

I IC PC OOC I I A
 A IO A A IA I I PC
 A PO A I A I PO I A O I A I
 A PA A PO OC I C C PA I
 O C O A C
 a i a
 a p
 . .
 “ ” _____2023p.

PO O A A I I A I A

(O C A A A C A)

C AOC I O OC

“ a ic p”

a: «A a a c c a a o a o o pa i a
 p o o ' o »

o a : p a o a C p i o

pi : a i a a p pi i a i o

op o o po p: o a o i ap o

A IO A A IA I I PC

a : a po a i a i, po i a o i a i

a pa: a po oc i c c pa i

C ia ic : 151 « o ' p o a ic c pa i a a o a a »

A P

a i a a p

..

«_____»_____2023 p.

A A

a o a a i i a i o po o

p a a o C p i o a

1. a a i i a i o po o

a p a a a o p opa

2. p i o a po o :

3. i i a i o po o :

4. ic o c a o a c :

5. p i i c pa o o a pia p a i:

6. a ap a - pa i

/	a a	p i o a	i i a po o a
1	o a o i pa po .	1.09-15.09	

2	O a o o a oc i a a ca p o o po i .	18.09-2.10	
3	po po pa i a a ca p o o po i .	3.10-16.10	
4	p ip a o p a o po pa a a ca p o o po i , p pa , c a c o i .	17.10-14.11	
5	O op o o po o a i o o a p a i .	14.11-15.12	

7. a a a i a a :“ 2023 p.”

pi a i i a i o po o _____ . .

(i c pi a) (.I. .)

a a p o o a _____ p a .C.

(i c c a) (.I. .)

P PA

o c a a a c a o o o p o o «A a a c c a
a o a o o p a i a p o o ' o »: 11c op., 34 p c.,
14 a .

O ' oc i : a p o o '

p oc i : c p o p a o-a a p a o o i c c a
a a o o p a i o a p o a o o o p i

o oc i : a o p c

o o o p o c p o p a o-a a p a o o i c c a
a a o o p a i p o a o c o a

a i a p a p c o '

o oc i : a o p c

o i c o a: A P O O ' ,A A A
C C A PA I , I AP, C C C , PO
P OP,A OP C .

Зміст

C	7
РО І 1: А а і а а с с р а і а р о о ' о	8
1.1. А а і с	8
1.2. о і а р а с а с а а с с а о а о о р а і а р о о ' о	10
1.3. р а а о о р а і	12
1.4. о і с , а а і с , р а і і с а а с с а о а о о р а і а о	18
1.5. а а а і о с і а о і р а і а і	19
с о о	21
Ро і 2. Ро р о а о а а о р і с . і о о а р о р а	23
2.1. а а с с р а і	23
2.2. р о і а р і с о с і	29
2.3. А о р р с р о	31
2.4. о	33
2.5. р о і і і р о с о , а р а і а р	36
2.6. С с і о р о і ' о а а а а о с і р а і	40
2.7. р о о с о а	41
2.8. Ро р о а р о р а о-а а р а о о і	42
2.9. С р о р а о-а а р а о о і	47
Висновок	52
РО І 3: Ро р о а о а а о р і с . і о о а р о р а	54
3.1. о а а о і а о с і	54
3.2. Р а о а	58
3.3. О с о і р с а і і а і р а о о р о о о '	60
3.4. С о р с с р о о о р а а о с о і о р а а о р а а о і . о р с а о і о і а р і р о с с	62
І і а і е о е а :	71
3.5. р і р а р а і о а	73
3.6. о і с с с	74
3.6. А а і с о а о с с	76
Висновок	77
РО І 4. О О Р О А Р А І	78
4.1. с	78
4.2. А а і о р а і а р о о о і с і (с ' а Р/). О р а і а і р о о о о і с	79
4.3. Ро р о а а о і о о р о р а і	89
4.4. о а а р о о о р і	90

4.5. о ро ра о а о а о ро ра і о а о о ра а (о р а).	91
Висновок	93
РО І 5.0 ОРО А А О О О С Р О А	94
5.1 с	94
5.2 А о о і па с ор р о а р а о о о р ро о о с р о а	98
5.3 р о о с а а о ра с ор а а о р ро с р о	100
5.4 і а с ро о і а о о і і	100
5.5 а р ро а о а а о ра с ор а с о і	102
5.6. Р о а і о	103
5.7. с о о ро і :	104
С О	107

C

A a ic : c c a a o o pa i (CA) i i pa a a o
a po i c ac o , i i a i i c o i c pa i.
o po o CA c a c a i o c o c p pi, a a pa i a i
pa a c a i i p c pci . po , p c a i c c o i
o a p a oc i co a ic , o ic a pi o a i i a i i
apa p c po c pa i . Pi o o apa pi oc i o
i c , i o pa a ci poc a i a o o i po a a
i i pi .

a a a po a c o co a a , i pi c po ci
po a CA .C CA o a opi c p p a apa pi c c
o a a a o o o a i oc i po c p a .

O ' oc i : a p o o ' .

p oc i : C po pa o-a apa o o i c c a
a a o o pa i o a p o a o o o p i

o oc i : a op c

o o o po o c po pa o-a apa o o i c c a
a a o o pa i p o a oc o a
a i apa p c o ' .

PO I 1

**PO I 1: A a i a a c c pa i a p o
o ' o**

1.1. A a ic

A a pa i - po c p pi , c p p
pi , i op c o a a oc i, oc i c a
p a pa i c i a i o i . P o i op
p a i c p a o o po i a o o a a op a o i a o
o pa i pa a i pa o o po c a a .

po c « po i o o », a a o o c a a a i i ac o a .
A a pa i ca o i , a c opi aco o i
pi i i p a .

A a pa i , a o , p a a oc i a a
p a o aci.[1]

C c a a a o o pa i - c c a, o a o a o i a op
c o o io a i (i o i) c o c p p o p a o
oc o a o o c a p i i o i i o .[2]

c ac o c i i, po a a a c c a o a o o
pa i pa c op i aco c a c i o o . i c c
o o oc co o opi , oc i ac a oc ip .

a pa A C				A 23 01 19 000			
o a .	Приймак М.С.			A a i a a c c pa i a p o o ' o	i .	Ap	Ap i
pi	. .				8	111	
o c .					C -213		
. o p.	. .						
a . a .	. .						

o oc i i o o po o , o i p c i a
a ac i , o i p a a ic a a c c :

1) i a opo i c a o a op c a
a a c c , i o o pa c op aco a o
p c oco a c o pi o a i o a opo i, a o i o
c a i a a a i pi ci
ac i p .

2) O i a i o o pa c op c a o o a op c a
a o a c c , i o p p o , a op a opi
i a a p pa c op aco i . c p o pa
oc i a oc i p i .

3) po p c p a i a i po a o o pa c op aco i a a
po a a a c c , i a co pi
p c oc a o a o o oc p o a a p o p o a pi
a oc o i i pa a .

4) A o a o a i c c a a ic o i a io a
a a i c c pa c op o o aco , c p pa
a o o a o i .

5) a a c c c p i o a i pa c op i c c i,
po po i p o o o i , i o p op i o o pa i a
a a ia i i i c pi .

1.2. o i a p a c ac a a c c a o a o o
pa i a p o o ' o

p a c ac a a c c a o a o o pa i :

) i oc i.

C ac i c c a o a o o pa i a a i
o o pa c op aco a a i i c c a o i a
po ic . a c o a op c a p c pci ,
op c a pi ac op o a po o o .

) o pa .

A a i c c o o o pa a a i
a o o c p o i a a o i o c a i .
c p a co o o pi aca pi a i ac i
p .

) O i a i po o c c .

A a i c c a a i c c a o ic o i a
c o po o p i pa o o ac , a o a o pi a a ,
a a c o i o a oc o a po c oc
a c a o po oc i.

) A o o i aca oc i ic .

A a i c c a i ca oc i o a a a c o pi o a i o
p o o p a o pa opa. i p a o ic po po a
po a a o o pi , o p oc i o a i a
p a i.

) **pa .**

pa i p c pca , pa io a op c a pi a
o p p o pa i i p o o pa , o o a
a pi c pa , a pa c op , po o a a o a a i .

) **C p i o a i .**

ac oc a o i i a a c c c p i o a i a
po p o o o i . c p o o pi a
oc o a i ac i pi c pa .

o i c ac a a c c a o a o o pa i :

) **co a ap ic po a**

Po po a a c a o c ac a a c c o opo o ,
oco o c api o a p o o ' i .

) **i i c pa oc i.**

o ic i po a o i o c c o
c op a p a op a o a o o o o c o a .

) **o i ic oc i o o o o**

oc i o o i o o po p c o a a c c a o o
o o po pa o o , a i a apa o o a a o o
oc i.

) **a ic i c copi a a i**

A a i c c i o c copi i a i , i ic o
a c o a o a o oc i a o c p a o o o .

J a ic i a

o ic i ic a a c c o a i ic i
a a ic a . pa a a o ac api a i op a i o
p c o o p a a p a i .

a a c o o :

op c a a a c c a o a o o pa i a
po o po pa c op o i c pi, po a o pa o a a
a a c a p a a o i o i a , a i oc i
a a o o op c a i .

1.3. p a a o o pa i

A a pa i - c ac i i o p a po ca ,
p c a i o o p a . oc o i o o i o a
poc i i , i a a c c a o ic ca oc i o a a a c o i i
o i a c o i ic .

Ic i i a . a p a , po o i [3] c a a o, o a a a
c c a - a a c c a, o a i p a o o po c
a piop a oc , o p o o o o pa i o o
po c . a i op c o c o « pa i »"
a ic o a , , o i oc i a i c po a o a ic
oc a.

Oc i p i :

p p a a a a c c , ic c a o o p o i
a i oc i , oc o a c o a a a ic o pi a
a a o ac

ic i a a ic c c , i o i a c o c pa i
apa p a oc i i o i i o i oc a a a . a a
o ic a a a i opi c api .

a ic a a i c c o a a a c o i , p a a a
i o o i, o i a a a , i apa pi o i i o .

a o i o o c p o c c , i a o a o i
a o i c p o , pa i op a i a a o i i
c a o c c i c c a ..

A a pa i p a a o ic o o , o i
ac i i a a o a op i c pa i a o c
p a c a i .

A a i c c op c o a o a o a i o p
pi a o c o i a a i a , o o o o a o p a a a
pi o a i i .

i p a a a c c a a ic o
io a i o c p o i a p o a c o o oc i aco .

aci a a c c a o i p i p :
ca o ac po a i c c (C C), c c , o ca oop a i c a a c .

o po a o p c ia i ac a a CA c c , o
o o i a a ac oc a o c c , i a i a a .[4]

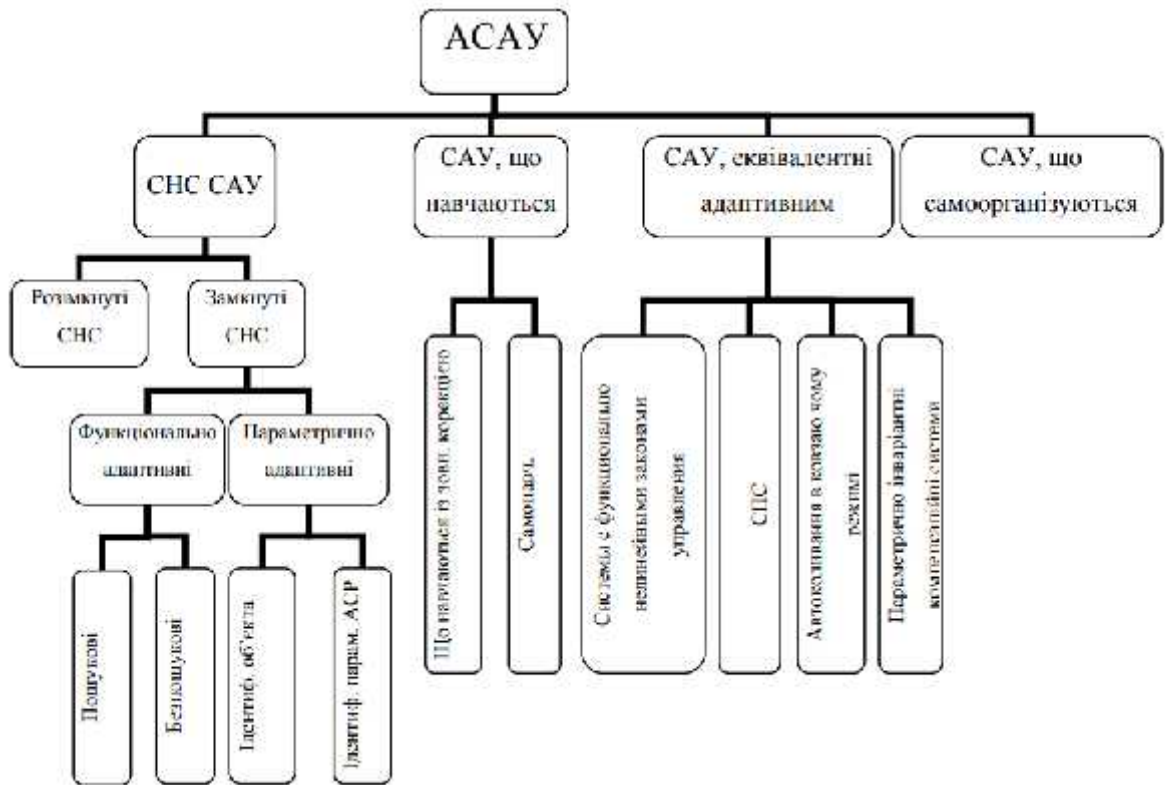


Рис.1.1. Класифікація САУ

Система автоматичного управління (САУ) – це сукупність елементів, які забезпечують виконання заданих функцій управління об'єктом. Вона складається з датчиків, контролерів, виконавчих механізмів та об'єкта управління. Основні типи САУ: замкнуті, розімкнуті, адаптивні, самоорганізуючі тощо.

Адаптивні САУ – це системи, які здатні змінювати свої параметри в процесі роботи в залежності від змін в об'єкті управління. Вони використовують методи адаптивного управління, такі як самоцілювання, ідентифікація об'єкта тощо.

Самоорганізуючі САУ – це системи, які здатні формувати свою структуру та параметри в процесі роботи в залежності від змін в об'єкті управління. Вони використовують методи самоорганізації, такі як самоцілювання, ідентифікація об'єкта тощо.

Система автоматичного управління (САУ) – це сукупність елементів, які забезпечують виконання заданих функцій управління об'єктом. Вона складається з датчиків, контролерів, виконавчих механізмів та об'єкта управління. Основні типи САУ: замкнуті, розімкнуті, адаптивні, самоорганізуючі тощо.

аpa p o-a a ACP a a c a i, i a apa pi
 p opa po c a i c a i o o o i op a i po op apa pi
 o' a. p o c i a a , o i i a i i a a o i o' ,
 a o c c c a p a .

C c , o ca oop a i c , - c c , i c c
 p c oc a o o , o i c , a pa o i c p p c c
 p a .

C c , o a a c - c c , op c o c a a a i, o
 a a a o a p a pa o oc o o o a o ,
 a a' o a a a i i op a i po o o c c i a o i
 io a .[4]

C c , o ca o a a c , - a i, i a a o
 i op a i, a a i i op c a p a o i.

C c pa i , i a i a a , op c o oco i
 p a o ac oc i i i c c , a p a , p a o o a ,
 o a i p , op a i a i o po o a i a i
 ac oc .[4]

po o i [5] a po o o a a ac i a i a a c c p a o
 i o a o op a a i a a a i. a p i a ac i a i a
 a p c.1.. C c , o a a c , i o p i



Р с.1.2. ас і а і а а с с р а

A a i c c , ac o a i a p c o i o i,
 ca o a a o a p opa a c c a a o o o c

р о а о с о і о а о а а о о р а . С с і о
с р р і с о о і о с а о о р о р .

і і с а о а а а р о р і а с а р р о
а і а р а р с с с а р і о р і р о р а і р
с о с р і а о і а р о о с с . о р с о і
і о о с і, о а о р а о о о о а р о р і .

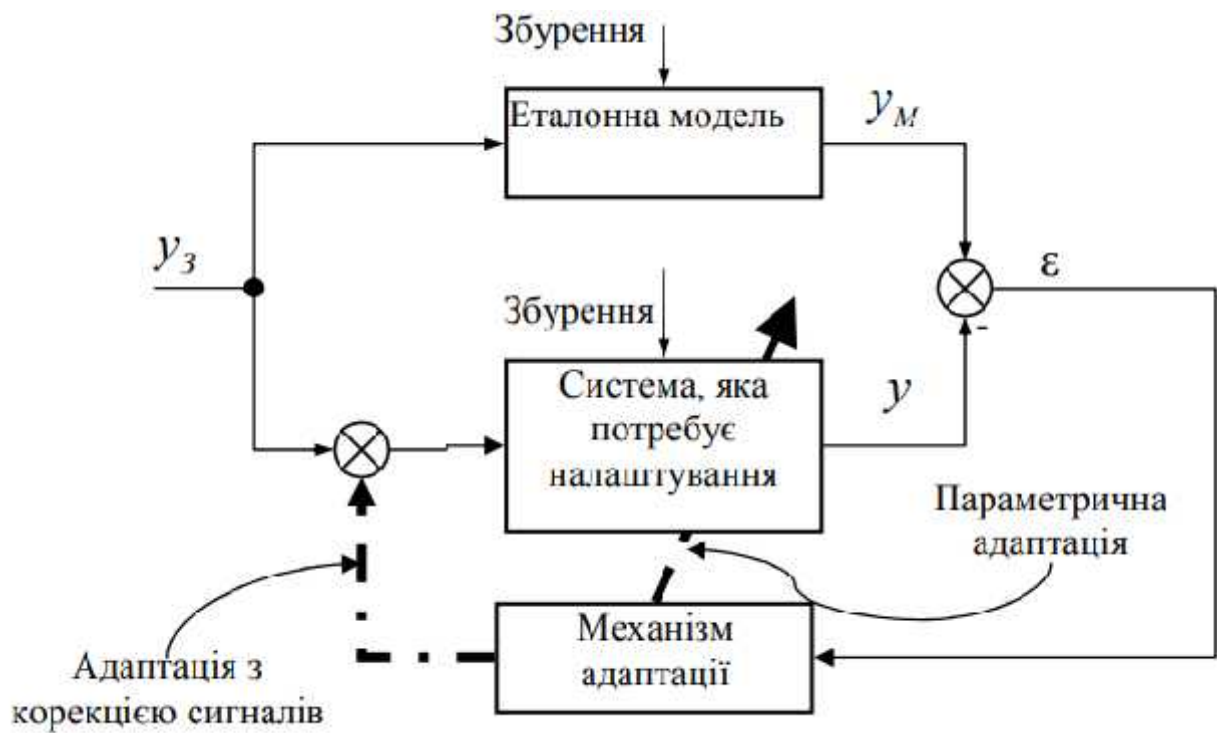
а о а о с с а а о о р а і а а а р а і y_M
а о а а о р с а і x_M а а а а y_3 .

