин; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Ред Софт".
 8. *Воронин К. Д.* Возможности для разработки мобильных приложений под ос Astra Linux Special Edition / К. Д. Воронин // Вестник науки. – 2024. – Т. 3, № 4(73). – С. 390-395.
 9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023668990 Российская Федерация. Мобильная операционная система "kvadraOS": № 2023667981: заявл. 31.08.2023: опубл. 06.09.2023; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "КНС ГРУПП".
 10. Хабр: Yadro представила операционную систему kvadraOS [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/news/814919/> (дата обращения: 09.06.2024).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мишина Елизавета Дмитриевна

Бакалавр третьего года обучения

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

E-mail: liz.mishina20@yandex.ru

Синёв Николай Иванович

Старший преподаватель, младший научный сотрудник

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

E-mail: nikolay.sinyov@guap.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Mishina Mariya Vladimirovna

Student

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

67, Bolshaya Morskaia str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

E-mail: liz.mishina20@yandex.ru

Sinyov Nikolay Ivanovich

Senior lecturer, Junior researcher

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

67, Bolshaya Morskaia str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

E-mail: nikolay.sinyov@guap.ru