ЗАЯВЛЕНИЕ

на участие в конкурсе «Ректорские гранты» для обучающихся

Я, Бобылев Федор Алексеевич

(указать полностью фамилию, имя и отчество участника)

прошу принять к рассмотрению проект:

Разработка и исследование полетного контроллера для FPV-квадрокоптера

(название проекта)

О себе сообщаю следующие персональные данные, необходимые для участия в Конкурсе:

Почтовый адрес с индексом:	440009, г. Пенза, [redacted]
Контактный телефон:	[redacted]
Адрес электронной почты:	bobylev.fedia@yandex.ru

С Положением о Конкурсе «Ректорские гранты» Пензенского государственного университета ознакомлен. С условиями Конкурса и предоставления гранта согласен.

В случае признания победителем Конкурса даю согласие на информирование общественности о победителях Конкурса и их проектах, а также использование предоставленных текстов, графических изображений, фото- и видеоматериалов.

Достоверность информации, предоставленной в составе заявки на участие в Конкурсе «Ректорские гранты» Пензенского государственного университета, подтверждаю.

«13» февраля 2024 г.

Участник Конкурса _____ Бобылев Ф. А.

(подпись / фамилия и инициалы)

Научный консультант _____ Маркелов М. К.

(подпись / фамилия и инициалы)

Информация о проекте для участия
в Конкурсе «Ректорские гранты» для обучающихся

Название проекта	Разработка и исследование полетного контроллера для FPV-квадрокоптера

Направление (в соответствии с п. 1.8 Положения о Конкурсе)	Технические науки

Информация об участнике	**Руководитель проекта:**
	Ф.И.О. руководителя проекта (обучающегося), указать полностью
	Бобылев Федор Алексеевич
	Дата рождения
	[redacted]
	Адрес фактического проживания с индексом
	440009, г. Пенза, [redacted]
	Номер телефона
	[redacted]
	Адрес электронной почты
	bobylev.fedia@yandex.ru
	Группа, кафедра, факультет, институт
	19ПР3, кафедра РТиРЭС, ФИТЭ, Политехнический институт
	Исполнители проекта: (при наличии) (Ф.И.О., учебная группа, дата рождения, функциональные обязанности)
	Научный консультант (Ф.И.О. (указать полностью), ученая степень, ученое звание, кафедра, номер сотового телефона, e-mail)
	Маркелов Максим Константинович, кафедра РТиРЭС, [redacted] maxkoma@yandex.ru

Ресурсное обеспечение проекта	Партнерство (соглашения в реализации проекта с органами государственной власти и местного самоуправления, коммерческими и некоммерческими организациями)
	Кафедра «Радиотехника и радиоэлектронные системы» (РТиРЭС) и межкафедральная лаборатория «Беспилотные летальные аппараты» на базе кафедры РТиРЭС – научно-производственная база для проведения исследований в рамках поставленных задач (площади, оборудование: - стационарный компьютер; - паяльная станция; - источники питания; - цифровой запоминающий осциллограф RIGOL MSO5072 - (с полосой частот до 350 МГц);

	- цифровой запоминающий осциллограф Hantek DSO5202P; - генератор серии FY6900; - цифровые мультиметры Yokogawa 7555; - отладочные комплекты для микроконтроллеров Миландр 1986BE4У и 1986BE91T; - ВЧ генератор сигналов Rigol DSG830 (диапазон частот до 3 ГГц); - анализатор спектра RSA5032N (диапазон частот до 3,2 ГГц))
	Использование при выполнении исследований научного оборудования и услуг центра коллективного пользования, студенческого научно-производственного бизнес-инкубатора, центра трансфера технологий, отдела интеллектуальной собственности Пензенского государственного университета.
	Кабинет интеллектуальной собственности (отдел) – содействие в подготовке сопроводительной документации для подачи заявок на объекты интеллектуальной собственности (заявки на программу для ЭВМ).

