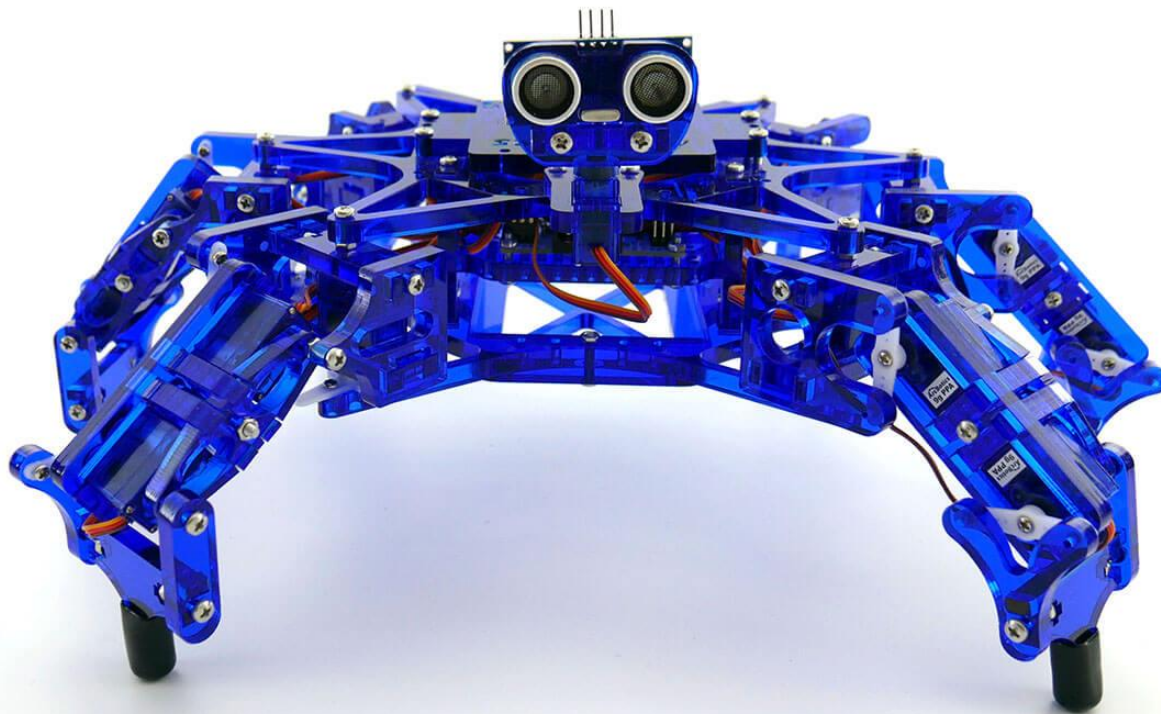


Система управления шестиногим шагающим роботом



Дипломный проект выполнил Карандаев В.Ю.

Техническое задание

1. *Произвести энергетический расчет, рассчитать и подобрать двигатели для каждого звена ноги робота.*
2. *Произвести частотный синтез и коррекцию следящего привода трехзвенного манипулятора, чтобы обеспечить следующие условия:*
 - *Длительность переходного процесса $t_{\text{пн}} \leq 0.1$ сек;*
 - *Перерегулирование $\sigma \leq 30\%$;*
 - *Ошибка вращения элемента $\varepsilon \leq 0.5^\circ$;*
3. *Решить обратную кинематическую задачу для трехзвенного манипулятора с 3-мя степенями свободы.*
4. *Реализовать прохождение кратчайшего пути по заданной карте местности с использованием волнового алгоритма.*
5. *Провести натурный эксперимент и определить ошибки в прохождении заданной траектории.*
6. *Разработать плату стабилизации напряжения.*
7. *Разработать технологический процесс сборки ноги робота.*
8. *Рассчитать затраты на проектирование и изготовление робота.*
9. *Проанализировать опасные и вредные факторы для человека при разработке системы управления роботом. Устранить наиболее опасный фактор.*
10. *Проанализировать влияние на окружающую среду технологического процесса сборки печатной платы для системы управления роботом. Устранить наиболее опасный фактор.*

ДПТ TowerPro SG92R



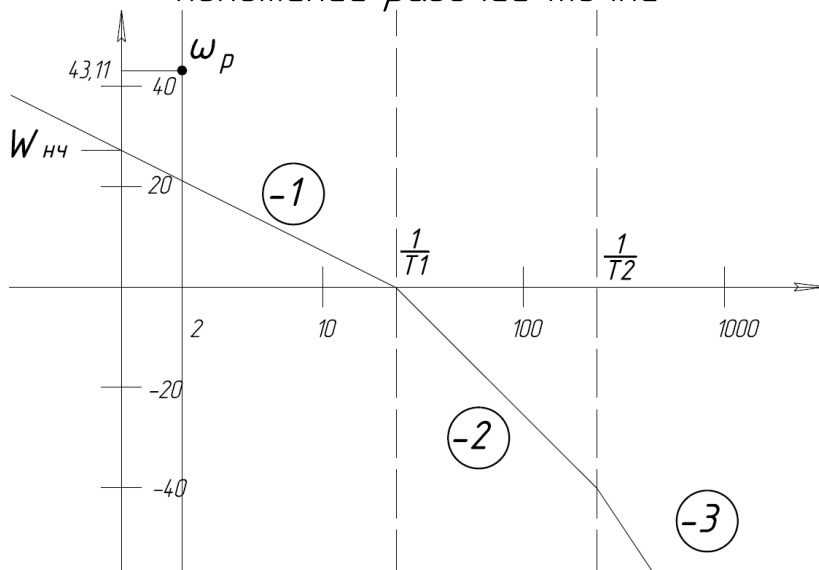
$U_{\text{дн}}, \text{В}$	$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$n_{\text{н}}, \text{об/мин}$	$R_{\text{я}}, \text{Ом}$	$i_{\text{дв н}}, \text{А}$	$J_p \cdot 10^{-6}, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	$m_{\text{дв}}, \text{кг}$	$\lambda_{\text{кд}}$
6 ± 1	0.675	600	13	0.250	0.575	0.009	11

Синтез следящего привода кисти робота

Передаточная функция
неизменяемой части

$$W_{\text{нч}}(s) = \frac{22.852}{s(0.0043s + 1)(0.043s + 1)}$$

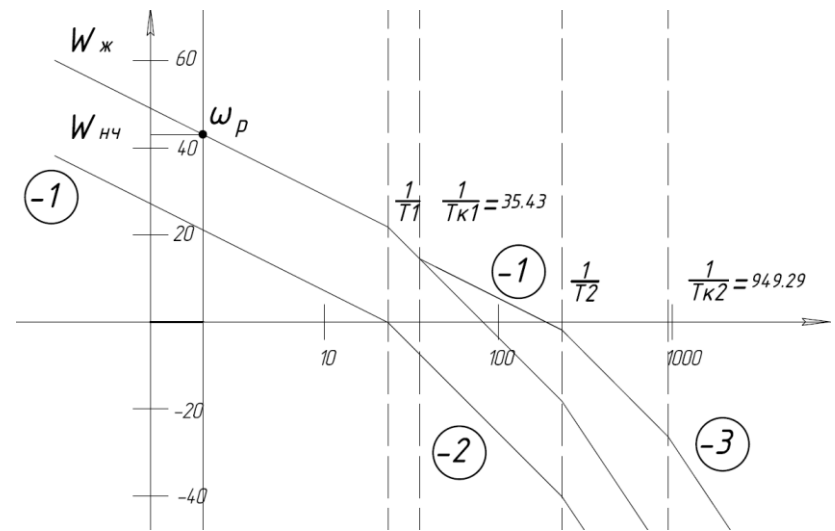
ЛАЧХ функции неизменяемой части и
положение рабочей точки