а і і а с о а а а і р і і і о о с с y а
а о о о і y_M . о а а а і а с а а а і
а с о с а о с с р а о а с о с о і. о ,
а о, а а а с с а о р і а с о с і о р р а
а а , о р р о о і о і о с і ϵ .

а а і о і о о а і р а о ϵ а о о о
о р і с а і x і а о о о а с с о , о а а о с .
о с а с а а а а р а р і с с а о о р а о р і о о
і о о с а (о о о р о р а).[6]

а о і а р а р р о о а о с с , а о а о
о р с о а с і і і а і а р а р і о о а о о р о с і
о с о і о о р р о о с с .

О о р с а і о і с с о і с а с о с а
о р і о а о ' і [6]



Р с.1.3. А а а с с а р а а о о о

і і са о а а а р орі а с а р р о
 а і ара р с с с а р і ор і ро ра і р
 с ос р і а о і а ро о с с . ор со і
 і о ос і, о а о ра о о о о а р орі .

а і р ор , оі і і о і ро с , а о і с

ра і (а а р а р р с о і і а і) а а с
 р ора , о са о а а о с [7]. Ро о о о а р о а с
 ор с а а о а а і ро о о і , ор а ро
 р орі . ро і р ор ра і со а ріо а
 а а T_0 . Р ор а ріо о р а і р а р о о
 с а $\{u(k); k = 1, 2, \dots\}$ а ор і о ос і ро са о , а (і а
 а с с $\{y(k); k = 1, 2, \dots\}$)

а а а а а а а с с с а а р і о с о с ,
 о а і ара р с і с с ,
 о ро о а а і р а р о о.

C c a i i o c p po (C C) i i a c c a a o a o o
p a , o c a a c i c oc i p p i c c (c p p)
pa o p o po ci io a i o i c p p
c oc i o i o .

**1.4. o ic ,a a ic ,p a i ic a a c c
a o a o o pa i a o .**

a ac c oc pi a c poc a i p c o o oc , i
i p a a a i c c a o a o o pa i , a a o po
o a o po pa c op a i i c pi . a o po
o ic po a , a a ic a p a i o ic c c , a a o
po c a a a i i o o a a o o po a
a o .

o ic po a .

A o a i a a i c c , po po i pa i , o
po ' a pi o a i i a a i , a i i a o po i,
a opi a a o o op c a p c pci . pa a
o o i o o po p c a po o o i , po a
a a c c a o a pc .

A a ic .

pa a poc a i oc i pa c op aco i a o p o i a i
p , a ic a a c c oc op o . i o o
a i p o o o o o po i c c a
po a o o o o o i , a i oc o a pa i o o pa i .

P a i ic .

po a a a c c a a a o o o c oc i a
i p o po o . po i a i a oc i a i c i po po

o o i a o o o o p a c o p a c i c c c i p o p a
o i c p a i a i a o a o .

1.5. a a a i o c i a o i p a i a i

C o p p o p a p o a o o p o o o o ' a
a o o o p i a o c o o o o i a a , a a
p o o o c p a a a p o p a a , o p o c a i i a o o
a a . a a i, p o c o p o a o o c i:

1. i p a p o c p o :

o p c a p i o a i c c o p i , a a i c a i, a p ,
a c i a i i, o p a i o p a i p o a o c p o ,
a o p o o c a o a p o i p o .

2. O p o a a a i a :

P o p o a p o p a o o a o p o a a a i o p a a , o
i i a o i p o a a p a p c .

3. a a a p p :

P o p o a a o p i a o a o o a p p a o o
p o o o o ' a p a a p o i o c a a a .

4. A o p p o :

C o p a o p i p o , i o o o ' a a o
o o p o , o p c o o a o o a a ,
p o i a a o p a i a i i i .

5. o p o p :

p o p a a o o p a i p o a o o o ' a,
o i o i i a p p o .

6. p a a a i a o :

По ра , і ра о і і о р о о о ' а, а і а с а а іс ,ра і с о оро а і і ара р с .

7. р ір а а :

с а о с с р ір , о а ор р о оро с а і, а а а с і о а о а а а .

8. о с і о і ор і ор і :

ро а с с о с і о о о і ор , а о о ор а ар р ра і о р о а о і о а оро і.

рос а о і а ро ра о а р о :



Р с.1.4. о і а о а р о а р о о ' о

- 1) i a o p o i c a o a o p c a
a a c c
- 2) O i a i o o p a c o p c a o o a o p c a
a o a c c , i o p p o
- 3) p o p c p a i a i p o a o o p a c o p a c o i a a
p o a a a c c , i a c o p i
p c o c a o a o o o c p o a
- 4) A o a o a i c c a a i c o i a i o a
a a i c c p a c o p o o a c o
- 5) a a c c c p i o a i p a c o p i c c i,
p o p o i p o o o i
o p c a a a c c a o a o o p a i a
p o o p o p a c o p o i c p i , p o a o p a o a a
a a c a p a a o i o i a ,
a i o c i a a o o o p c a i .
A a p a i - c a c i i o p a p o c a ,
p c a i o o p a . o c o i o o i o a
p o c i i , i a a c c a o i c c a o c i o a a a c o i
i o i a c o i i c .
C o p p o p a p o a o o p o o o o ' a
a o o o p i a o c o o o o i a a , a a
p o o o c p a a a p o p a a , o p o c a i i
a o o a a .

PO I 2

По і 2. По по а о а а оп і с . і о о а по па .

2.1. а а с с па і .
 А а і с с па і с а а с пі о а і і , і
 па па о ос ос і а ос і па і і
 пі о а і по са .

р а а о а а о с с по о с с п а
 а а о о ро о а (п с. 2.1). о с а і оп а і о с с о
 і с с а с р а о о о с р о а і с с а ' .
 і с с а с р а о о о с р о а і с а
 (і р а і п оп а і а о і оп а і і п с ро), о а
 о а а і а с і р і п оп а і (і). С а а і
 а о о о ро а і а і о а а і по о о с о ' і , о
 п а а і . п о оп с о с а пі оп а і оп а і по
 ро о с і а а о о і , о о с а о о о о
 і с с ' . О р а а і оп а і а с о с а а п і а
 о а о , а о с па і о пі . і р па і с ро о
 а і о . ро о а а о а і оп, о а а і о і
 і с р о . По а с а пі а с а о і о о ро о а,
 о о ро о а і а а о а с о п с а .[8]

а па А С				А 23 02 19 000			
о а .	Приймак М.С.			По по а о а а оп і с . і о о а по па .	і .	Ар	Ар і
р і	..					23	111
о с .					С -213		
. о р.	..						
а . а .	..						



Р с. 2.1. С р р а с а а а о о р о а

Ос о і а а с с р а і :

С сор а а .

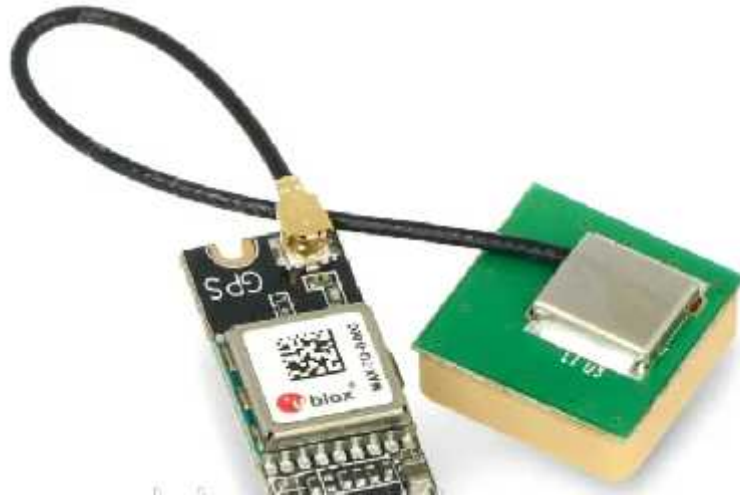
С сор р а а і а о о о с р о а, а і і о р а і ро
р а р , о о і с , р а і і а р а р .

Ро С с і: а а і і а і а а о с с , о о
с р а а а і а о о с і .

і с і а о р і о р а і а с а ро
а а і о о р а с , о о р о о і о с і р і
о р р о о о р а і і р о а с . о і с
і о с с а о о , о с і, і р а і с і о і
а а а о а о о о а і .

о а і і а р а і а і р і а р а р і
с р о а о р о і а р о і і о ' і с а і . а
а а р а р і о р с о а і о р а с р о а, о

opco c i i a i o' i . a o p i i po a i i,
o cio i, a a o a c i p c po .



P c.2.2. o a i a GNSS MAX-7Q

i a i a a o p a i op a i po o p i
i i apa p c o i o o c p o a a o c o i a a i o c i o c i
o o i a a o i, a I , C i p i c o o po i a .
p a o pi i i i c c .



P c.2.3. pa o a i c a i HC-SR04

a i a o o a apa p o a o' a
o i o o c p o a o o o p o i a a . , a p a , a i

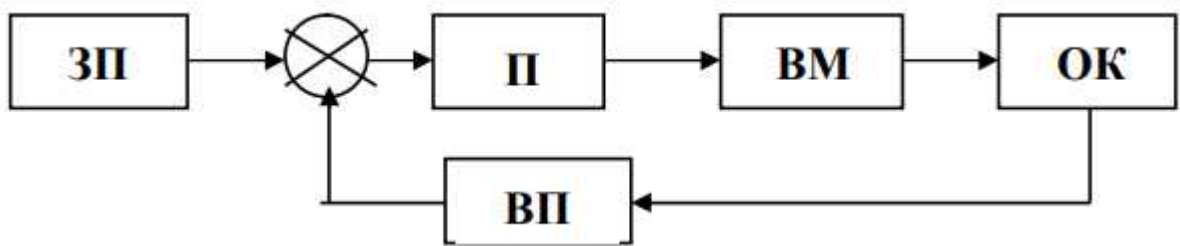
а р и с о о и а . а и а и о с с о а и
о а о о .[8]

р о (о р о р).

р о о р о и и а и и с с о р а р а р и о о
о а о о р а и с с о .

Р о С с и: и о и а а р р и а о с о и а а и и а
а с а о а р а р и р о о с с .

а а о а с р р а с а р о о о с с а о а о о
р а (р с. 2.4) с а а с : о ' а р а (О), и р а о о
р с р о (), а а о о р с р о (), с о о р с р о , и с а а ()
и о а о о а и ().[9]



Р с.2.4. а а а с р р а с а р о о о

о С с .

а а а а о о ' р а о с с , а и о р а а о и а
а о и а о и с р о .

Р о С с и: о р с о с р о о а а а и р а и с с
а р и и и с а .

о с с а о а о о р а р о а о ' о
о р с а а а а о р а а и а о и р ,
а р а р с о ' а а и а о р и . а а а а о с а а с
и о о и .

o p a pi CA a o c o i i a o i c a a
a a o c o p i . C ic ci pi i i a
pi c c .[10]

a a a o o i i i c c a o c i i
o c i o pi o . I o o p c o p po ' a i a a i a pi
a a p a pi a a o : o a o c i a p o c i o
o i , a o i o c o o c a a , o p a a o a o i a a
' , i a o a o o a i p o i i c i . a a o ,
o a a o o i p ' c p i o : o o o o , o a
o a o o a o i i o p a a a c o c i p a o c c p a , a
i o o o , a o ic p o c o , o c a a o c i .
p a o i p ic o p o i i p c a a o p a i p a o
c c i o i a o a o o o .[10]

A a o p .

, i o i i i a o i c a c c a o c o i
c a i i p o o o a .

P o C c i : P a i pi , p p o o , i c a
a o o i c c .

A a o p c c i a o a o o p a i a p o o ' o
i o i a a o a o a , o a o i o p a i . i
p c p o i p a o c i i pi , p i c c o p a i , i
a a i c a p o o o o ' a . a o i o
a a o pi , i o p c o c a o a c c a p a i
p a c o p a c o a : o o p , a a , c p o p o , c c p a i ,
p o i c a i i a o p a c c p a c a i ic , a p a o p i ic
a c c o p i .

А о р А а а і.

о і а а р о р , і о о с с і а а а с о о о і
с р о і.

Р о С с і: а і с а а і с с а а а с о
а о с і і .

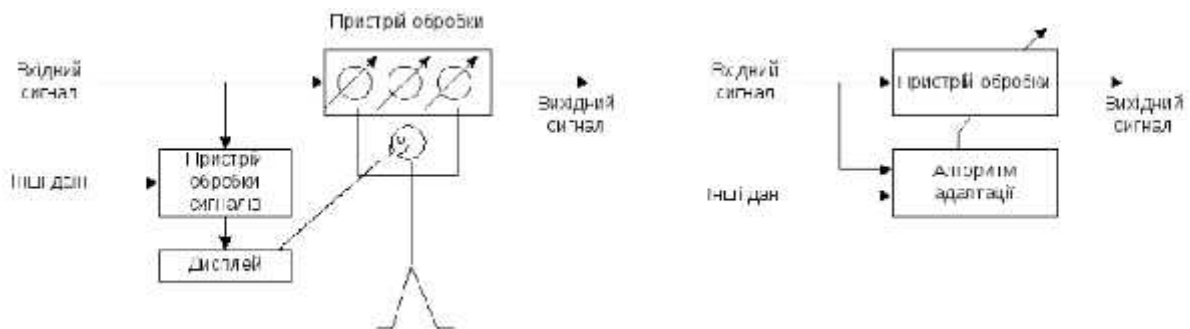
С с а а а о о р а і р о а о ' о о р с о
а а а і і а о р а о а о о а а а а р а р і р а і
р а о а с і, о і р о о і о а с с р і
о а і а с р о і.

о р о ' о .

а і , р а і о р а і р о р а о а і с с а а
о р о о о а о р і с р а і.

Р о С с і: о о с с і с а о р а а с о р о і с
а о с о і о р а р а і .

о р о і ' о о о с а о о с с а а а о о р а і і і-
р о о а . і о о с с і о р а і о р а і р о а с с а а
о р а а а і с р о і а а .



Р с.2.5. А а а і о р о о ' .

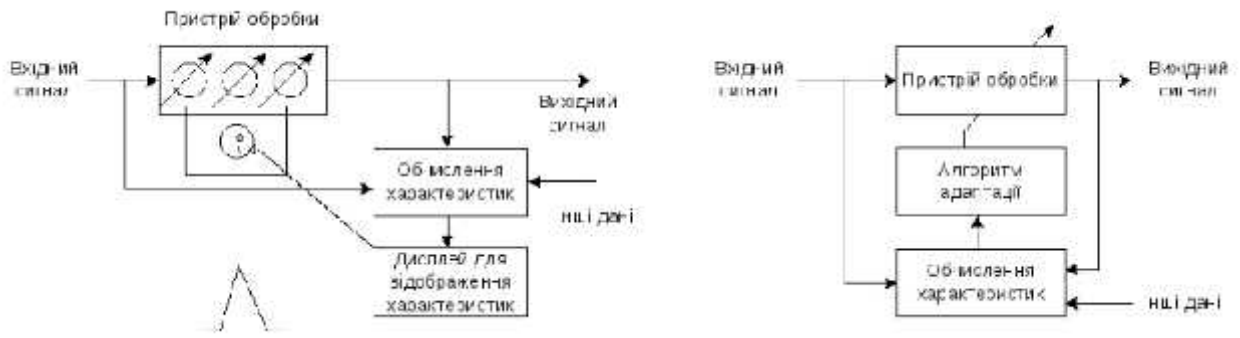


Рис.2.6. Алгоритми адаптації

Згідно з рис. 2.5, і 2.6, система адаптації складається з пристрою обробки, який отримує вхідний сигнал і виводить вихідний сигнал. Крім того, система отримує інші дані, які використовуються для обчислення характеристик та їх візуалізації на дисплеї. Система адаптації включає алгоритми адаптації, які дозволяють пристрою обробки адаптуватися до змінних умов середовища.

Система адаптації (рис. 2.6) складається з пристрою обробки, який отримує вхідний сигнал і виводить вихідний сигнал.

Крім того, система отримує інші дані, які використовуються для обчислення характеристик та їх візуалізації на дисплеї.

Роль системи адаптації полягає в тому, щоб пристрій обробки міг адаптуватися до змінних умов середовища.

Алгоритми адаптації дозволяють пристрою обробки адаптуватися до змінних умов середовища, що дозволяє збільшити ефективність роботи системи.

Система адаптації складається з пристрою обробки, який отримує вхідний сигнал і виводить вихідний сигнал. Крім того, система отримує інші дані, які використовуються для обчислення характеристик та їх візуалізації на дисплеї.

2.2. Приклад системи адаптації

Система адаптації складається з пристрою обробки, який отримує вхідний сигнал і виводить вихідний сигнал. Крім того, система отримує інші дані, які використовуються для обчислення характеристик та їх візуалізації на дисплеї.

a o c p o o o p a pi, c a i o o o a , ' a o p a i a i
a a

C ic a api c op i po a oc o pa i o ac IC,
o ' o oc o o (i a o) po i a po i ap .

po a ap a- c p po a po o c i o a p a i
o ip a , a a ca a a o o i oci a o a ' i
O .[12]

o ic i o pa a pi apa a a ap
o o p o i a i a pi i ac ic oc i.

po i ap ic oc i pa a po c ac o c i i, ac oco c
pi a , a p , pa c op , ic a a , a a, a a o
pi i o o i a a i ap a a .



P c.2.7. O o po o ap ic oc i p ac

po i ap ic oc i a a c c a pa i

op c o c o p a a o o pa i o i op a i a
c op o c a o o po i o o o o c p o a. i ap pa
o po i p i p pi , a a a i c c a o i a i
o po o i o a . op c o a i po i ap ic oc i
o a o pi o , a p a :

1) C c a a o o pa i o o op c a c
po apa c op o a ap p i , pa o
pi o a i i a op , a i i c ic pa i , o o i o a p po i
o .

2) a i a o o o o pa c op po i ap op c o c
c op o a ap o pa i a , o o o a a a o pa c op
aco a po i a a opo , o ' a i ic a o i i pac p p .

3) po i ap o op c o a c o i op a a a i
opo o op , o o a a a a c c a pa i po o a i
a opi a o i a i p .

4) A a i c c o op c o a po i ap
po o a i o , a o o i o , opo i po o a o i i o i ,
o o a i ic .

5) po i ap a a a o c p pi ,
o o a a c c a pa i po i o o c p o a p a a
a i .

6) i ic oc i o a i o o opi , i
i i pac p pi, a i i a op , i a ap . po i ap
o o c c a pa i a a a c o i .

a a o , op c a po ap ic oc i a a c c a
pa i po o p a a a i a o o
c p o i a o i a i io a c c p a o aci.

2.3.A op p c po

A op p c po a a c c a pa i
op c o c a i o o a a a apa pi c p p c c
o i p o a o pa a oc i i o a i oc o
i o o c p o i. i a op o o c c a a o a o
a a a c o o o , a c i ic a ic .

