Национальный исследовательский университет

«МЭИ»

Кафедра робототехники, мехатроники, динамики и прочности машин

Отчет по лабораторным работам №3/4

Курса: «Управление роботами и мехатронными устройствами»

Группа: С-12Б-19

Выполнили: Волошанин Д.М

Уткин А.Е.

Преподаватель: Гавриленко А.Б.

Москва 2023

Оглавление

[1. Решение обратной задачи кинематики 4](#_Toc132978734)

[На рисунке представлен способ введения изменения углов, а также обозначены длины звеньев. 4](#_Toc132978735)

[2. Метод Ньютона 5](#_Toc132978736)

[3. Реализация управления по скорости 6](#_Toc132978737)

[4. Графики входных модельных данных. 7](#_Toc132978738)

[Входные (идеальные) данные для ЛР 2 – сформированы аналитически из решения прямой и обратной задач 7](#_Toc132978739)

[Входные (идеальные) данные для ЛР 3 – сформированы методом Ньютона 8](#_Toc132978740)

[Входные (идеальные) данные для ЛР 3 – сформированы методом управления по скоростям 9](#_Toc132978741)

[5. Графики выходных реальных данных. 10](#_Toc132978742)

[Выходные (реальные) данные для ЛР 2 10](#_Toc132978743)

[Выходные (реальные) данные для ЛР3 11](#_Toc132978744)

[Выходные (реальные) данные для ЛР4 12](#_Toc132978745)

[6. Погрешности относительно модельных траекторий 13](#_Toc132978746)

[7. Оценка правильности построения алгоритма коррекции по вектору скорости на основании моделирования 14](#_Toc132978747)

[Графики погрешности для ЛР3 14](#_Toc132978748)

[Графики погрешности для ЛР4 15](#_Toc132978749)

[8. Графики погрешностей по углам (реальные – модельные) 16](#_Toc132978750)

[Погрешности по углам ЛР2 16](#_Toc132978751)

[Погрешности по углам ЛР3 17](#_Toc132978752)

[Погрешности по углам ЛР4 18](#_Toc132978753)

[Осредненные погрешности 19](#_Toc132978754)

**Дано:**

Время движения: Т = 15.0;

Угол выходного звена: ѳ = -1;

Исходное положение:

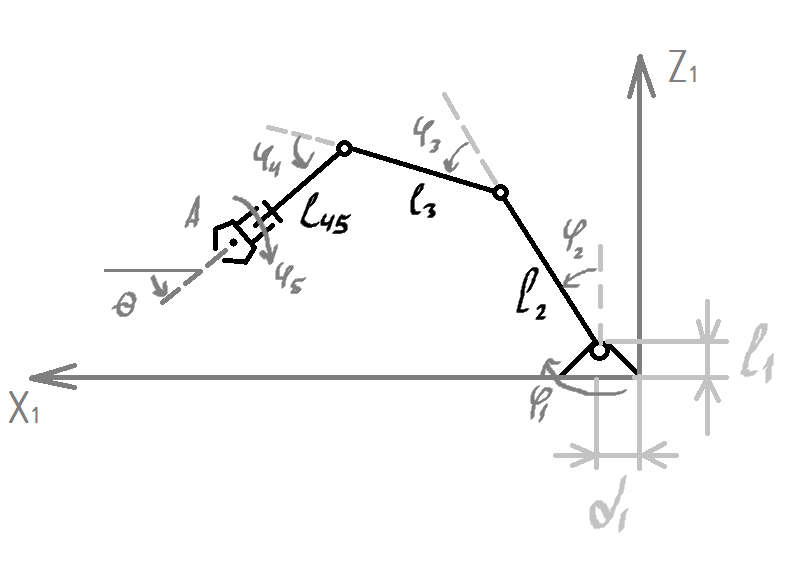
|  |  |
| --- | --- |
| xA(0) | xA(T) |
| 0.3 | 0.1 |

Конечное положение:

|  |  |
| --- | --- |
| zA(0) | zA(T) |
| 0.45 | 0.45 |

# Решение обратной задачи кинематики

# На рисунке представлен способ введения изменения углов, а также обозначены длины звеньев.



Запишем уравнения для координат точки схвата в неподвижных относительно первого звена координатах:

Перейдем к новой системе переменных – усеченным уравнениям:

Такая форма записи подразумевает, что новые переменные и уже не зависят в явном виде от обобщенных координат.

Также запишем функции отклонения от идеальной точки позиционирования по координатам:

# Метод Ньютона

Углы находим при помощи метода Ньютона. Запишем вектор отклонения:

Функции отклонения составлены для переменных и , то есть зависят только от углов и . Находим Якобиан, продифференцировав уравнения прямой кинематики по данным углам. Получаем:



Далее записываем цикл:

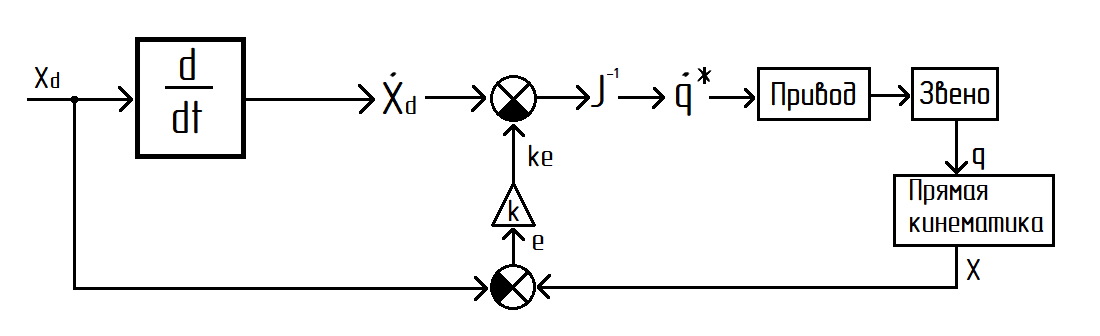
1. Новые углы каждой последующей итерации – это углы, полученные на предыдущем шаге
2. Находим функции отклонения по координатам
3. Создаем вложенный цикл while с условием выхода sqrt(F1^2 + F2^2) < eps
   1. Находим Якобиан, подставляя в него итерационные углы
   2. Находим
   3. Добавляем значение dφ к итерационным углам
   4. Находим новые функции отклонения F1 и F2
4. Приравниваем итерационные углы на выходе вложенного цикла обычным углам.

Таким образом, метод Ньютона:





# Реализация управления по скорости



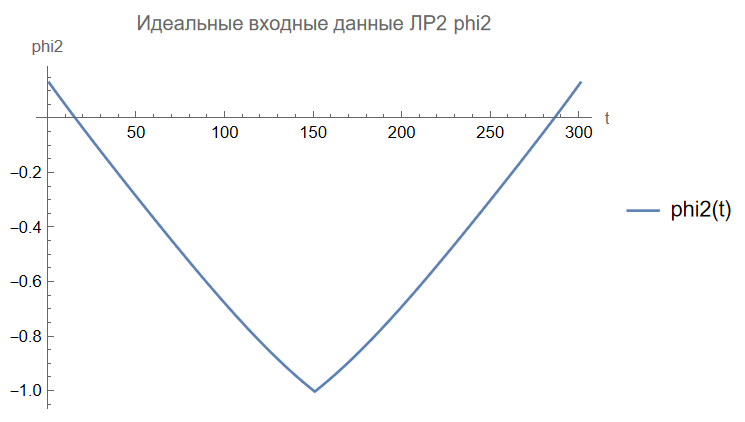
На рисунке представлен алгоритм управления по скорости.

