

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И
ОПТИКИ

Факультет систем управления и робототехники

**Отчет по лабораторной работе №3 «НАСТРОЙКА ПИД-
РЕГУЛЯТОРА»**
по дисциплине «Введение в профессиональную деятельность»

Выполнили: студенты гр. **R3142**

Петрищев А.С.

Подзоров А.В.

Лоскутова И.В.

Преподаватель: Перегудин А. А.,
ассистент фак. СУиР

1. Цель работы

Реализовать управление мотором EV3 с помощью обратной связи, используя релейный, пропорциональный и пропорционально-интегрально дифференциальный регуляторы.

2. Материалы работы 2.1 Результаты необходимых расчетов и построений

$$U_{\max} = 7.31 \text{ В}$$

$$J = 0.0024$$

$$L = 0.0047 \text{ Гн}$$

$$k_m = k_e = 0.488$$

$$R = 8.204 \text{ Ом}$$

$$T_m = 0.102 \text{ с}$$

2.2 Схемы моделирования

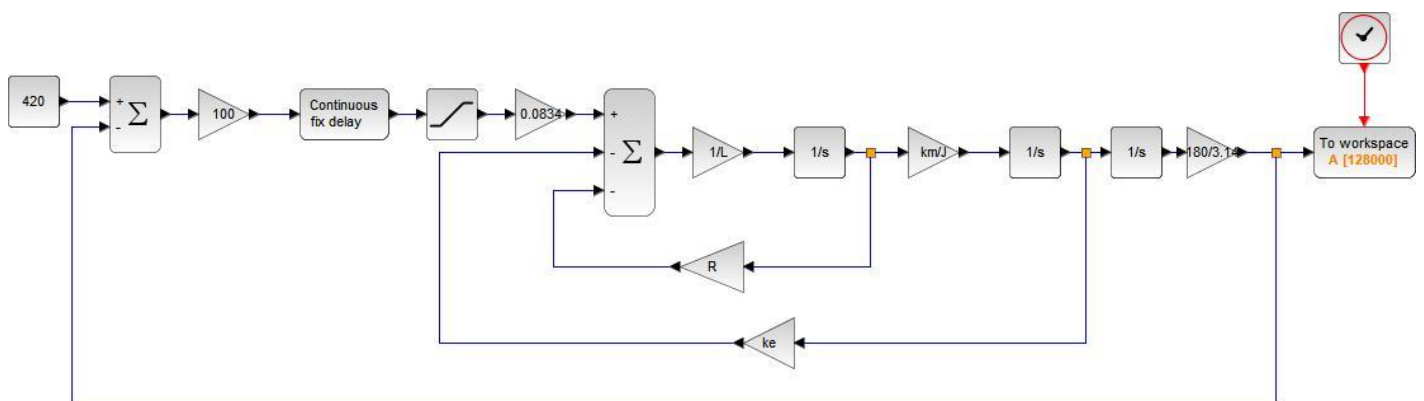


Рисунок 1. Схема моделирования релейного регулятора

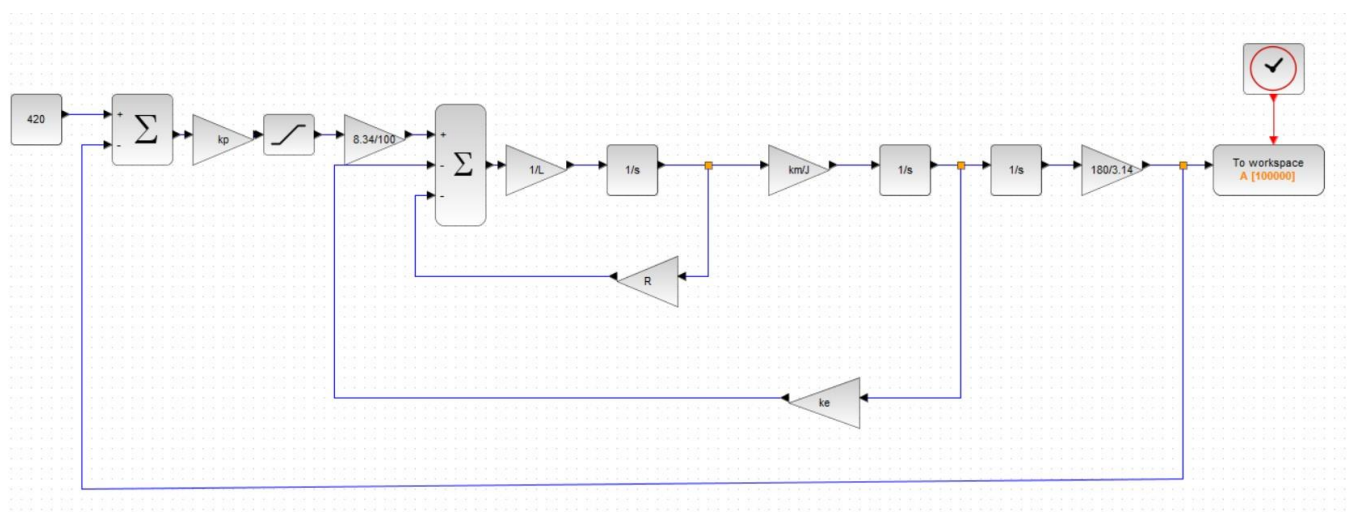


Рисунок 2. Схема моделирования П – регулятора

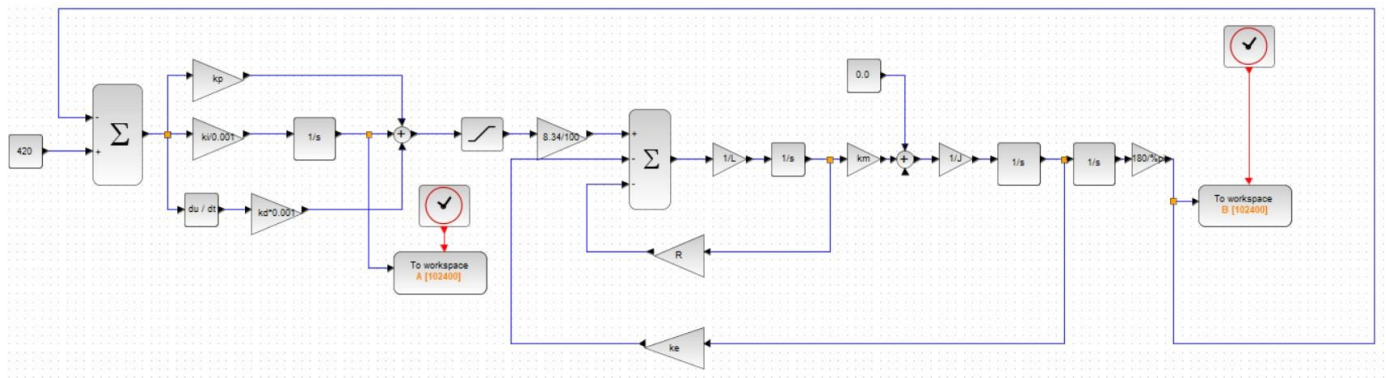


Рисунок 3. Схема моделирования ПИД – регулятора

2.3 Сравнительные графики при различных коэффициентах

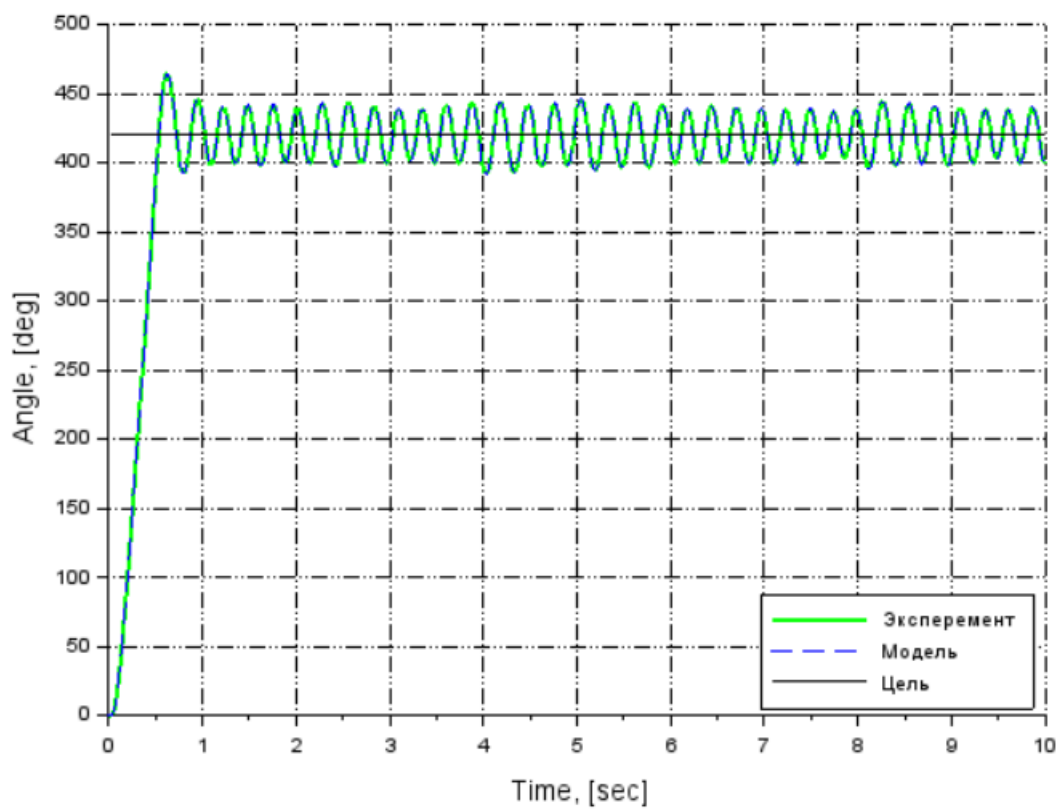


Рисунок 4. Регуляция угла поворота релейным регулятором

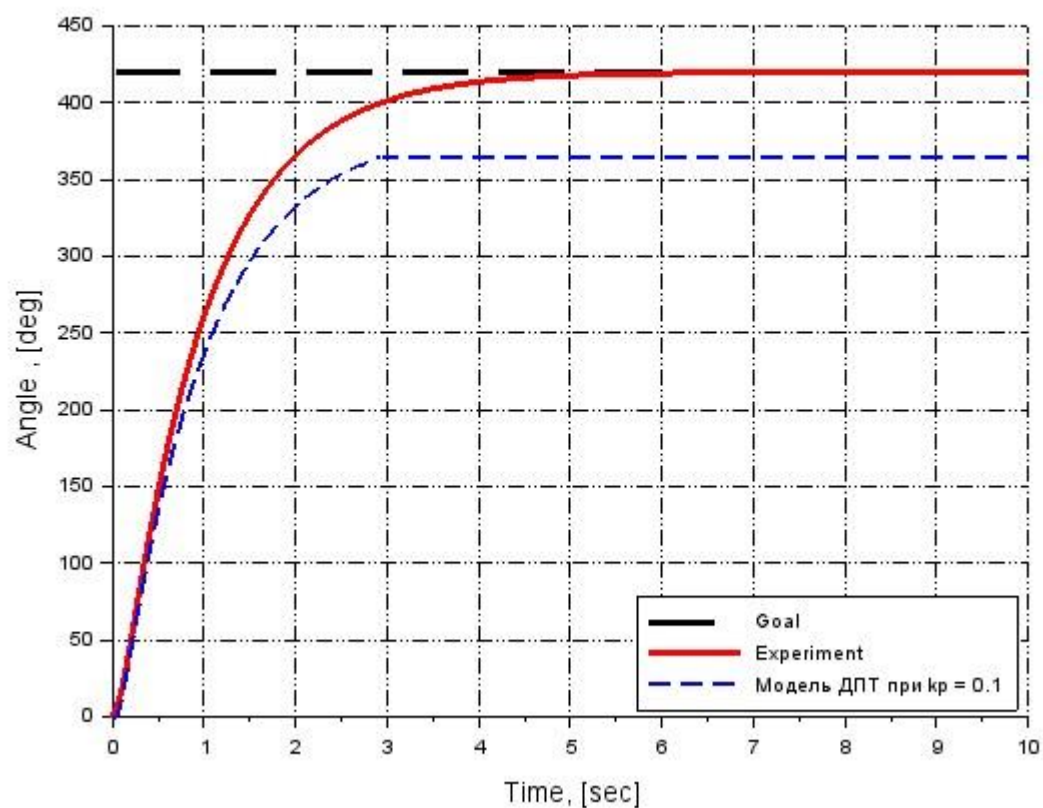


Рисунок 5. Регуляция угла поворота П-регулятором при коэффициенте $k_p = 0.1$

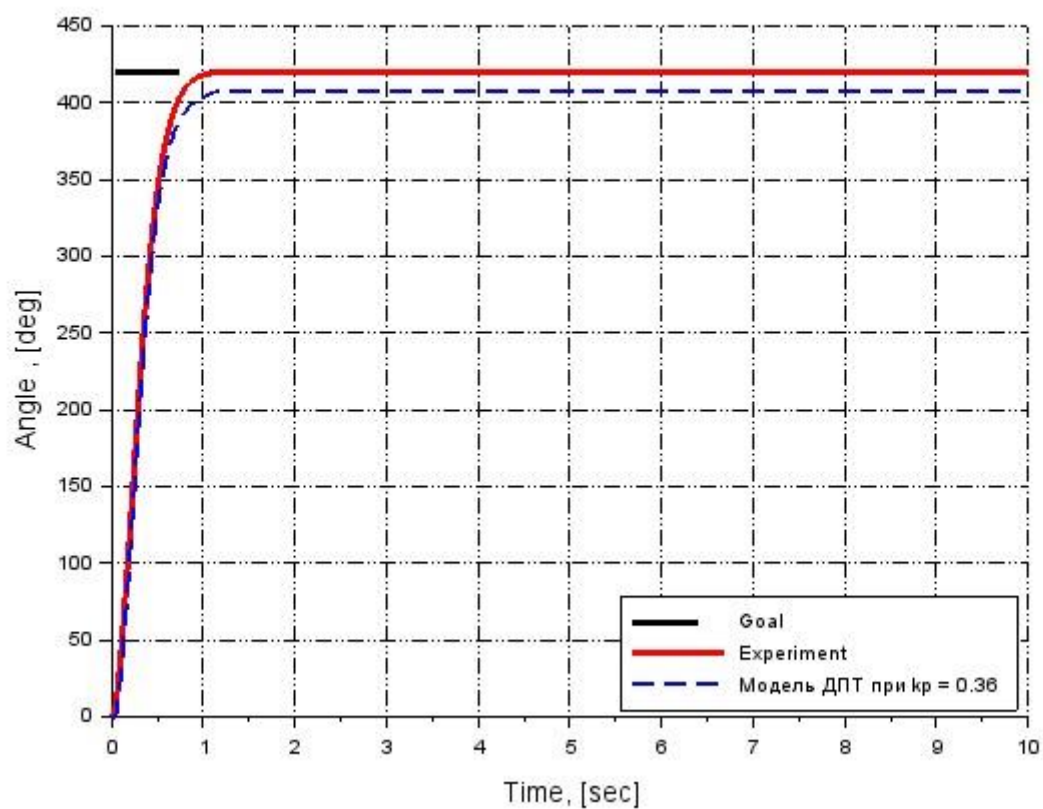