A op p o i pa i a a o c c pa i a
p o o ' o a oc i o i a , c p o a i a a a a i
o i c p o i a a a . C o a c c a oc i o pa a o po
pi o a i i a i i c copi o i o o o o c a a a a i o
a o o o c p o a.

ac po a a a i i o i a o
po c pa oc c c i pa i . a oc o i p a i
po o o a a i a a c o p i i , i o o i i
a a a i c c o o o .

ic o o po po c c pa i a a a i , a a apa pi
pa i , a op i a c p p i c c i. a a i i
po a c p o p i o i a i apa pi , a op i a c p p
c c .

ic c i c c a po o c a a a i p a p ip
oc i o o i pa i a a a a apa pi oc
o a o po oc i.

ac a p a a a i a i a a o a o c c pa o a a
o o ic o o o i o o op c a o o a . a i c c a oc i o
o i op o a pio o p o i p c a o i oc i,
a o a pa i pi c api .

a i i a a a a i c c pa i o i
c p o i a a a , a ic a co pi
po oc i.

i a op o op c o a c o p o o i a c
c op a a c c , i o p c o c o c o i
c p o i a a c i a o a pa i .

2.4. o

o a o o ap p a i pa c op p a
a o o pa pa i . Ic i i o a o a a o c a i, a o a i
opa c i c a o c a a , po a a a o i
op c a i o p oc i o i c aco .

o i a a A* (LPA*) o p a a i o o a o o ,
oc i o a a c o o p p a o aci, op c o
o p i p a o . a i c p a i p a o a , o
a po o o a i i a a o pa opi i i a i o o
a o op c a A* a op .[13]

a a a c c a pa i o p a i o a a
o o o o pi a op i . o a p a o o
op c a a op A* (A- ip a), o p a op o
o pa a .

p i a: a o p a , i a o a o c a a o a o o
i o i o o a o p o p i o .

Python

```
import heapq
```

```
class Node:
```

```
    def __init__(self, x, y, cost, heuristic):
```

```
        self.x = x
```

```
        self.y = y
```

```
        self.cost = cost
```

```
        self.heuristic = heuristic
```

```
    def __lt__(self, other):
```

```
        return (self.cost + self.heuristic) < (other.cost + other.heuristic)
```

```

def astar(grid, start, goal):

    rows, cols = len(grid), len(grid[0])

    directions = [(1, 0), (0, 1), (-1, 0), (0, -1)] # Possible movements: down, right, up,
left

    start_node = Node(start[0], start[1], 0, 0)

    goal_node = Node(goal[0], goal[1], 0, 0)

    open_set = [start_node]

    closed_set = set()

    while open_set:

        current_node = heapq.heappop(open_set)

        if (current_node.x, current_node.y) == (goal_node.x, goal_node.y):

            path = []

            while current_node:

                path.append((current_node.x, current_node.y))

                current_node = current_node.parent

            return path[::-1]

        closed_set.add((current_node.x, current_node.y))

        for dx, dy in directions:

            new_x, new_y = current_node.x + dx, current_node.y + dy

            if 0 <= new_x < rows and 0 <= new_y < cols and grid[new_x][new_y] == 0
and (new_x, new_y) not in closed_set:

                new_node = Node(new_x, new_y, current_node.cost + 1, heuristic(new_x,
new_y, goal_node.x, goal_node.y))

```

```

new_node.parent = current_node

if new_node not in open_set:

    heapq.heappush(open_set, new_node)

return None # No path found

def heuristic(x1, y1, x2, y2):

    return abs(x1 - x2) + abs(y1 - y2) # Manhattan distance

# Example usage:

grid_example = [

    [0, 0, 0, 0, 0],

    [0, 1, 1, 1, 0],

    [0, 0, 0, 0, 0],

    [0, 1, 1, 1, 0],

    [0, 0, 0, 0, 0]

]

start_point = (0, 0)

goal_point = (4, 4)

result = astar(grid_example, start_point, goal_point)

print(result)

o p a i a op o A* a o a opo o o
i o a o o o o i o o a o ip i ci i. ac
p a op c a o p o ci o , o a o o o o a i o
o o .

```


У с с с а и и а и;

У и п и а с с о п и а и а а и а и;

У с с и а о с .



Р с.2.8 п о и и п а и и п о с о -25

О и о п а п о и и п о с о и и с о п и
с и о с и а о о с и п и п а и о о о с и. п и о о, о
и п и с и с и с п о а , о о и а а с о с а о
а а и о о о с о а (. п с. 2.9). а п а п с а п о
о с о о а с о с а , о с и а п а с а и а о
и п и а и а и а п а а о с о а .

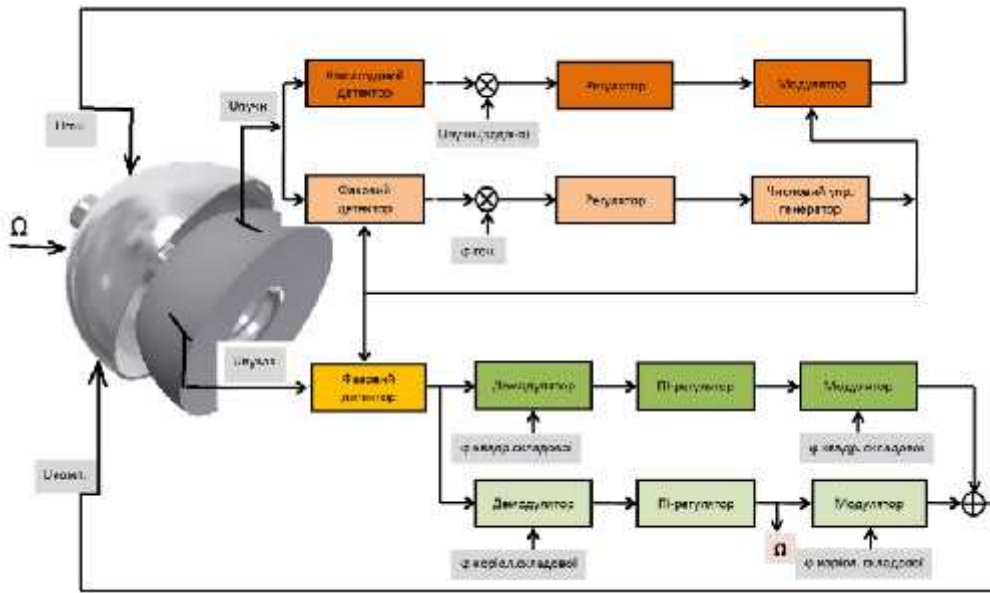


Рис. 2.9. Структурная схема системы управления

и

и о о, о LiDAR (Light Induced, Detection and Ranging – а .) – о о и о р а а о р о и о р а и р о i а i о ’ а о о о о а о с с , о о р с о а i о р а с i а а о о р о с i а р о о р i а i р о о р с р о а р [15]

и а р с с а а а о о р а а р о о ’ а о о о о а о о о о р а р а с о р а с о а . о о i о р с о а р i р о i и р а i с а а а о о о ’ i , о а а а i о р а i о о р а i р i р а о о а с .

С а i а а р- а с о с с а а о о о р о р о i р а о р i р а р а о о о р о с о р , о а о о р с о о с IC- а о р а а а р i р i а i а i i а а о 3D-C [16].



P c.2.10. i ap lite v.1

i ap o o c c a a a o o p a o a p o
 i . i a o op c o c o ap a ac i a i o ' i
 a opo i, a i i pa c op i aco , i o o i a p o .
 o o c c i a a a c pa i p a , o o pa o a
 o opo o op .

pi o o, i ap a o a o o a p
 pa c op o o aco , o p c c a a o o p a .
 o o p a i a i, a i p a oc i o oc i a
 p a o oc p .

i ap a o op c o c i , p a a
 i a po a a a o a i a o . i c p
 c c a a o a o ap o , po i a a i ic i a i a i a
 o a a ap a .

a a , op c a i apa c c a a a o o p a
 a o i pi a o a a i, a o op pa i
 a pa c op aco a .



Рис. 2.11. Структурна схема системи LIDAR

Система керування керує всією системою, включаючи систему позиціонування та орієнтації, систему вимірювання відстані та систему розгортки. Система позиціонування та орієнтації складається з блоку інерційної навігації та GPS/ГЛОНАСС. Система вимірювання відстані включає лазер, передавальну оптичну систему, приймальну оптичну систему, спектроаналізатор та блоки обробки сигналів. Система розгортки керує скануванням лазерного пучка.

Система вимірювання відстані працює за принципом часу польоту світла. Лазер випускає пучок, який відбивається від об'єкта та повертається назад. Час між випуском та прийомом сигналу дозволяє визначити відстань до об'єкта. Спектроаналізатор використовується для фільтрації сигналу та видалення фонових шумів.

2.6. Структура системи керування LIDAR

Система керування керує всією системою, включаючи систему позиціонування та орієнтації, систему вимірювання відстані та систему розгортки. Система позиціонування та орієнтації складається з блоку інерційної навігації та GPS/ГЛОНАСС. Система вимірювання відстані включає лазер, передавальну оптичну систему, приймальну оптичну систему, спектроаналізатор та блоки обробки сигналів. Система розгортки керує скануванням лазерного пучка.

C c o p o o ' o p c o p i o a i i c c o p , a i
a p , p a a p , i a p , o p i o p a i p o c a p a c o p o o a c o a
o o o o . O p a i a i p a c c c i a a o o p a i
o a o o a a i . C c a o p o o o ' o o a o c a
a o o i , a o o i c , p o a a a c a p i c c .

a a a o p c o c c o p o a a o p i ,
i o p a a o a i c p a i p a a o c o i o p
a . i o i a a o p p o i a a o ' i , p o o a
o i a p a i a p i i c a i a o p o i .

2.7. p o o c o a

p o o c o a o c i a a o o p a i a
p o o ' a a o c a o o o i a i i o a a
p a c o p a c o i . i i p a a o p c a p i o a i
a a i a o c a o i c o p o , i a i
p a a a i c a c c a a i p .

a o a o o a i o c i p a a a i p i o a i a ,
o p a i c c o p i , a p , i a p i a i p . i a i o a
c i o p a i p o i c a p o a a p a c o p o o a c o , c a
o p o , o o i o a i i a o p .

i c o o p o p o c p o o c i o i , i p a o a o i
p i a p a p i . i o i o o p c o a o o o
i , a o o a a a a a i o i p a
a i c a i c c .

p o o c o a o a c p o o a
a o o p o a a p a c o p o o a c o , o o o c i , i a
p a i a o i i o . O p a i p o o o p c o c a a a i
c p a i p a i a p o o ' o .

2.8. Po po a po pa o-a apa o o i

Po po a po pa o-a apa o o i c c a a o o p a
p o a o ' o c a i o c po co . o a
a a i o o c c , i p a io a i a i i
apa p , i a a ic a a o o p a . a ac o
a i po po c ap i pa c c , a a c o po pa o o a
a apa o o a , a o a a o i ai pa i .

C po o a i po pa i o i a c a op a a o o
p a , o po a i c copi , a c c a o o a a .
po pa a op c o c a o i a apa
o o a , a c cop a o a i a i , i i p c
c c .

ic p a i a i po pa o-a apa o c c po o c c a a
a i a i . a c p ip o p o o i , a a o a o i
i po pa a a apa a . c a c p o a a
p ip op oc i p a i c c a pi i o p a c a a i i
c api .

po ci o i a i a oc o a pa o c p a
c a . i c c o pa po pa o , a i a apa o
a i oc o a o oc i , o oc i a c a i oc i
a a o o p a .

C op o o i o po pa a a o c c pa i
a p o o ' o po o a o c a a a a
a a o a o o o p o , a i a apa p c
o ' a. O a , o a a a a p a a o i po pa a Python,
o op c o i io po o i c i p po o a

```
import pygame
```

```

import heapq

class PathPlanner:

    def __init__(self, grid):

        self.grid = grid

        self.open_set = []

        self.closed_set = set()

    def heuristic(self, a, b):

        return abs(a[0] - b[0]) + abs(a[1] - b[1])

    def get_neighbors(self, node):

        neighbors = []

        for dx in [-1, 0, 1]:

            for dy in [-1, 0, 1]:

                if dx == 0 and dy == 0:

                    continue

                new_node = (node[0] + dx, node[1] + dy)

                if 0 <= new_node[0] < len(self.grid) and 0 <= new_node[1] < len(self.grid[0])
and self.grid[new_node[0]][new_node[1]] == 0:

                    neighbors.append(new_node)

        return neighbors

    def find_path(self, start, goal):

        heapq.heappush(self.open_set, (0, start))

        while self.open_set:

            current_cost, current_node = heapq.heappop(self.open_set)

```

```

if current_node == goal:

    path = []

    while current_node is not None:

        path.append(current_node)

        current_node = self.grid[current_node[0]][current_node[1]]

    return path[::-1]

self.closed_set.add(current_node)

for neighbor in self.get_neighbors(current_node):

    if neighbor in self.closed_set:

        continue

    new_cost = current_cost + 1

    heapq.heappush(self.open_set, (new_cost + self.heuristic(neighbor, goal),
neighbor))

    if new_cost < self.grid[neighbor[0]][neighbor[1]]:

        self.grid[neighbor[0]][neighbor[1]] = new_cost

class Robot:

    def __init__(self, start, goal, path_planner):

        self.position = start

        self.goal = goal

        self.path_planner = path_planner

        self.path = []

        self.speed = 2

```

```

def update(self):

    if not self.path:

        self.path = self.path_planner.find_path(self.position, self.goal)

    if self.path:

        next_position = self.path.pop(0)

        dx = next_position[0] - self.position[0]

        dy = next_position[1] - self.position[1]

        distance = (dx**2 + dy**2)**0.5

        if distance > 0:

            self.position = (self.position[0] + dx / distance * self.speed, self.position[1] +
dy / distance * self.speed)

def main():

    pygame.init()

    screen = pygame.display.set_mode((800, 600))

    pygame.display.set_caption('A a c c a p a i p o o \ ' o
p o a ')

    clock = pygame.time.Clock()

    grid = [[0] * 40 for _ in range(30)] # 0 - i a i a, 1 - p o a

    for i in range(10, 20):

        grid[15][i] = 1

    for i in range(5, 15):

        grid[i][25] = 1

    path_planner = PathPlanner(grid)

```

```

start = (5, 5)

goal = (35, 25)

robot = Robot(start, goal, path_planner)

running = True

while running:

    for event in pygame.event.get():

        if event.type == pygame.QUIT:

            running = False

    robot.update()

    screen.fill((255, 255, 255))

    pygame.draw.circle(screen, (255, 0, 0), goal, 20)

    pygame.draw.circle(screen, (0, 0, 255), (int(robot.position[0]),
int(robot.position[1])), 10)

    pygame.display.flip()

    clock.tick(60)

pygame.quit()

if __name__ == "__main__":

    main()

    o o i c o p o ac PathPlanner, i o i a a a o
    a pa o o ap p a o o o o a op A*. ac Robot p c a
    p o o ' a a o update, a a o o o po o a.
    C i op c o p o a o i o c pa i p po o a p
    o ac i p o a .

```

2.9.C po pa o-a apa o o i

C po pa o-a apa o o i c c a a a o o pa i
a p o o ' o - c op i po a o c c , a o '
po pa a a apa a o o pa i p o
o ' o pi o a i o a . o a a o o c c ,
pa o oco oc i o ' a, c p o a a oc a a a ,
a a c c cop a a a op
a a i c po pa o ac po po c a op pa i ,
o pa o o a o oc i o a a . po o c i pa i
po pa o o a a apa o o a , a a o i a
c a i ic .

C a c a apa pi o i a i po o
o p o a . a p po c, c c a o o a o op c a
p a o a , oc i o a a c o i o o oc
o a o o pa i a p o o ' o .

o a o a o o p , o o po o ca oc i o p a a a
p a a i o c a c p o i. o o po p o ac Robot,
o a o ic p o a a o i .

```
import pygame
```

```
import heapq
```

```
class PathPlanner:
```

```
    def __init__(self, grid):
```

```
        self.grid = grid
```

```
        self.open_set = []
```

```
        self.closed_set = set()
```

```

def heuristic(self, a, b):

    return abs(a[0] - b[0]) + abs(a[1] - b[1])

def get_neighbors(self, node):

    neighbors = []

    for dx in [-1, 0, 1]:

        for dy in [-1, 0, 1]:

            if dx == 0 and dy == 0:

                continue

            new_node = (node[0] + dx, node[1] + dy)

            if 0 <= new_node[0] < len(self.grid) and 0 <= new_node[1] <
len(self.grid[0]) and self.grid[new_node[0]][new_node[1]] == 0:

                neighbors.append(new_node)

    return neighbors

def find_path(self, start, goal):

    heapq.heappush(self.open_set, (0, start))

    while self.open_set:

        current_cost, current_node = heapq.heappop(self.open_set)

        if current_node == goal:

            path = []

            while current_node is not None:

                path.append(current_node)

                current_node = self.grid[current_node[0]][current_node[1]]

            return path[::-1]

```



```

self.closed_set.add(current_node)

for neighbor in self.get_neighbors(current_node):

    if neighbor in self.closed_set:

        continue

    new_cost = current_cost + 1

    heapq.heappush(self.open_set, (new_cost + self.heuristic(neighbor,
goal), neighbor))

    if new_cost < self.grid[neighbor[0]][neighbor[1]]:

        self.grid[neighbor[0]][neighbor[1]] = new_cost

```

```
class Robot:
```

```

def __init__(self, start, goal, path_planner):

    self.position = start

    self.goal = goal

    self.path_planner = path_planner

    self.path = []

    self.speed = 2

    self.obstacle_avoidance_enabled = False

def update(self):

    if not self.path:

        self.path = self.path_planner.find_path(self.position, self.goal)

    if self.path:

        next_position = self.path.pop(0)

        dx = next_position[0] - self.position[0]

```

```

dy = next_position[1] - self.position[1]

distance = (dx**2 + dy**2)**0.5

if distance > 0:

    self.position = (self.position[0] + dx / distance * self.speed,
self.position[1] + dy / distance * self.speed)

def enable_obstacle_avoidance(self):

    self.obstacle_avoidance_enabled = True

def avoid_obstacles(self):

    # o i a          p o ( o          p a i o a a a o o o o
a i )

    pass

def main():

    pygame.init()

    screen = pygame.display.set_mode((800, 600))

    pygame.display.set_caption('A a          a c c          a p a i          p o
o \' o          p          o a ')

    clock = pygame.time.Clock()

    grid = [[0] * 40 for _ in range(30)] # 0 - i          a i          a, 1 - p          o a

    for i in range(10, 20):

        grid[15][i] = 1

    for i in range(5, 15):

        grid[i][25] = 1

```

```

path_planner = PathPlanner(grid)

start = (5, 5)

goal = (35, 25)

robot = Robot(start, goal, path_planner)

running = True

while running:

    for event in pygame.event.get():

        if event.type == pygame.QUIT:

            running = False

        elif event.type == pygame.KEYDOWN:

            if event.key == pygame.K_SPACE:

                robot.enable_obstacle_avoidance()

    if robot.obstacle_avoidance_enabled:

        robot.avoid_obstacles()

    robot.update()

    screen.fill((255, 255, 255))

    pygame.draw.circle(screen, (255, 0, 0), goal, 20)

    pygame.draw.circle(screen, (0, 0, 255), (int(robot.position[0]),
int(robot.position[1])), 10)

    pygame.display.flip()

    clock.tick(60)

pygame.quit()

```

```
if __name__ == "__main__":
```

```
    main()
```

```
        o o i o a o o enable_obstacle_avoidance o ac Robot,  
o o a a a o o p p o . a o o a o  
o avoid_obstacles, o pi o p a i a o i p o  
( o op c o a a i i o ). p a c a i po i  
a c a o o p , a p o o o a a p o .
```

```
    c o o
```

```
        A a i c c pa i c a a c pi o a i i , i  
pa pa o oc oc i a oc i pa i i  
pi o a i po ca .
```

```
        Oc o i a a c c pa i : c cop a a ,  
p o , o c c , a a op , a op a a a i , opo ' o ,  
o i a o o a a .
```

```
        po i ap op c o c o p a a o o pa i o  
i op a i a c op o c a o o po i o o o o c p o a . i  
ap pa o po i p i p pi , a a a i c c a  
o i a i o po o i o a
```

```
        o a o o ap p a i pa c op p a  
a o o pa pa i .
```

```
        p o i i ipoc o , a p a i ap a o o a  
a a c c a pa i , oco o o c i po o o i a  
a o o o o pa i . o c copi o c o i a i i a  
o o c c i o p a i op a i poc o o o a ac ca .
```

```
        Po po a po pa o-a apa o o i c c a a o o p a  
p o a o ' o c a i o c po co . o a  
a a i o o c c , i p a io a i a i i
```

apa p , i a a ic a a o o p a . a ac o
a i po po c ap i pa c c , a a c o po pa o o a
a apa o o a , a o a a o i ai pa i .