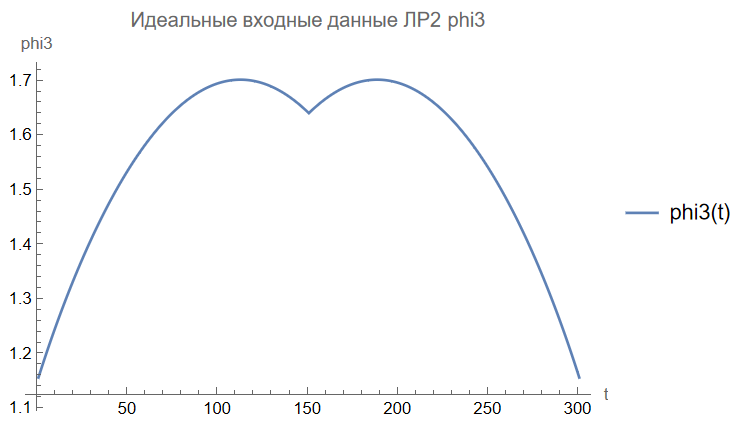
* На вход контура управления подается информация о идеальных координатах точки позиционирования.
* Производится операция дифференцирования и находятся идеальные скорости движения схвата манипулятора
* Происходит вычисление угловых скоростей звеньев манипулятора (с учетом ошибки)
* Информация поступает на двигатель, приводящий звено в движение
* Считываются углы
* При помощи уравнений прямой кинематики находятся координаты по полученным углам
* Вычисляется разность между идеальными координатами и реальными координатами

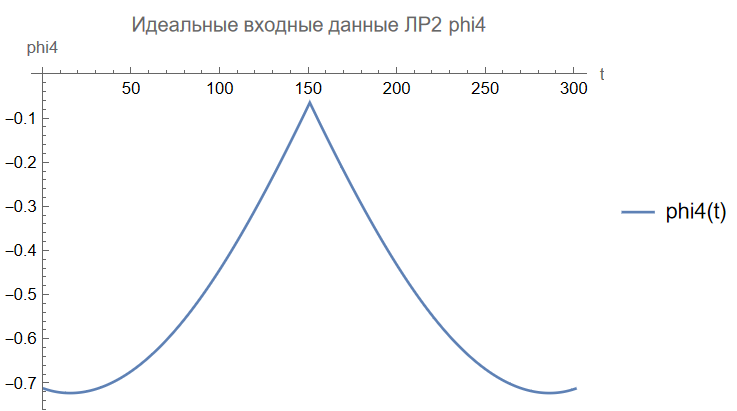
С учетом ошибок, обратная связь имеет вид:

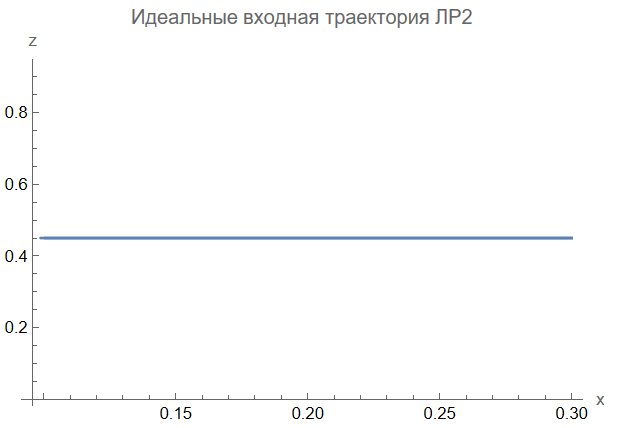
# Графики входных модельных данных.