Рисунок 6. Регуляция угла поворота П-регулятором при коэффициенте $k_p = 0.36$

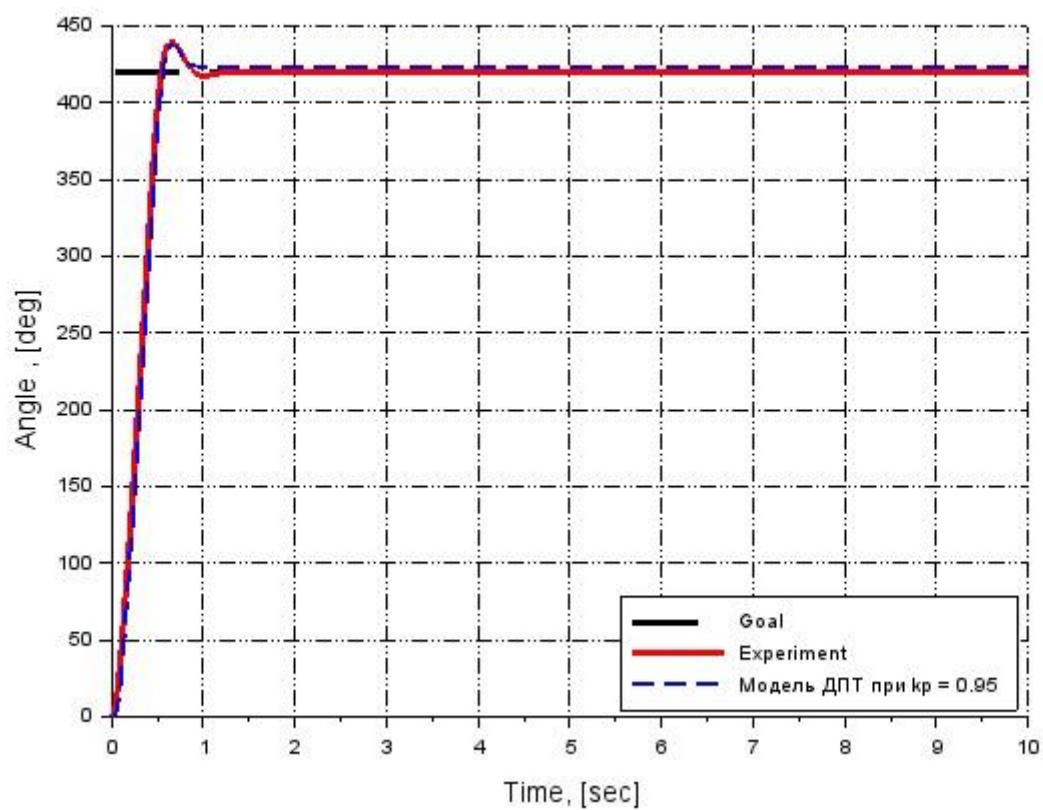


Рисунок 7. Регуляция угла поворота П-регулятором при коэффициенте $k_p = 0.95$

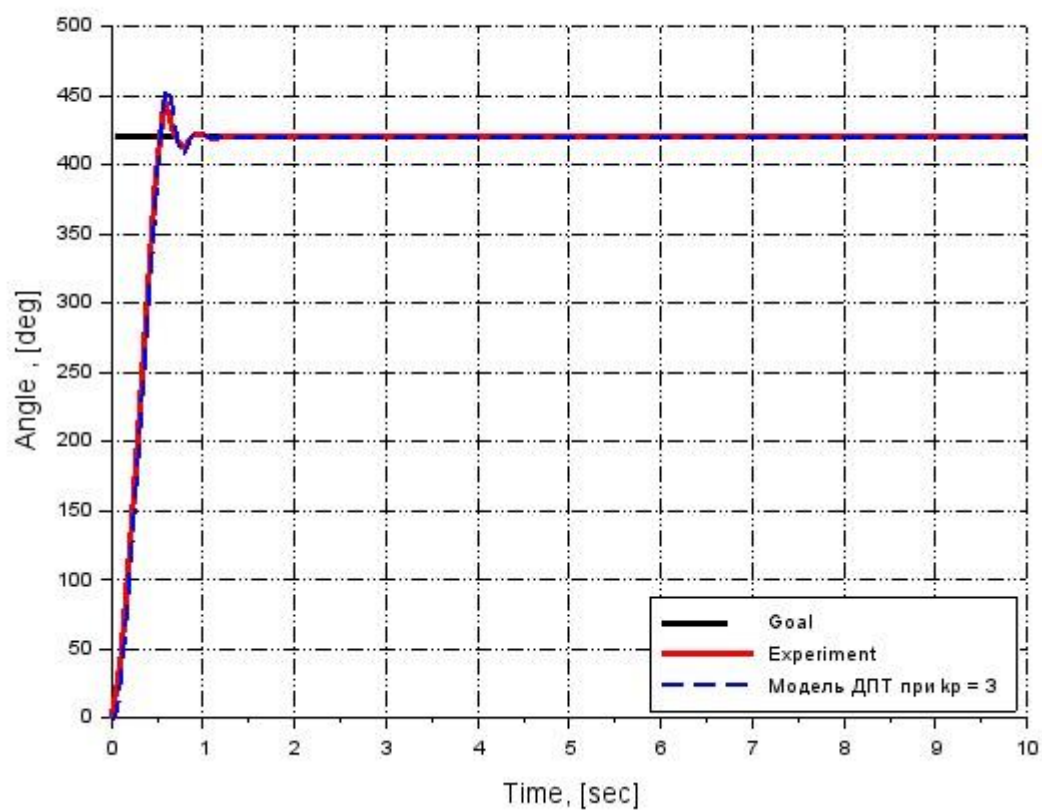


Рисунок 8. Регуляция угла поворота П-регулятором при коэффициенте $k_p = 3$

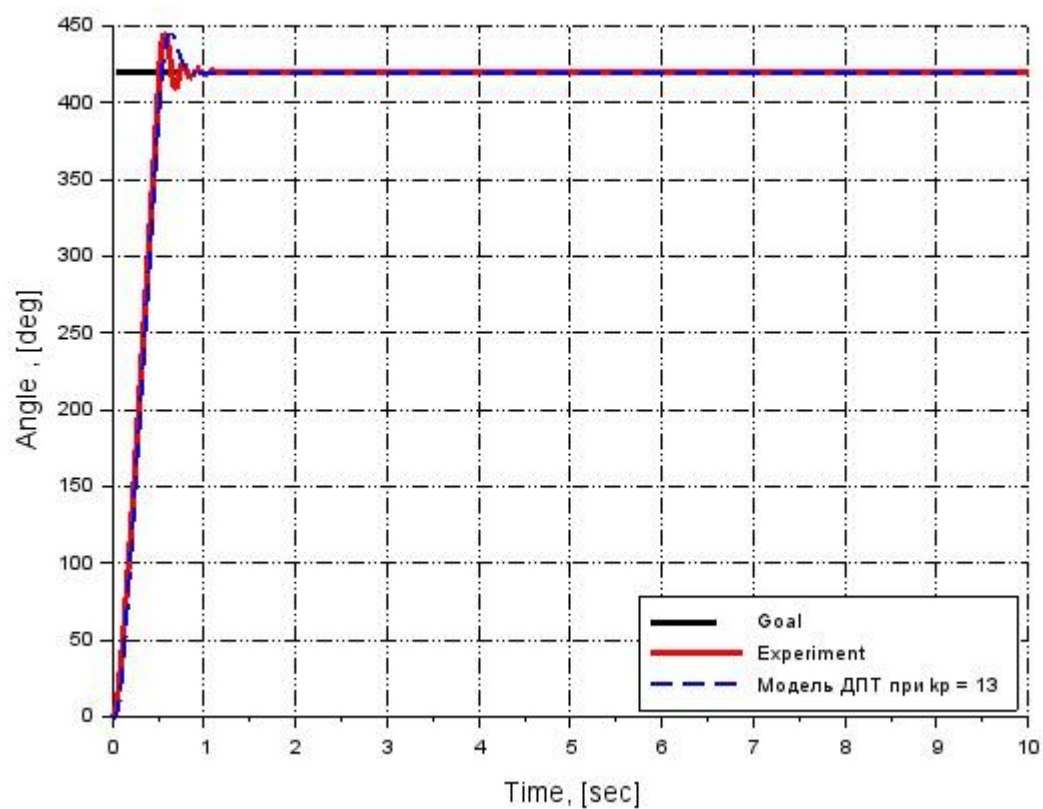


Рисунок 9. Регуляция угла поворота П-регулятором при коэффициенте $k_p = 13$

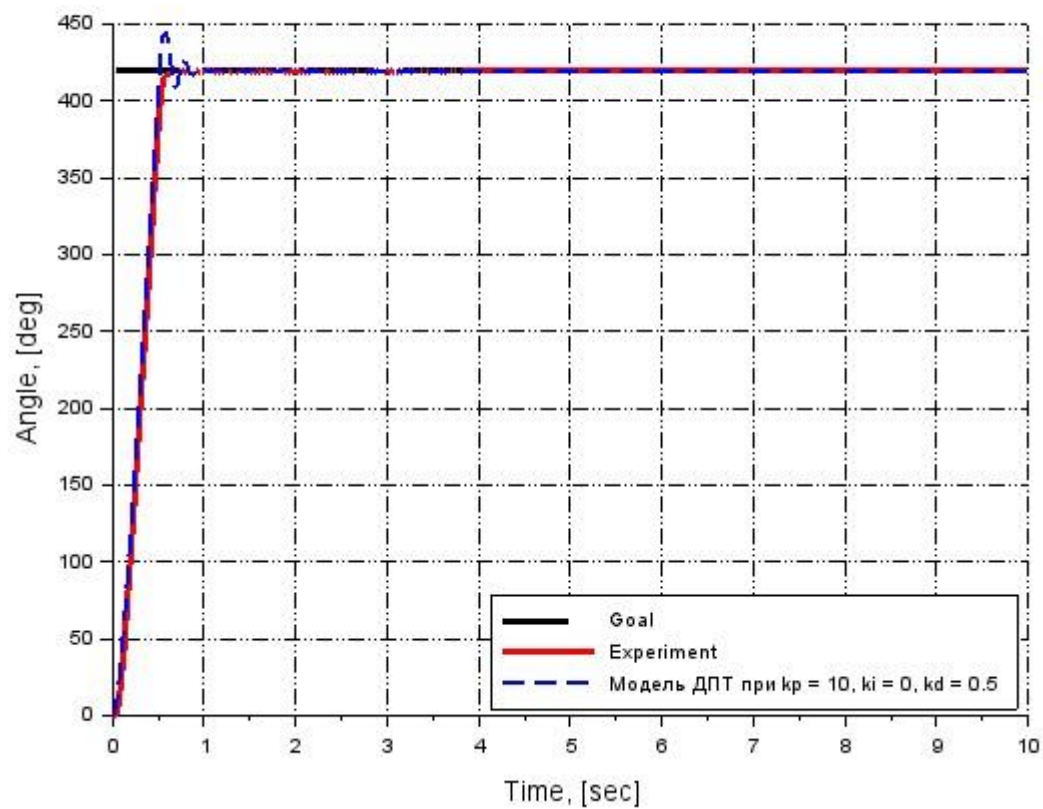


Рисунок 10. Регуляция угла поворота ПД-регулятором при коэффициентах $k_p = 10$ и $k_d = 0.5$

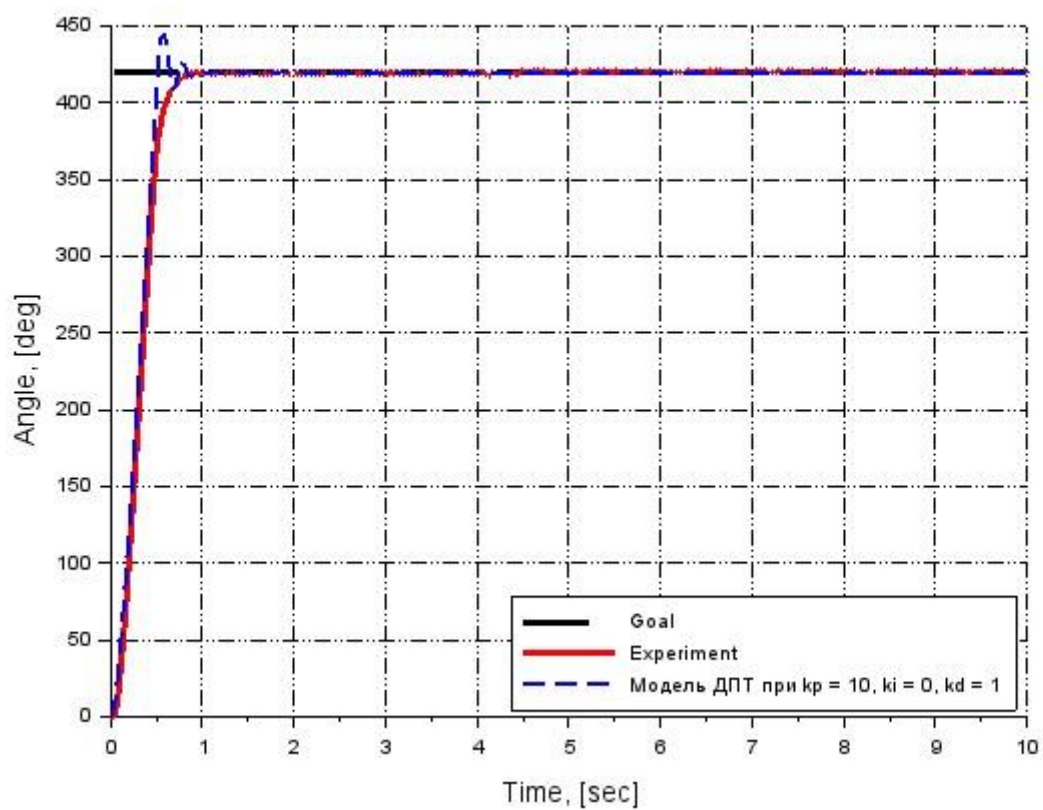


Рисунок 11. Регуляция угла поворота ПД-регулятором при коэффициентах $k_p = 10$ и $k_d = 1$

