

**Промежуточная аттестация. Модуль 4.**  
**РЕШЕНИЕ КЕЙСОВ. Системы управления полётом.**

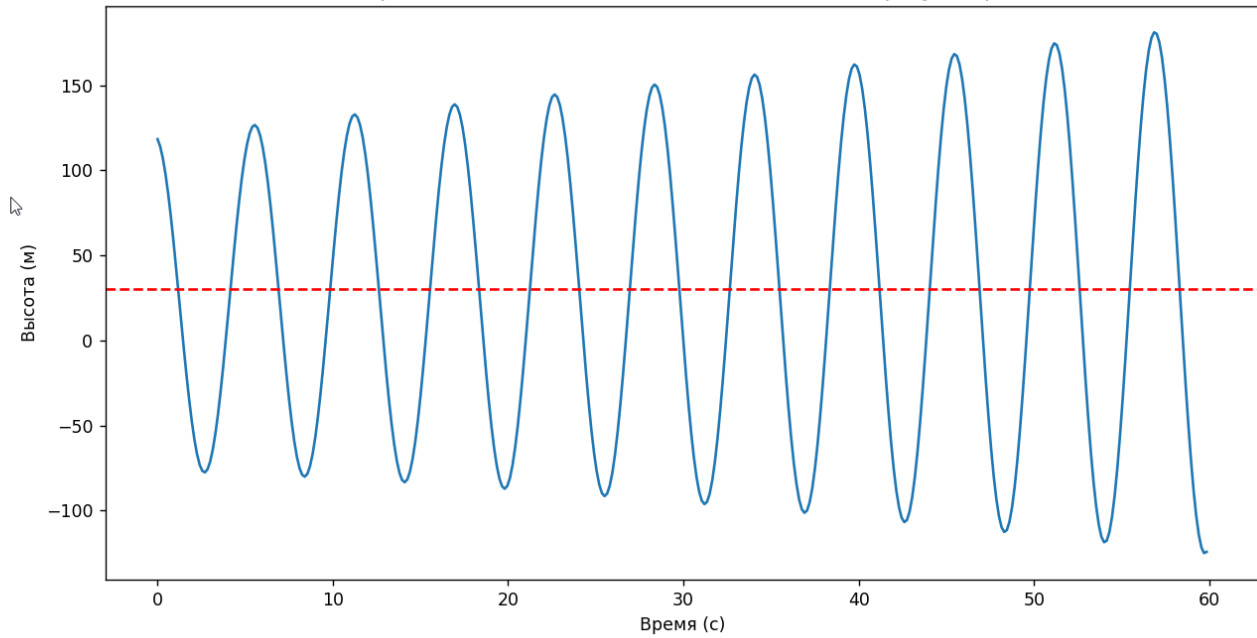
**«Проектирование и реализация аппаратной архитектуры полётного контроллера»**

Задача разработать систему управления полётом для беспилотного летательного аппарата (БЛА) с использованием ПИД-регуляторов. Необходимо реализовать алгоритмы стабилизации и навигации, а также провести тестирование системы управления.

№ п/п	Наименование задачи	Решение
1	Изучить основы теории управления и ПИД-регуляторов.	<p><b>На основе лекционного материала. Не менее 200 слов шрифтом 12.</b></p> <p>Система управления полетом – это комплексное сочетание оборудования и программного обеспечения, цель которого – обеспечение управления и навигации воздушного судна. Основные элементы системы включают управляющие устройства, навигационные системы (GPS, INS), автопилот, датчики, системы мониторинга состояния, программное обеспечение и планировщик маршрута.</p> <p>Для обработки информации от датчиков и обеспечения стабилизации, навигации и исполнения команд используются полетные контроллеры. Показания датчиков учитывают силы действующий на БЛА в процессе полета (подъемная сила, гравитация, сопротивление воздуха), а так же другие внешние и внутренние условия, после алгоритмической обработки эти данных, определяются управляющие воздействия через сигналы на управляющие поверхности или изменение скорости моторов.</p> <p>Стабилизация полета необходима для удержания аппарата в заданном положении и реакции на внешние воздействия. Основные алгоритмы стабилизации включают PID-регуляторы, фильтр Калмана, нелинейные алгоритмы, машинное обучение и SLAM.</p> <p>PID-регулятор состоит из трех компонентов: пропорциональной (P), интегральной (I) и дифференциальной (D). Пропорциональная составляющая реагирует на текущую ошибку, интегральная аккумулирует ошибку о времени для устранения накопленной ошибки, а дифференциальная предсказывает будущие ошибки для снижения возможных колебаний.</p> <p>Настройка PID происходит через метод проб и ошибок, а также методы такие как Ziegler-Nichols, позволяющие определить оптимальные настройки для системы управления, учитывая особенности данных, получаемых от датчиков, и динамические характеристики системы.</p>