## Входные (идеальные) данные для ЛР 2 – сформированы аналитически из решения прямой и обратной задач

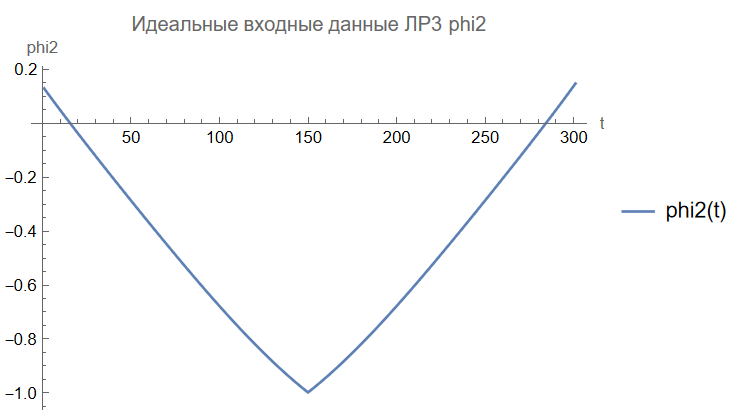


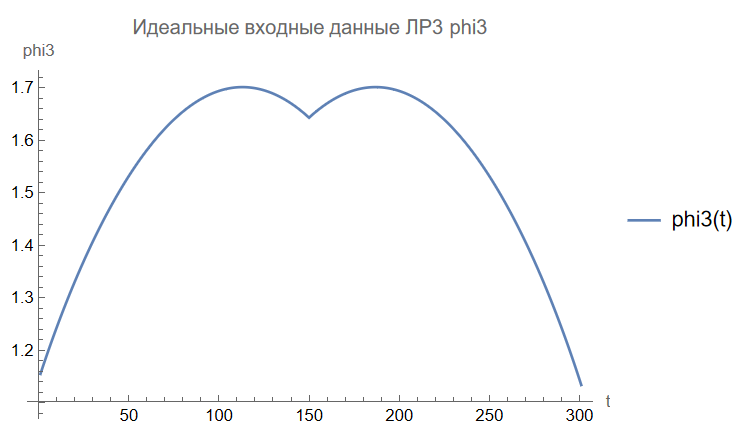


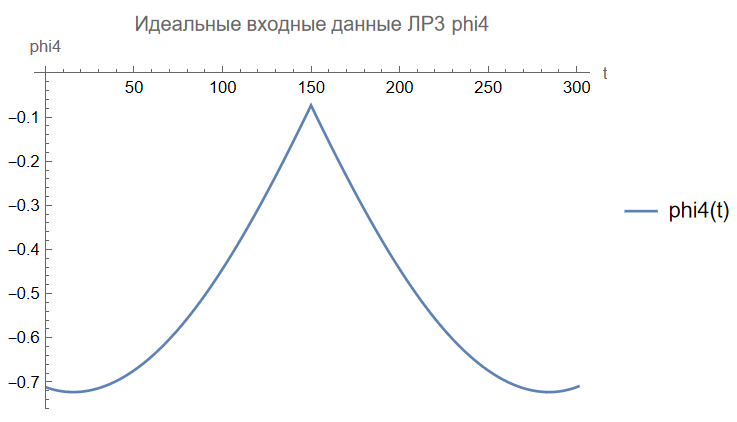


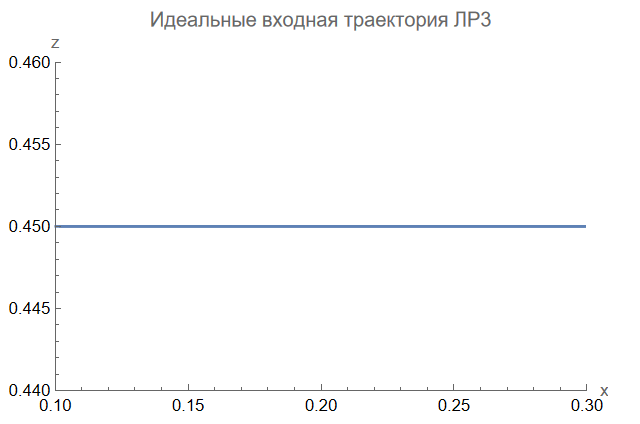


## Входные (идеальные) данные для ЛР 3 – сформированы методом Ньютона

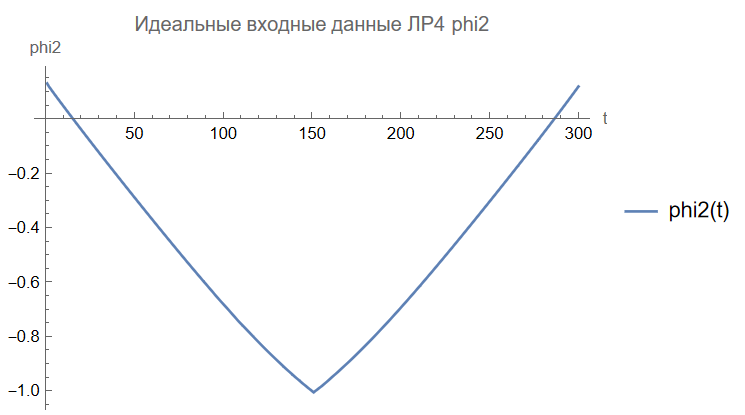




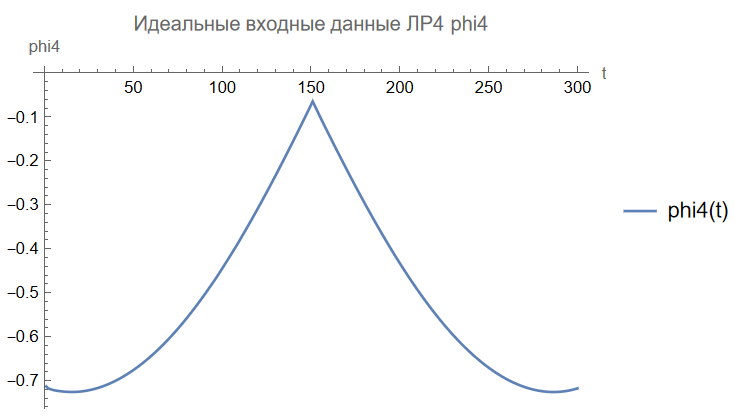


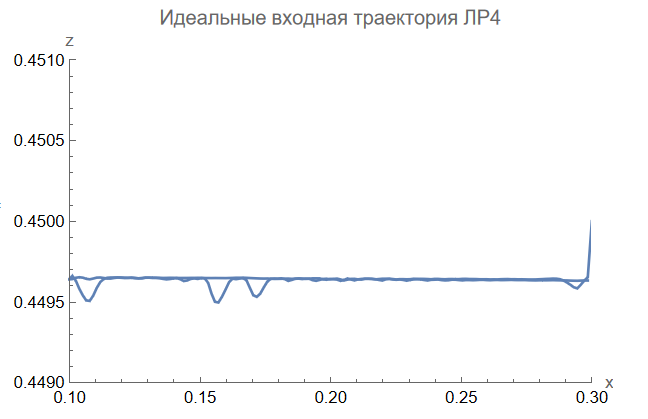


## Входные (идеальные) данные для ЛР 3 – сформированы методом управления по скоростям



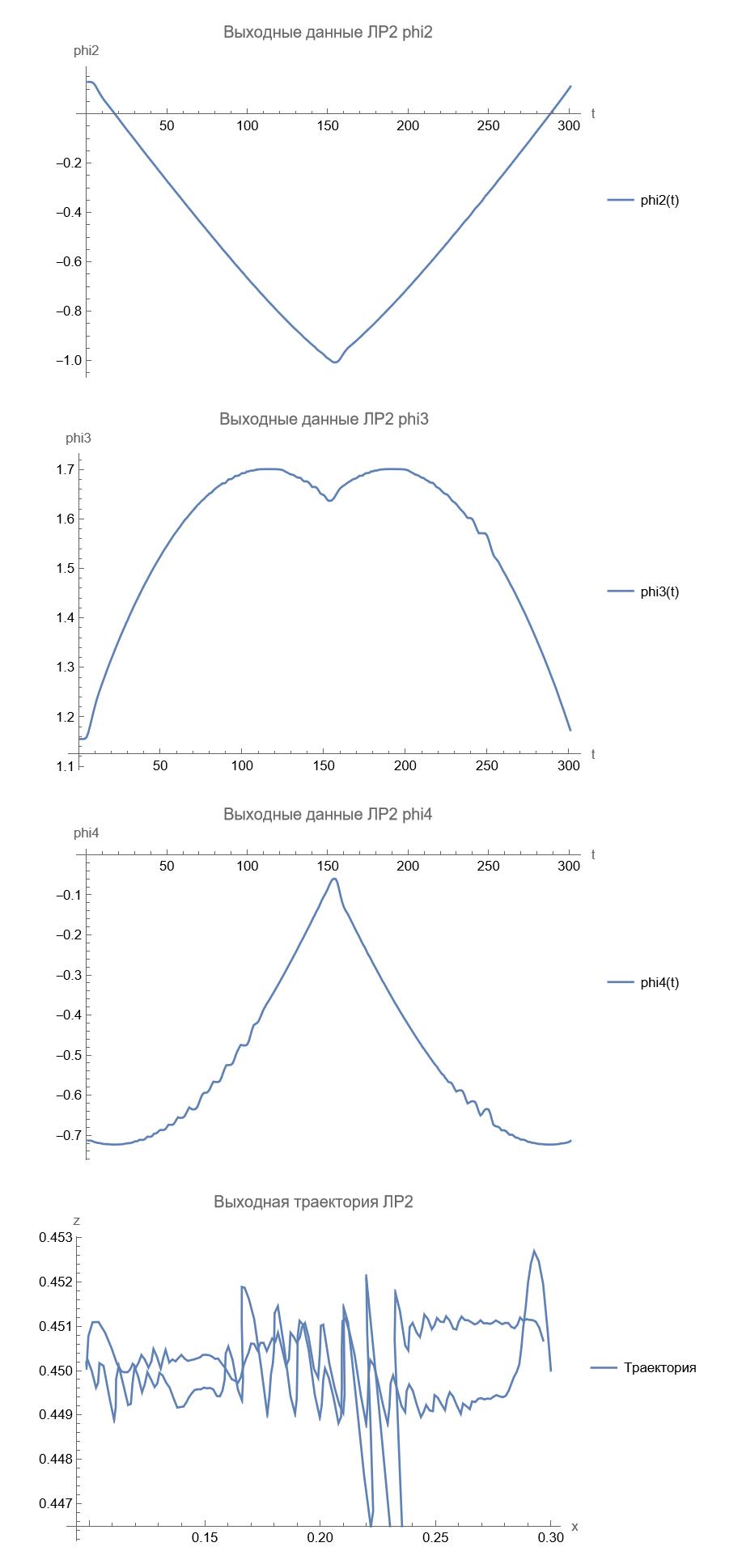