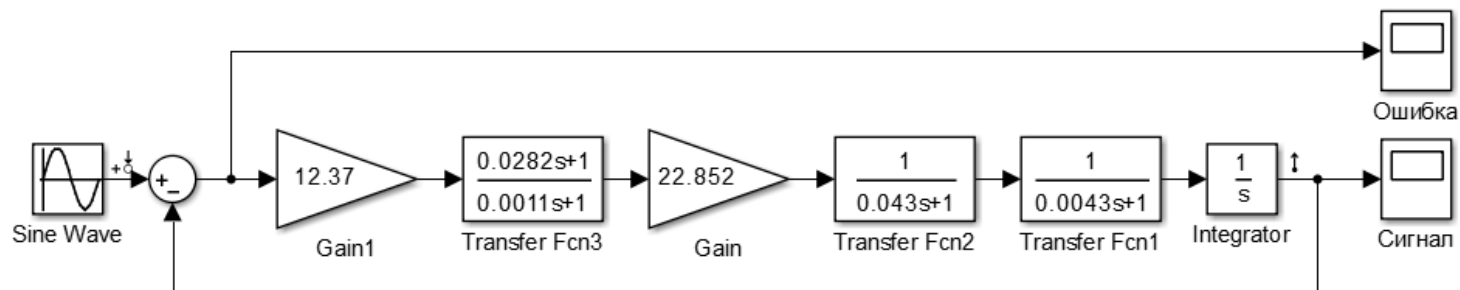
Передаточная функция
скорректированной системы

$$W_{\text{жч}}(s) = 10 * \frac{(0.0282s + 1)}{(0.0011s + 1)} * \frac{22.852}{s(0.0043s + 1)(0.043s + 1)}$$

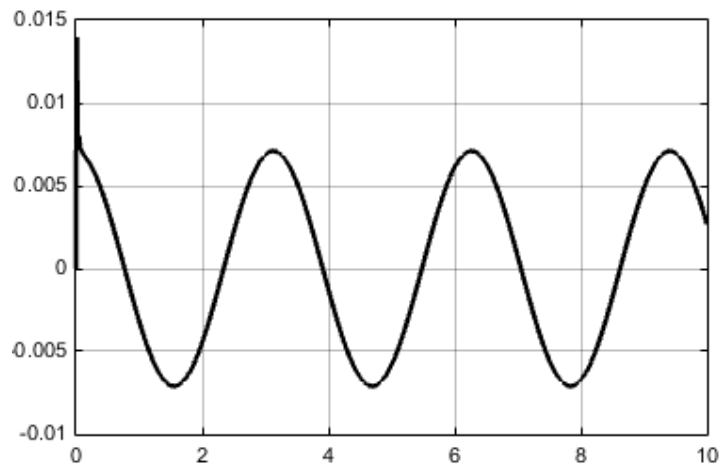
ЛАЧХ неизменяемой и желаемой частей



Моделирование синтезированного слеящего привода



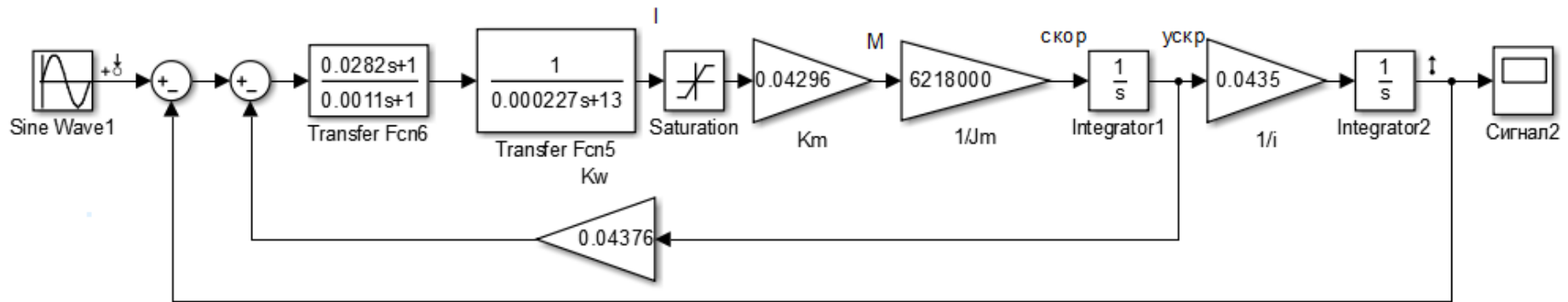
Структурная схема замкнутой системы



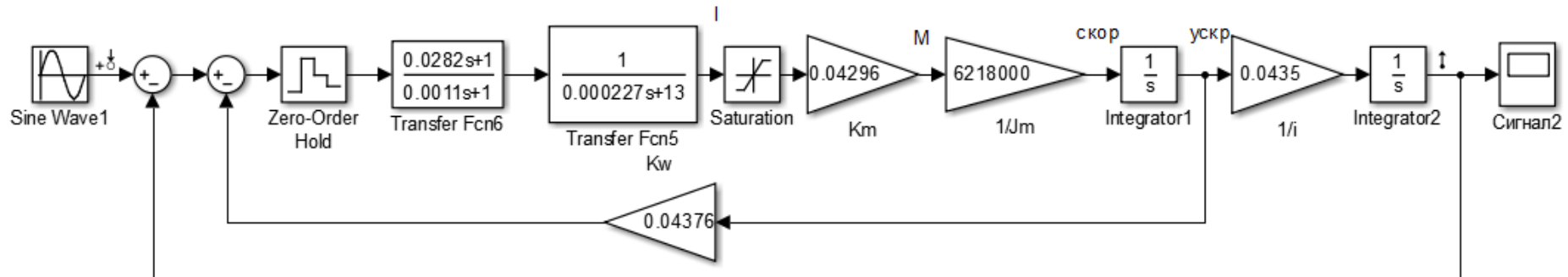
Ошибка скорректированной
системы в радианах