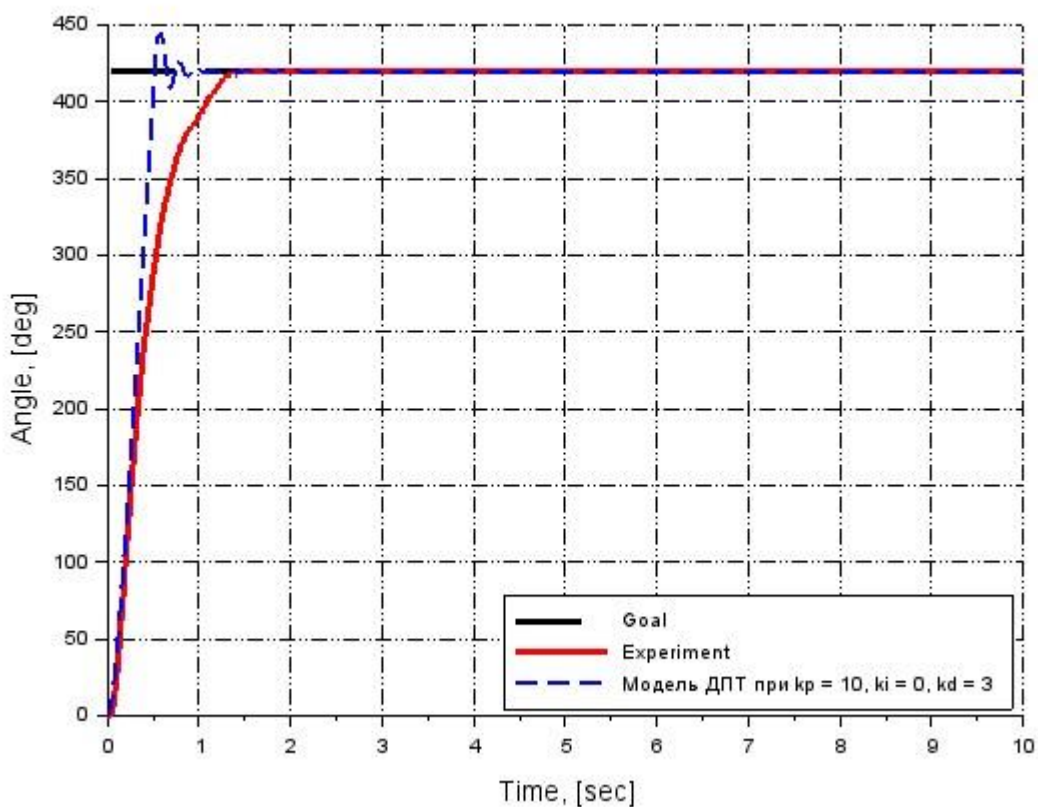


Рисунок 12. Регуляция угла поворота ПД-регулятором при коэффициентах $k_p = 10$ и $k_d = 3$

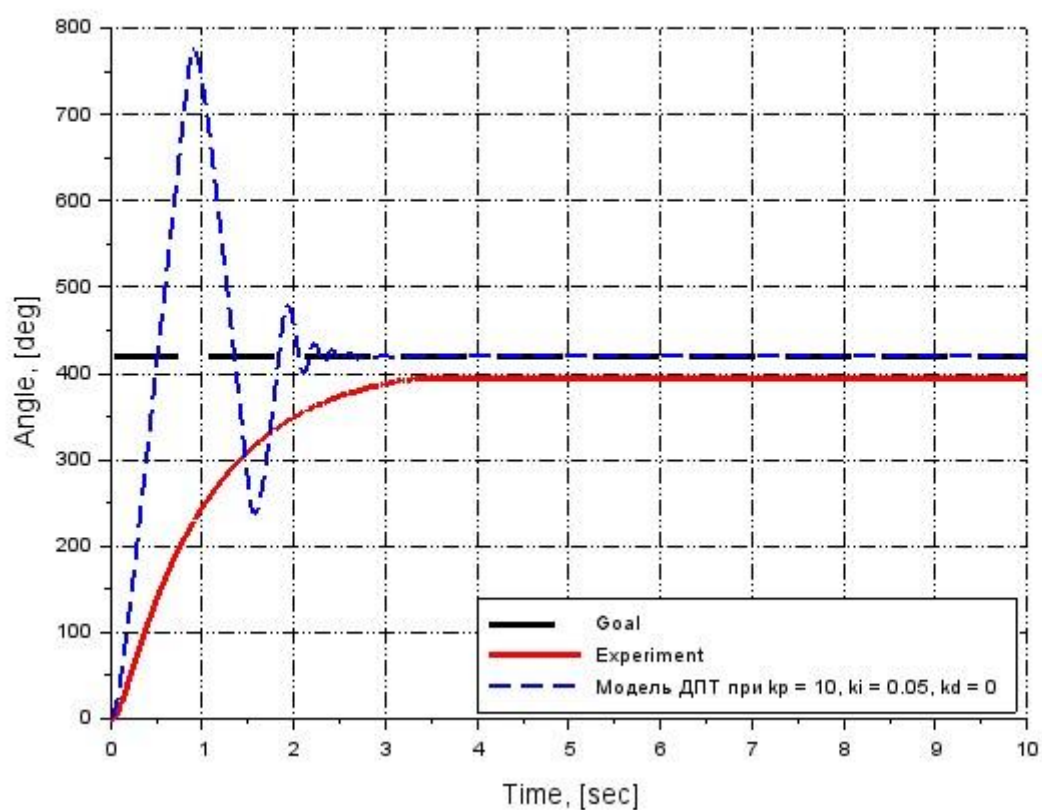


Рисунок 13. Регуляция угла поворота ПИ-регулятором при коэффициентах $k_r = 10$ и $k_i = 0.05$

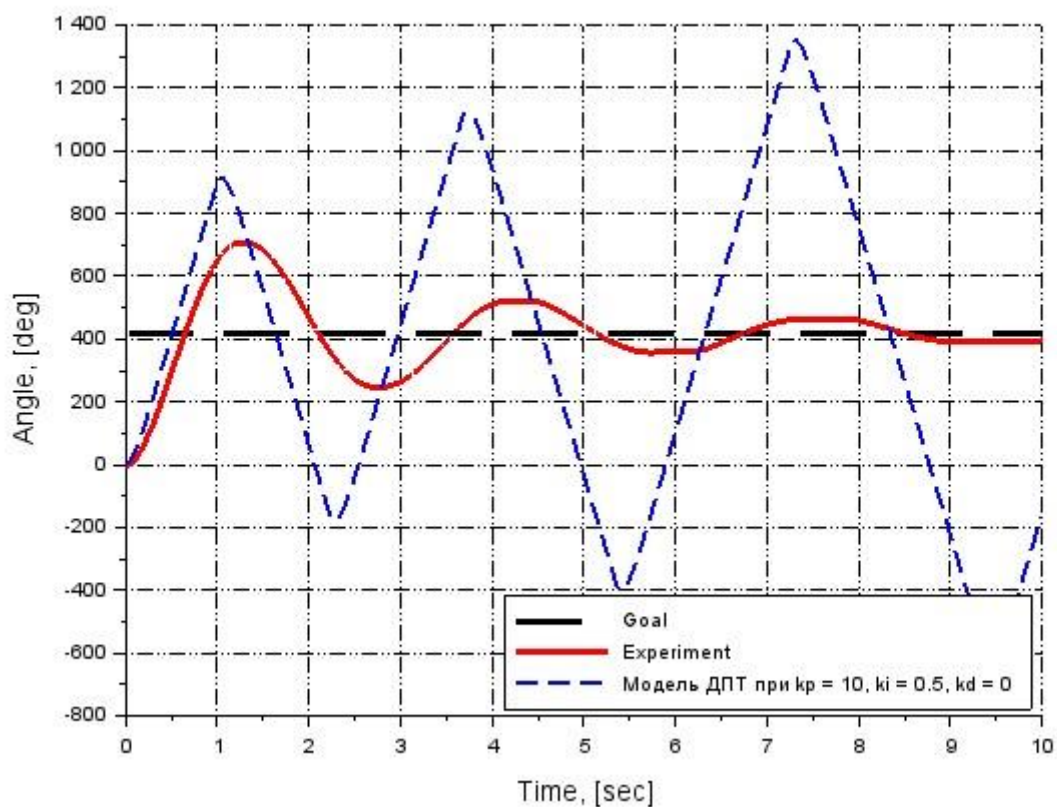


Рисунок 14. Регуляция угла поворота ПИ-регулятором при коэффициентах $k_r = 10$ и $k_i = 0.5$

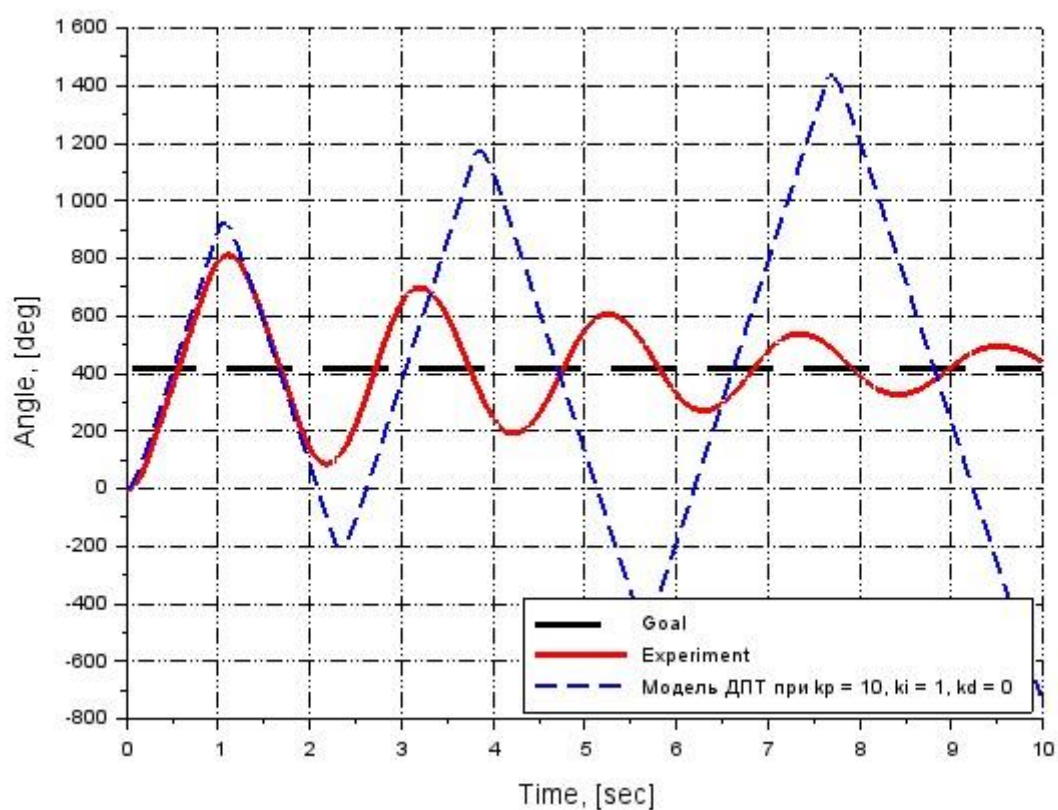


Рисунок 15. Регуляция угла поворота ПИ-регулятором при коэффициентах $k_p = 10$ и $k_i = 1$