C po pa o-a apa o o i c c a a a o o pa i
a p o o ' o - c op i po a o c c , a o '
po pa a a apa a o o pa i p o
o ' o pi o a i o a . o a a o o c c ,
pa o oco oc i o ' a, c p o a a oc a a a ,
a a c c cop a a a op

a c a o o oc i a p o , a o o oc i a
a a oc i o a po p o i p o a a o a o
a a a i . a o a op c a o poc i i , po o
op c o a a a p o a a a o
op c i .

PO I 3

PO I 3: Po po a o a a op i c . i o o a po pa .

3.1. o a a o i a oc i
i o p a i poc a op p o p o o o o ' a.
a a po o oc o i o :

pa i p o :

numObstacles = 100;

obstaclePositions = rand(numObstacles, 2) * 10;

p c a a a i ic (numObstacles) a o p o
o ip o poc opi po ipo 10x10.

apa p p o o o a o o o ' a:

objectPosition = [0, 0];

objectVelocity = [1, 1];

a a c o a o a o i a ic o ' a.

apa p :

avoidDistance = 1;

objectSpeedCoefficient = 0.01;

a pa A C

A 23 03 19 000

o a .	Приймак М.С.			Po po a o a a op i c . i o o a po pa	i .	Ap	Ap i
pi	..					54	111
o c .					C -213		
. o p.	..						
a . a .	..						

```

avoidDistance = objectSpeedCoefficient * objectSpeed;
avoidDistance = min(avoidDistance, avoidDistance);
avoidDistance = avoidDistance;

```

```

avoidDistance = avoidDistance;

```

```

simulationTime = 10;

```

```

timeStep = 0.01;

```

```

avoidDistance = avoidDistance;

```

```

for currentTime = 0:timeStep:simulationTime

```

```

    avoidDistance = avoidDistance;

```

```

    avoidDistance = avoidDistance;
    avoidDistance = avoidDistance;
    avoidDistance = avoidDistance;
    avoidDistance = avoidDistance;

```

```

    avoidDistance = avoidDistance;

```

```

    avoidDistance = avoidDistance;

```

```

    avoidDistance = avoidDistance;

```

```

    avoidDistance = avoidDistance;

```

```

    avoidDistance = avoidDistance;

```

```

    avoidDistance = avoidDistance;

```

```

    avoidDistance = avoidDistance;
    avoidDistance = avoidDistance;
    avoidDistance = avoidDistance;

```

Object avoidance:

```
objectVelocity = objectVelocity + objectSpeedCoefficient * totalAvoidVector;
```

```
objectPosition = objectPosition + objectVelocity * timeStep;
```

```
function avoidObstacles(objectPosition, objectVelocity, obstaclePositions)  
    % Avoid obstacles by adjusting velocity  
    for i = 1:length(obstaclePositions)  
        obstaclePosition = obstaclePositions(i, :);  
        distance = norm(objectPosition - obstaclePosition);  
        if distance < objectRadius + obstacleRadius  
            % Calculate avoidance vector  
            avoidVector = (objectPosition - obstaclePosition) / distance;  
            avoidVector = avoidVector * (objectRadius + obstacleRadius - distance);  
            % Adjust velocity  
            objectVelocity = objectVelocity - avoidVector * objectSpeedCoefficient;  
        end  
    end  
end
```

Plotting:

```
plot(objectPosition(1), objectPosition(2), 'bo'); hold on;
```

```
plot(obstaclePositions(:, 1), obstaclePositions(:, 2), 'rx');
```

```
quiver(objectPosition(1), objectPosition(2), totalAvoidVector(1), totalAvoidVector(2),  
'g');
```

```
axis equal;
```

```
axis([0 10 0 10]);  
title('Object Path with Obstacle Avoidance');  
xlabel('X-axis');  
ylabel('Y-axis');
```

Legend:

```
legend('Object', 'Obstacles', 'Avoid Vector');
```

```
title('Object Path with Obstacle Avoidance');
```

```
xlabel('X-axis');
```

```
ylabel('Y-axis');
```

```
hold off;
```

```
figure; plot(objectPosition(1), objectPosition(2), 'bo');  
plot(obstaclePositions(:, 1), obstaclePositions(:, 2), 'rx');
```



```
O , o o p a o o o ' a poc opi p o a a p a i
poc a op p o .
```

```
% pa i p o
numObstacles = 100;
obstaclePositions = rand(numObstacles, 2) * 10; % a o i o i p o
```

```
% apa p p o o o a o o o ' a
```

```
objectPosition = [0, 0]; % o a o a o i o ' a [x, y]
objectVelocity = [1, 1]; % o a o a ic o ' a [vx, vy]
avoidDistance = 1; % i c a p o
objectSpeedCoefficient = 0.01; % o i i oc i o ' a
% i o o a a apa p c i c i
```

```
simulationTime = 10;
```

```
timeStep = 0.01;
```

```
% C i
```

```
for currentTime = 0:timeStep:simulationTime
```

```
    % O c opi o o p o
```

```
    avoidVectors = zeros(numObstacles, 2);
```

```
    for i = 1:numObstacles
```

```
        obstaclePosition = obstaclePositions(i, :);
```

```
        directionVector = obstaclePosition - objectPosition;
```

```
        distance = norm(directionVector);
```

```
% p ip a, a a o o o p o
```

```
        if distance < avoidDistance
```

```
            avoidVectors(i, :) = directionVector / distance;
```

```
        end
```

```
    end
```

```
totalAvoidVector = sum(avoidVectors, 1);
```

```
% O o o i a oc i o ' a
```

```
objectVelocity = objectVelocity + objectSpeedCoefficient * totalAvoidVector;
```

```
objectPosition = objectPosition + objectVelocity * timeStep;
```

```
% i a i a i
```

```
plot(objectPosition(1), objectPosition(2), 'bo'); hold on;
```

```
plot(obstaclePositions(:, 1), obstaclePositions(:, 2), 'rx');
```

```
quiver(objectPosition(1), objectPosition(2), totalAvoidVector(1),
```

```
totalAvoidVector(2), 'g');
```

```
axis equal;
```

```
end
```

```
legend('Object', 'Obstacles', 'Avoid Vector');
```

```

title('Object Path with Obstacle Avoidance');
xlabel('X-axis');
ylabel('Y-axis');
hold off;

```

3.2. Path planning

The path planning process involves finding a route from a start point to a goal point while avoiding obstacles. The path is represented by a blue line, and the obstacles are represented by red dots. The avoidance zones are shown as green shaded areas. The path is calculated using a search algorithm, such as A* or Dijkstra's algorithm, which takes into account the distance to the goal and the cost of moving through the environment. The path is then visualized on a 2D plot.

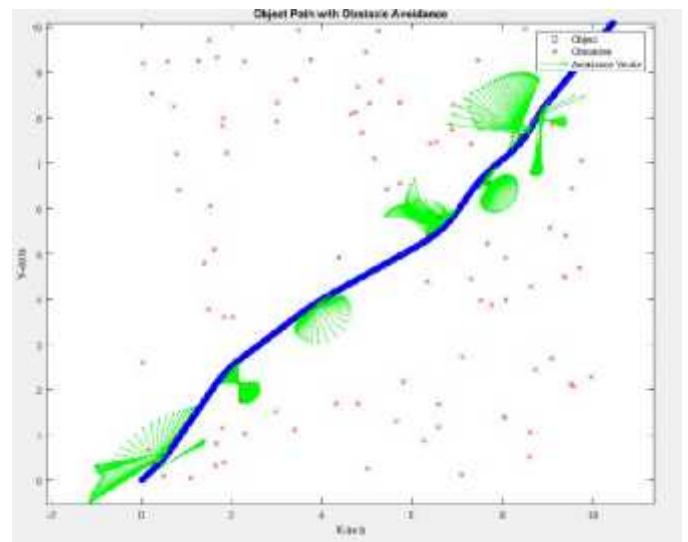
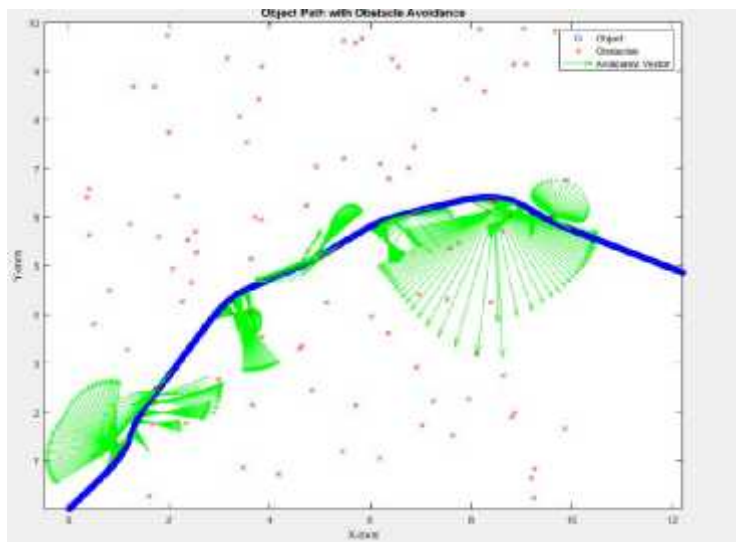
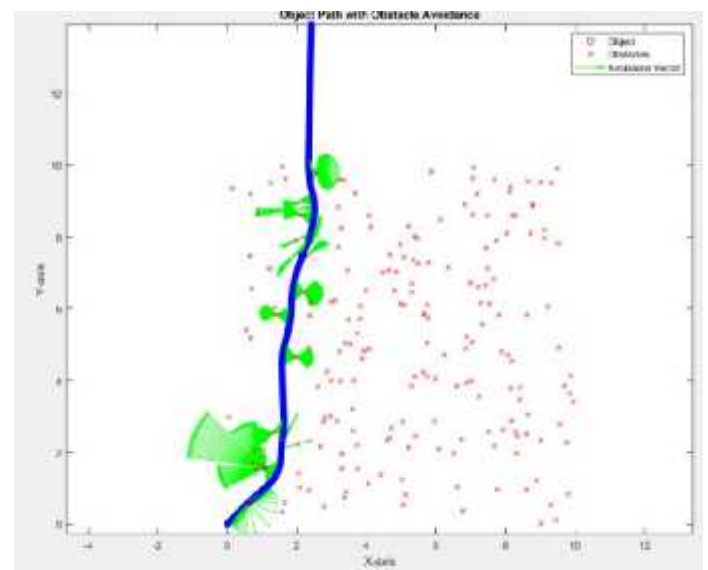
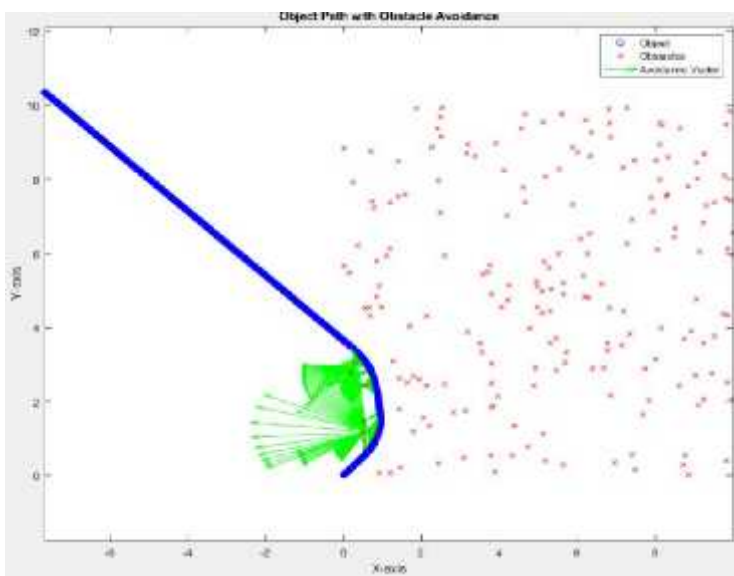
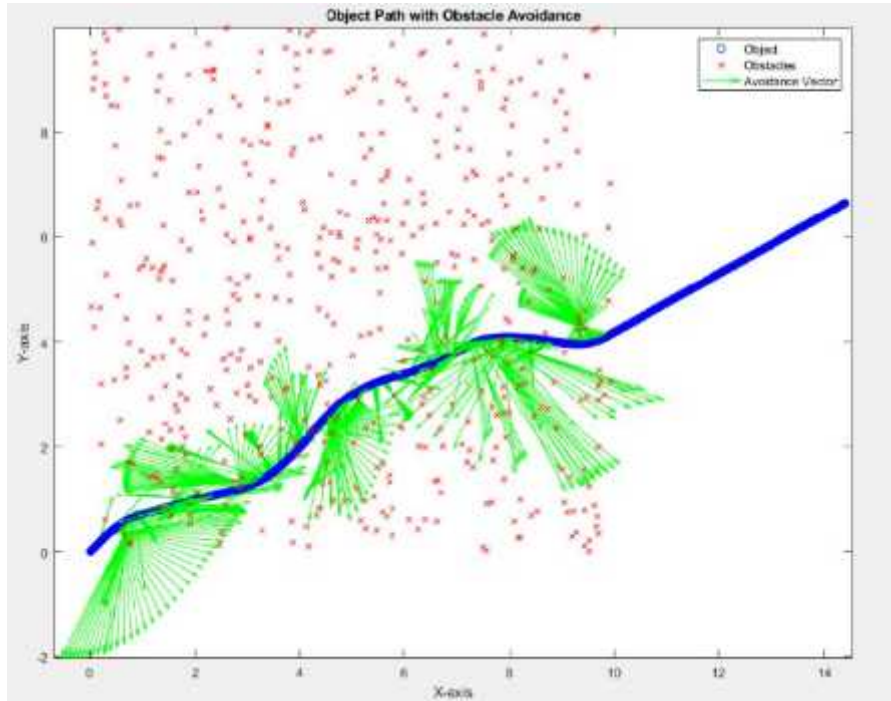


Figure 3.2: Path planning for a distance of 200.



o i a c c , p 500 a o p o a :

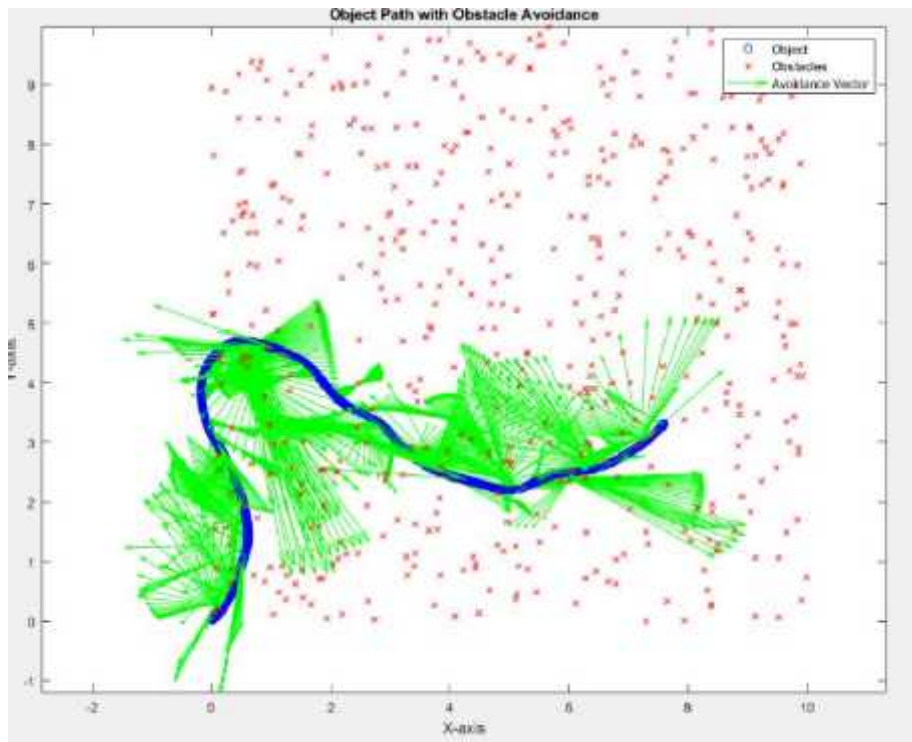
c i o po , a o a o i , o p o o a a c c a
o i o a a c p o a



P c.3.3. o i a c c , p 500 a o p o a

a a o i a c c , p 500 a o p o a :

c i o po , p o o o a a c c a o a a c o i ,
o ' a o i c a i c p o a o o



Р с.3.4. а а о і а с с , р 500 а о р о а
 о па р а с с о і о с а р о р а о а
 по па а а і а р.

3.3. Oc o i p c a i i a i p a o o p o o o o ' ,

e e o c a i i a i p o o o a o o o ' e o i o :

a c a c c , o o a a o c o p o .

a o a i a a p a c c o a o i o c i .

o o i a o o o , c c a a a c o p o o .

o c a o c a c c e o p c o c a a o p c p o , c c o p i , a
 ca : i p o c o a a c p o p , a i o p , a i c a i , a p a
 i o a p , g p s - a , a c a c o , a o c i a
 o p a o i c , i p i a i i p a i , a p a p a o o o c i .

o a p o o ' c i , a o o o a a o o
 i c a o p o c o p i . C a i i a i i c c o o p o p i
 a p a p i , a c o a , a a i i i p i .