Моделирование синтезированного следящего привода

Структурная схема системы с учетом нелинейности



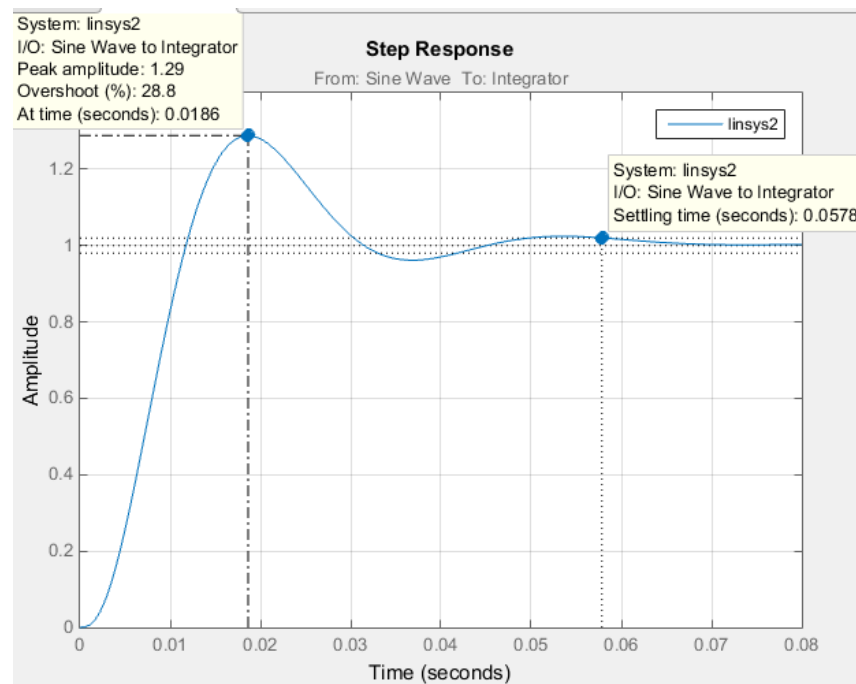
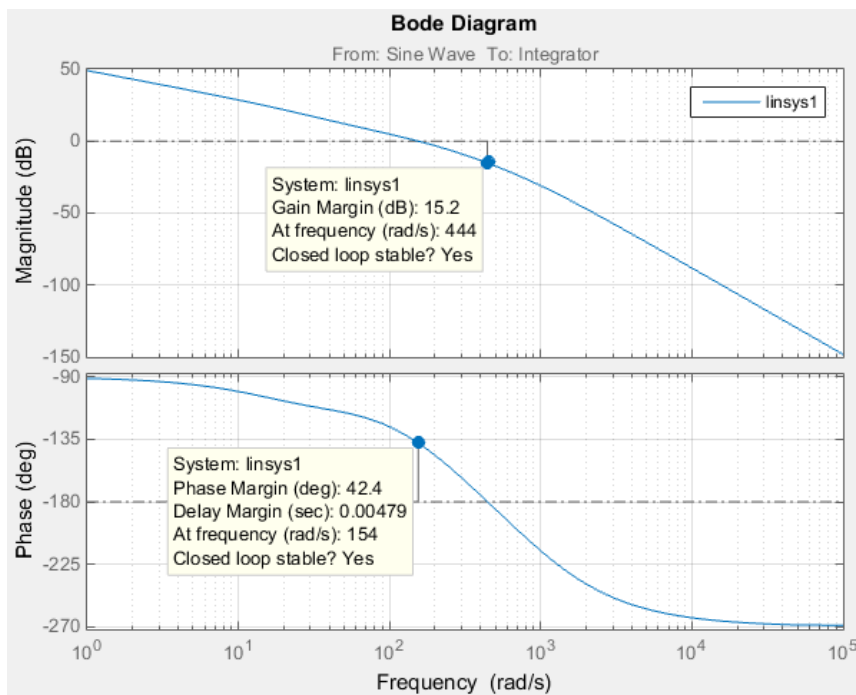
Структурная схема системы с учетом нелинейности и дискретизации



Моделирование синтезированного слеящего привода

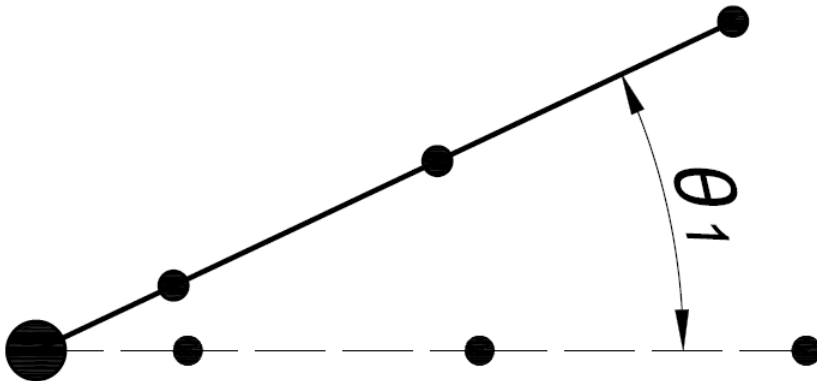
ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутой системы

График переходной функции

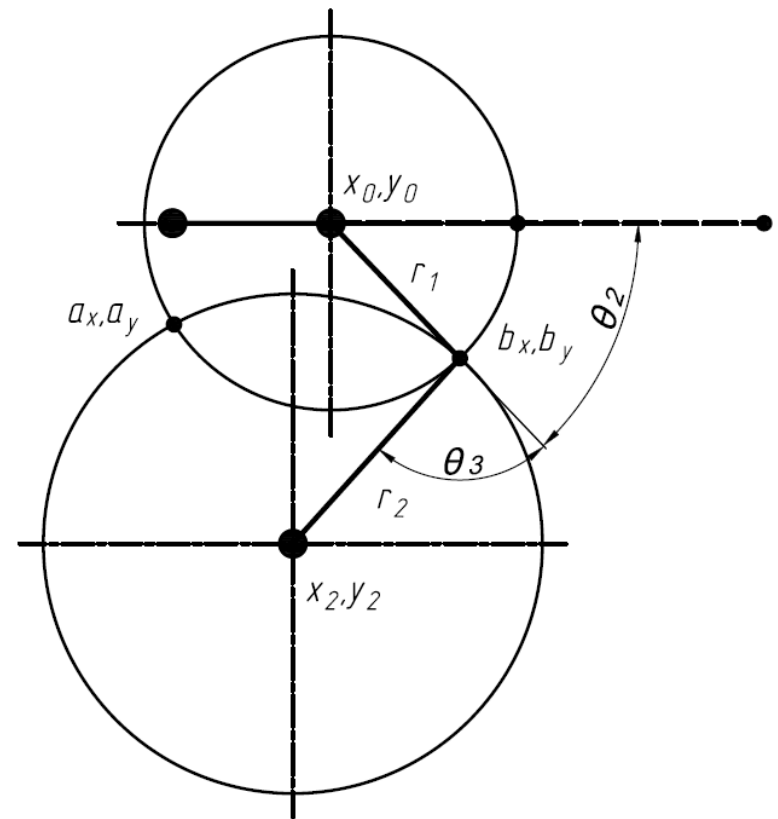


Решение обратной задачи кинематики

Определив положение конца манипулятора в декартовом пространстве $\tau_{3(0)}^{(0)}$ можем найти θ_1