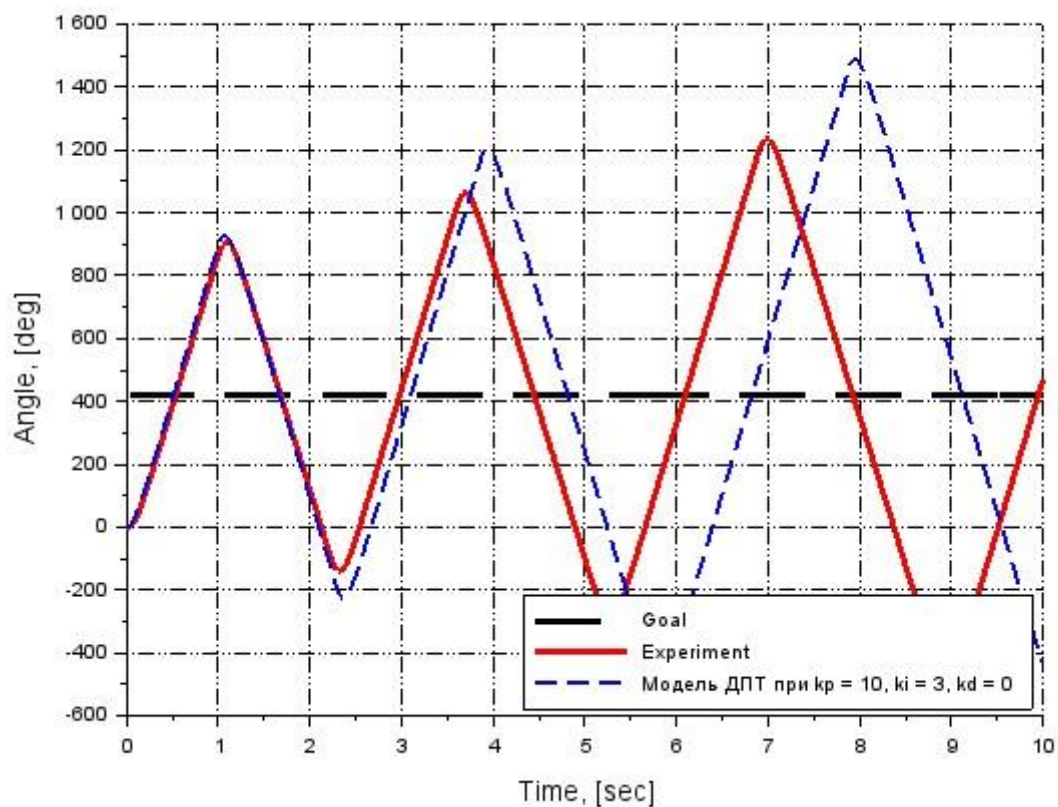


Рисунок 16. Регуляция угла поворота ПИ-регулятором при коэффициентах $k_p = 10$ и $k_i = 3$

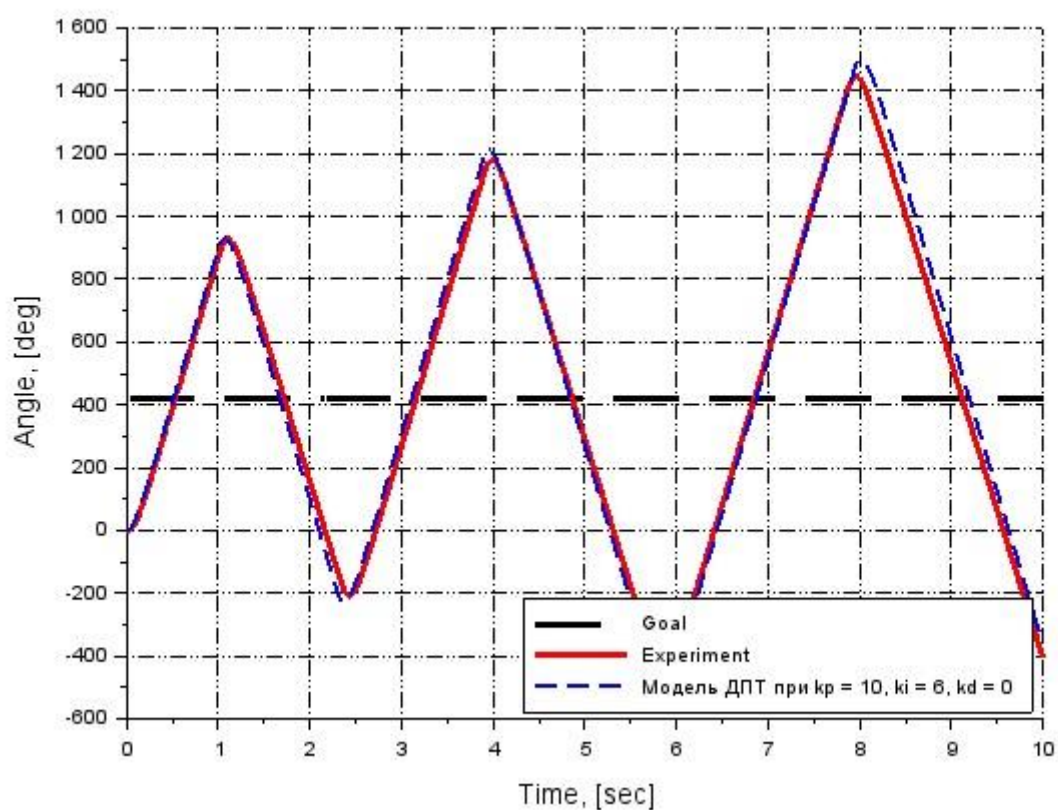


Рисунок 17. Регуляция угла поворота ПИ-регулятором при коэффициентах $k_p = 10$ и $k_i = 6$

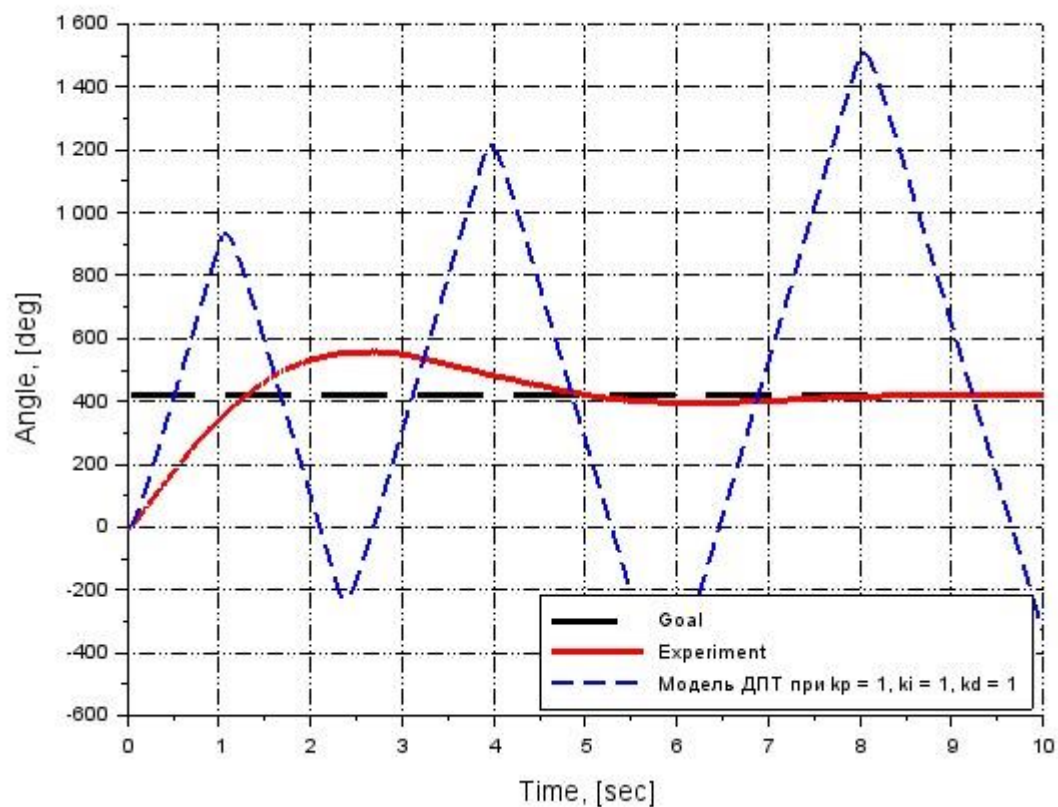


Рисунок 18. Регуляция угла поворота ПИД-регулятором при коэффициентах $k_p=1$, $k_i=1$, $k_d=1$