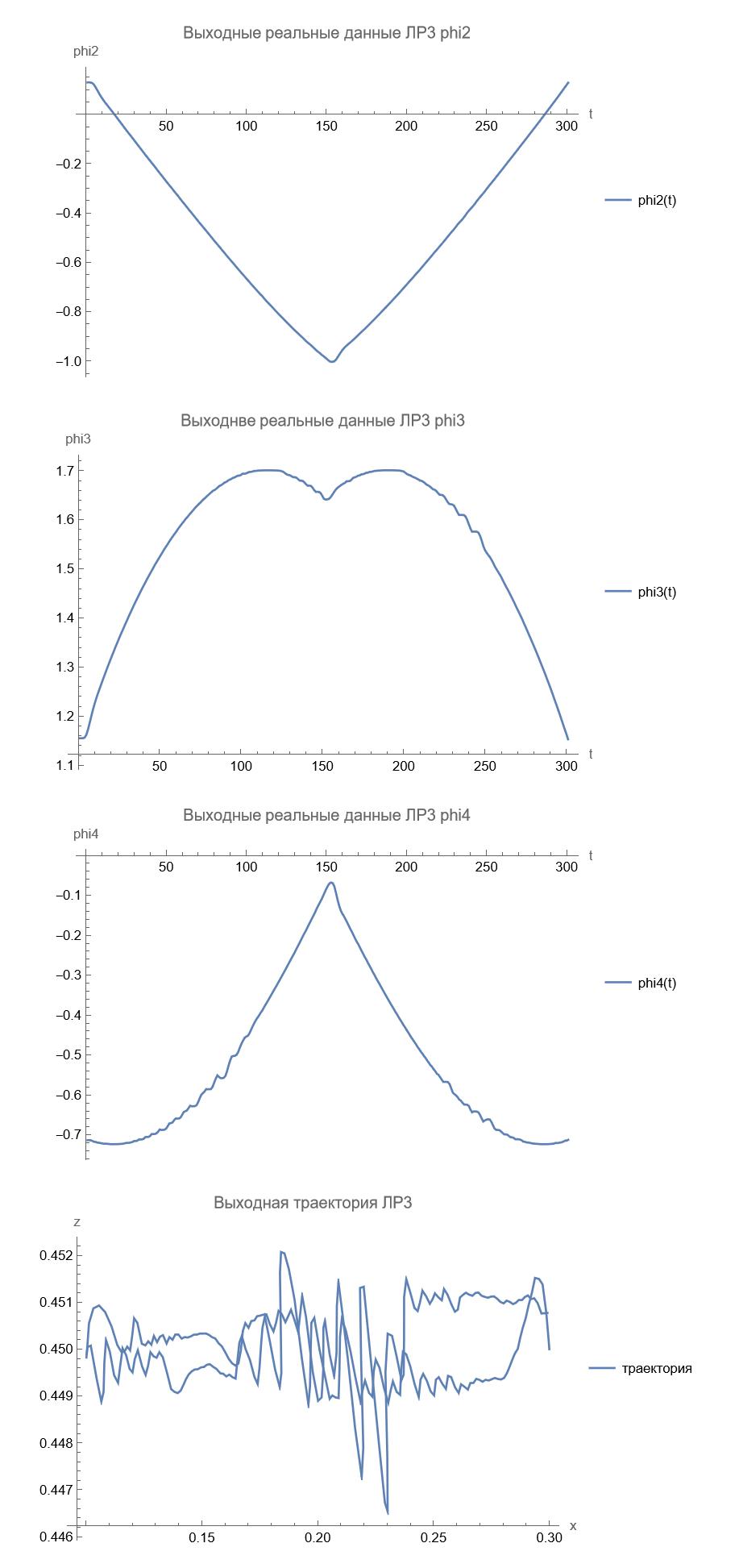


# Графики выходных реальных данных.

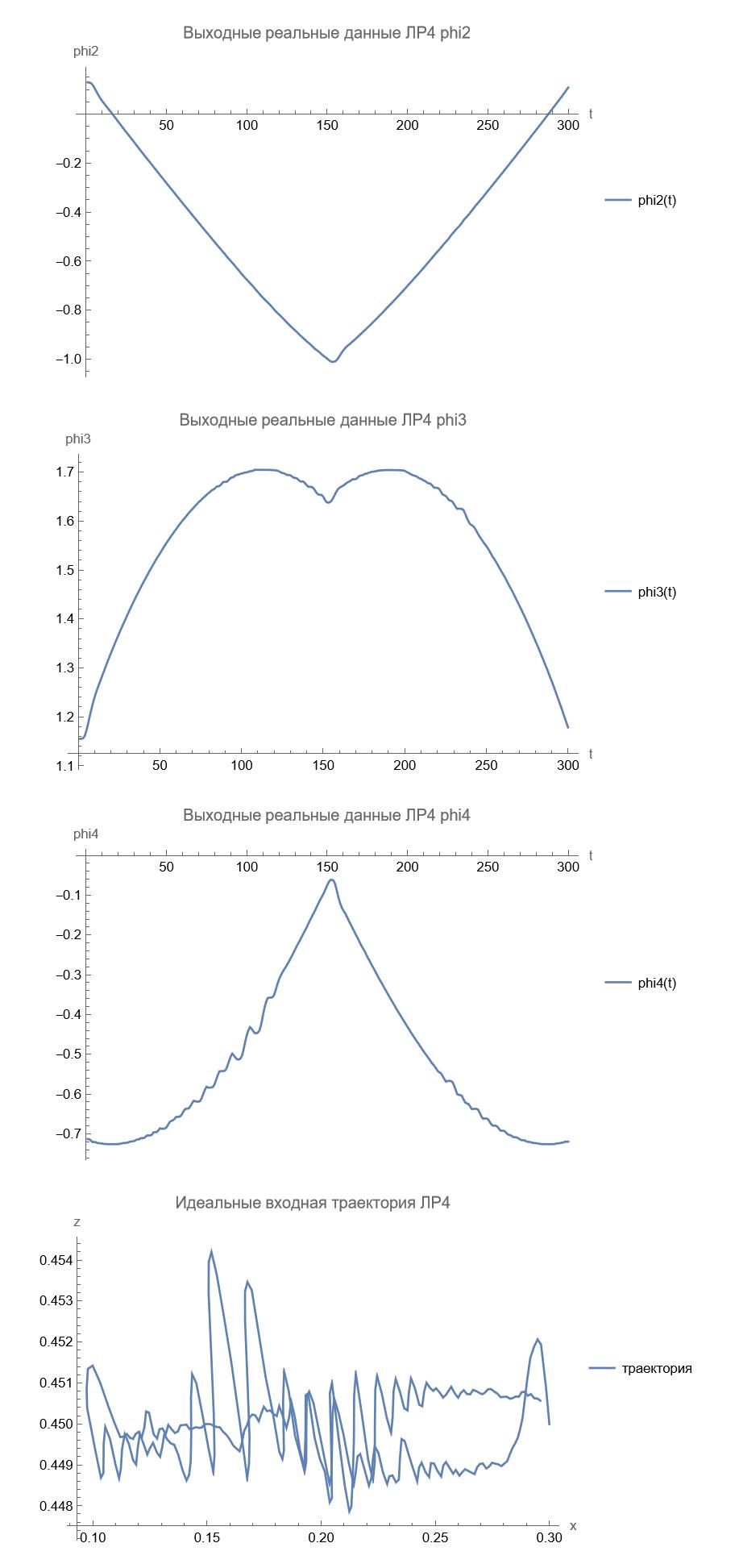
## Выходные (реальные) данные для ЛР 2

****

## Выходные (реальные) данные для ЛР3

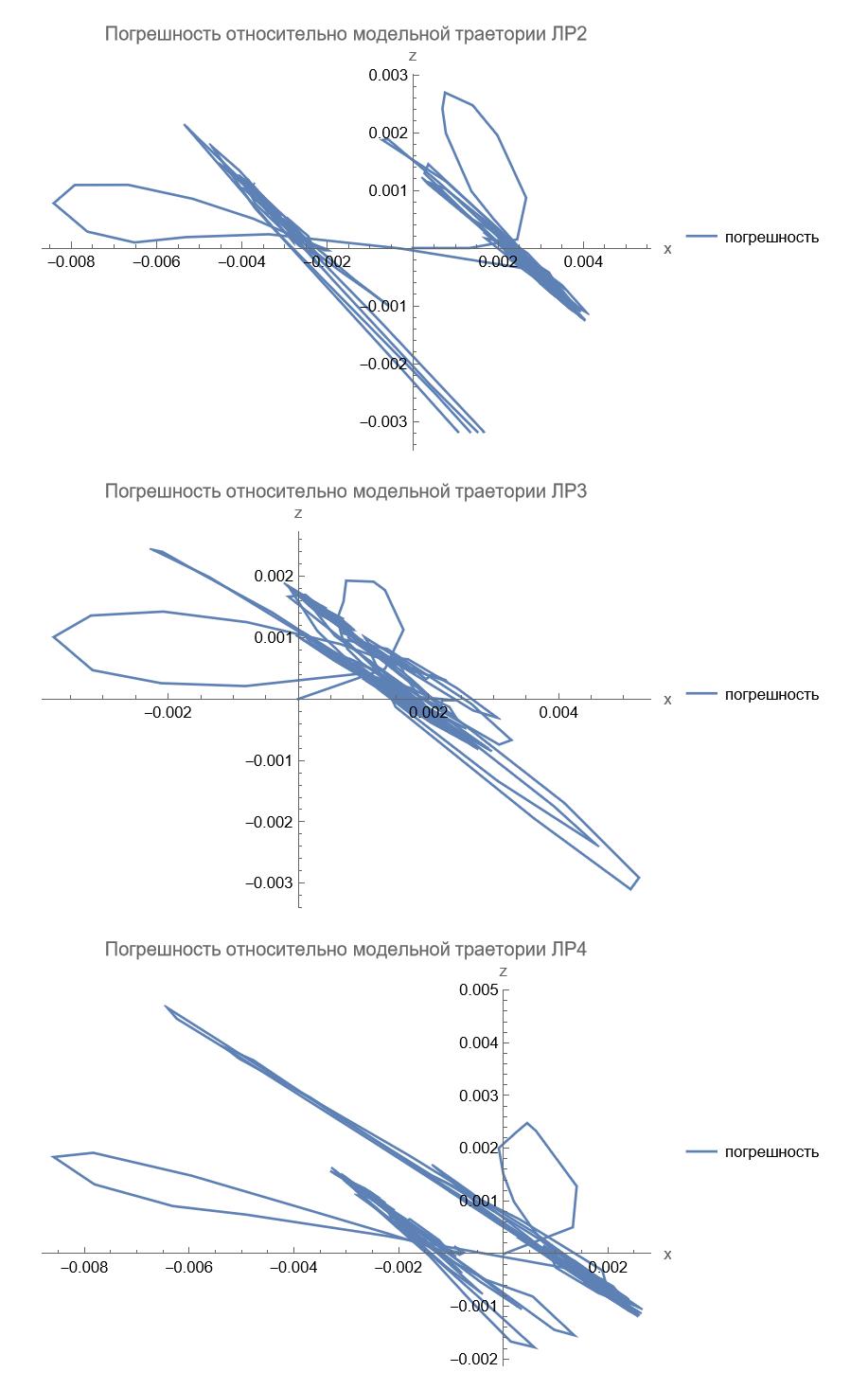


## Выходные (реальные) данные для ЛР4

****

# Погрешности относительно модельных траекторий

Вычтем из полученных реальных траекторий соответствующие им модельные.