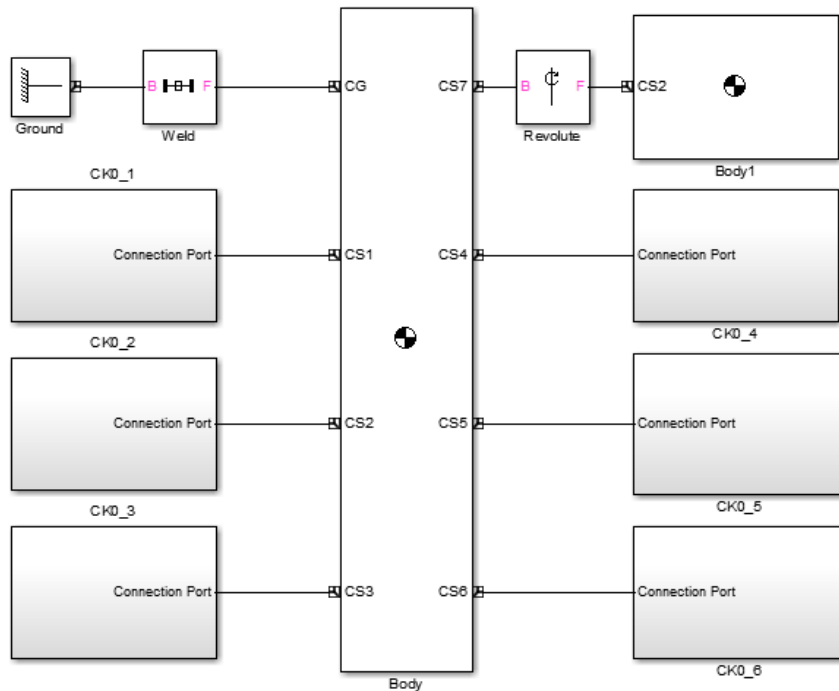


Задача на пересечение двух окружностей для нахождения углов θ_2 и θ_3

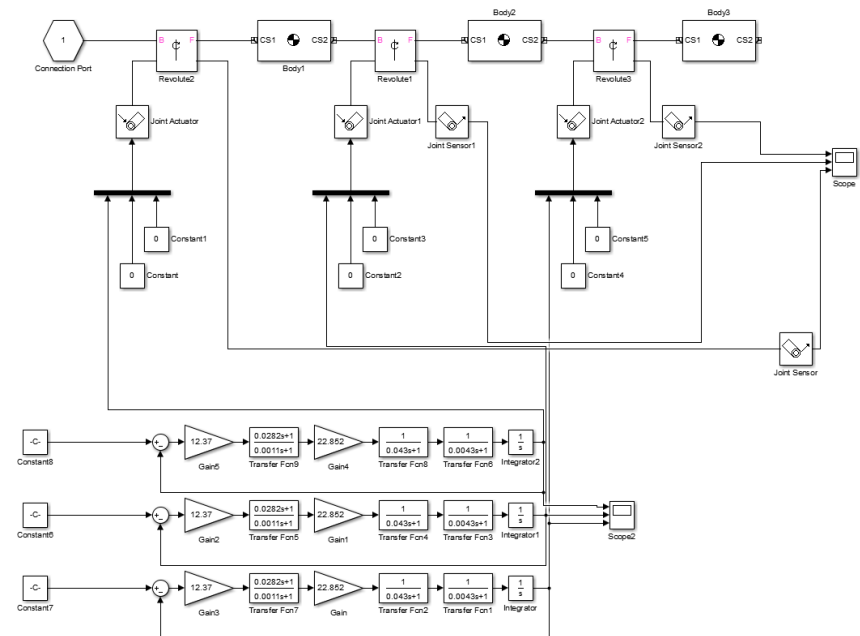


Моделирование решения обратной задачи КИНЕМАТИКИ

Блок-схема робота



Блок-схема ноги робота



Моделирование производим в графической среде имитационного моделирования
Simulink в пакете MATLAB с помощью пакета расширения для физического
моделирования SimMechanics

Проверка моделирования решения обратной задачи кинематики

Графики изменения положения звеньев ноги №5

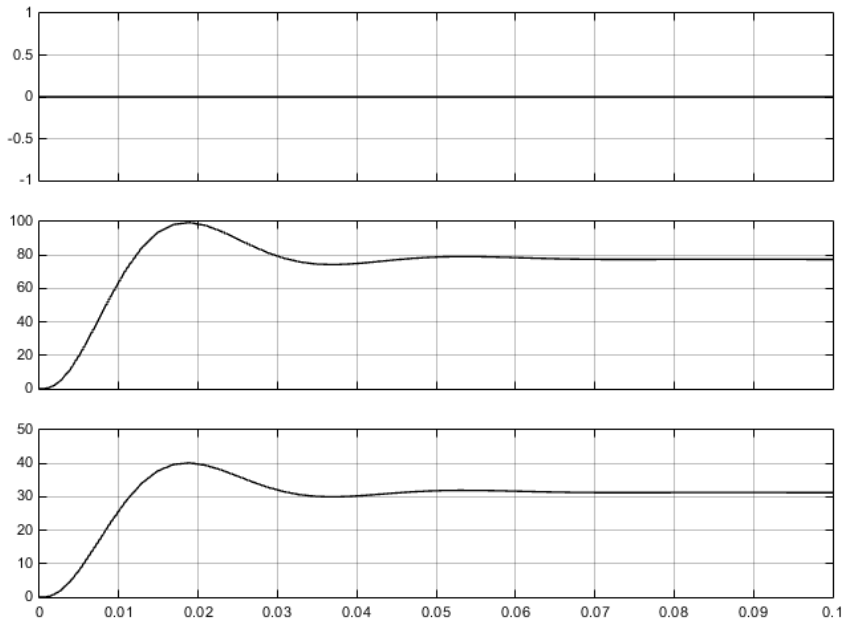
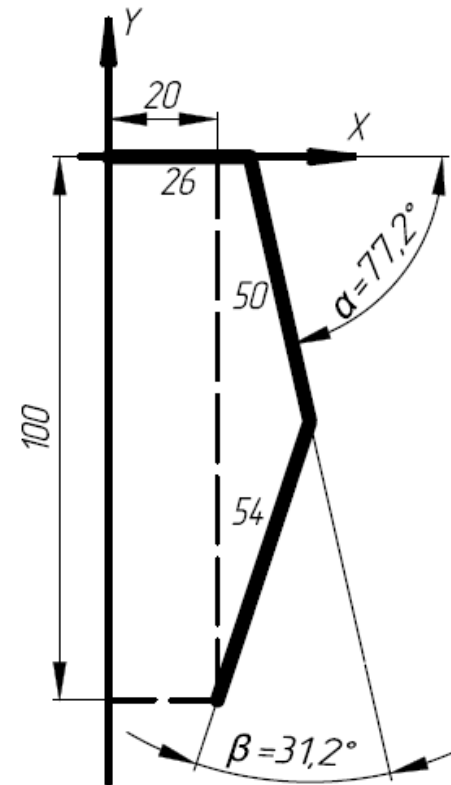