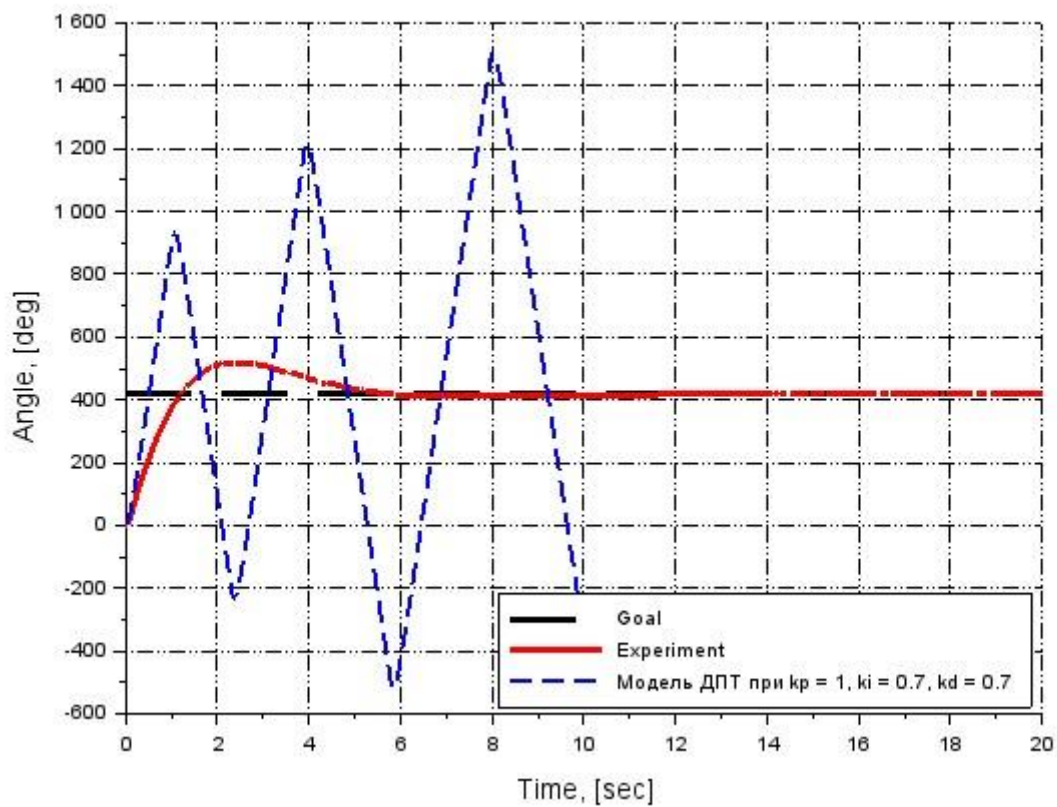


Рисунок 19. Регуляция угла поворота ПИД-регулятором при коэффициентах $k_p=1$, $k_i=0.7$, $k_d=0.7$

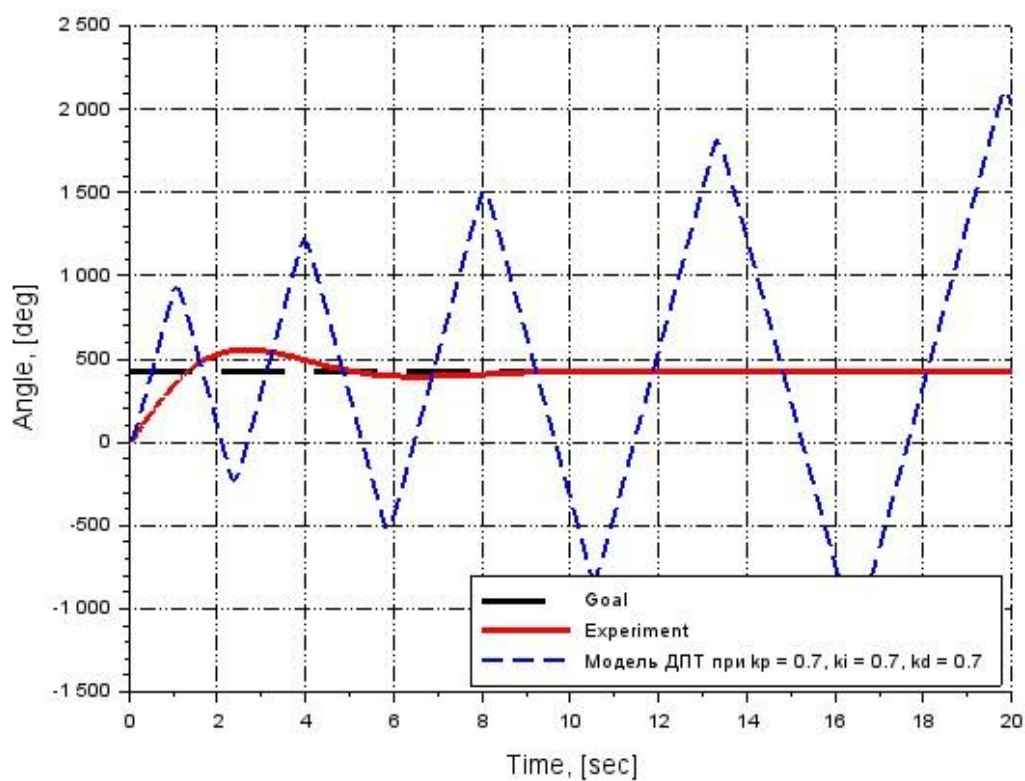


Рисунок 20. Регуляция угла поворота ПИД-регулятором при коэффициентах $k_p=0.7$, $k_i=0.7$, $k_d=0.7$

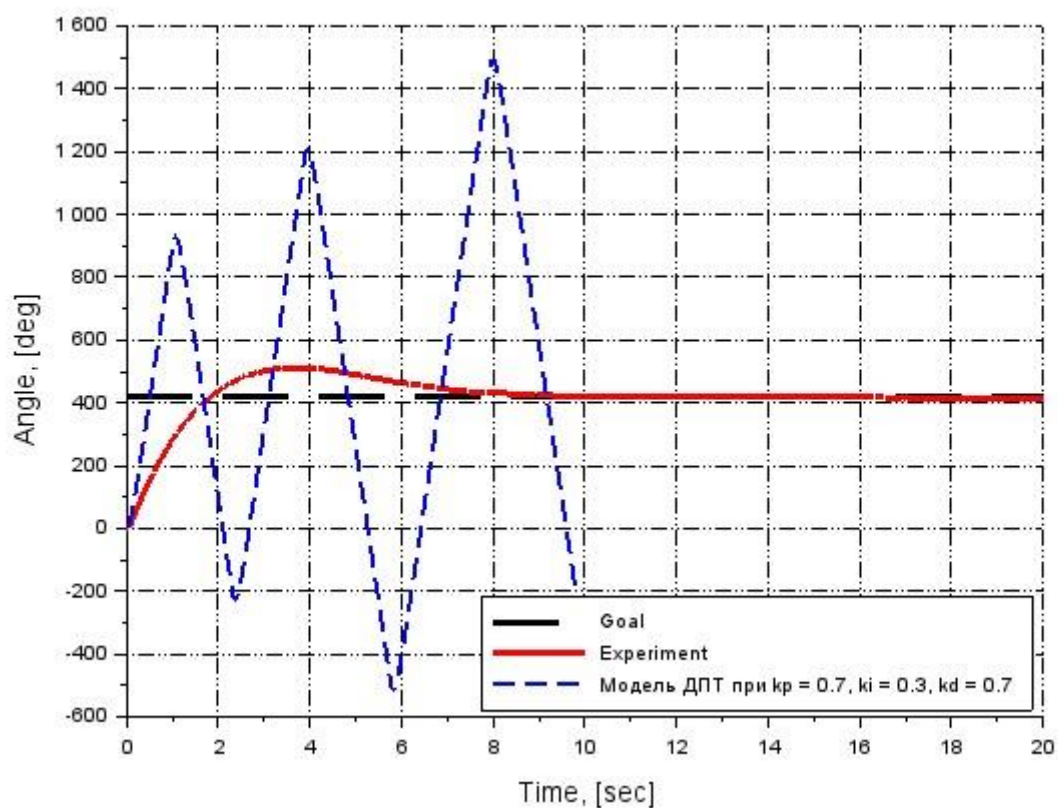


Рисунок 21. Регуляция угла поворота ПИД-регулятором при коэффициентах $k_p=0.7$, $k_i=0.3$, $k_d=0.7$

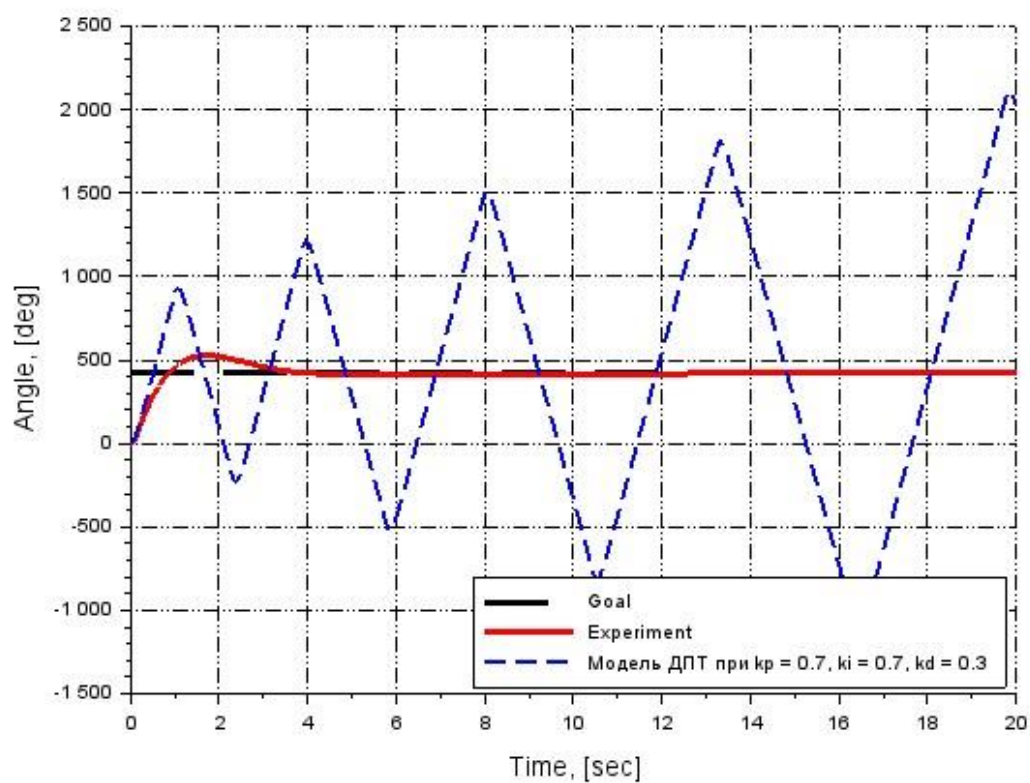


Рисунок 22. Регуляция угла поворота ПИД-регулятором при коэффициентах $k_p=0.7$, $k_i=0.7$, $k_d=0.3$