Содержание проекта:

Аннотация (не менее 0,3 стр.)	Данный проект направлен на разработку важнейшего узла беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) – полетного контроллера (ПК). Он будет устанавливаться на FPV-квадрокоптер, как наиболее популярный тип БПЛА на сегодняшний день. Данный узел обеспечивает выполнение следующих функций: 1. Удержание БПЛА углового положения в пространстве, в частности, горизонтального положения в отсутствие управляющих команд; 2. Удержание БПЛА заданной высоты полета; 3. Возможность настройки параметров с мобильного устройства при помощи Wi-Fi и специального приложения; 4. Контроль за параметрами бортовой сети БПЛА. Проект включает в себя разработку программного обеспечения (ПО) для полетного контроллера, создание макетного образца для исследования и отладки ПО, а также разработку мобильного приложения для настройки контроллера. Кроме того, планируется провести исследование возможности минимизации погрешности данных МЭМС-гироскопа и акселерометра с целью использования этих показаний для инерциальной навигации, которая намного увеличит надежность БПЛА с таким алгоритмом управления. В результате выполнения проекта планируется создать функциональный макетный образец полетного контроллера, пригодный для натурных испытаний на БПЛА с целью дальнейшего его доведения до предсерийного образца и устранения возможных недостатков ПО.

Актуальность (не менее 1 стр.)	Беспилотные летательные аппараты занимают все более крупную нишу в деятельности человека. Они применяются в самых разных ее сферах и отраслях, таких, как сельское хозяйство, геологоразведка, поисково-спасательные операции, видеосъемка в труднодоступных местах, а также военное дело. Так, например, использование БПЛА на предприятиях нефтегазового сектора позволяет контролировать объекты добычи, хранения, переработки и транспортировки, своевременно выявлять неисправности даже в самых удаленных и труднодоступных местах, следить за поломками и утечками. В сельском хозяйстве БПЛА позволяют создавать электронные карты полей, проводить инвентаризацию сельхозугодий и оперативный мониторинг состояния посевов, вести экологический контроль. Есть определенные наработки по замене пилотируемой сельхозавиации при распылении удобрений и средств защиты растений, и даже по автоматизированному сбору фруктов. В строительстве БПЛА стали высокоэффективным коммерческим инструментом, который при мониторинге не нарушает технологические процессы на площадке и обеспечивает легкий доступ к сложным и высоким структурным элементам. Создание малогабаритных и легких БПЛА стало возможно сравнительно недавно, благодаря появлению компактных и мощных микроконтроллеров, а также легких и энергоемких аккумуляторов, и

	сейчас отрасль беспилотных систем стала развиваться с поразительной быстротой. Применение БПЛА для решения задач МЧС позволит проводить: - мониторинг объектов повышенной опасности для окружающей среды и человека (атомные станции, заводы по уничтожению радиационных и химических отходов, заводы по изготовлению химических веществ, гидрэлектростанции и тп); - проводить прогнозирование стихийных бедствий, массовых лесных и торфяных пожаров, наводнений, землетрясений, а также оценивать последствия чрезвычайных ситуаций; - проводить розыскные и поисковые работы для сохранения жизни и здоровья человека при возникновении чрезвычайных ситуаций. БПЛА крайне полезны при поиске новых месторождений полезных ископаемых, также их применение при наблюдениях в местах добычи полезных ископаемых, углеводородов, наблюдением за трубопроводами и линиями их транспортировки. Также БПЛА позволяют проводить фотосъёмку земельных участков, определение местоположения, размеров, свойств и других характеристик земельных участков. Это открывает широкие возможности в использовании подобной техники в геодезии, картографии, а также при выполнении кадастровых работ. Однако развитие беспилотной авиации в нашей стране сопряжено со многими проблемами, которые необходимо решить. Одной из важнейших является импортозависимость. Отечественное производство подобной техники существует, но имеет небольшой объем и завязано на импортные комплектующие, что в текущих условиях стало препятствием для масштабирования производства. Имеется возможность создания мелкосерийных БПЛА и на отечественных комплектующих, но их цена не выдерживает конкуренции, например, с китайскими. Еще одной проблемой, общей как для Российского, так и для импортного производства, является помехоустойчивость системы навигации. Необходимо провести исследование возможности использования инерциальных методов, не требующих взаимодействия со спутниковыми системами. Данный проект нацелен на всестороннее изучение схемотехники и алгоритмов управления БПЛА, а также создание работоспособного макета с дальнейшей целью создания образца полетного контроллера, готового к серийному производству.