C a i i c p a i p o a o ' o a i o o c c
 p a . O c i c c a o c a i o , o i o p o c
 c a i i a i a o o o o p o o o p o p a . p o p a
 o a p a i c a a , p a c c a a a a o i
 i a c a i o c i p o o p o o o i i - p o o a .

Оскільки це є звичайною системою з відхиленням, то її можна розглядати як систему з відхиленням, де вхідний сигнал g подається на суматор з від'ємним знаком, а вихідний сигнал y подається на суматор з додатним знаком. Система складається з двох ланок: W_p та W_o .

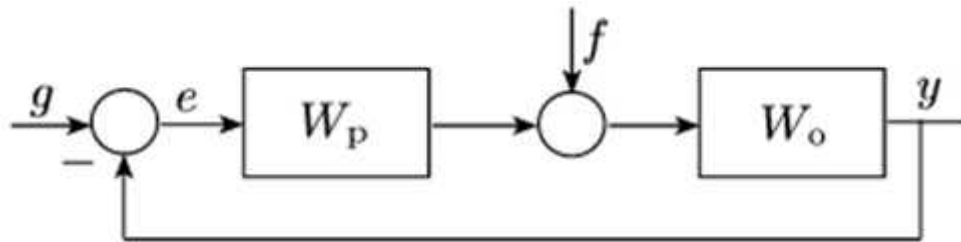


Рис. 3.5. Система з відхиленням

Система з відхиленням є звичайною системою з відхиленням, де вхідний сигнал g подається на суматор з від'ємним знаком, а вихідний сигнал y подається на суматор з додатним знаком. Система складається з двох ланок: W_p та W_o .

$$W_3(s) = \frac{W_p(s)W_o(s)}{1 + W_p(s)W_o(s)} = W_5(s);$$

іс пи і пі ос і ере а а о і ре ора, а о:

$$W_p(s) = \frac{1}{W_o(s)} \frac{W_6(s)}{1 - W_5(s)};$$

А о , о $W_o(s) = \frac{F(s)}{R(s)}$,

$$W_p(s) = \frac{R(s)}{P(s)} \frac{W_6(s)}{1 - W_5(s)}; (1)$$

При формулюванні передавальної функції $W_6(s)$ та виборі передавальної функції регулятора $W_p(s)$ важливо враховувати фізичну реалізованість обраного регулятора та грубість синтезованої системи.

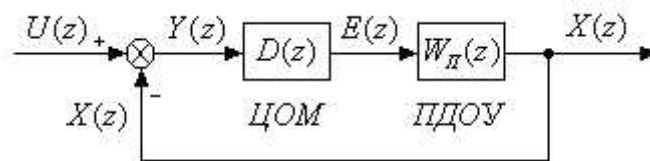
п а а а і а а с і о о а о , о і о
 а а а с а і ' і і о і а р і і с і
 о і о і .

п о р с а і о с с с а о с о і а а о п а а о
 і о і о о р а с р о с і , о о а о с а і
 р а о с і а і п а а о і о ' а і о і о о р а
 о с і а і п а а о і р о р а .

а а а о п а а о і о о а а с а а а
 о а о о с і с о а о с с .

3.4. С о р с с р о о о п а а о с о і о р а а о п а а о і . о р с а о і о і а р і р о с с .

Р о і а с с а п с а с о о о с і о ' а р о о о
 р о р а , о о а о о а а і і р о р о с о р а , а о о с р о о
 о ' а р а (О) .



Р с. 3.6. а а а с р р а а е о с с е С А

О – р е е с р е О

е р е а а а і а е о С А а і с а о а е [17]:

$$H_X(z) = \frac{X(z)}{U(z)} = \frac{D(z) \cdot W_{II}(z)}{1 + D(z) \cdot W_{II}(z)} = \frac{W_P(z)}{1 + W_P(z)}, \text{ де } W_P(z), D(z), W_{II}(z) \text{ відповідно}$$

р с о, о ере а а а і а е о СА о ра а і орі
 а а і (е а о і): $H_x(z)XH(z)$. І р о ере а а а і О
 і о а о іс о о і а а е ара е рі О :

$$W_{\pi} = W_{\pi_0}(z) = \frac{P_0(z)}{Q_0(z)} z^{-s_{\pi}},$$

де s_{π} - запізнення в ОУ.

Із записаного виразу можливо обчислити передавальну функцію ЦОМ:

$$D(z) = \frac{1}{W_{L_0}(z)} \cdot \frac{H_B(z)}{1-H_B(z)} = \frac{Q_0(z)}{P_0(z)} \cdot z^{s_{\pi}} \cdot \frac{H_B(z)}{1-H_B(z)} = \frac{Q_{0+}(z)}{P_{0+}(z)} \cdot \frac{Q_{0-}(z)}{P_{0-}(z)} \cdot z^{s_{\pi}} \cdot \frac{H_B(z)}{1-H_B(z)},$$

При цьому виконана факторизація поліномів $Q_0(z)$ і $P_0(z)$, тобто їх представлення у вигляді:

$$Q_0(z) = Q_{0+}(z) \cdot Q_{0-}(z), \text{ та } P_0(z) = P_{0+}(z) \cdot P_{0-}(z),$$

є $Q_{0+}(z), P_{0+}(z), Q_{0-}(z), P_{0-}(z)$ - о і о , оре і ро а о а і сере і
 о а о о о ра і с (і е с „+”) а о і о , оре і ро а о а і а а
 о а о о о о о ра і с (і е с „-”).

о і Припустимо, що $H_B(z) = A(z) \cdot \frac{M(z)}{G(z)} e^{-s_B}, 1-H_B(z) = B(z) \cdot \frac{N(z)}{G(z)}$.

о с е ара е рі ере а а о і О а а а о ере а а о
 і

$$G(z) \cdot z^{s_B} = A(z) \cdot M(z) + B(z) \cdot N(z) \cdot z^{s_B},$$

де s_B - бажане запізнення.

а е о СА о о ор с о а ас е о і о іа е рі :

Ро е о о і о ре і ос і $H(z)$, о о о , о а
 а о о а а а ере а а а і о о, о а о іс
 ре а і а ере а а і О (а ор ре ора).

о ре а і ос і:

1. pa o i ic a p , a o ic a pa o o' i
pa i , a a a p a a a i o a a a p , o a,
i pa o o' i pa i : s | s .

2. o i o i o pea i oc i a op po o O , o o
epe a a o i $D(z)$ op o a a o epe a a o i a e o
c c e n o e e e , i op o epe a a o i O :
 $n | n$.

op o epe a a o i a a pi c e e i o i o i
a e a a ce a epe a a o i .

ac oc a e o a a o epe a a o i o o pa pe op
a o , o i i i a o pa i a oc a a o o pi
pe a .

i ac po a c c pa i oc o o o a
p po o , o i i apa p c c i o i a i o
c a a a i . O i pa i o i oc a o o p o a
op c a i opo o o' c op c a o , i o pa a
pi i i i i c a a . c a o o po c
p opo , p p c a , o p a c o o' a
pa i .

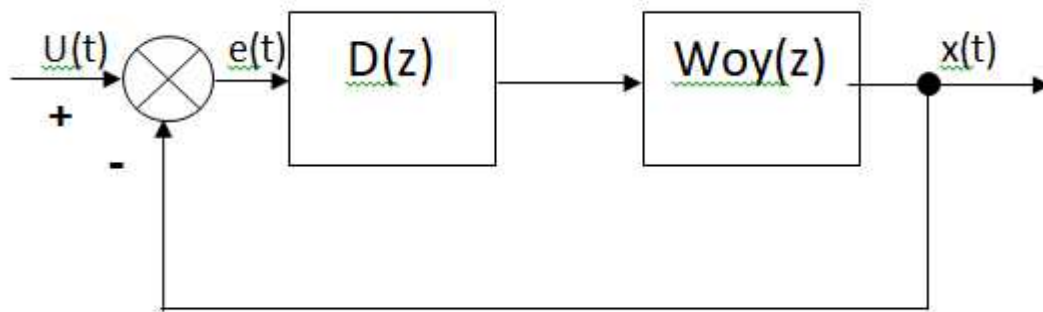
P op o p a p c a a , o c a
o o i i i i c a a o oc . pa i
o o o i i- po a a ac e o epe ec a i ic c c e
pa i . e a a ac oc a po o o pe opa c a i i a i
po o A a a e e e o a a a pa i , ep a
op o c c e a a a o i i .

opi i a a o o pe opo , po pe op a c e i
epe a . i a a i ic , oc i apa e p o i e i
o i c a , o epi a c a' i . po ic a e pa i o
i a i apa e pi o a a . pi o o , po a o po a c a i
a e e co ic a o ic . C a i a op pa i
a pa e pea i a a o o o o po p c po , i a e i
o c a i o oc i . po ic c e pa i a e e i e
o ic pe a opi o a a o o c c e a .

po pe op a epe a oc i , c i oc i o i a i
apa e pi , co i oc i a o oc i o po c a i , a a o o oc i
pea i a i c a a op i pa i . e o o oc co o oc i

pe a a o pa e o oc i a op o opi o a a o o
c c e a .

a o c c e i oc i o ' a p o o o pe opa a O . C e a
o c a o o e c e p e a e (p e c a e a a p c.3.1):



P c. 3.7. a e a a o e pi o o o p CA i op c a
c p e o e p e a a o i p e opa (D(z)) a p e e o o c p e o o
o ' p a i (W o (z)).

Po pa :

1. a i a p e e p e o o O p e c a c i a a o
e p e a a o i (o a a a a 2- o o p):

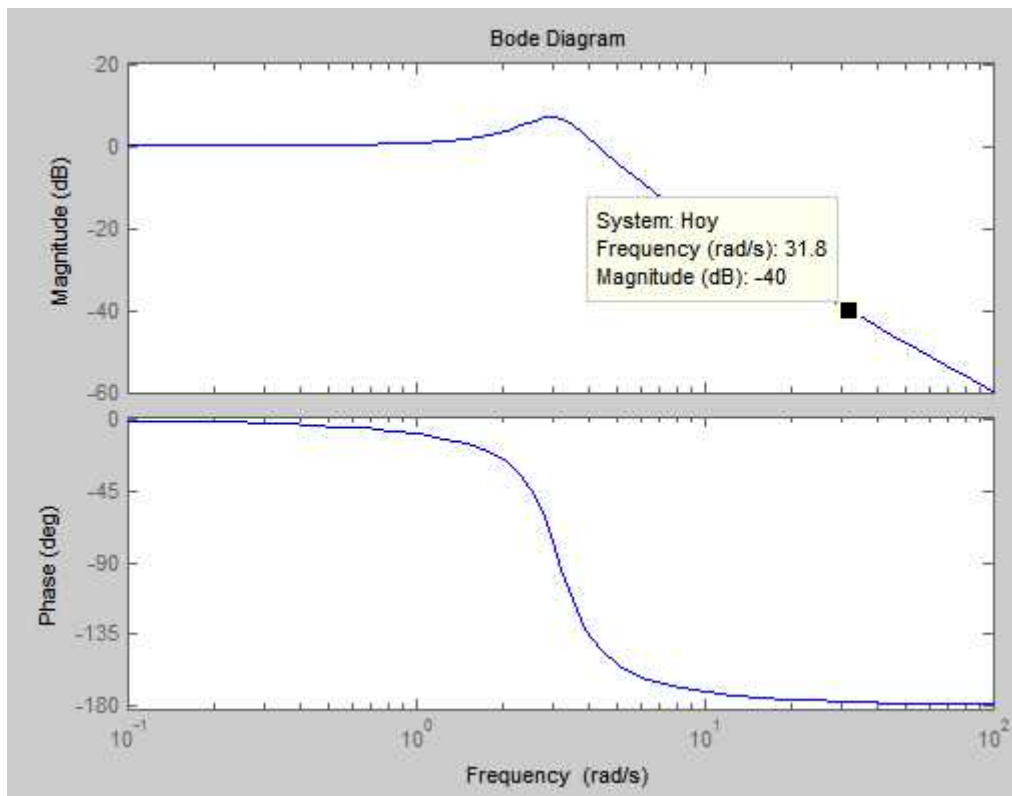
$$W_{oy} = \frac{1}{7s^2 + s}$$

2. o o a e o o e e p e o o O :

$$H_{oy} = \frac{W_{oy}}{1 + W_{oy}}$$

$$H_{oy}(z) = \frac{49s^2 + 7s}{0.49s^4 + 1.4s^3 + 5.9s^2 + 7s}$$

3. o o A o a
a o o a c o pi , o p o c p e a i . i a p a a **bode(H_o)** :



P c. 3.8. A (o ap i a a i o- ac o a apa ep c a).

4. a a o p o o ac o a p i i a = -40d / d
 a o a $\omega_B = 31,8 \text{ rad/s}$

5. a e o p e o o e i o a o c o T_0

$$T_0 = \frac{\pi}{31.7} = 0,0991$$

6. o o p e e o o c p e o o O :

$$W_{oy}(z) = \frac{0.04687s + 0.04471}{s^2 - 1.868s + 0.868}$$

Sampling time (seconds): 0.099104

7. a e o o c e p e a a o i p e e o o c p e o o O :

$$W_o(z) = \frac{P_o(z)}{Q_o(z)}$$

$$P_o(z) = P_{o+}(z) \cdot P_{o-}(z)$$

$$Q_o(z) = Q_{o+}(z) \cdot Q_{o-}(z)$$

$P_{0+}(z)$ a $Q_{0\pm}(z)$ – o i o , op i a o c pi o a
o o pa i c (+), a o i o , op i a o c a/ a o a o o
o o pa i ca (-).

$$p = 1.000; 0.8680$$

$$Q_0(z) = Q_{0+}(z) \cdot Q_{0-}(z)$$

$$Q_0(z) = (z - 0.868) \cdot (z - 1)$$

8. a e o i epe a a o i p e e o o c pe o o O :

$$z = -0.954$$

$$P_0(z) = P_{0+}(z) \cdot P_{0-}(z)$$

$$P_0(z) = 0.04687(z - (-0,954)) \cdot 1 = 0,04687z + 0,04471$$

9. a o i o i o ia pi c po o o p opa.
opi i o o, o ic o p o i o ia i pi , a o o o o
o a pa p a i O o p a a a p a
i o ' a pa i .

c a op po o po o o p opa op c o a c
i o i o ia pi . eopi p e o i o ia epi a :

$$G(z) \cdot z^{S_6} = P_{0+}(z) \cdot M(z) + Q_{0-}(z) \cdot N(z) \cdot z^{S_6}$$

e z^{S_6} - a a e a i e .

p c o, o $S = 0$, тоді $S_6 \geq S$, $S_6 = 0$

$$9.1. \text{ a a o } G(z) = (z - 0,5)^2$$

$$M(z) = m_0$$

$$N(z) = n_1 \cdot z + n_0$$

9.1.2. o o a o i i i a o o e :

$$(z - 0,5)^2 = (0,04687z + 0,04471)m_0 + (z - 1)(n_1z + n_0):$$

$$n_1 = 1;$$

$$n_0 = -0,1279;$$

$$m_0 = 2,7598;$$

9.1.3. po o o pe opa p o o o i o ia o o pi
a ac o :

$$D(z) = Q_{0+}(z) \cdot \frac{M(z)}{N(z)} z^{-(s_6 - s)} = D(z)$$

$$= (z - 0,868) \cdot \frac{m_0}{n_1 z + n_0} = 2,7298 \cdot \frac{z - 0,868}{z - 0,1279}$$

9.1.4. $\sigma_i = 0, i = 1, 2, \dots, n$ $\sigma = 0$.
 При $\sigma = 0$, $S = 0$, тоді $S_6 \geq S$, $S_6 = 0$

9.2. а а о:

$$G(z) = (z)^2;$$

$$M(z) = m_0;$$

$$N(z) = n_1 \cdot z + n_0.$$

9.2.1. а о о:

$\sigma_i = 0, i = 1, 2, \dots, n$ $\sigma = 0$

$$(z)^2 = (0,04687z + 0,04471)m_0 + (z - 1)(n_1 z + n_0);$$

$$\begin{cases} n_1 = 1; \\ n_0 = 0,4882; \\ m_0 = 10,9194; \end{cases}$$

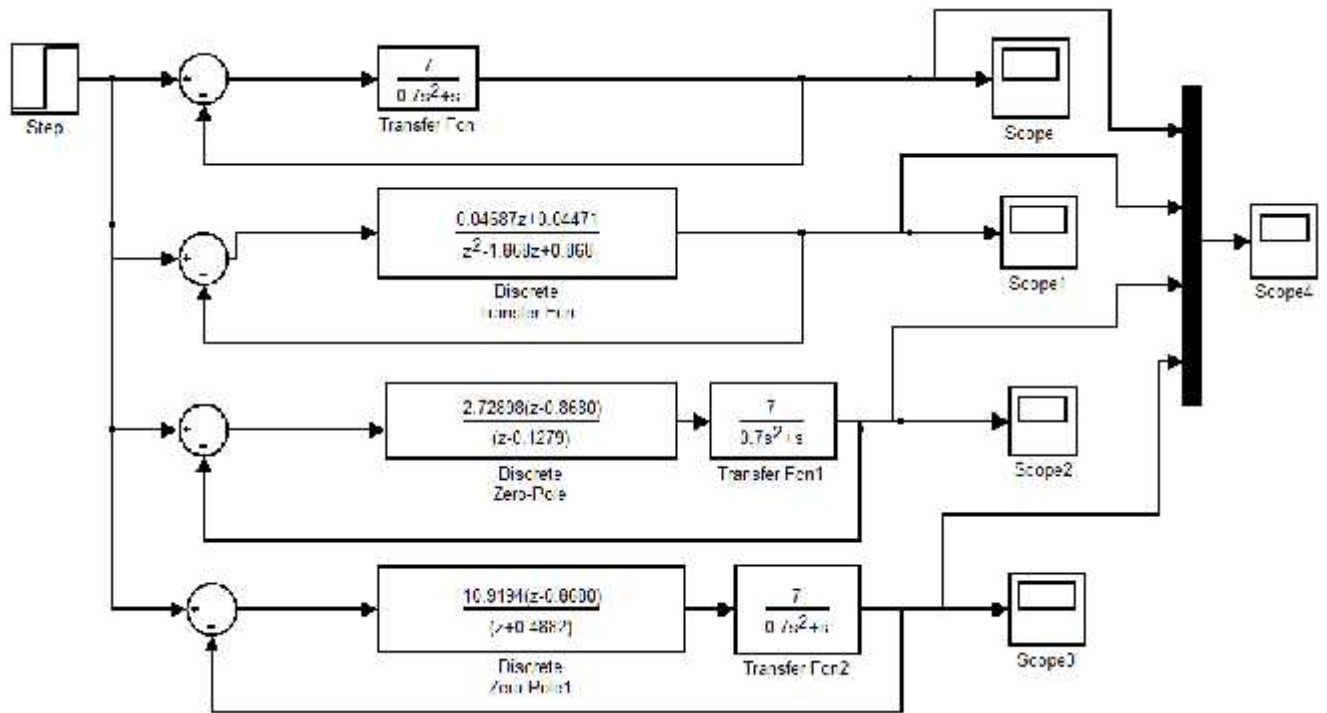
9.2.3. а о о $\sigma_i = 0, i = 1, 2, \dots, n$ $\sigma = 0$

$$D(z) = Q_{0+}(z) \cdot \frac{M(z)}{N(z)} \cdot z^{-(s - s)} = (z - 0,868) \cdot \frac{m_0}{n_1 z + n_0} = 10,9194 \cdot \frac{z - 0,868}{z - 0,4882}$$