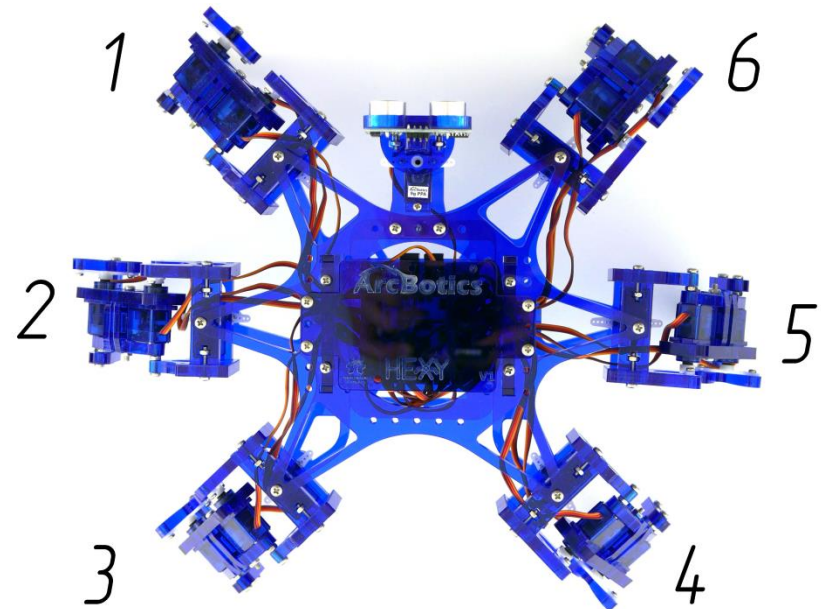
Схема поворота ноги №5



Организация движения робота

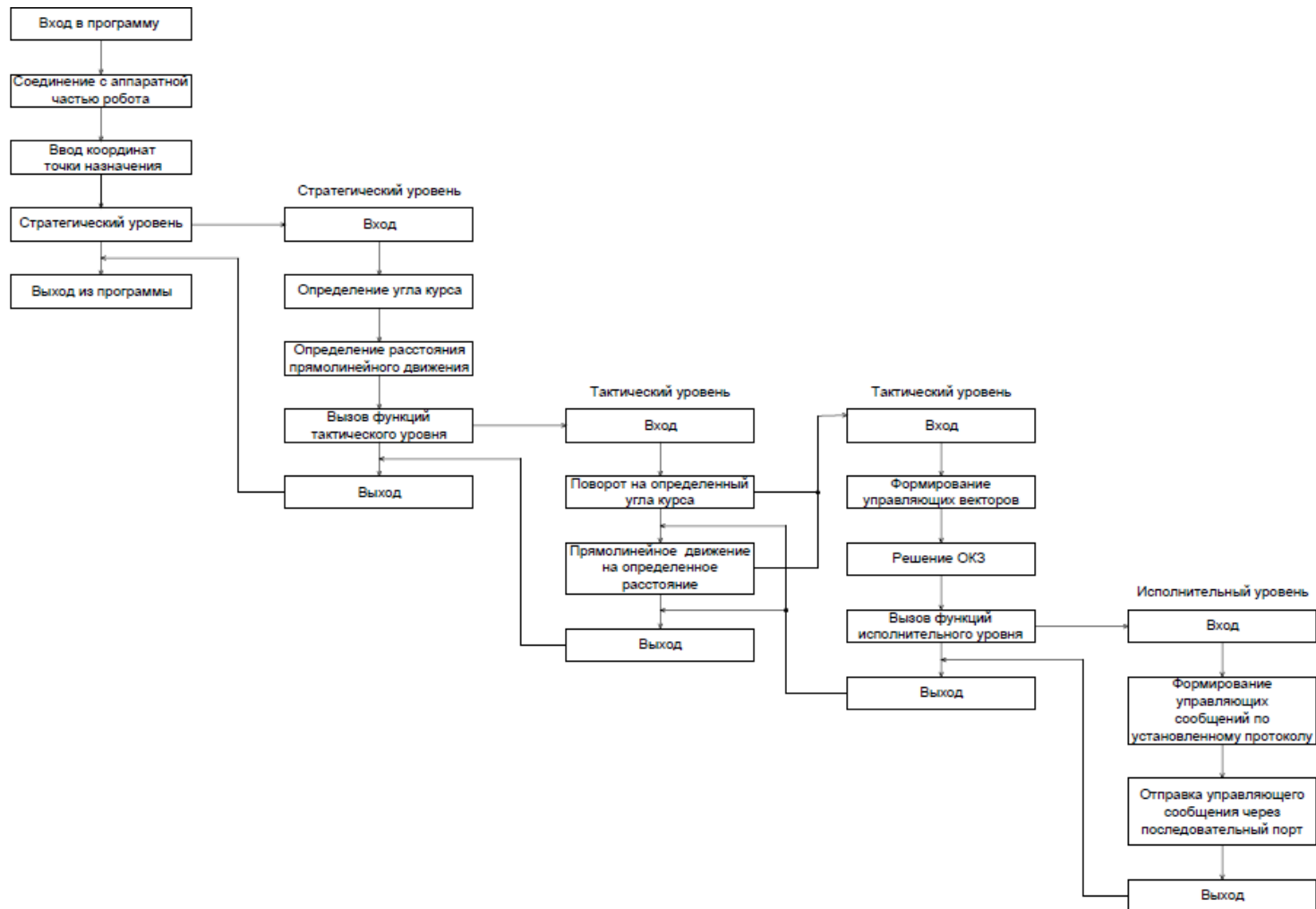
- *Статически устойчивые походки — походки, при которых центр масс системы всегда находится внутри многоугольника, образованного точками опоры системы;*
- *Статически неустойчивые походки (динамические походки) — походки, при которых не соблюдается правило устойчивости.*

Схема для объяснения походки «трешками»



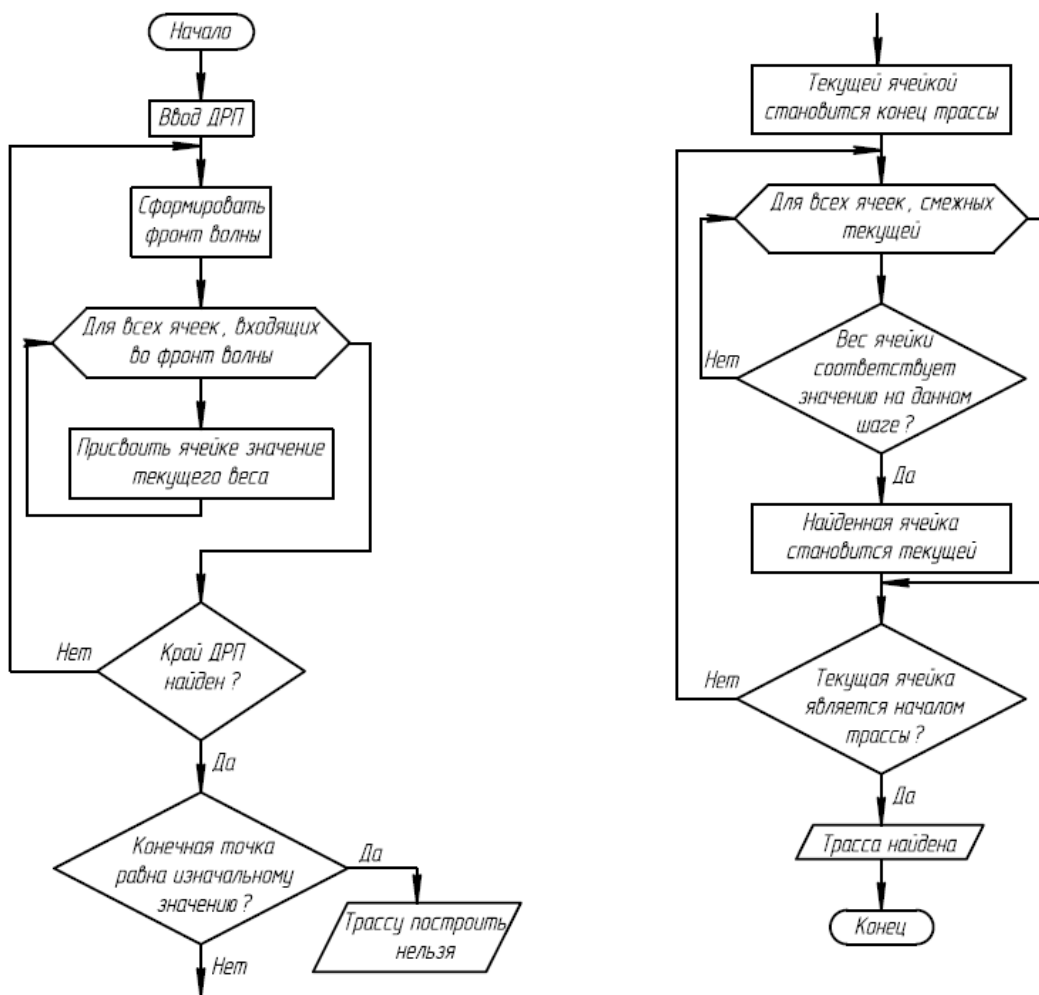
Программный код для управления движением

Блок — схема алгоритма программы управления движением робота



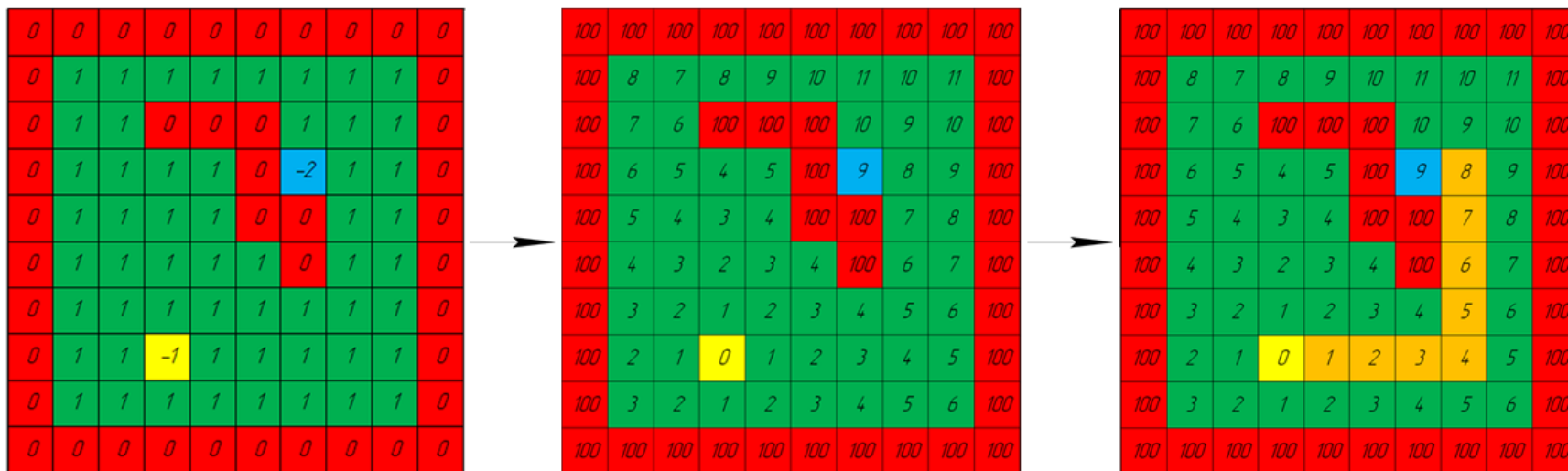
Реализация Алгоритма Ли для поиска кратчайшего пути по заданной карте местности