Анализ современного состояния исследований в данной области (приводится обзор исследований в данной области со ссылками на публикации)	Современное проектирование небольших коммерческих БПЛА идет, главным образом, по пути создания многороторных машин – мультикоптеров. Они обладают рядом значимых достоинств: имеют простую и технологичную конструкцию, могут «зависать» в любой точке пространства, что позволяет выполнять задачи в труднодоступных местах. Кроме того, современные БПЛА просты в использовании, так как встроенный автопилот сводит все трудности управления к минимуму. Однако такая конструкция летательного аппарата аэродинамически неустойчива, что вынуждает использовать сложные алгоритмы и схемотехнические решения для управления мультикоптерами. Главной задачей управления является получение четкой, лишенной помех и шумов, информации о положении летательного аппарата в пространстве. После фильтрации эти данные поступают на регулятор (чаще всего в его

роли выступает ПИД-регулятор), и далее регулятор формирует необходимые управляющие воздействия.

В числе наиболее часто используемых в России квадрокоптеров находятся БПЛА китайского производства марки DJI, такие, как DJI Inspire, DJI Mavic и DJI Phantom. Они обладают высокой надежностью и очень широким спектром возможных выполняемых задач. Однако, цена на них весьма значительна, что препятствует их широкому применению. В то же время большинство БПЛА, которые производятся в России, создаются, главным образом, путем крупноузловой сборки из импортных комплектующих: контроллера полета, двигателей, регуляторов ESC и др.

Следует сказать, что для успешного и независимого развития отрасли БПЛА в России требуется разработка собственных комплектующих и программного обеспечения. Одним из сложнейших и наиболее важных узлов является полетный контроллер, на разработку которого и направлен данный проект

ИСТОЧНИКИ:

1. Леонов А.С., Гришкин Д.А., Калашников В.С., Лысенко А.В., Зуев В.Д., Рыжов А.А. Перспективы развития в России беспилотных летательных аппаратов // Труды международного симпозиума "Надежность и качество". 2022. Т. 2. С. 195-198. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49437191
2. Поляков О.А., Козлов О.А. Состояние и перспективы развития беспилотных летательных аппаратов военного назначения в России и в зарубежных странах // Академическая публицистика. 2022. № 5-2. С. 84-89. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48509207
3. Степанов С.В., Молдаков С.В., Плотникова Е.И. Анализ современного состояния и обоснование направлений технического развития перспективных беспилотных летательных аппаратов // Научный резерв. 2020. № 4 (12). С. 19-26. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45185705
4. Ширяев Н.А., Водолажская Ю.В. Развитие беспилотных летательных аппаратов // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2016. Т. 2. № 1 (7). С. 67-69. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29187793
5. Дауров А.А. Рынок беспилотных летательных аппаратов: состояние, тенденции развития, перспективы вхождения // В сборнике: Общество в эпоху перемен: современные тенденции развития. материалы Междунар. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, проводимой в рамках II Междунар. форума студентов, аспирантов и молодых ученых «Управляем будущим!». Сибирский институт управления - филиал РАНХиГС. 2014. С. 211-212. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23411224
6. Цокурова И.Г., Денисов А.Н., Самойленко С.А., Остапчук М.Л. Применение беспилотных летательных аппаратов типа квадрокоптер "dji inspire 1v 2.0" при поиске людей на местности // Наука, техника и образование. 2018. № 11 (52). С. 43-46. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36493377
7. Жиделев А.Р., Скляров А.А. Квадрокоптер как вид беспилотных летательных аппаратов // Вестник современных исследований. 2018. № 5.3 (20). С. 435-436. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35287944

	8. Постонен Д.В., Долгирев А.В. Использование беспилотных летательных аппаратов, квадрокоптеров при выполнении кадастровых работ // Кадастр недвижимости. 2020. № 3 (60). С. 77-82. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44520283 9. Bouabdallah, Samir & Noth, A. & Siegwart, Roland. PID vs LQ Control Techniques Applied to an Indoor Micro Quadrotor. Proceedings of 2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. 3. 2451 - 2456 vol.3., 2004 10. Bouabdallah, Samir. Design and Control of quadrotors with application to autonomous flying, Lausanne, Switzerland, 2007 11. Sabatino, Francesco. Quadrotor control: modeling, nonlinearcontrol design, and simulation, 2015.