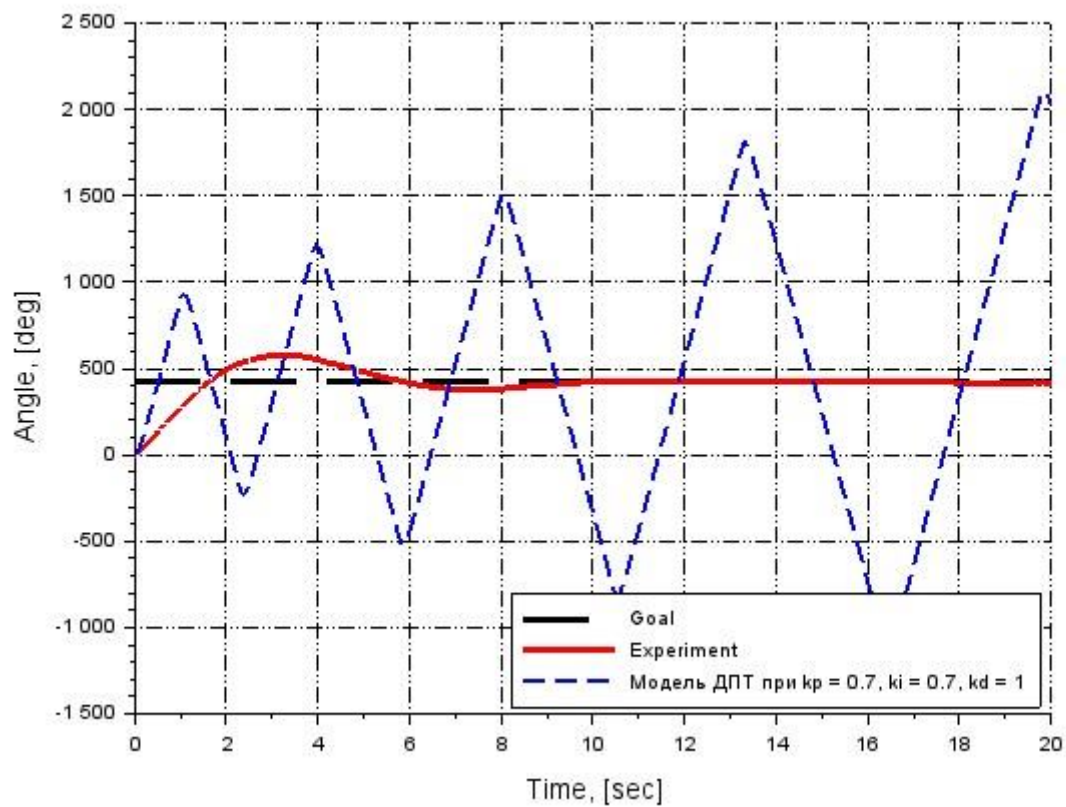


Рисунок 23. Регуляция угла поворота ПИД-регулятором при коэффициентах $k_p=0.7$, $k_i=0.7$, $k_d=1$

Таблица зависимости величин от коэффициентов ПИД-регулятора (при увеличении коэффициентов):

	$\epsilon, ^\circ$	$\sigma, \%$	t_n, c
K_p	↓	↑	↓
K_i	↓(устраняет)	↑	↑
K_d	- (не влияет)	↓	↑

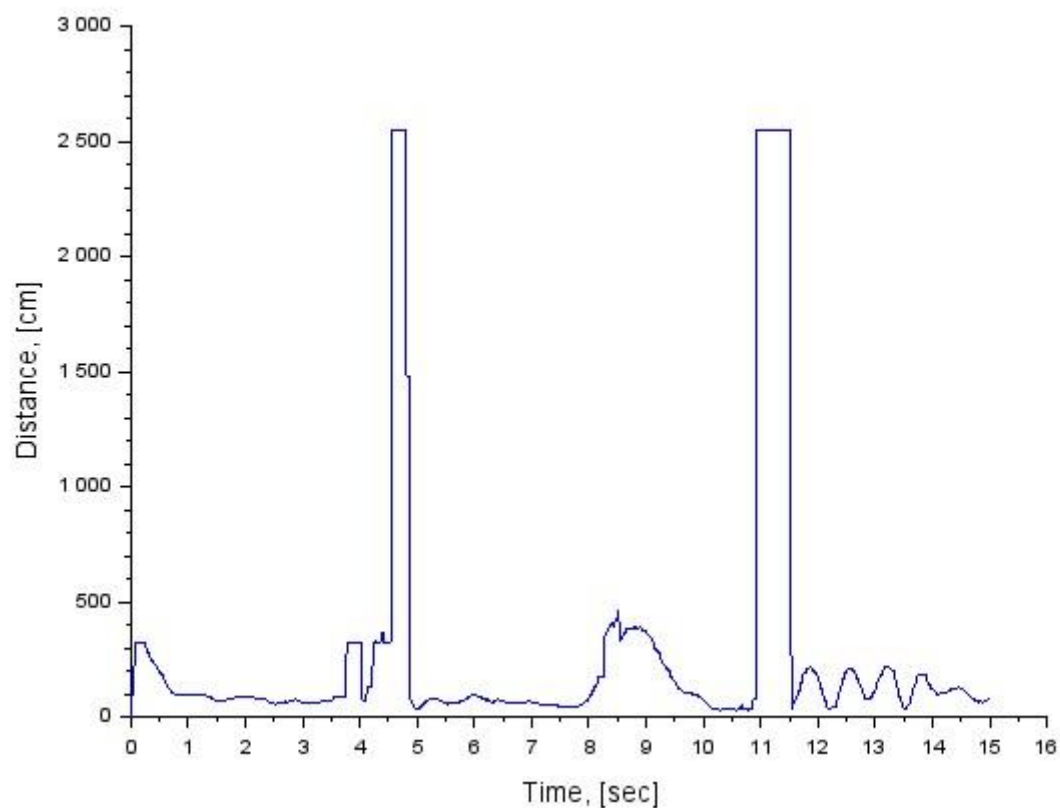


Рисунок 24. График зависимости расстояния до цели от времени робота, регулируемого П-регулятором при коэффициенте $k_p = 10$

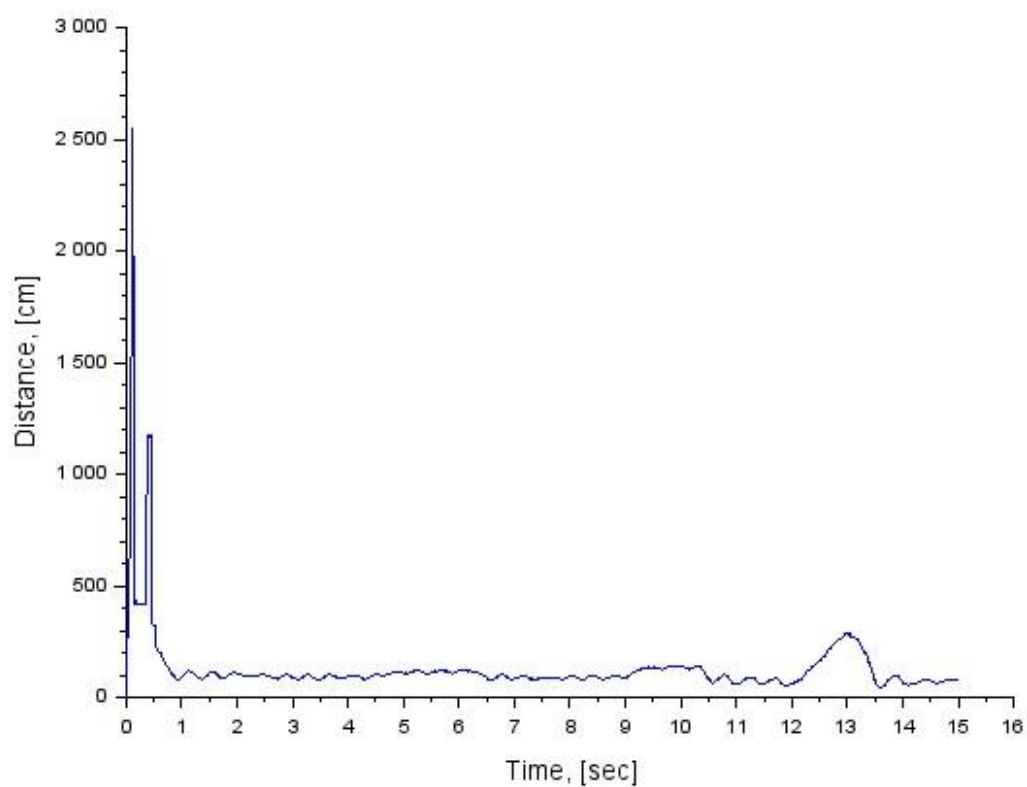


Рисунок 25. График зависимости расстояния до цели от времени робота, регулируемого ПИ-регулятором при коэффициентах $k_p = 3$ и $k_i = 0.05$