Блок-схема работы алгоритма



Реализация Алгоритма Ли для поиска кратчайшего пути по заданной карте местности

Визуализация работы волнового алгоритма Ли



Натурный эксперимент

№ Эксперимента	1000 мм по прямой	90° по часовой	90° против часовой
	Результаты эксперимента		
1	1010	86	91
2	950	88	90
3	973	86	95
4	1018	87	94
5	964	86	89
6	1068	85	96
7	1050	89	92
8	920	86	95
9	988	88	91
10	990	85	93
Среднее значение отклонения	36,1	3,4	2,8
Среднее значение отклонения в %	3,6	3,8	3,1

№ Эксперимента	0 поворотов	1 поворот	2 поворота	3 поворота
	Результаты эксперимента			
1	✓	✓	✓	✓
2	✓	✓	✓	x
3	✓	✓	✓	✓
4	✓	✓	✓	✓
5	✓	✓	✓	x
6	✓	✓	✓	✓
7	✓	✓	x	✓
8	✓	✓	✓	x
9	✓	✓	✓	✓
10	✓	✓	✓	
Сумма правильных отработок	10	10	9	7
Сумма неправильных отработок	0	0	1	3

Натурный эксперимент. Результаты

1. *Ошибки в случае движения по прямой — 3,6%, в случае движения по часовой стрелке — 3,8%, в случае движения против часовой стрелки — 3,1%.*
2. *При прохождении простых траекторий с нулем и одним поворотом проблем с прохождением траектории не возникло. При прохождении двух поворотов один раз из десяти робот не отработал траекторию. При прохождении трех поворотов робот трижды неправильно отработал траекторию.*
3. *Для третьей части эксперимента было рассмотрено три случая:*
 - *В случае полностью заряженного аккумулятора робот полностью отработывает траекторию на высокой скорости.*
 - *В случае напряжения 5,0 В траектория так же выполняется без ошибок, но время исполнения команд увеличивается и робот шагает медленнее.*
 - *В случае разряженного аккумулятора с напряжением ниже 4,8 В робот продолжает принимать команды, но выполняет их неправильно и не решает поставленной задачи.*

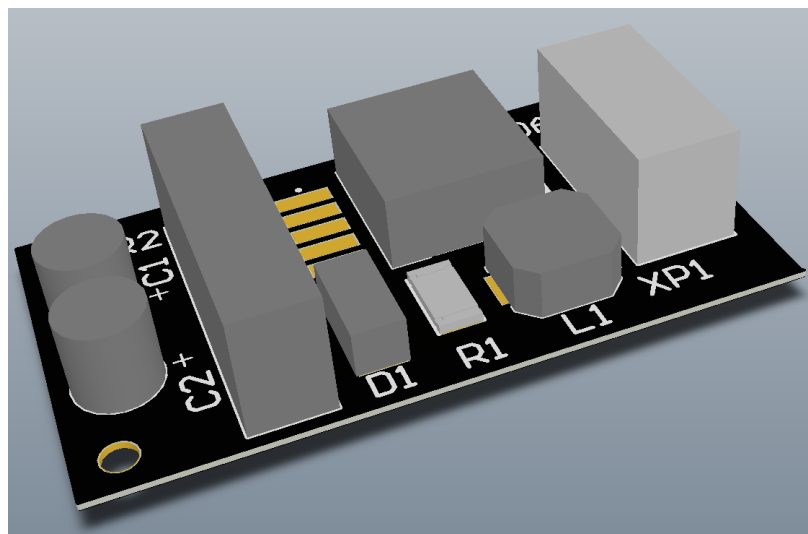
Проектирование платы стабилизации напряжения

Номинальные значения и типы выбранных элементов:

- DA1 микросхема LM2596S-3.3
- R1 = 1кОм, $\pm 1\%$ (E96), 1Вт, 2010;
- R2 = 10кОм, $\pm 10\%$, 1Вт, 3006P-1-103 (Bourns);
- C1 = 470мкФ, 50V, Алюминиевый электролитический (Vishay);
- C2 = 220мкФ F, 35V, Алюминиевый электролитический (Vishay);
- L1 = 68мкГн 3.4A (EPCOS / TDK);
- D1 — Диод Шоттки, MBR350 50В 3А (Vishay);
- XP1 – Вилка штыревая 2.54мм 2x3 прямая, PLD-6(DS1021-2x3S).

Требования к плате:

- Выходное напряжение 6В $\pm 5\%$;
- Диапазон входного напряжения питания 4В–7В;
- Максимальный потребляемый ток 1А (1 канал / 1 сервопривод);
- Диапазон рабочих температур от -20 до $+40$ °C;

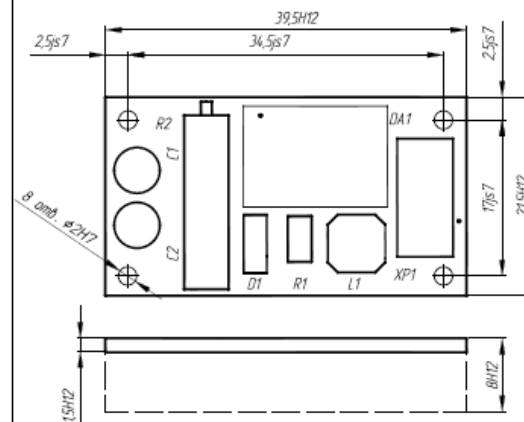


Условное обозначение отверстий	Номинальный диаметр отверстий, мм	Наличие метализации в отверстиях	Количество отверстий
Ф	0,6	да	3
4	16	да	8

Словное обозначение контактной площадки	Ширина контактной площадки, мм	Длина контактной площадки, мм	Количество контактных площадок
—	0,4±0,05	2,5±0,1	2
■	1,45±0,05	2,6±0,1	5
■	1,5±0,05	2,4±0,1	4

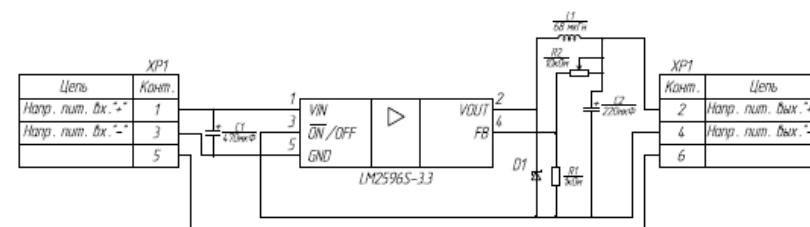
1. Плату изготовить комбинированным методом;
2. Шаг координатной сетки 25 мм;
3. Проводники выполнять шириной 0,5 мм;
4. Расстояние между проводниками не менее 0,2 мм;
5. Толщина пробойного слоя 0,3 мм;
6. Плату изготовить из фольгированного текстолита по ГОСТ 23762-73.