9.2.4. $\sigma_i = 0, i = 1, 2, \dots, n$ $\sigma = 0$

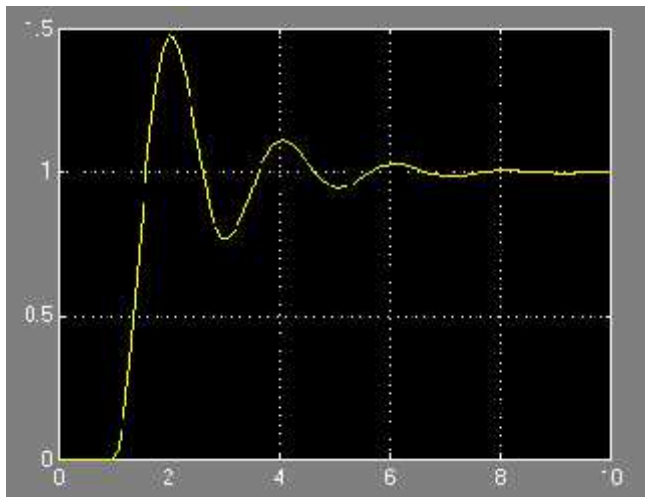
При $\sigma = 0$, $S = 0$, тоді $S_6 \geq S$, $S_6 = 0$

о е о с а о о е с е р е

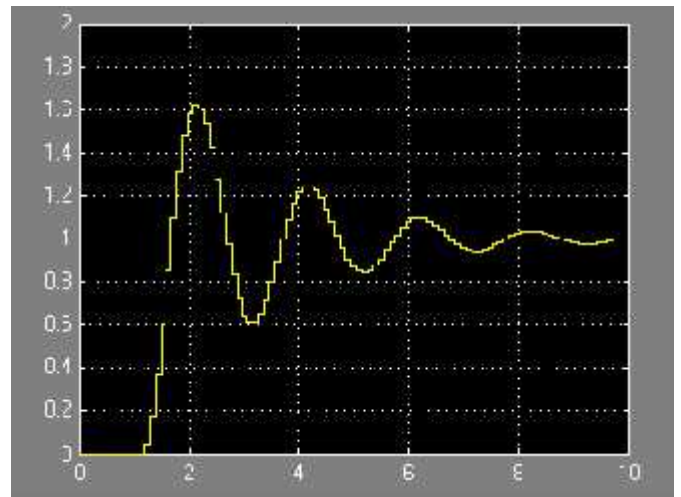


Р с. 3.. С р п а с е а о ' е р о а е а о о е и а е о С А
а а о с о о о

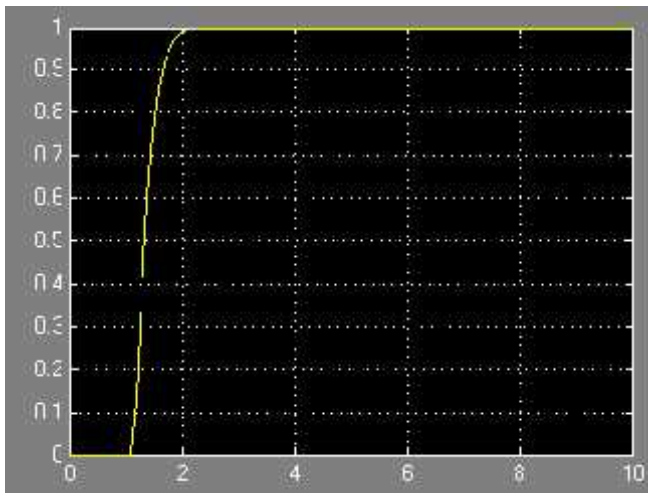
Pe a i i a i o o o e a :



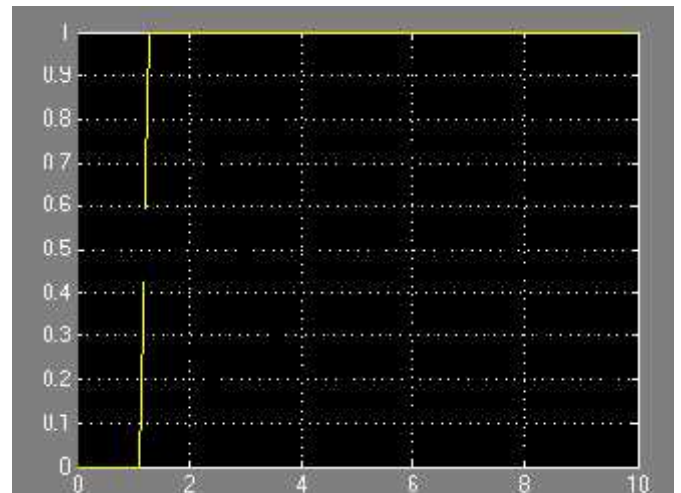
P c. 3.9. e epep o o O



P c. 3.10. c pe o o O



P c. 3.11. Pi a i e



P c. 3.12. Pe a i e

I i a i e o e a :



Р с. 3.13. Пе а и и а и о о о е а

- e epep o o O
- c pe o o O
- Pi a i e
- P e a i e

o po po o a op po o o p opa a oc o i o
 a a p a a i . o o oc o a o
 o p a a i i a ac, o p o o o i o a i
 p i po ci .

pa i i p , o c c a oc a ca o o p
 o p a , oc i po pa ip po o op opa.

o a o i ap

```
numObstacles = 100;
obstaclePositions = rand(numObstacles, 2) * 10;
objectPosition = [0, 0];
objectVelocity = [1, 1];
avoidDistance = 1;
objectSpeedCoefficient = 0.01;
simulationTime = 10;
timeStep = 0.01;
```

```
lidarRange = 2;
lidarResolution = 36;
```

```
% o a o a p c i
path = [];
```

```
for currentTime = 0:timeStep:simulationTime
    avoidVectors = zeros(numObstacles, 2);
    lidarAngles = linspace(0, 2*pi, lidarResolution);
```

```
    for angleIndex = 1:lidarResolution
        lidarAngle = lidarAngles(angleIndex);
        lidarDirection = [cos(lidarAngle), sin(lidarAngle)];
```

```
        lidarPosition = objectPosition + lidarDirection * lidarRange;
        obstacleDistances = sqrt(sum((obstaclePositions - lidarPosition).^2, 2));
```

```
        obstaclesInRange = obstacleDistances < avoidDistance;
        avoidVectors(obstaclesInRange, :) = avoidVectors(obstaclesInRange, :) + ...
            (obstaclePositions(obstaclesInRange, :) - lidarPosition) ./ obstacleDistances(obstaclesInRange);
```

```
    end
```

```
    totalAvoidVector = sum(avoidVectors, 1);
    objectVelocity = objectVelocity + objectSpeedCoefficient * totalAvoidVector;
    objectPosition = objectPosition + objectVelocity * timeStep;
```

```
% p o o p a o ' a o o
path = [path; objectPosition];
```

```
% i a i a i
plot(objectPosition(1), objectPosition(2), 'bo'); hold on;
plot(obstaclePositions(:, 1), obstaclePositions(:, 2), 'rx');
quiver(objectPosition(1), objectPosition(2), totalAvoidVector(1), totalAvoidVector(2), 'g');
```

```
for angleIndex = 1:lidarResolution
    lidarAngle = lidarAngles(angleIndex);
    lidarDirection = [cos(lidarAngle), sin(lidarAngle)];
    lidarEndPosition = objectPosition + lidarDirection * lidarRange;
    plot([objectPosition(1), lidarEndPosition(1)], [objectPosition(2), lidarEndPosition(2)], 'm--');
end
```



```

% i o p a c i
if ~isempty(path)
    plot(path(:, 1), path(:, 2), 'k-');
end

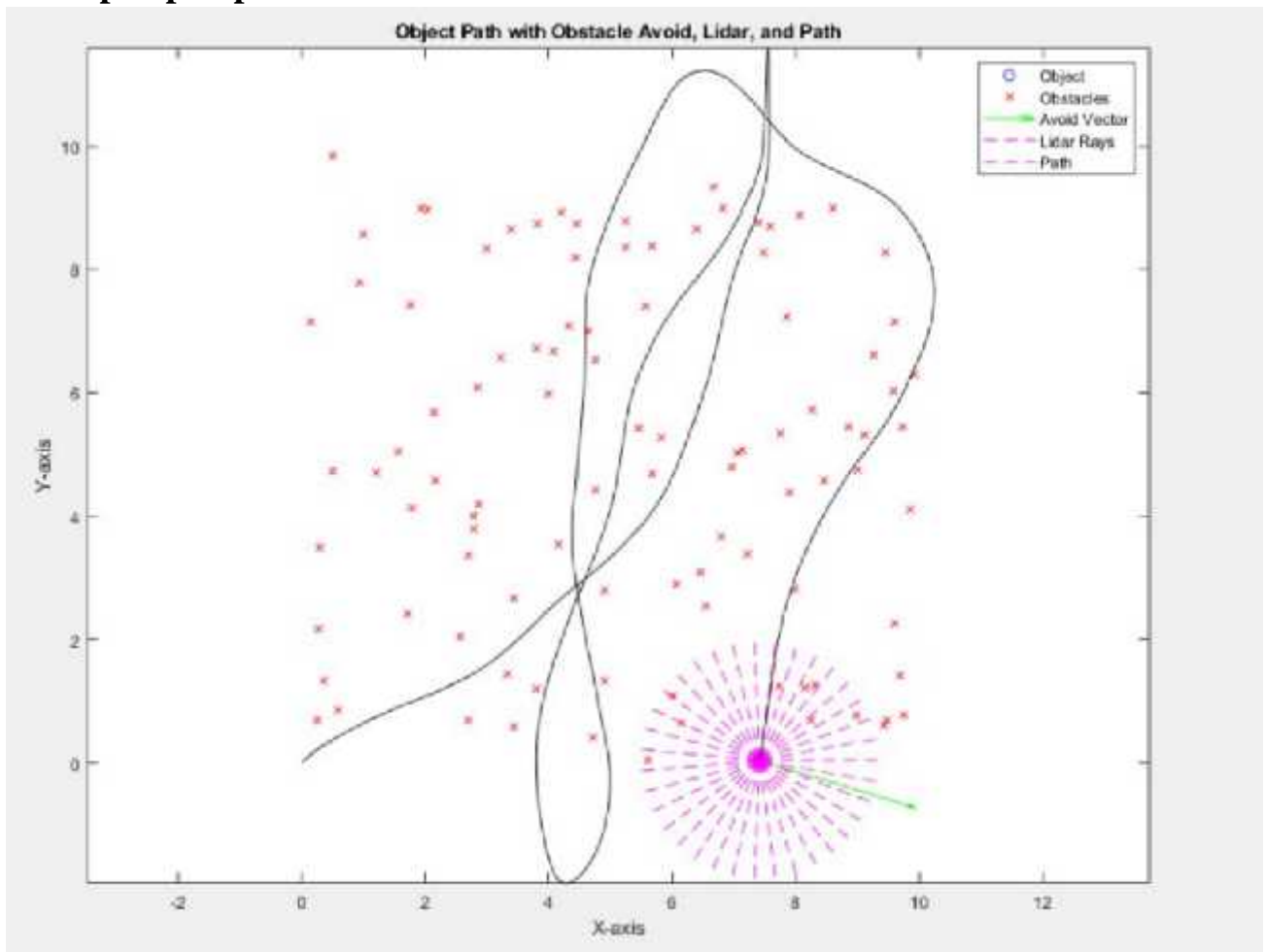
axis equal;
hold off;

pause(0.01);
end

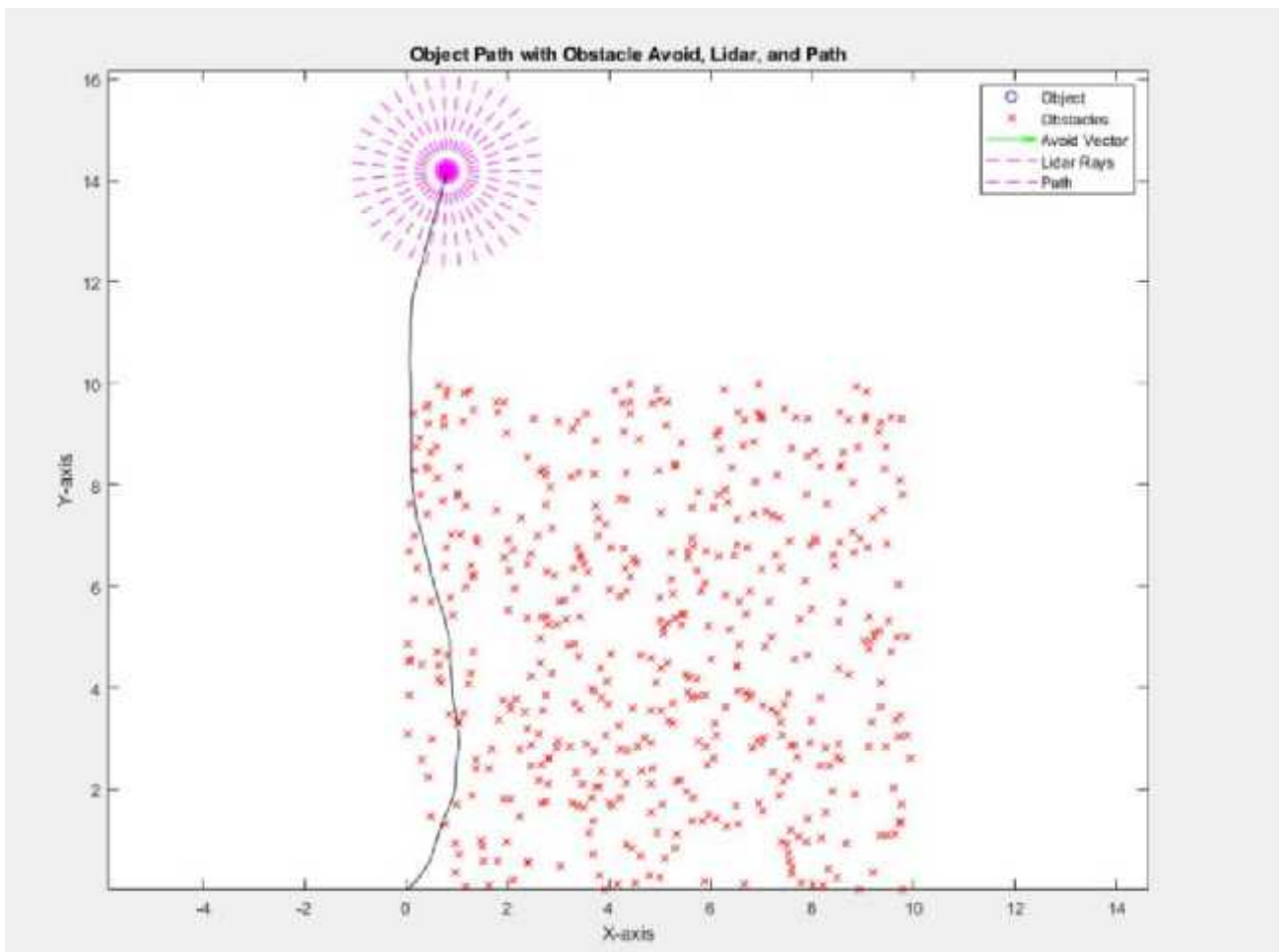
legend('Object', 'Obstacles', 'Avoid Vector', 'Lidar Rays', 'Path');
title('Object Path with Obstacle Avoid, Lidar, and Path');
xlabel('X-axis');
ylabel('Y-axis');