		<p>Фильтр Калмана используется для слияния информации от различных датчиков с математической моделью движения, вычисляя вероятное состояние объекта управления. Это помогает в прогнозировании и корректировке управления на основе наблюдаемых данных и предполагаемых эффектов естественных шумов и других неточностей.</p>
2	Разработать алгоритмы стабилизации и навигации для БЛА.	<p>Алгоритмы стабилизации для поддержания заданной ориентации БЛА в пространстве, для управления подъёмом и спуском БЛА, противодействие внешним воздействиям.</p> <p>2.1. Опишите задачу, которую должен будет выполнить БЛА (например, применение в сельском хозяйстве, мониторинг инфраструктуры, обследование здания, обследование шахты и т.д.).</p> <p>Беспилотный летательный аппарат (БЛА) предназначен для мониторинга состояния электрических линий передачи. Он должен осуществлять детальный осмотр линий на предмет повреждений, проверку изоляторов и опор, а также обнаружение растительности или других объектов, которые могут представлять угрозу безопасному функционированию ЛЭП.</p> <p>2.2 Опишите параметры, которыми должен обладать БЛА для выполнения рассматриваемой задачи (например, его масса, размеры, характеристики двигателей, требования ко времени полёта).</p> <p>Для выполнения задачи используется БЛА модели DJI Matrice-210 RTK. Этот беспилотник имеет следующие характеристики:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Масса: около 6,14 кг</li> <li>• Размеры: <ul style="list-style-type: none"> <li>• с разложенными пропеллерами и шасси: 883x886x427 мм</li> <li>• со сложенными пропеллерами и шасси: 722x282x242 мм</li> </ul> </li> <li>• Полетное время: 33 мин (без груза)</li> <li>• Двигатели: бесколлекторные электромоторы, антиколебательный подвес, ESC</li> <li>• Диапазон рабочих температур: -20°...+50°C</li> <li>• Источник питания: аккумулятор Intelligent Battery (Модель: WB37-4920мАч-7,6 В)</li> <li>• RTK GPS для точного позиционирования</li> </ul> <p>2.3. Опишите внешние воздействия, которые могут влиять на БЛА (например, ветер, турбулентность, замкнутое пространство, изменение температуры, механические воздействия, в т.ч. столкновения с объектами ил воздействие воздушных потоков и пр.).</p> <p>БЛА может сталкиваться с такими внешними воздействиями:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ветер,</li> <li>- турбулентность,</li> <li>- изменения температуры (резкое похолодание),</li> <li>- возможные столкновения с препятствиями вблизи ЛЭП (например, деревьями или столбами),</li> <li>- электромагнитные помехи от электрических линий.</li> </ul>

		<p>2.4. Опишите сенсоры (например, гироскоп, акселерометр, GPS, барометры, магнитометры, лидар, инфракрасный датчик, GPS-модуль и пр.) и их потребуется ли их калибровка для устранения, например, смещений или шумов.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Гироскоп и акселерометр: для обеспечения стабильности полета.</li> <li>• RTK GPS: для точного позиционирования.</li> <li>• Инфракрасная камера: для обнаружения повреждений и нагрева оборудования.</li> <li>• Лидар: для точного определения расстояния до объектов и замеров растительности.</li> </ul> <p>Калибровка этих сенсоров необходима для минимизации смещений и шумов, так как точность и надежность данных критичны для качества мониторинга.</p> <p>2.5. Опишите какие фильтры планируется применять для создания уточнённой оценки состояния БЛА с учётом как предсказанных, так и измеренных данных и какой их принцип работы.</p> <p>Применяется фильтр Калмана для создания уточненной оценки состояния БЛА, сочетая измеренные данные с моделью физического поведения дрона. Фильтр помогает корректно оценивать положение, скорость и ориентацию БЛА в условиях шума измерений и внешних помех.</p> <p>2.6. Опишите алгоритм стабилизации БЛА при взаимодействии акселерометра и гироскопа.</p> <p>Алгоритм стабилизации для БЛА основан на объединении данных, получаемых от акселерометра и гироскопа, через управляющий контур с обратной связью:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Акселерометр</i> измеряет линейное ускорение БЛА. Но, эти показатели могут включать в себя как движение, так и гравитационную силу, поэтому для точности необходимо провести соответствующую коррекцию сигналов.</li> <li>• <i>Гироскоп</i> измеряет угловую скорость вращения БЛА вокруг своих осей. Информация от гироскопа важна для определения реальных угловых изменений и компенсации случайных движений.</li> </ul> <p>Алгоритмически данные с обоих сенсоров обрабатываются в реальном времени для вычисления текущего положения и ориентации БЛА, затем используются PID-контроллеры для коррекции движений по каждой оси, чтобы минимизировать ошибку между желаемым и текущим положением/ориентацией.</p> <p>2.7. Опишите алгоритм навигации БЛА при взаимодействии барометра, акселерометра и гироскопа.</p> <p>Навигационный алгоритм БЛА использует данные от барометра, акселерометра и гироскопа для точного определения положения в пространстве:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Барометр</i> предоставляет данные о высоте полета, используя атмосферное давление. Эти данные</li> </ul>
--	--	---

		<p>помогают контролировать высоту полета над землей и другими объектами.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Гироскоп и акселерометр</i> совместно работают для точного определения ориентации и ускорения БЛА, что критически важно для поддержания курса в условиях ветра или при выполнении маневров.</li> </ul> <p>Для интеграции данных с этих трех сенсоров тоже используется фильтр Калмана, который помогает сгладить данные от случайных шумов и обеспечить более стабильное и надежное управление полетом. Алгоритмы навигации анализируют входные данные в реальном времени и корректируют управляющие воздействия, чтобы обеспечить желаемую траекторию движения и точное позиционирование БЛА. времени, обеспечивая безопасное маневрирование вблизи препятствий и точное следование заданной маршрутной карте.</p>
3	Реализовать ПИД-регуляторы для управления полётом.	См. <i>pid.py</i>
4	Написать и загрузить программное обеспечение для системы управления полётом.	<p>См. <i>flight_control.py</i></p>  <p>Управление высотой БЛА с использованием PID-регулятора</p> <p>График показывает высоту (м) на оси Y (от -100 до 150) и время (с) на оси X (от 0 до 60). Синусоидальная линия колеблется вокруг заданной высоты (красная пунктирная линия на уровне 30 м).</p>

5

Провести тестирование системы управления полётами проанализировать результаты.

См. *flight\_control.py*

