1. **Первый**

Добрый день. Тут нужно, наверное, что-то еще сказать

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. **Актуальность**

Командой яхт-клуба Санкт-Петербург для беспилотного исследовательского судна был разработан подвесной пяти осевой манипулятор с ременным приводом на шарниры. Моей задачей является разработка программы управления для данного манипулятора. Управление должно производиться в декартовом пространстве с пульта дистанционного управления операторном с корабля сопровождения. Манипулятор прикреплен к дну катамарана и служит для сбора объектов с поверхности водоемов.

Изначально реализация системы управления планировалась на микроконтроллере ATMega 2560, но в ходе разработки было принято решение перейти на микроконтроллер STM с ядром Cortex M4 или Cortex M3.

В дальнейшем планируется расширение функционала манипулятора и добавление возможности стабилизации захватного устройства относительно поверхности воды в рабочей зоне манипулятора

1. **Задачи НИР**

Математическое описание кинематической модели манипулятора позволяет преобразовывать обобщенные координаты манипулятора в декартовые координаты и обратно. Так же мат. описание позволяет по обобщенным координатам манипулятора понимать его положение в пространстве, что необходимо для предотвращения столкновения манипулятора с корпусом катамарана.

Так же математическое описание позволит решать две задачи кинематики. ПЗК – по заданным геометрическим параметрам звеньев и вектору обобщенных координат (присоединительных углов) и найти положение и ориентацию ЗУ в пространстве. ОЗК – По известным геометрическим параметрам звеньев найти все возможные положения (обобщенные координаты), обеспечивающие заданное положение и ориентацию ЗУ относительно абсолютной системы координат.

//Очень странный абзац. Мысль такова, что структура ПО нужна для интерфейсов функций.

На основе структуры системы управления в дальнейшем будет реализованы интерфейсы компонентов программы и взаимодействие между компонентами внутри программы и с внешними интерфейсами.

Для работы на борту микроконтроллер программа управления должна обрабатываться крайне быстро, так как задержка в управлении не должна ощущаться оператором. А на время отклика манипулятора на команды оператора так же накладывается время передачи управляющего сигнала с корабля сопровождения на катамаран и время передачи видеосигнала с катамарана на корабль сопровождения. Экспериментально было установлено, что время передачи управляющего и видео сигналов с корабля сопровождения на катамаран составляет 40мс. Задержка управления более 90мс начинает ощущаться оператором. ТО есть для комфортного управления необходимо чтобы время преобразования положения задающих рукояток в управляющие сигналы приводов было не более 10 мс. Для этого необходимо сравнить время работы алгоритмов и выбрать наиболее быстрый. Так же скорость работы алгоритма будет важна при стабилизации захватного устройства на волне в будущем.

Кинематические особенности манипулятора не позволяют на прямую преобразовывать обобщенные координаты манипулятора в координаты двигателей, так как координаты тангажа кисти и предплечья зависят не только от координат соответствующих двигателей, но и от координат родительских звеньев.

1. **Структура**

На слайде приведена схема обработки данных алгоритмом. Зеленым на схеме обозначены блоки, модели которых реализовывались в рамках данной работы. Так же при сборке первого прототипа манипулятора были реализованы блоки чтения данных с ЗР и пошарнирное управление манипулятором для тестирования конструкции.

Желтым цветом обозначены еще не реализованные блоки, которые планируется реализовать в рамках ВКР.

На вход алгоритма подается вектор желаемых декартовых скоростей манипулятора, а на выходе алгоритма формируются управляющие сигналы для приводов манипулятора. При каждом вызове алгоритмы преобразования декартовых координат в обобщенные так же вызывается проверка на столкновение манипулятора с корпусом катамарана

1. **Координаты манипулятора**

Модель манипулятора в MATLab служит для проверки правильности результатов собственных решений. Так же Robotic System Toolbox удобно использовать для визуализации текущего положения манипулятора.

Формализм ДХ удобен для решения ПЗК, так как зная параметры ДХ с помощью последовательного перемножения матриц переноса можно найти положение ЗУ и его ориентацию, представленную в виде матрица поворота 3х3. Для получения углов тангажа и крена необходимо преобразовать матрицу поворота в систему углов Эйлера – крен, тангаж, рысканье (прецессия, нутация, собственного вращения).

Решение же ОЗК с помощью формализма ДХ приводит к необходимости перевода углов Эйлера, задаваемых оператором, в матрицу поворота, что негативно сказывается на быстродействии алгоритма. Так же Решение ОЗК через представление ДХ во многих случаях дает 2 возможных положения манипулятора при одном и том же положении ЗУ – верхнее положение локтя и нижнее положение локтя.

Использование геометрического описания кинематики манипулятора позволило избавиться от перевода углов Эйлера в матрицу поворота, а также наложило ограничение на использование верхнего положения локтя манипулятора. Верхнее положение локтя неприемлемо использовать, но двум причинам. При таком положении рабочая зона манипулятора значительно ограничивается, так как движение локтя сверху ограничивает ящик. Так же звенья манипулятора были спроектированы с расчетом на нижнее положение локтя, дающее бОльшую рабочую зону.

1. **Сравнение решений**

На данной слайде представлены сравнительные диаграммы двух решений. Тестирование производилось в симуляции на микроконтроллере семейства STM32F1 и микроконтроллере ATMega 2560. В качестве тестового задания использовалось построение окружности из 360 точек для стм и 36 точек для авр. Как видно из графика решение с использованием геометрического представления кинематики манипулятора в обоих случаях примерно в 3 раза быстрее решения с использованием формализма ДХ. Тестирование СТМ проводилось в Keil uVision5, а тестирование AVR в Atmel Studio 7.0. На третьи графики приведено сравнение на 36 точках решений не стм, авр и MATLab Robotic System Toolbox. Прошу обратить внимание, что шкала времени на графике логарифмическая. Для стм и авр приведено решение с использованием геометрического представления кинематики манипулятора.

Как было сказано выше полный цикл алгоритма управления манипулятора должен отработать менее чем за 10 мс. В данном сравнении учувствуют только блоки расчёта ОЗК. Так как в данных блоках присутствует большое количество тригонометрических операций, то они будут занимать не менее половины времени работы алгоритма. Ограничим время выполнения блока расчета ОЗК пятью мс. Как видно из диаграмм под данные условия подходят оба решения на СТМ и геометрическое решение на ATMega 2650.

1. **Вклад НИР в ВКР**

Целью ВКР является реализация программы на борту микроконтроллера, которая будет преобразовывать положения ЗР в управляющие сигналы приводов для управления манипуляторам. Программа должна включать в себя все функции, указанные в структуре программы выше. На данный момент реализовано примерно половина функций программы управления манипулятором. Так же в рамках ВКР планируется испытать решение ОЗК с помощью матриц Якоби.