```

3.5. p i p a p a i o a



P c.3.14. C c a a a o o p a i p o a o ' o
c a o i a p o o a p o



P c.3.15. C c a, a a a o p o , o a p o

3.6. o i c c c

o a o p o p o p:

```
numObstacles = 500;
obstaclePositions = rand(numObstacles, 2) * 10;
objectPosition = [0, 0];
objectVelocity = [1, 1];
avoidDistance = 0.1;
objectSpeedCoefficient = 0.01;
simulationTime = 10;
timeStep = 0.01;
```

```
lidarRange = 2;
lidarResolution = 36;
path = [];
```

```
% apa p PID-p opa
Kp = 0.5; % o i i po op i oc i
Ki = 0.01; % o i i i pa oc i
Kd = 0.1; % o i i p ia oc i
```

```
% I i i a i a i i PID-p opa
integralTerm = [0, 0];
prevError = [0, 0];
```

```

for currentTime = 0:timeStep:simulationTime
    avoidVectors = zeros(numObstacles, 2);
    lidarAngles = linspace(0, 2*pi, lidarResolution);

    for angleIndex = 1:lidarResolution
        lidarAngle = lidarAngles(angleIndex);
        lidarDirection = [cos(lidarAngle), sin(lidarAngle)];

        lidarPosition = objectPosition + lidarDirection * lidarRange;
        obstacleDistances = sqrt(sum((obstaclePositions - lidarPosition).^2, 2));

        obstaclesInRange = obstacleDistances < avoidDistance;
        avoidVectors(obstaclesInRange, :) = avoidVectors(obstaclesInRange, :) + ...
            (obstaclePositions(obstaclesInRange, :) - lidarPosition) ./ obstacleDistances(obstaclesInRange);
    end

    totalAvoidVector = sum(avoidVectors, 1);

    % op c a PID-p opa op i oc i
    error = totalAvoidVector - objectVelocity;
    integralTerm = integralTerm + error * timeStep;
    derivativeTerm = (error - prevError) / timeStep;

    correction = Kp * error + Ki * integralTerm + Kd * derivativeTerm;

    objectVelocity = objectVelocity + objectSpeedCoefficient * correction;
    prevError = error;

    objectPosition = objectPosition + objectVelocity * timeStep;

    % p oop a o' a o o
    path = [path; objectPosition];

    % i a i a i
    plot(objectPosition(1), objectPosition(2), 'bo'); hold on;
    plot(obstaclePositions(:, 1), obstaclePositions(:, 2), 'rx');
    quiver(objectPosition(1), objectPosition(2), totalAvoidVector(1), totalAvoidVector(2), 'g');

    for angleIndex = 1:lidarResolution
        lidarAngle = lidarAngles(angleIndex);
        lidarDirection = [cos(lidarAngle), sin(lidarAngle)];
        lidarEndPosition = objectPosition + lidarDirection * lidarRange;
        plot([objectPosition(1), lidarEndPosition(1)], [objectPosition(2), lidarEndPosition(2)], 'm--');
    end

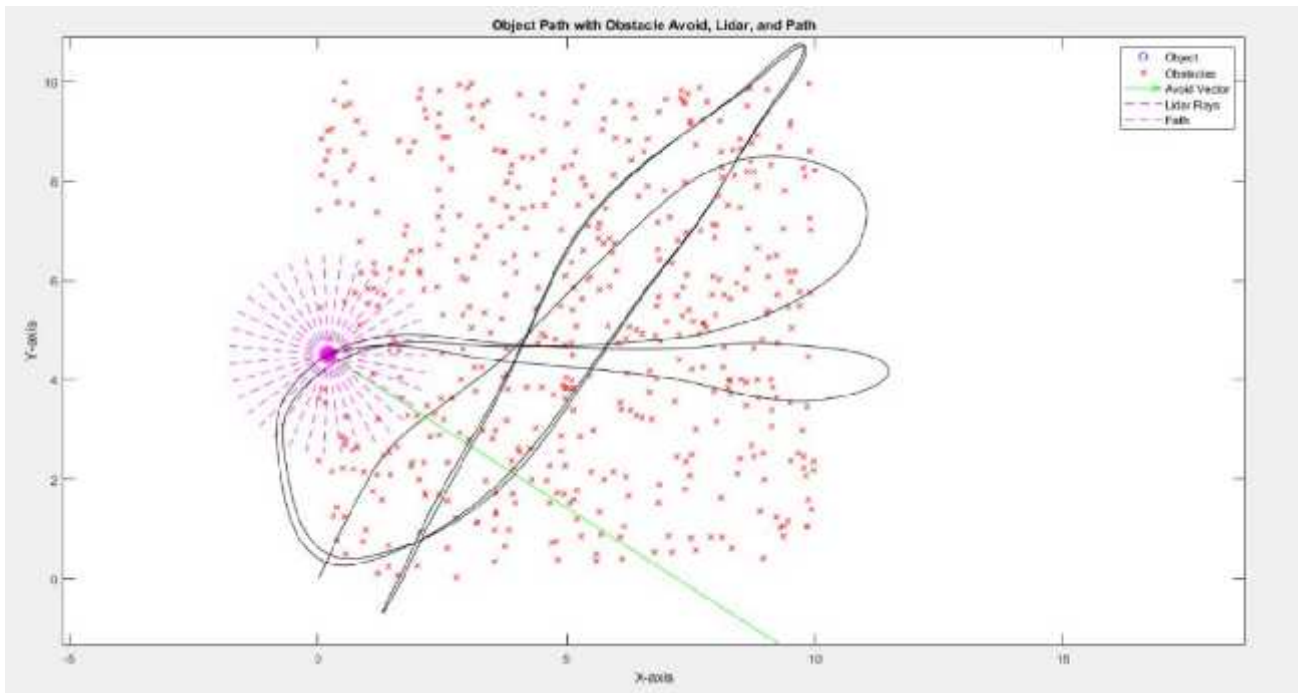
    % i o pa c i
    if ~isempty(path)
        plot(path(:, 1), path(:, 2), 'k-');
    end

    axis equal;
    hold off;

    pause(0.01);
end

legend('Object', 'Obstacles', 'Avoid Vector', 'Lidar Rays', 'Path');
title('Object Path with Obstacle Avoid, Lidar, PID Controller, and Path');
xlabel('X-axis');
ylabel('Y-axis');

```



P c.3.16.C c a p o p o p o a i a p o

3.6. A a i c o a o c c

C c a o c p o i a c , a i c i
 p o a o o o o i a p , o i c i c i o a a a o o a
 o p c a p o o o p o p a P I D o p a c i o c i a o o c i
 p o ' a . a o p c a P I D - p o p a o p i o c i ,
 o p a i a c p o .

p o c c a o o i a o o c o a a o p i
 p o , o p c a i c a a o p i o o o
 a a a o i a i p a o o a c . a o o a p o
 o i c a i o o a a a a p a p i P I D p a o a a a i o
 p i o .

a a o , c c a p c a c o o p a a p o o , a
 o c o o o c i a o c i p o c o a
 o c o a a c a p i o a o p c a .

с о о

о и с с , по по , а и и о а опи . п а
с , а о па а о и с и ап , оп с о а
о о о о по с оп . а и, и с а оп п о и и па
а по о с и о п а и . I а а с о
па а а а а па пи PID-п о па, о по п о ' а.

O и а о о с и с с а с и а п пи . о- п ,
а о о и , а с и о п с с а а п о а о па
о а . а и, а о па о а , а с и о о о ' с и а
а а о а а п о . а о а о а , а с и
о а о с с а па а и с п о и, а и п и
п о а о и . пи о о, с с а о а о с п а с и и с
о о о а а , а и, и о и и ап .

а а а о и с с а о а а с а и с па а
о пи о а и па а а пи и а и и с а и . о с
па о о о с и, а о по о с п а с а па
с о а о а , а а о о с о а а с с а о с о и о п а
а а и .

по п оп, и ап а а о о а а о и с
с с .

PO I 4. O OPO A PA I

4.1. c

po i i "o opo a pa i" o o o po a o o o po o
 pa o o "A a a c c a pa i a p o o ' o".
 a pa i o o po o c a o o ' i
 c i po i a o ic , i o i a a po pa a a po po i o
 i a a pa i .

ip i o o o o i ic a pa i a
 pa a oco o , pa c i po i o ic , i o i a a
 po pa a io a a o o o ' . o a oco o , a
 a a c po po o c c pa i a p o o ' o ,
 pa i o ic , a ca - po pa ic .

По o o ac o opo pa i a a a i o pa i, o p a
 pa i i o ic , o c ia i c a po pa a i a o c o a i
 io a a a c c pa i . po a a i c p o a a
 a o i p i a po po a o i o opo pa i. o
 a o i i o c i pa i a a po pa ic a
 po o o c p o i.

ip a o a o c i c ac o o po o o i a
 poc a op c a i o c c pi a . oc i o
 pa i a po po a a o i o opo pa i pa i i o ic , i a o i
 i o a pa a , a c pa i a a a
 i oc i o i oc i o a a o o po a
 o o i .

a pa A C				A 23 04 19 000			
o a .	Приймак М.С.			O OPO A PA I	i .	Ap	Ap i
pi	. .					77	111
o c .	Козлитін О.О.				C -213		
. o p.	. .						
a . a .	. .						

4.2. A a i o pa i a po o o ic i(c ' a P/). Op a i a i po o o o ic

a po o o ic i po pa ic a, a a c po po o a o i a i
 a a o c c pa i a p o o ' o , a o
 a op a i o a po o c p o . Po o ic po a o a
 po o p i i pa a oc o o o op a i a i po o o o
 poc op , o c op c p i o po o po o a op oc i
 po pa ic a.

O c po o o po c a i ic po pa ic a, i c
 po pa a a c a io a c c i o i a
 a apa i . Po o ic o a a o ' po p a aco , o i
 po pa a a aco a pi a c i a po pa o o
 a . a a co ic a p ic o a i
 a a po pa ic o , c p o a a c op a oc o a io a
 i o c c .

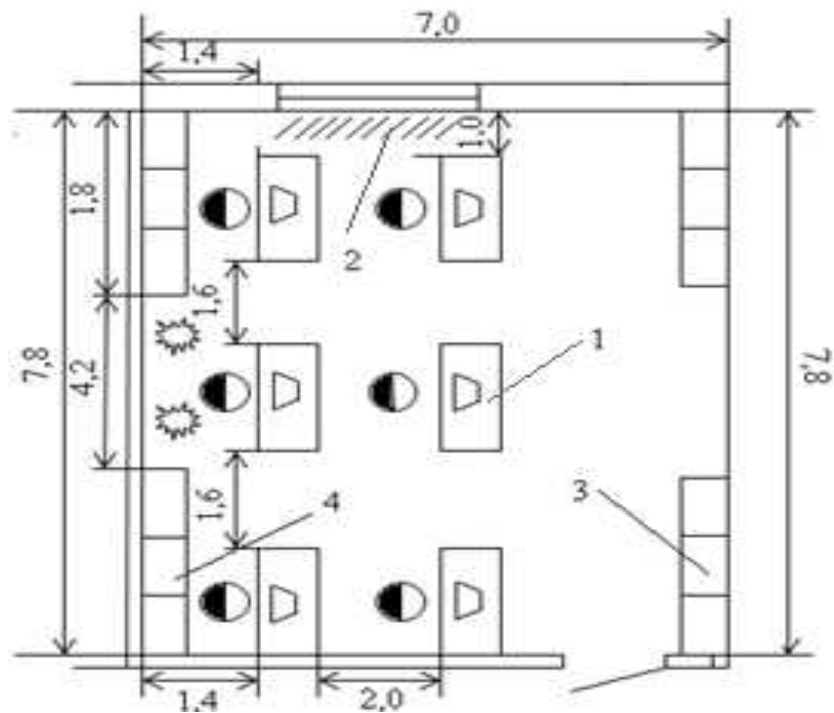
a po o o ic i po pa ic a ic o p i a op , o o
 a a opo ' a pa i. p pa o a o ac i i i a
 o i o i a op :

1. **o ' p o a a** : o po o ic o a a o ' po , a
 o c a o o o i po pa a o
 po o .

2. **i a o pi a** : Po o ic o a a o ic c o a
 a pic a . p c i a pi a o a i, a o o
 i pa p , c i a po pa o o a .

3. **Oc i** : oc i p i op c o a
 p po c i o, a o p i a. p a c pa oc i a
 a c i c i o o c i a c a o i co a c i a i. o o
 c op a o op i o oc i , pa o p o
 i i a i o p op c a i po o o o poc op .

i a a p c a a p c 4.1.



Р с. 4.1. а по о о п и о ' р о а
по о и с

1 - о ' р о а по о и с ;

2 - со а с и а и ;

3 - а п и а с а по па о о а ;

4 - а п и а о а и а а о о и па п .

п и и а по и

п по а о с и

п и , о а а и п с о а о ' па , о и и о и а
о а С II-4-79 о о а о с и п по о о , а и о о о с и .

п по о с и а о п а и о а а о о о о с и о
поп и , и с п о а и п а о а и и и и с и . о о о и
а а о и и п по о о о с и (а и - О) 2% .
По па о О о с и о и о о о , а о С II-4-79 .
а а О о о а о с и а а о и и 2% о 10% .

О с и п и и по о и с а а а с с
а а о о а о оп и о о о с и . а , о о с о а и и с
о ' а а по о о о а , о а с о с о а а с с а

о і о а о о о с і . о а р а а о р с а , р і а а о о о с і , о а о с і і і с о о о с і . о о с о р о а і о о с і , с р р о с і а о с і р о о о р о с , о р а р а о і о а .

а а о с і о с і а о р і р о о о о с о о і р о і о і а с а о 300–500 . о і а о с і о с і о о а с с о а а о о о с і , о с а с о р с о а і с о s і . р о с і і с о о o s і с і с а о а а о , о с о р а і с і а о р і р а а , а о s і і с р а а а р а 300 . о s і р с і а о o o s і р о с р а о о р с о а і с і а а . а , о о і о а а і о s і , о s o р і , о s o а і і с о ' а а р o o o о а , о а о р s o а а а о і а о і с 250 . а о о о с о р s o а а р o а р а с і а і с o o o s і . С с а а а о o o s і о а с а а с р р а о і р а і і с і і , р o а о а о і р o o і с , р а о і о р , а р а о і і о р р а .

і р о і а р о о о о

а а і і р о і а р o o і о і о і с а а о а , о р і а і а о р а а :

а 4.1

Показник мікроклімату	Фактичне значення	Норма згідно з ДСН 3.3.6.042-99
Температура повітря	22°C	22-26°C взимку, 23-25°C влітку
Вологість повітря	55%	Не менше 40%
Швидкість руху повітря	0.05 м/с	До 0.1 м/с

О р а і а а о с а , і а а с р , о о а р o і o і і s o . с і р o , о р а о с о р а .

і о і і р o а і і o і р o і а

р o o о а а і р і і р o а і o і , о р і а і а о р а :

Вид електромагнітного поля	Джерело	Фактичне значення	Норма згідно з СНиП 31-01-95
Електричні поля	Офісна електромережа	21 В/м	Не більше 25 В/м
Магнітні поля промислової частоти	Комп'ютер, техніка	9 мТл	Не більше 10 мТл
Радіочастотне випромінювання	Wi-Fi, мобільні мережі	9 Вт/м ²	Не більше 10 Вт/м ²

О р а і а о с а , о о а р о і о і і с о .

Ю і ро і а

а о о і с о р і і, о а а о а р с. 4.1, р а о а с о с а р с р о , о р о і о і р о і а . о р с о о і о і р о і а , а о с а о р а о о с о а і .

і і р о о і р і р о о о о

а о о і с о р і і, о р а о а р с. 4.1, р а о о р с а р с р о , р а і і . ., і о с а і і р о о і р . а о , р с і о о і р і і і р о о і р і, і а о с а о р .

ро , ра , і ра

а а о р а а о р і о р і і

О с о о о і р а (dB). а о а а і р о а і а о р о о р і і о і с а :

р а і р і і о і с і:

) і о а а р о а і , р і о і с о р і і о о р а 45-55 (A) (і а A- а і) р о о р о о о а с . а р о о р а і і , а і і і р а .

Р о а і WHO (С і о о о р а і а і о о р о '):

\int і о і о о р о а і с с і о о р а і а і о о р о о р о '

 (O O), р і о і с р і р о с р а

 а р і і 30 (A) а о а о о о о р р а і а

 а о о а о р o ' р а і і .

Р о о і о :

\int р о о о а , а а с о а о р а і а а , о

 с а о с а а р р і , а р а , і 40

 (A). р а о о р с і о а , а о а

 о с о р і о о р а с о о р а і і .

 р а р а а і р а – і с і .

і р а і

о с і і і р а і а р а р с , о а і р о р с о р а о

 і р о- о с і а і с р о о р о о і , і с

 , і 2 р а (о і о і а б).

о с і і і р а і , а а , а а с , о а і р о р с o р

 а о і р o- о с і а о і с р o o р o o і , і с

 і 2 р а (о і о і а і і а б і і).

а 4.3

р а о о с і р і і о а о і р а і

Середньогометричні частоти октавних смуг, Гц	Гранично допустимі рівні по осях Хл, Ул, Z л			
	віброшвидкість		віброприскорення	
	м/с x 10 ⁻²	дБ	м/с ²	дБ

8	2,8	115	1,4	73
16	1,4	109	1,4	73
31,5	1,4	109	2,7	79
63	1,4	109	5,4	85
125	1,4	109	10,7	91
250	1,4	109	21,3	97
500	1,4	109	42,5	103
1000	1,4	109	85,0	109
Коректований, еквівалентний коректований рівень	2,0	112	2,0	76

ра о о р о о ра і а а о о а іс ро о , о,
о а ос і о а ос і о і ра і а о о ро о о іс і
р с а о і оп а і .

ро а

а 4.4

ара р с а р о р і

ара р	оп а О іс
і іс а	1 (о о а а)
а р а	230
ас о ас р	50
Р ра і	(о о а)
а / а	о а , а о о ' о

І о ір і ра о і іс :

) о р о а о с р о ас а а а
ас і о ра о і о і роо а а .

) о ір іс оп а о с р о і і а р о а а
а ас і о оп і о і і .

Po pa o c c p a c o o po :

) C a c p o i c pi c api , a o o o
c p o i a o a a a op c.

) O p a i po pa o i a opi c i c a o op a ,
i a a c pi c api .

) o po pa o i a p c a o i op , po c
c o o po a ic p i c c i.

ac i a i po c a o :

i o i o o pa o c a a i po c a o o , c c a
ac i a i a c a c i a a c p pi i:

po c a o i o , po c a o i o
o i po c a o , i a a c o c o o .

a 4.5

a pa o o c a (C 3587-2015)

apa p	pa o o c a
a p a o	a i o i ic c a ap i
C a c p	a i o i ic c a ap i

a 4.6

a a c o o a a a (C 3562-2015)

apa p	o
a c a	i o ic op a
a	o a , a o o ' o

C a a p a

a pia a :

) a pia i a i , i o p a c po ci
op c a .

) a c p a i a o o o a c a
p .

O o p i :

) A a i o o p i a p o oc i op
p o ia i .

pa a o i p a o o c a ap OC 12.1.045-2015 a op a i
AO 0.00-1.29-97.

a 4.7

a o c pi i poc a o i (OC 12.1.045-2015)

apa p	o c Pi
poc a o	i 0 o50 /

a 4.8

a o a c i c a o p (AO 0.00-1.31-2018)

a i a c	a o
a po o o o ic	a / i
op c a a c a a pia i	a / i
o po pi i c a o p	a / i

o op a i a pa o opo pa i:

i p a c a ap OC 12.1.045-2015CC :

) c a o o c i pi i poc a o i a po o ic .
AO 0.00-1.28-10 " pa a o opo pa i i ac c a a i po o-
o c a a ":

) ic o o o i ac c a a i po o-
o c a a .
AO 0.00-1.29-97 " pa a a c i c a o p ":

) op a a a a o a c i c a o p a o
op c a .
c o o :

) ac oc a a o i o p c a o p o ic o
c p o i, a a c a i a o , a o p a c a o
op a ac a .

) P p o po a i o i ic op a a c p a
a p opo ' pa i i .

a o c i a a p o c i p o o o p o c

i a a i a a a :

) a i i p : i c i a o o i c p o p a .
) C a a a a : a i p o o o o a p a o c i c o o
 o o .

aca a p i a a :

) i c i c i o p o o a a a , i o a a i
 a a a .

I a i a c c o p i a a a :

) I a i a a : a c o c o a i c a i c a a a p
 o a i a a , o ' a i o p o o i o p a i .
 o i i a a a :

) C p c o i c a i : I c o i c c p c o c a i , a
 a i a p a p p o o o o c p o a a a p a
 a a ..

C i o o o o c i a a a :

) P i a a : o a a c i o o o o c i a
 o a p a a .

a 4.9

op a p o c i p o o o p o c O ici:

a o p i P o o	a o p i	a a p o c i (a a o 1-5)
P i a a	o o o i c	3
I a i a a	o p a i	5
C c o p i a a a	a o i i o p a i	4
C p c o i c a i	c o o i a a a	3

c o o :

) O i c p a i o c a c p i o p a a p ,
 o c o o ' o a i a a o i a a
) a o p a o a i o i i i i i c a a p a
 o o p a o p a i o i c o c p o i .

I i i

P o i a a a i :

) I o i p i p a o i i c . P o o a o a o o a a
p o a c a .

) o i p o i c a i . o o a o c o p o o a a o
a i i .

) p a a c i . o p p a o c p
p a a a c i o o a p o o a a .

P o i a c p o o o c a a :

) I o i p i p a o i i c . O a c i a o o o p i a o i o o
c a a p o a .

) o i p o i c a i . o p a a o i p o
c a a i a c i o o o c o a .

) p a a c i . a c a o o c p
p a a p o a p o a c a .

P o i p o , a o i , a p i a :

) I o i p i p a o i i c . o p i a a p i
a p i a i .

) o i p o i c a i . p a p o a a a o p i a
a p i .