# Оценка правильности построения алгоритма коррекции по вектору скорости на основании моделирования

Погрешности позиционирования робота манипулятора в каждой точке не зависит от предыдущего значения. Погрешности зависят только от заявленной точности позиционирования (норма отклонения<epsilon) и от точности отработки углов в звеньях манипулятора.

Правильность построения алгоритма коррекции можно оценить, если 2 графика погрешностей из ЛР№3 и ЛР№4 будут различаться на 1 шаг (дискрет 0.05 секунд).

**Алгоритм:**

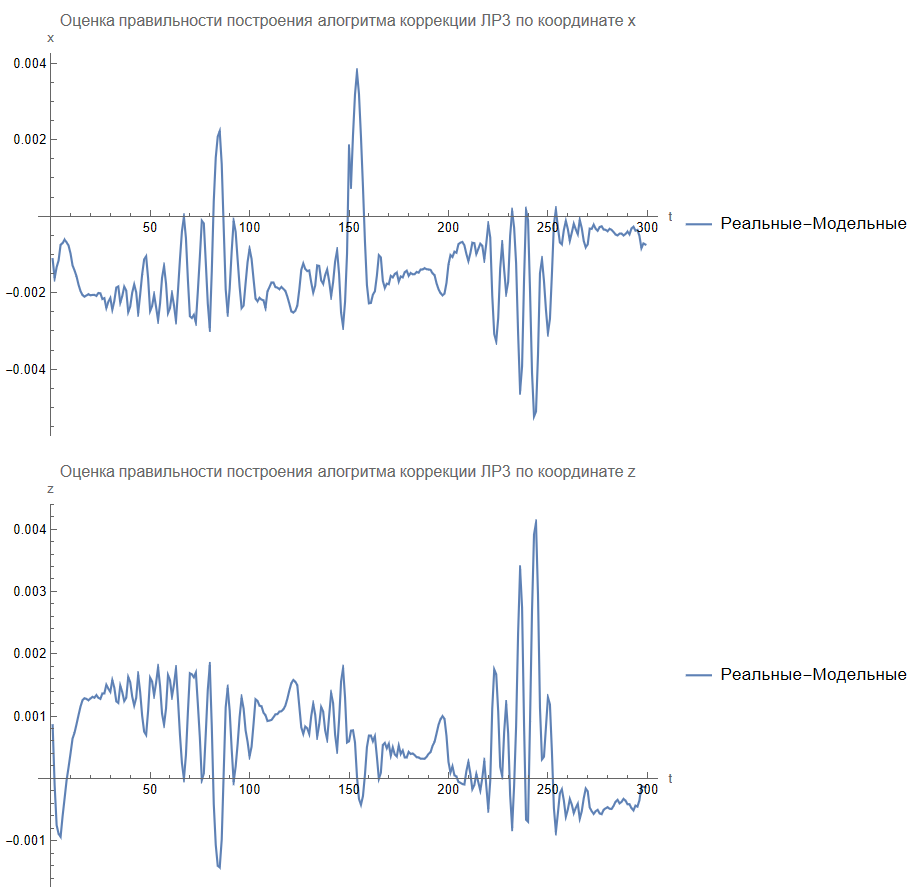
1.Находим разность между идеальными и реальными данными из 3 ЛР,