Цель и задачи проекта	**Цель выполнения проекта:** Разработка и исследование полетного контроллера (автопилота) для легких БПЛА мультироторного типа, например, для FPV-дронов (First-Person View - вид от первого лица). Предполагается, что результаты данного проекта будут использованы в дальнейшем при работе на следующей стадии над проектом линейки ПК БПЛА микрокласса (с максимальной взлетной массой не более 4 кг) с целью замещения импортных аналогов полетных контроллеров БПЛА (в соответствии с НИОКР и целями Стратегии развития беспилотной авиации РФ от 21.06.2023 № 1630-р). В российской практике, особенно на производстве, часто вместо БПЛА используют термин беспилотное воздушное судно (БВС). Полетный контроллер является компонентом бортовой системы автоматического управления полетом БПЛА. **Задачи проекта:** 1. Подробный обзор и анализ доступных вариантов полётных контроллеров данного класса; 2. Формирование детальных технических требований к параметрам ПК; 3. Первоначальное математическое моделирование и исследование в программном обеспечении (например, MATLAB) базовых алгоритмов и программ управления, применяемых в ПК; 4. Разработка альфа-версии программного обеспечения аппаратного уровня; 5. Разработка альфа-версии программы-конфигуратора; 6. Разработка модели печатной платы полетного контроллера. Итоговым результатом проделанной работы должна стать модель печатной платы полетного контроллера и сопутствующее программное обеспечение.

Научная новизна (формулируется новая научная идея, обосновывается новизна предлагаемой постановки и решения заявленной проблемы)	Научной новизной в проекте предполагается создание усовершенствованного алгоритма автономной навигации для класса микро-БПЛА (удержание БПЛА заданной точки в пространстве, а также возможность автоматического возврата в район точки старта с отклонением до 200 м в отсутствие системы спутниковой навигации). Также в проекте предполагается техническая новизна, в виде поиска путей разработки ПК на базе отечественной электронной компонентной базы (ЭКБ), в частности одного из отечественных микроконтроллеров.

Предлагаемые подходы и методы, их обоснование для реализации цели и задачи исследований (форма изложения должна дать возможность конкурсной комиссии оценить соответствие подходов и методов исследования поставленным целям и задачам, надежность получаемых результатов)	1. Метод сравнительного анализа технических параметров существующих полетных контроллеров; 2. Метод автоматизированного проектирования с использованием САПР для проектирования принципиальных схем и печатных плат РЭС (например, Altium Designer, DipTrace, Easy EDA и др.), 3. Методы программирования, для программирования микроконтроллеров (STM32, Arduino IDE, ESP_IDF); 4. Методы математического моделирования в специализированных программах для исследования алгоритмов управления БПЛА.
Имеющийся у заявителя научный задел по проекту (указываются полученные результаты, разработанные программы и методы, экспериментальное оборудование, материалы и информационные ресурсы, имеющиеся в распоряжении участника для реализации проекта, публикации участника (для каждой публикации, при наличии, указать ссылку в сети Интернет)	При разработке и тестировании устройства будет использоваться экспериментальное оборудование. Дополнительно к указанному выше оборудованию кафедры также имеется: - портативный цифровой осциллограф Fnirsi 5012h; - отладочная плата микроконтроллера ESP32 «Wemos D1 R32», - полетный контроллер на базе микроконтроллера AVR «Arducopter». Материалы: стеклотекстолит, печатные платы, компоненты для сборки устройства, паяльное оборудование и расходные материалы, провода. Информационные ресурсы: техническая документация электронных компонентов, материалы по теме из сети Интернет, статьи. В ходе предыдущих исследований и разработок заявителем был собран предварительный макет полетного контроллера на базе микроконтроллера STM32 и квадрокоптер на его основе (рисунок 1) для изучения принципов работы. Данный макет был представлен на конкурсе «Прогресс-2023». Продолжая данные исследования, заявителем на данный момент создан усовершенствованный макет на базе микроконтроллера ESP32, позволяющий удобно работать с датчиками, микроконтроллером и ПО. Под этот макет написан первый вариант собственного программного обеспечения аппаратного уровня. Проводятся работы по совершенствованию программы и её алгоритмов.