			Дипломный проект		
			Чертёж производящих слоев лит-аы стабилизации напряжения		
Авт. проект		Листы	Листы	Листы	Листы
М.П. Проект	М.П. Проект	М.П. Проект	М.П. Проект	М.П. Проект	М.П. Проект
А.И. Проект					41
			Плата стабилизации напряжения		
			М.П. у.м. Н.З. Бауман Группа ЧМТ-121		
Г.И. Проект					



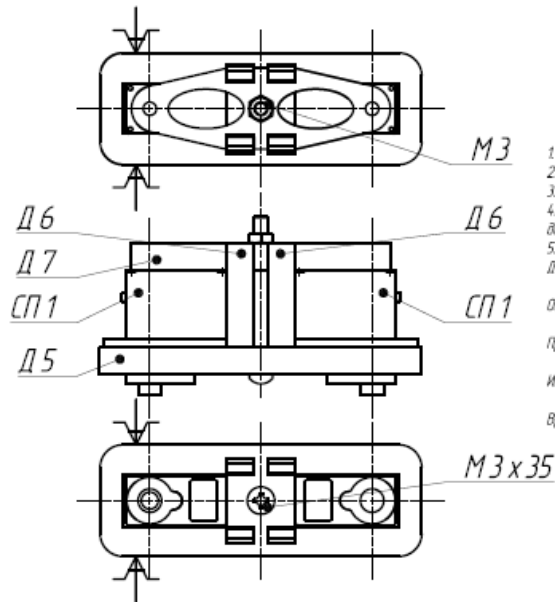
1. Покрытие проходных Гир. ПОС 61, допускается покрытие 0-С (60/9).
2. Допускается загибание переходных отверстий припаян ПОС 61 ГОСТ 21931-76.
3. Припой (Лр, XX, ПОС 61) ГОСТ 21931-76 флюс ФКТ ТУ 13-40-0 177-51-85 по
- ОСТ 4.0.033.200. Допускается флюс ФКСл.
4. Покрытие: Лор УР-23821 ТУ 62-14-90 Ил ОМЗ, кроме контактов соединяемых.
5. Макрофотоэмы 5Л-572 черной ТУ 6-10-1539-76 ледян шрифтом - номер партии, порядковый номер платы.
6. Естановку элементов производить по ОСТ 4.010.030-81 конденсаторы - вариант И8, резисторы - вариант И2.

				Дипломный проект			
				Сборочный чертеж платы стабилизации напряжения			
Имя	Фамилия	Группа	Место	Лист	Место	Масштаб	
Иванов	Семёнов	ЭМ					4/1
Григорьев	Сидоров	М					
Тимофеев							
Масштаб				М 1:1 или И.З. Бауман Группа (М1-121)			



				Дипломный проект			
				Электрическая принципиальная схема платы стабилизации напряжения			
Имя	Фамилия	Год	Страна	Август	Сентябрь	Октябрь	11
				МФТИ им. Н.З. Баумана Группа МЭ-121			

Операция №10. Мониторинг



1. Загнуть деталь Д5 горизонтально в тисках
2. Вставить в деталь Д5 два сервопривода СП1
3. Вставить в деталь Д5 две детали Д6
4. Надеть на два детали Д6 и два сервопривода СП1 детали Д7
5. Протянуть болт М3х35 через отверстия в деталях Д5 и Д7 и скрепить конструкцию гайкой М3

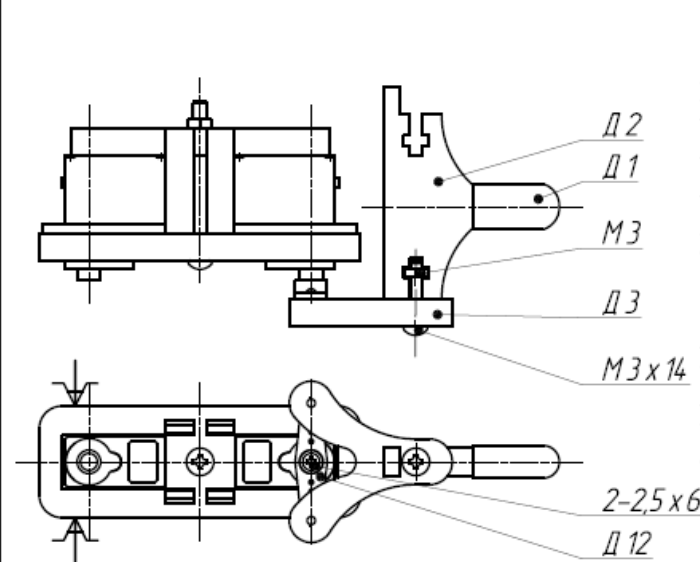
Оборудование: Монтажный стол

Приспособление: Тиски 7200-0203 ГОСТ 16518-96

Инструмент: Штерпка 7810-0976 ГОСТ 10753-86

Время сборки: 2 минуты

Операция №15. Монтажная



1. На деталь Д 2 надеть деталь Д 1
2. Прикрутить к детали Д 3 с помощью двух винтов 2-2,5 х 6 деталь Д 12
3. Деталь из пункта 2 скрепить с деталью из пункта 1 винтом М 3 х 4 и гайкой М 3
4. К одному из приводов СП 1 прикрутить деталь из пункта 3 с помощью винта 2-2,5 х 6

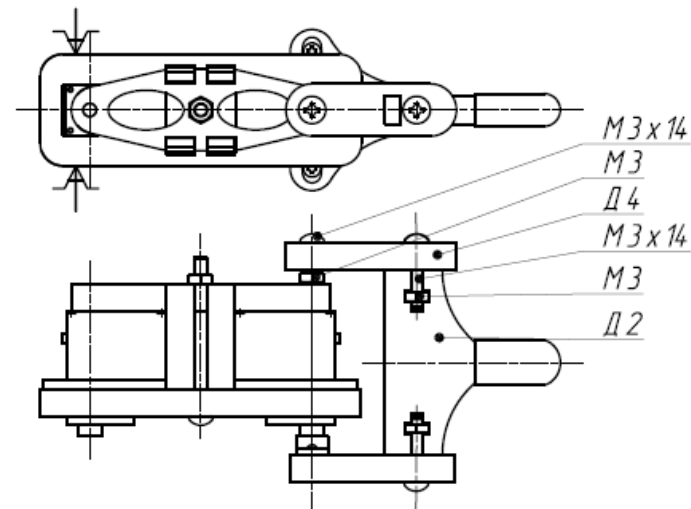
Оборудование: Монтажный стол

Приспособление: Тиски 7200-0203
ГОСТ 16518-96

Инструмент: Отвертка 7810-0976
ГОСТ 10753-86

Время сборки: 15 минут

Операция №20. Монтажная



1. Протянуть в дальнее от центра детали $\text{Д}4$ отверстие болт $\text{М}3 \times 14$ и закрепить его гайкой $\text{М}3$
2. Смазать болт $\text{М}3 \times 14$ смазкой ГОСТ 2150-87
3. Прикрутить деталь $\text{Д}4$ к детали $\text{Д}2$ с помощью болта $\text{М}3 \times 14$ и гайки $\text{М}3$
4. Вытащить деталь из тисков

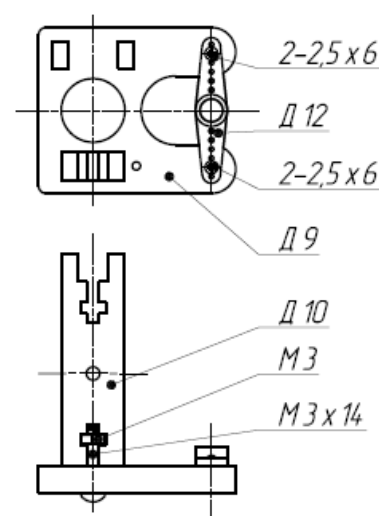
Оборудование: Монтажный стол

Приспособление: Тиски
7200-0203 ГОСТ 16518-96

Инструменты: Отвертка
7810-0976 ГОСТ 10753-86

Время сборки: 15 минут

Операция №25. Монтажная



1. Закрепить деталь Д 9 горизонтально вверх выгравированным кругом в тисках
2. Вставить в длиннее к выгравированному кругу отверстие детали Д 9 деталь Д 10
3. Закрепить конструкцию с помощью болта М3 х 16 и гайки М3
4. Прикрутить деталь Д 12 с помощью двух винтов 2-25 х 6