2. найти разность между ИД и полученным результатам (сформированные 3)

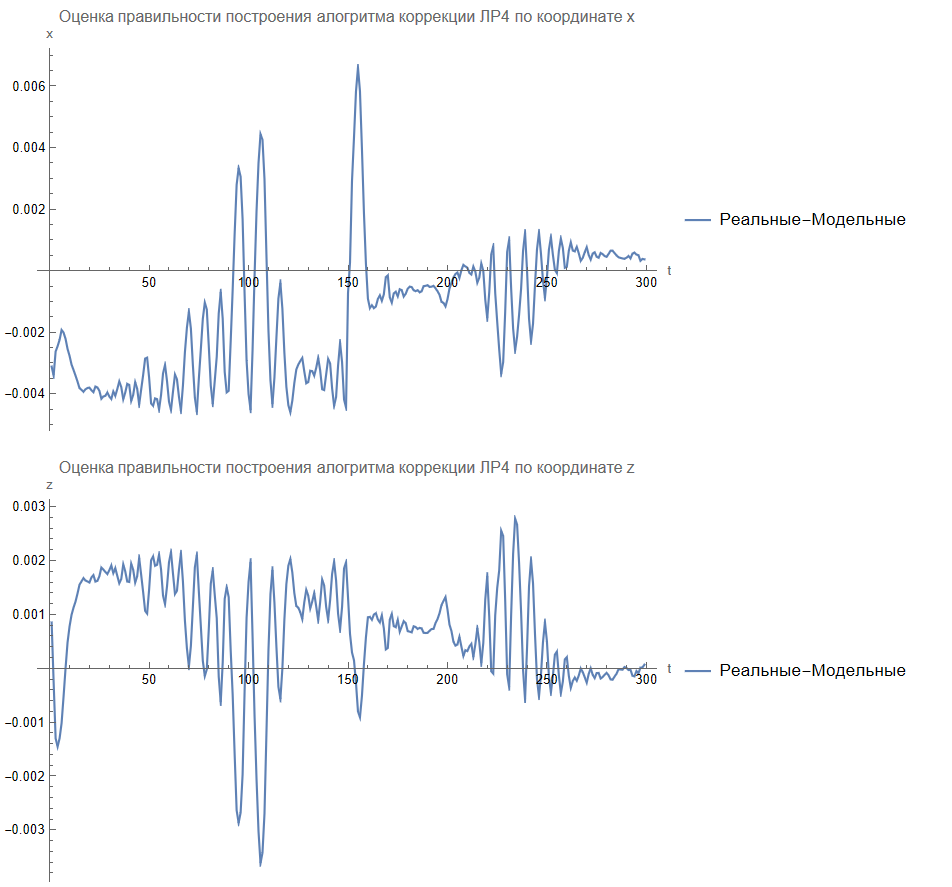
3. смещаем времена для графика 1 на 1 dt вперед

4. вычесть 2 и 3 графики между собой погрешность данной разности должна стремиться к 0 для моментов времени [dt,T].

## Графики погрешности для ЛР3



## Графики погрешности для ЛР4



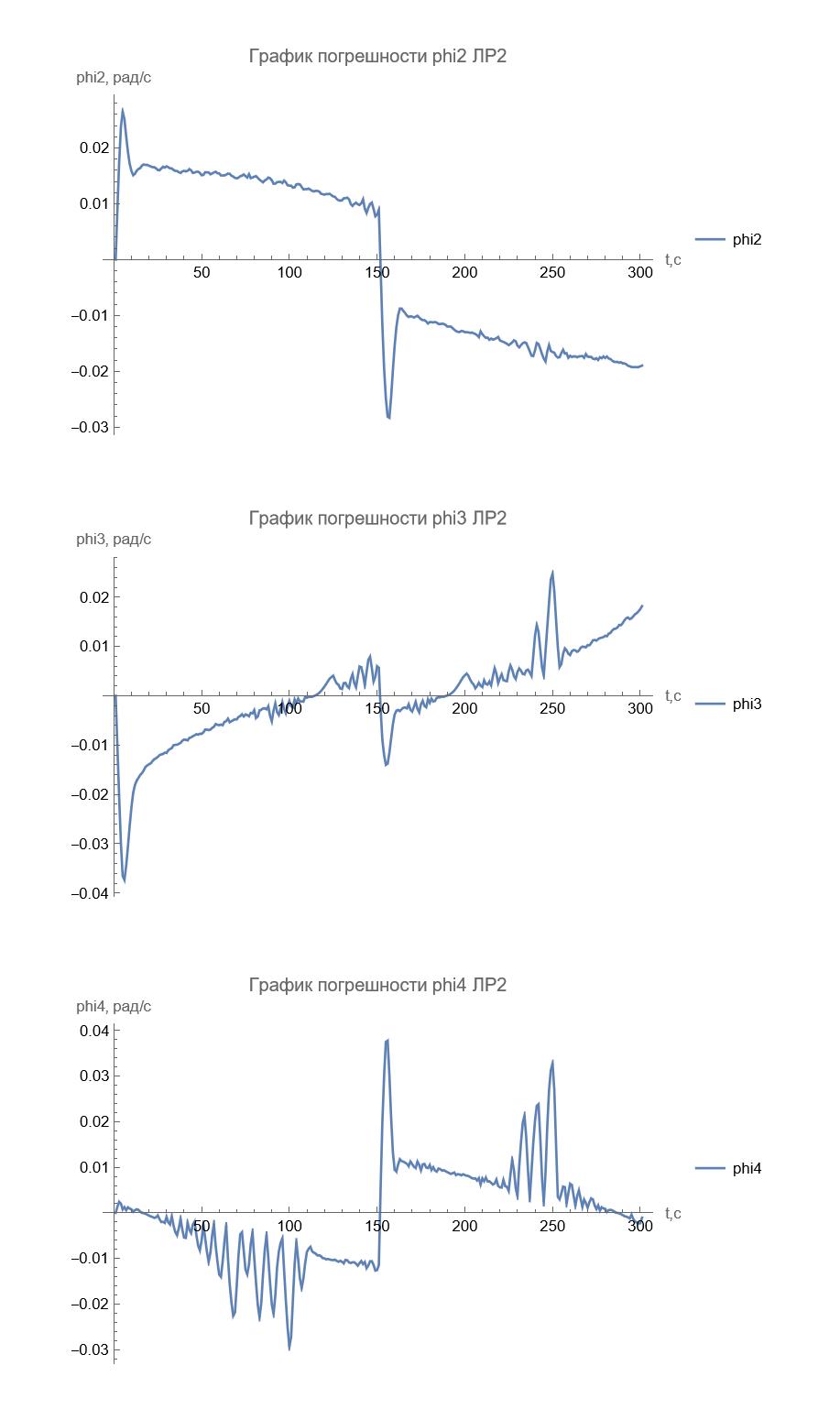
Как видим, графики погрешности стремятся к нулю с течением времени.

Данное условие выполняется почти на всем промежутке времени.