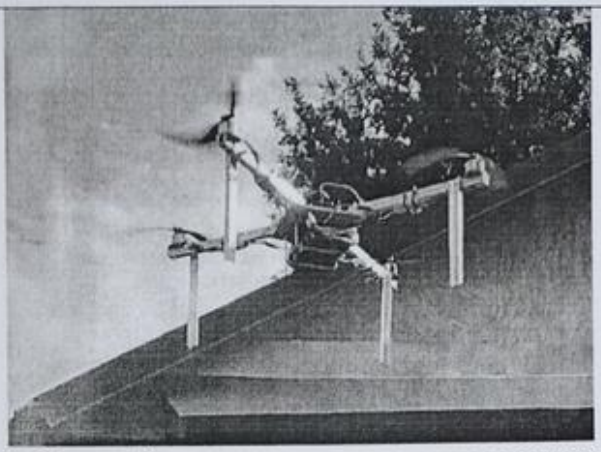

Рисунок 1 Собранный квадрокоптер с первым макетом полетного контроллера БПЛА на базе МК STM32 для изучения принципов работы

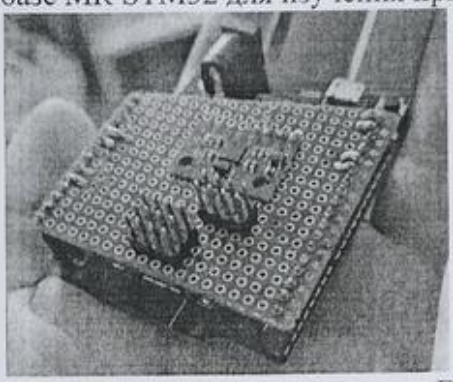

Рисунок 2 Второй макет полетного контроллера БПЛА на базе МК ESP32 для отработки написанных алгоритмов

Заявитель обладатель Гран-при областного конкурса научно-технического творчества молодежи «Прогресс-2023» с проектом «Структура и принцип работы полетного контроллера БПЛА. Создание полетного контроллера БПЛА на базе МК STM32».

Заявитель победитель регионального финального конкурсного отбора по программе «УМНИК» 2023 г. с проектом «Разработка и исследование полетного контроллера для микро-БПЛА».

Заявитель участник Акселерационной программы ПГУ 2023 г. с проектом «Разработка полетного контроллера для беспилотных летательных аппаратов».

Заявитель имеет стаж занятий авиамоделированием 10 лет и имеет спортивное звание КМС по авиамодельному спорту.

Заявитель имеет стаж работы в должности педагог доп. образования в организации МБОУ ДО ДЮЦ «Звездный» г. Пензы в направлении "Авиамоделирование".

Публикации участника:

1. Бобылев, Ф. А. Пример создания полетного контроллера беспилотного летательного аппарата на базе МК STM32 / Ф. А. Бобылев, М. К. Маркелов // Вестник Пензенского государственного университета. – 2023. – № 3(43). – С. 72-81. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54398973
2. Бобылев Ф.А. Разработка полетного контроллера для FPV-квадрокоптера / Маркелов М.К., Тычков А.Ю., Светлов А.В. // Известия вузов. Закрытый сборник (принято редакцией)

Ожидаемые результаты	В результате выполнения данного проекта предполагается создание альфа-версии программного обеспечения полетного контроллера для FPV-квадрокоптера. Кроме того, для удобства управления и настройки, будет создано приложение-конфигуратор для Android – устройства (смартфона или планшета).

Значения целевых индикаторов Конкурса «Ректорские гранты» Пензенского государственного университета

№	Наименование	Единица измерения	Значение
1	Число публикаций по результатам исследований:		
	1.1 в изданиях, индексируемых в РИНЦ	единиц	2
	1.2 в российских научных журналах, включенных в перечень ВАК	единиц	*1*
	1.3 в изданиях, индексируемых в Ядро РИНЦ / Scopus / Web of Science	единиц	–
2	Количество мероприятий по демонстрации и популяризации результатов проекта (участие в научных конкурсах, на выставках с экспонатами, в научных конференциях с докладами)	единиц	2
3	Число заявок на объекты интеллектуальной собственности, поданные по результатам выполнения проекта	единиц	*1*
4	Количество поданных заявок для участия в конкурсах грантов на проведение научных исследований (Федеральное агентство по делам молодежи, Фонд содействия инновациям и др.); в конкурсном отборе на получение стипендий Президента РФ и Правительства РФ, именных стипендий	единиц	–
5	Использование при выполнении исследований научного оборудования и услуг центра коллективного пользования, студенческого научно-производственного бизнес-инкубатора, центра трансфера технологий, отдела интеллектуальной собственности	–	*- услуги для подачи заявки на объекты интеллектуальной собственности, (СМ ресурсное обеспечение проекта)*

«13» февраля 2024 г.

Участник Конкурса _____ Бобылев Ф.А.
(подпись / фамилия и инициалы)

Научный консультант _____ Маркелов М.К.
(подпись / фамилия и инициалы)