Оборудование: Монтажный стол

Приспособление: Тиски 7200-0203 ГОСТ 16518-96

Инструмент: Отвертка 7810-0976 ГОСТ 10753-86

Время сборки: 2 минуты

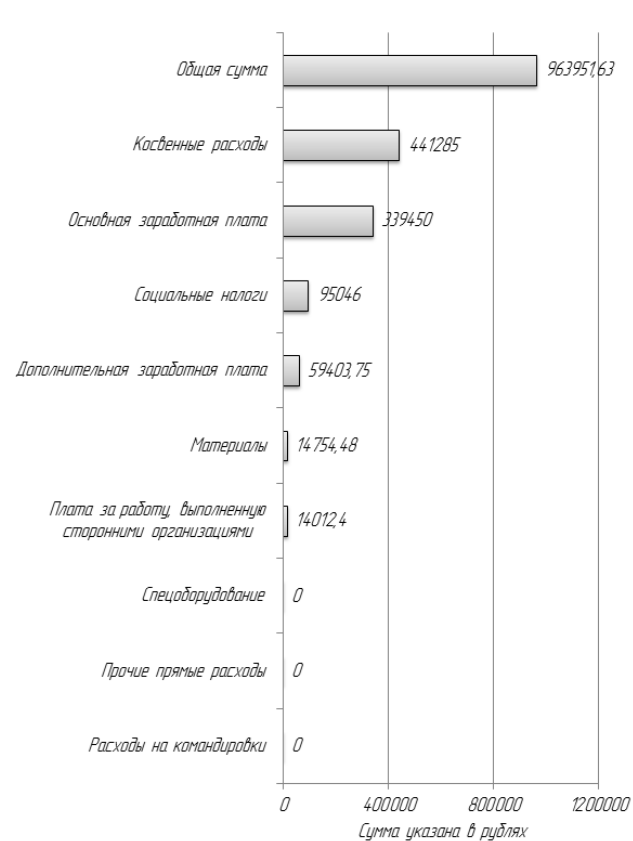
						Дипломный проект		
						Операционная технология		
ИЗ	ИЗД			ИЗД	ИЗД	Дата	Место	Масштаб
ИЗД	ИЗД	ИЗД	ИЗД	ИЗД	ИЗД			2:1
ИЗД	ИЗД					Авторы	Метод	
						МФТУ им. П.С. Ермакова		
						Группа СМТ-121		
ИЗД								

Организационно — экономическая часть

Продолжительность всех стадий работ

Стадия	№ этапа	Содержание этапов в стадиях	Исполнители		Продолжительность Таж, раб. дн.
			Категория	Кол-во	
I Подг.	1	Назначения работ, определение его характеристик, формирование технического задания и разработка теоретической части	Вед. инж.	1	12
			Инж.	2	
II Изгот.	1	Разработка платы управления	Вед. инж.	1	9
			Инж.	3	
	2	Разработка корпусных элементов	Вед. инж.	1	7
			Инж.	3	
III Сборка	1	Сборка корпусных элементов	Инж.	2	1
	2	Сборка платы управления	Инж.	2	1
	3	Отладка платы управления	Инж.	2	8
IV Оформл.	1	Оформление чертежей	Вед. инж.	1	5
			Инж.	2	
	2	Оформление расчетно-пояснительной записки	Секр. машинист	2	5

Общая структура затрат на проектирование



Охрана труда и экологии

Схема расположения светильников

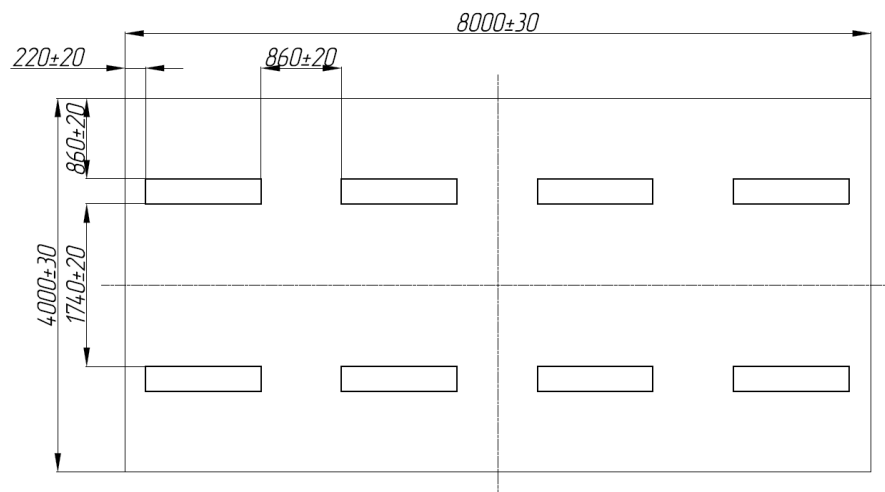
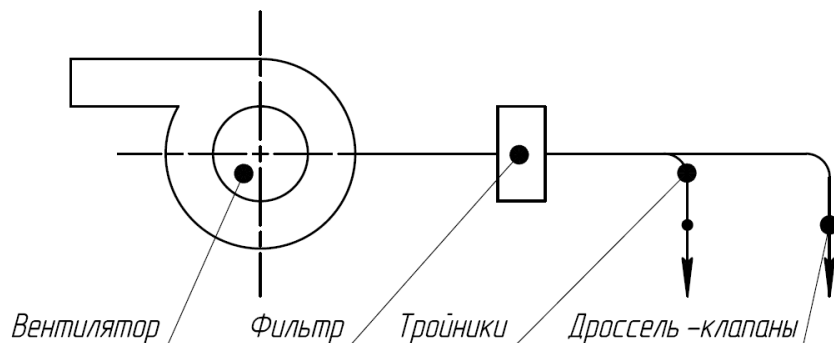
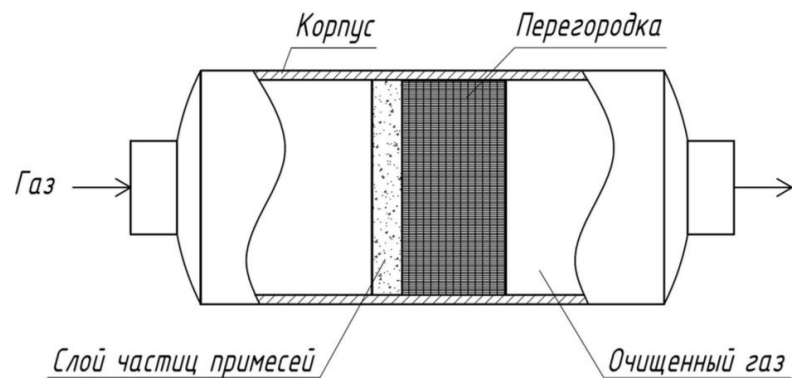


Схема системы вентиляции



Фильтр очистки воздуха



Решенные задачи

1. Подобраны двигатели для каждого звена ноги робота.
2. Произведен частотный синтез и коррекция следящего привода с соблюдением условий по ТЗ
3. Решена обратная кинематическая задача для ноги робота.
4. Реализовано прохождение кратчайшего пути по заданной карте местности.
5. Проведены натурные эксперименты и определены ошибки в прохождении заданной траектории.
6. Разработана плата стабилизации напряжения.
7. Разработан технологический процесс сборки ноги робота.
8. Рассчитаны затраты на проектирование и изготовление робота.
9. Проведен анализ опасных факторов для человека при разработке системы управления роботом. Предложено решение устранения наиболее опасного фактора.
10. Проведен анализ влияния на окружающую среду технологического процесса сборки печатной платы для системы управления роботом. Предложено решение устранения наиболее опасного фактора.

Спасибо за внимание!