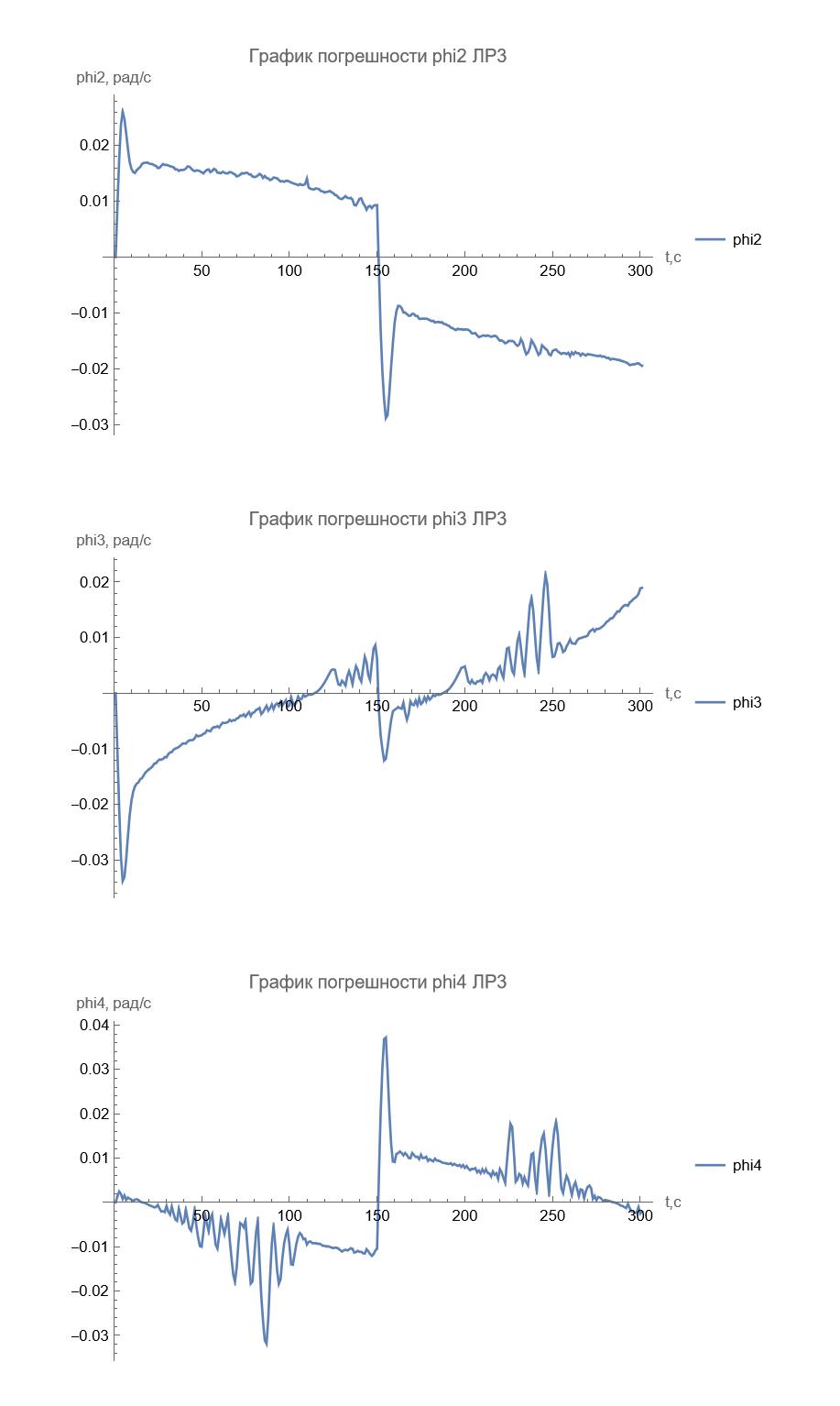
Можно сделать вывод, что алгоритм был построен верно. Расхождение могло появиться из-за неточности выходных значений.

# Графики погрешностей по углам (реальные – модельные)

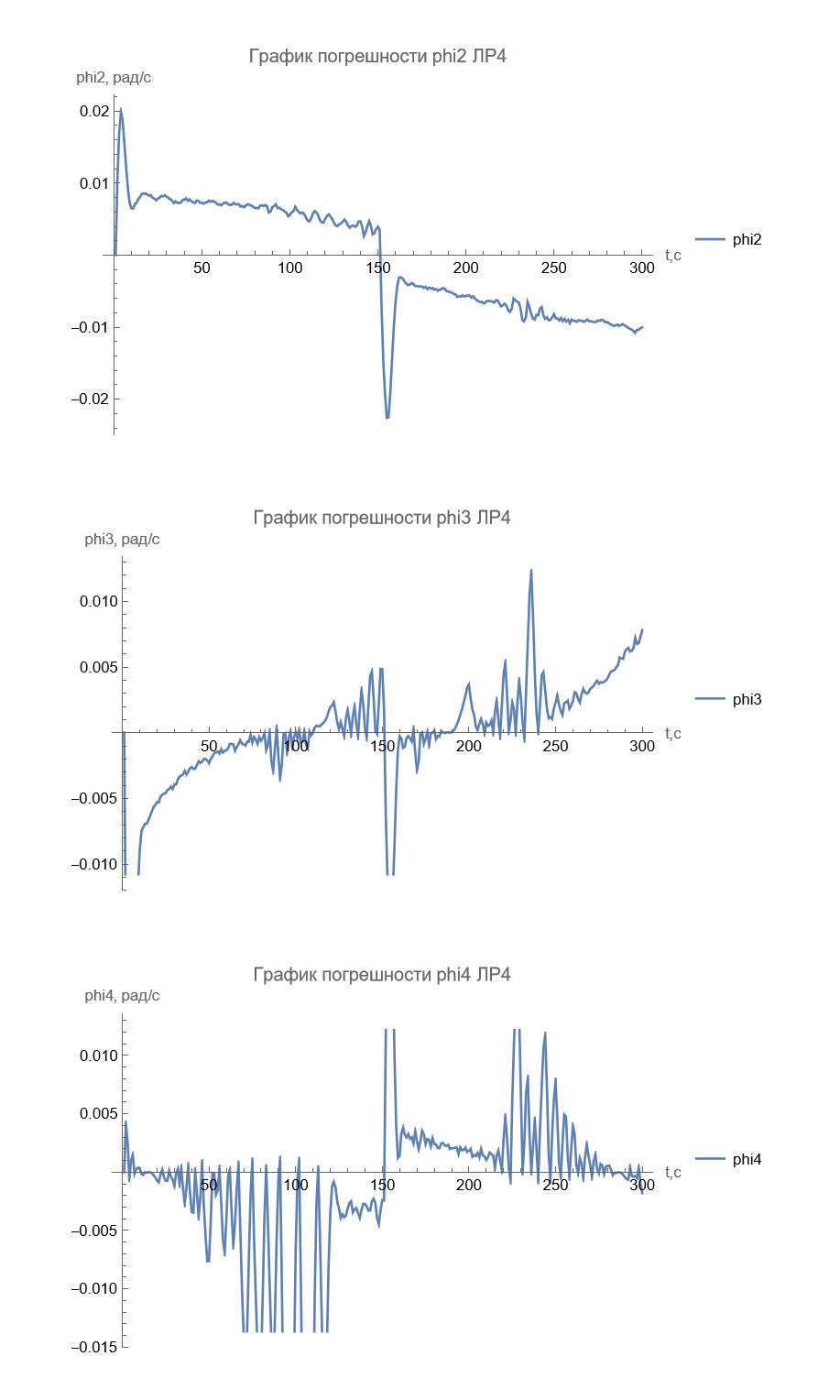
## Погрешности по углам ЛР2



## Погрешности по углам ЛР3



## Погрешности по углам ЛР4



## Осредненные погрешности

Находим осредненные погрешности по формуле



Где N – число шагов.