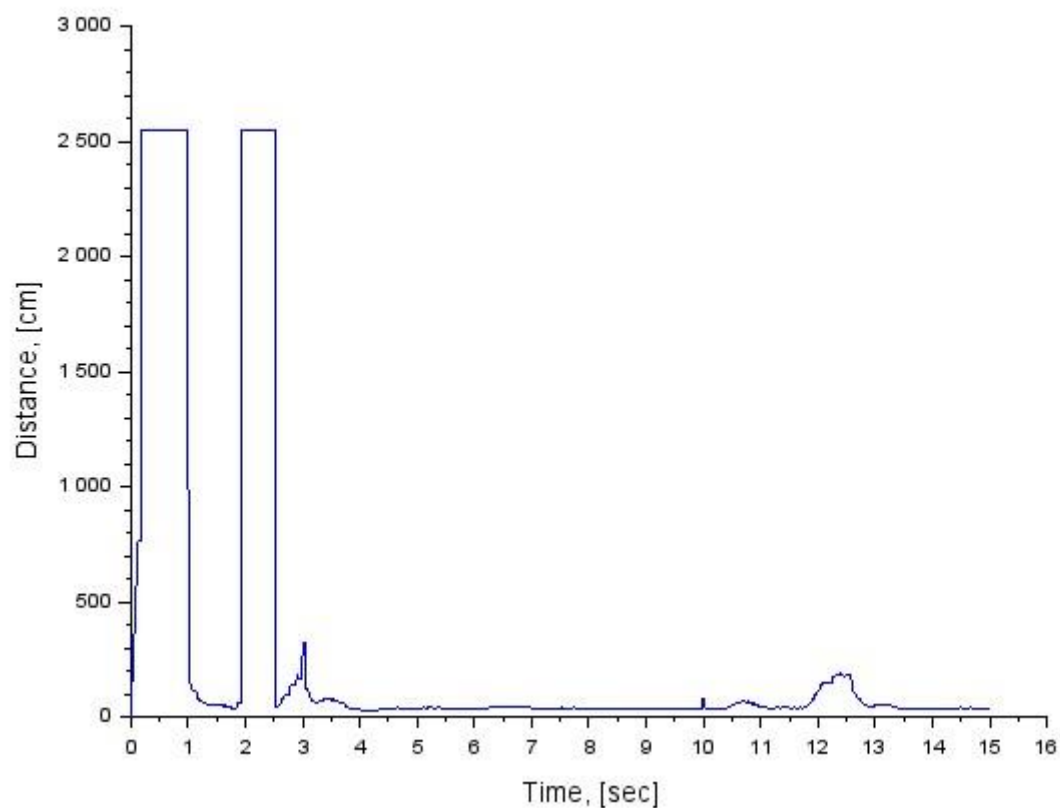


Рисунок 26. График зависимости расстояния до цели от времени робота, регулируемого ПИД-регулятором при коэффициентах $k_p = 0.5$, $k_i = 0.05$, $k_d = 0.1$

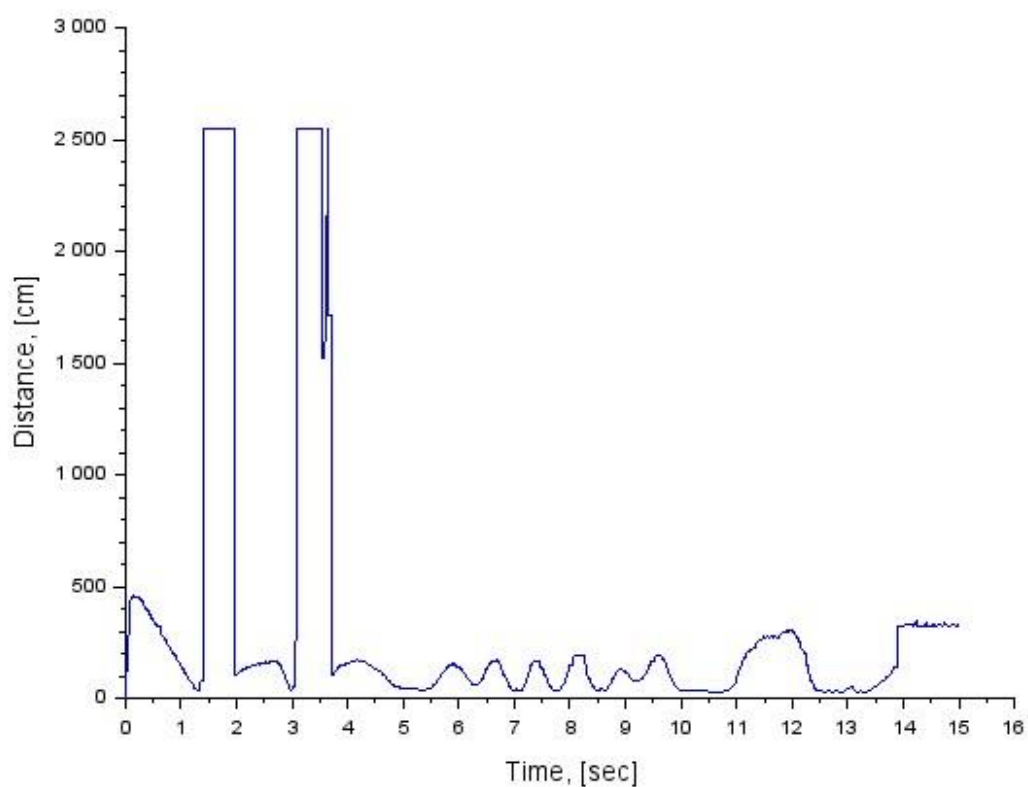


Рисунок 27. График зависимости расстояния до цели от времени робота, регулируемого ПИД-регулятором при коэффициентах $k_p = 0.7$, $k_i = 0.7$, $k_d = 0.7$

2.4 Исходный код

2.4.1 Код программы для EV3

```
#!/usr/bin/env python3
from ev3dev.ev3 import *
import time
motorA = LargeMotor('outA')
timeStart = time.time()
F = open("filename.txt", "w")
F.write("0 0\n")
motorA.position = 0
kp = 10
ki = 10
kd = 10
eNow = 420
timeNow = 0
while True:
    timePrev = timeNow
    timeNow = time.time() - timeStart
    ePrev = eNow
    timeDel = timeNow - timePrev
    eNow = 420 - motorA.position
    eDif = (eNow - ePrev)/timeDel
    eInt = eInt + eNow*timeDel
    U = kp*eNow + ki*eInt + kd*eDif
    if U > 100:
        motorA.run_direct(duty_cycle_sp = 100)
    elif U < -100:
        motorA.run_direct(duty_cycle_sp = -100)
    else:
        motorA.run_direct(duty_cycle_sp = U)
    if timeNow > 10:
        break
    F.write(str("%.6f" % timeNow) + " " + str(motorA.position) + "\n")
F.close()
```

2.4.2 Код основной расчетной программы

```
data = read("file-path", -1, 2)
J = 0.0024;
km = 0.488;
ke = 0.488;
R = 8.204;
kp = 0.7;
ki = 0.7;
kd = 0.7;
L=0.0047;
angle=420
angl = data(:, 2)
time = data(:,1)
goalb= angl./angl*420
loadXcosLibs()
```

```

scs_m = xcosDiagramToScilab("file-path");
xcos_simulate(scs_m, 4);
plot2d(time, goalb, 1)
plot2d(time, angl, 5)
plot2d(B.time,B.values, 2)
xlabel("Time, [sec]", "fontsize", 3)
ylabel("Angle, [deg]", "fontsize", 3)
legend("Goal", "Experiment", "Модель ДПТ при kp = " + string(kp) + ", ki = " + string(ki) + ", kd = " +
string(kd), "in_lower_right")
xgrid(1,1,5)
xs2png(0,"PIDreg" + string(kp) + ", " + string(ki) + ", " + string(kd) + ".png")

```

2.4.3 Код программы для EV3 (дополнительное задание)

```

#!/usr/bin/env python3
from ev3dev.ev3 import *
import time
motorA = LargeMotor('outA')
motorB = LargeMotor('outB')
timeStart = time.time()
F = open("filename.txt", "w")
F.write("0 0\n")
us_sensor = UltrasonicSensor('out1')
us_sensor.mode('US-DIST-CM')
dist = us_sensor.value()
motorA.position = 0
kp = 0.7
ki = 0.7
kd = 0.7
eNow = 150
timeNow = 0
eInt = 0
while True:
    timePrev = timeNow
    timeNow = time.time() - timeStart
    ePrev = eNow
    timeDel = timeNow - timePrev
    eNow = 150 - us_sensor.value()
    eDif = (eNow - ePrev)/timeDel
    eInt = eInt + eNow*timeDel
    U = kp*eNow + ki*eInt + kd*eDif
    if U > 100:
        motorA.run_direct(duty_cycle_sp = 100) and motorB.run_direct(duty_cycle_sp = 100)
    elif U < -100:
        motorA.run_direct(duty_cycle_sp = -100) and motorB.run_direct(duty_cycle_sp = -100)
    else:
        motorA.run_direct(duty_cycle_sp = U) and motorB.run_direct(duty_cycle_sp = U)
    if timeNow > 15:
        break
    F.write(str("%.6f" % timeNow) + " " + str(us_sensor.value()) + "\n")
F.close()

```

3. Вывод

1. В ходе выполнения данной работы мы изучили процесс регулирования двигателя постоянного тока, познакомились с принципами работы релейного и ПИД-регуляторов.
2. Мы выяснили, что:
 - 1) Коэффициент k_r уменьшает время возрастания, увеличивает перерегулирование, время переходного процесса и уменьшает значение установившейся ошибки.
 - 2) Коэффициент k_i уменьшает время возрастания, увеличивает перерегулирование, увеличивает время переходного процесса и устраняет установившуюся ошибку.
 - 3) Коэффициент k_d не влияет на время возрастания, уменьшает перерегулирование, увеличивает время переходного процесса и не влияет на значение установившейся ошибки.