Значение



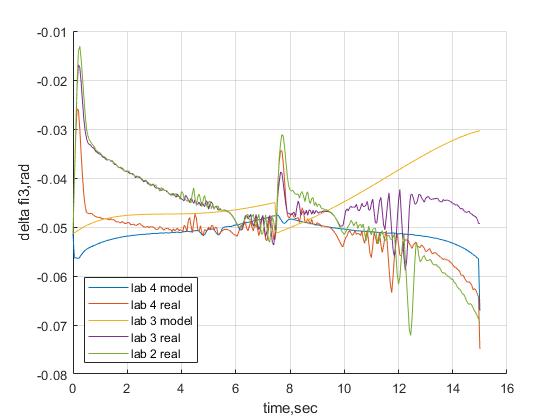
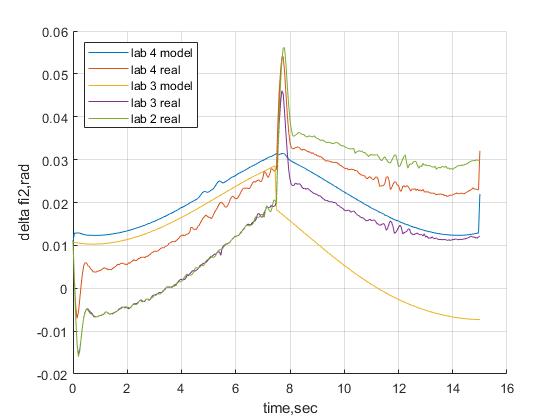
должно соответствовать удвоенному количеству щелей в одометре(Для ЛР4)

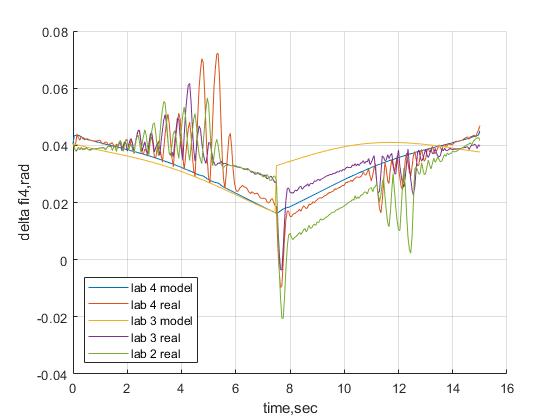
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Осредненные погрешности по углам | ЛР2 | ЛР3 | ЛР4 |
| P2 | 0.0146238 |  |  |
| P3 |  |  |  |
| P4 |  |  |  |

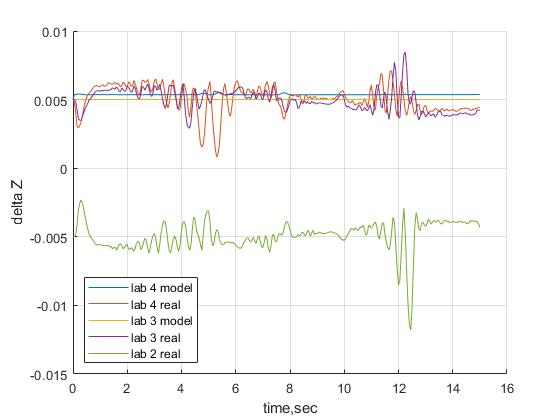
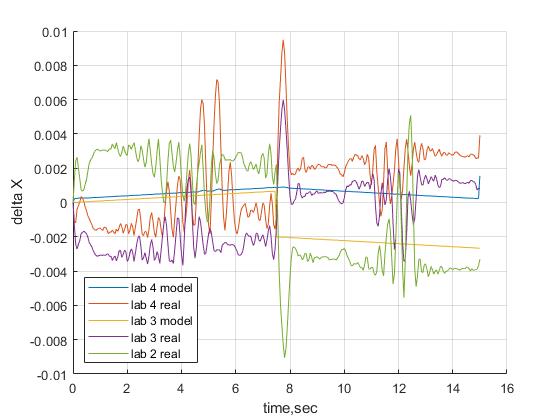
Берем значения для ЛР4 и находим значение k.

Получаем значения k2 = 871, k3=1101, k4=1277

В связи с большими погрешностями значения, соответствующие удвоенному количеству щелей в одометре, получились различными. Можно предположить, что это значение приближенно равно 1000

Рассмотрим погрешности углов fi(i) и по координатам на одном графике





Из графиков можно попробовать сделать вывод о том, что данные полученные из лабораторных 3 и 4 намного точнее, чем в лабораторной работе 2. Для анализа точности посчитаем СКО и Мат.Ожидание по координатам

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Лабораторная работа 2 | СКО | Мат.Ожидание |
| dX | 0.00315175570048986 | -0.000535647840531562 |
| dZ | 0.00109517819158246 | -0.00493209302325582 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Лабораторная работа 3 | СКО | Мат.Ожидание |
| dX real | 0.001949931394302 | -7.918130085400e-04 |
| dZ real | 8.257999044833112e-04 | 0.004957015081252 |
| dX model | 0.001348323826149 | -0.001006977150203 |
| dZ model | 5.277999795308799e-07 | 0.005005025098731 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Лабораторная работа 4 | СКО | Мат.Ожидание |
| dX real | 0.002182804043818 | 0.001133607408023 |
| dZ real | 0.001019458790893 | 0.005040047552470 |
| dX model | 2.042874762369411e-04 | 5.550616602234903e-04 |
| dZ model | 3.188251075784905e-05 | 0.005362048334956 |

Для определения погрешностей позиционирования робота относительно исходных данных получим через разности СКО и МАТ.Ожиданий по координатам.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Лабораторная работа 3 | X | Z |
| Delta Мат.Ожидание | 2.151641416626332e-04 | -4.80100174792896e-05 |
| Delta СКО | 6.016075681527842e-04 | 8.252721045037802e-04 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Лабораторная работа 4 | X | Z |
| Delta Мат.Ожидание | 5.785457477994106e-04 | -3.22000782486467e-04 |
| Delta СКО | 0.001978516567581 | 9.875762801351650e-04 |

Найдем суммарную погрешность метода сигмаСум=sqrt(сигма1^2+ сигма2^2)

|  |  |
| --- | --- |
| Лабораторная работа 3 | суммарную погрешность мат.ожид |
| X | 0.001281003833532 |
| Z | 0.007044307968473 |

|  |  |
| --- | --- |
| Лабораторная работа 4 | суммарную погрешность мат.ожид |
| X | 0.001262204104800 |
| Z | 0.007358915794977 |

Вывод: в проведенных лабораторных 2-4 мы рассмотрели несколько методов задания, обработки и анализа входных и выходных координат. Проанализировали выходные графики траекторий, погрешностей и отклонений. Проанализировали уровень отклонений, полученных в различных лабораторных работах, путем получения суммарных погрешностей, погрешностей позиционирования, а так же погрешностей разностей СКО и мат.ожиданий.