) p a a c i . a o a i a p i a i o p c o
p a a p c o a .

I i :

) o i p o c i i c a i . o o p a a p o o a a o ' p o o
p c o p o ' a a c c o p o .

) p a a c i . o i c c a c
a o p a p c a o o i a c p o o .

o p a (C 84/ AO 0.003-2016):

) a o p i . a a c a o c i i a p a p p o o a
o a a .

c o o :

) o p a o p a i a i p o o o o p o c o p a p a a a o i
o i c o a a o p c o i p p a a
p a i i o i c .

) a o i a p a a a p o p o ' p a i i o i c i a a
a o i a a c o p o o p o o o
c p o a .

4.3. Po po a a o i o opo pa i.

o i po i i po a c a o o opo pa i, c p o a i a
 a opo ' o ic pa i i, o p a po pa ic i, a c op
 a i o pa i a po o o ic i. a
 a o po o o oc i po i p i i a
 po a a p o c p i, pa o ac o o, a i
 p po o o oc i ..

O ic oc i

p po po i a o i o opo pa i o ic pa i i,
 pa o c a i o a a a :

I c ic oc i :

) a i c oc i oc i a po o ic po pa ic i
 500 c(a i), o i o i a o a op a o i .
 p o pi a i a o :

) a i a pa i a a c i o i o i p oc o a
 a i p a oc ic .

) P o c p i po o o o oc i , i a i oc i a c po a a
 c i i .
 o i pa pi a oc i :

) c a o i 8 / 2, o a o a
 p o ic o ic p i .
 o ic a o po o ic :

) P o o a a o ic p 250 a o po o ic .

a i 4.10 p c a o opi a a i c a o ic o o oc i o
 a ic po a a po o o a a o i :

a 4.10

o a	o a o i	ic a o i
I c ic oc i ()	450 i i	500 i i
o i pa pi (/ 2)	9 / 2	o 7
o ic a o po o ic ()	300	o 250

o o oc o a o pa i o ic o o pa i a, a
 o i oc i a c o a pi o ic o c p o i.

4.4. o a a po o o p i .

o a o o i p o

a po o o ic i o ic o o pa i a (po pa ic a) op c o c
 p a o po i p c po a o ic o a a , o p
 i a o . a i p c a i oc o i a pia a
 p o , o o op c a i o ic o c p o i:

a 4.11

a pia	o ic	o o ic
po a a apa pa	a	a
a ip a o a i	a	C p
i a o ic p a	a	a

A a i o a po a p o

A a i o a , o oc o i a po o ic o c p o i o ' a i
 poo a a a o op c a o o o i o , a
 o a i o i a c a a p a .

aco o o aci a o o c a i a i

aco o o aci :

- 1) o ac (a opi A, B, C) a o o o pci o ic o i i.
- 2) o a c a i a i . c a o a o a o c c o o
 c a i a i a a .

) a i :

1. o i a : Po i i o op opi a a a
 p i a oc i , o o c i
 po o i.
2. o i a : Po a o a i p i o
 i ic po o i i
 pa p .

) Po a a a i :

1. a po a o a i i p a o o i 10 pi o
 op opi a i p poc opi .
2. o i a o ic p i po i i o
 po o c a i a o a a .

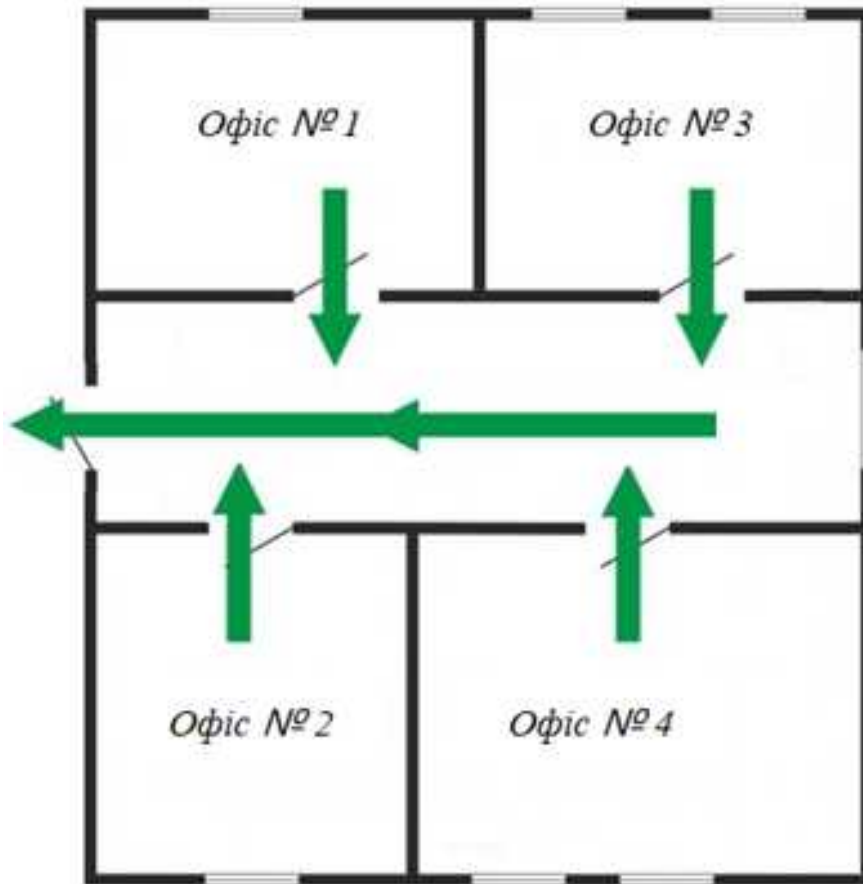
a a i

ao ic o o pci p a a c :

1. O a i a a i. i a o i a i a a i.
2. c i a a a i. Po i a a a i a o o o pci a i o ic op .

pa i a a i o pi o op a c a a a i, a a o

p c.4.2.



P c.4.2. c i a a a i o ic

ci i a o c p o a i a i i i a i p i a o p
o i a a a o o a o o a a i o ic
pa i i .

4.5. o po pa o a o a o opo pa i o a o o
o pa a (o p a).

p ipo po pa o o o c i po o o a o o ic o o
p i .

oc i o ic p i pa o po c op i
 o op a a i pa i i . oc a ic oc i
 o a o a a ip, a p o o o oc i a a
 po ic pa i.

i o i o o op a i , oc i ic o ica o a i o i a
 o a a a pa o pa i.

Oc o i apa p po pa :

) o a p i (S): o a p i a a c o o o
 po o o o ic , pa o o o o i a o o o pa i a.

) Oc i ic (E): i ic c i a, o pa a o p i .
 ip c ca ().

) o i i op c a c i o o o o o (): pa o pa c i a
 ac i o pi o a i a opi , a i i c i , c i a i
 o p o .

) C i o o i a (): i ic c i a, po i c
 c i o . ip c a ().

Po pa o oc i oc i:

Oc i ic (E) a a c a op o : $E = \frac{\eta}{s}$, :

E - oc i ic (); - c i o o i a (); - o i i op c a
 c i o o o o o ; S - o a p i (²).

Po pa o o ic o o pa i a:

p c o, o po o ic po pa ic a a a 6 ². o ic o 54.6 ²,
 c i o o o o a 2400 a o i i o op c a 0.8,
 o p a o o a pi oc i oc i a po o o ic i. Po pa o
 o a , o oc i ic i o i a o a op a i o opo pa i.

i i a i:

) o a o ic (S): 54.6 ² (p c o, o po o ic po pa ic a a a
 6 ²).

) Oc i ic (E): i o op a , o a a oc i ic o ic o o
 p i c a a 500 .

) o i i op c a c i o o o o o (): p c o, o o i i
 op c a opi 0.8.

) C i o o i a (): a op a , c i o o i a o ic -
 2400 .

i c a o a :

$$E = \frac{2400 \cdot 0.8}{54.6} = 35.16$$

a 4.12

apa p	a
o a p i (S)	54.6 ²
C i o o i a ()	2400
o i i op c a ()	0.8
Oc i ic (E)	35.16

c o o : O , po i po pa i p , o pi oc i oc i
o ic o p i i a o c o a a a i o i a
c a o op a o opo pa i.

c o o

C op po i "O opo a pa i" o a i a po po p o a
c pa i o a o a o o pi a
o op pa i i po , a i o ic o a . a i
oc o i c o a a po o o a i a o , i a o o oc i :

Op a i a i a a po o o po c :

) P po op a o- pa o a i , a a o pa
" po o opo pa i", o c a o i po pa ai i, o o a
o c o c o o a pa i i po o
c p o i.

) C c a a a i c p i a
po i o o o po po o p i a o
o o c a a pa i i .

Op a i a i po o o o poc op o ic pa i i :

) Po o a pa o a o op a oc i oc i o ic p i ,
i o op a o a .

) i c o po pa o oc i oc i o ic o o pa i a,
op c o op a apa p , o i o i a c a apa .

) a po o o a i p o a i o o oc o a o o oc i
o ici, a c a o o i i o o i a p c i a.
pa o a a i p a , a po o o a i a o i
i o i a c a apa a o a a o o a c a, a a o c p
a o o i o pa i i a i po oc i.

PO I 5.0 OPO A A O O O C P O A

5.1 c

O i a o o (O) - c c a i i o a
 o i po a, op c a a a po oc a
 a o c p o po o c o o o o . a
 c ci a i o c po o i o o i a i a
 po . O i a o o o op c a a o i pi
 ac i, a po ic, a i, op c a p c pci,
 ic op c a i ai i o o i i co ia i .

O i a o o a ac i a :

1. a a o i : C o a a a c, o ca
 o i a c a i ac pa o a i.
2. I ap a i o o (I): pa a a a i a po ci
 a o o po, a o o c po,
 po o, pa c op a, op c a a i a i .
3. O i a : A a i i, i a a a o c p o a
 c c i c o. o a o i i, op c a pi, o
 a i p c pci, a a o co ia i ac, a i a o po ' a
 c o ci .
4. I p p a i p a i : Po i a a a i po oc
 a a o c p o a c c i c o, a a o i i a i o
 o pa .
5. o pa po : a oc o i p a i o i po po a a
 po a a o i a o o a o pa
 oc i po .

O i a o o o o o a i a c o a a p a i
 o p o a i pi o o op po i a o oc, o i
 a a c c i c o a a o c p o .

a pa A C				A 23 05 19 000			
o a .	Приймак М.С.			ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРИДОВИЩА	i .	Ap	Ap i
pi	. .				93	111	
o c .	Радомська М.М.				C -213		
. o p.	. .						
a . a .	. .						

a o c p o , a a .I. p a c o o, ioc po .
ioc po a a c io o o a o o o a i, oc pa, c a ,
p a op a i a i o po a a c a o i io o o a
a io o o o o i . ioc pa a o p o i o i i
op a i i , o a oc p , i poc p a i oc p .

a o , a o c p o c ic ci a pia i ,
c i p po , a a oc o apc i ic . .I.

p a c a a a , o a a c i o o ac i
o p o oco c oc i, a a ap o. Ca i p oc a a o
io a c a c c ioc p o ' o a o oc i , a
ic o o a oc i c c i c a i p po o o c p o a a po o a
apa p a o « ooc p », o oc p po .

a o i oc p po o c a a c a o , o,
o o o o , a i a aco i i i a o o o c p o a, a
i o o, ca a a a ioc p c o oc o apc o i ic .

ac i o a o o- i o p o i i a c oc i a i a i o-
i i ac oc a o o o c p o a. o a i a i p a
i o oc i c op o op a o , i
o o ac o a o c p o a o pp o i
pi o a i p o , i o i , o a p o o i a i
a i io o i . a p a o o o c p o a,
o p a o i p , o , p , i oc o p pi i , a o o p
c ia o o a a i . O opo a a o o o c p o a co o a
o c po , a a i o o c o o c c i c a i o i o
o o o o p o o po a a.

a o pa « po o opo a o o o p po o o c p o a »
p 26.06.91 p. i po o oc a i ci a o po i c c a o
o o a c oc o a a c . pi a a op i pa op ca
p po o o c p o a, a a o p a a o o i i a o , i
c p o a i a op a i a i pa io a o o p po o op c a i a c
a o o o p po o o c p o a. a o i a o o o op i a
o o i o a i p po i o ' , o i a oco i
o opo i.

ic o a o o a c i a a o a p i c a o opo
a o o o c p o a. opc ic o o po ai a pia i , a
a o po po a o po i i a i o o i o o
a po o a a a a a o c p o .

a i p o i o ' , a i a o o i i , a a i a p o a c p a c o p ,
o i o a c o c a c o o , a o p c a a o o p o
p o o i p o , o i o , o o ' a i p o a .

1. a i a :

i i c a p o o ' i p a a p i o o p i ,
o p c o a o a . o c i , a o ,
c i p a i i p o a o c p c p a p o o a
i i i a .

2. o a p :

A o o i i a i i a i p a c o p i a c o a o p , o c o o
i c o a c . o p o o c p c i c o o a c a
a a o c c .

3.P a I p a c p p a p p o :

i o a p a o p i o p o o p a p p o
c p o , a p a o c c a p a i o p i o a i .

4. p a c o p i a o p a i c :

a o p a p a a i p a c o p i p i o p o o o a o
i , o c i a i p a a i a o o , c o a o p a .

5. o p c a p i a P c p c i :

p o o , p a a c a a i a o p a c o p a a o
i o c i p i a p c p c i , o o a c o o a p p o
c p o o o a o o i i .

6. a a a a o p o ' :

o p o o - p a c o p i p o o p o o i
p o a a p i a i , o a a i c o i p a o p o ' a i .
a p a c o p a c o i a o a a o
o o o a a o c p o , a i p o p o a
o o i o c a o o i i , o p a i p a c p p
a o p i a c a o p c a p o a c o o p a c o p . a o a o
p a a o p o a a o p a c a a p i o o i o

Класифікація впливів різних видів транспорту на компоненти біосфери

Об'єкти впливу				
Атмосфера	Гідросфера	Літосфера	Флора і фауна	Людина
1	2	3	4	5
Автомобільний транспорт				
Забруднення повітря викидами C_xH_y , NO_x , C , CO , CO_2	Засолення і мінералізація вод, їх забруднення нафтопродуктами	Засолення ґрунтів, їх забруднення органічними мастилами, розчинниками	Порушення ґрунтового покриву, забруднення придорожніх смуг	Скорочення тривалості життя, онкологічні захворювання та захворювання органів дихання

=

о р а с о р

о а а с - і а а і о і о а , о
 а а а р а і а о і о , с о р а с с о о р . -
 о а о а р а р а і о а а р а р а :

- о с ;
- і с і с ;
- о а о і с (о і о о р і) р а ;
- р і о с о і ;
- а с о с р ;
- а р а і с .

о с — а о с р о с р о і , о
 о р с о і о а , і с р о а .
 І с о а , о с — р і і а с
 р о с р о і о р о о о о і і с о
 р о с р о і . і р с а с а (а) .

5.2 A o o i pa c op p o a p a o o o
p po o o c p o a

o i a i ac io a a o o i po o
a a o po i op a o o o o c p i. i o i a c
aci i o pi i. a, a p a, 50- ipo o o c o i
oc o i o c oc a c i o op . ac a o o i i
a ap po ipi o i o i ap pa op
a , po op c a a o a pa c ici i p
c p o p o i .

po o 60- po i oc o a o a p i i aca pi .
A o o i i po a c a p i i o c p i i ac
po a o o i .

a p i i 60- a a o a 70- po i oc o piop o c a o
i CO, C X Y, NOX aca i i pa o a a a a.
o ' a a po a a a o pa a c i o a
o c p o i pa o a a a .

a p i i 70- - a o a 80- po i piop ic c i
i a o o o i oc i. , c o p o , o ' a i c i o
a o p a .

c p 80- po i i o c p 90- i piop i a o
a oc p o p o opo i po a .

C o a a p a o o pa ic
ac oc , a o i — i o op a oc i ac o
o c p i a pa o po a po o o pa i c o
a p a a pa c ici , o io pi , o o i po pa i
po a .

a p i i 90- po i a p a o i
a pa o op c a a o a c c o o o o o i , c i
i aco a a o i a i , op o a i a i c c a , i
i a o o i a a i po a o o i o i po po i
i op a . ' ac i a o ic

i c a i p o pa c op aco a ,
i op a o i po o i p o a ap p i, o i a p
p i o i o oc a i, ac a a c a opo i.

o a o i o o c o i a p a o i i i a i
c o a o o a a a co o pa c op o

oc i, o i o o pi o a pa c op oc ,
pa c op o o o op , i oc i i a a o c p o .

A o pa c op — o i i a p o i p .

a i a o o a o a a a c a opo '
c c i c a. a i : opo i p — p o i o o- c pc a
o o- c pc ac o ic a . a o a o oc i c i a ,
o i ac c o a a opo ' .

pa c op a p a pa i o o i c a, i ic a a ic
a o pa c op ic a i, o o i i a a i .
Oc o i p o o — ac api i o c p i i, op c o a
a o (, a a

i i, o c i p o) a o a a op a i a i p , oco o ic a , a
p p c . i pa o a a a , o a a i a o o i i, o
o 280 pi i p o , c p oco
c a o a po i (a) ip , o c a o , c , p , a i ,
o c cip , ca a, o i.

a c o o i a p a p o a o o i pa c op o
c p o a pi c a o o 5,5 , i 39 % c o o o c
i i pa i.

o a ac a a p p a a a i ic a.
i co o a p o i p o a a aco oc a 70 ÷ 90 %
a a o o pi a p . O i c p o po , o i 20 %
a o pa c op aco i c a c pa i p
c a o op a i ic i p o i pa o a a a .

i p c a i o o o c o a a o o i i : a o a pa i c a i
(A C), c a i i o o o c o a (C O), o a o o i i
o o, i a o c p opo i c i, — c o a p a o
c p o a o po a (o , a , pa c ici
o op ac a), o c c a a o a ,
po a pi a . O c i pa o a ac , o ac o a i
ac a i , a o i a o o i i o o i o o c a o
c a o 13 ÷ 33 % i pa c i ac .

i ac o i o o a o o i i ac pi a o po i ,
o a o c a o p a , i i a p a i, i o o ,
o pa p i o o . a i c oc i c ia o o a a
c a o o ac a a o o i i a a c o a o
c i o, i p opo i o o poc o a i . p o o a ic

o pa o p i o o a o p o i o o a a i o o o
o , c o o a o o c p o . o a a o
pa a po c i a o o i i (o a c ia o o a a
a a a) a o p o o a o o a o.

**5.3 p o o o c a a o pa c op a a o p po
c p o**

- C i o p o p a p , o o a o o i i :
- co i poc a c oc i p o o o c a opi o i poc a
i oc i c a io ap p ;
 - poc opo a po oc p ic a o pa c op ;
 - oc p ic o o pa o i (a o pa c op ac o a o ci
ic i po op o o a o);
 - a o c ic i p o o o c a a o pa c op opi i
a c a io ap p ;
 - c a ic i o p a i a i aco i a c i a p a p o
p a ;
 - po a a p a p , ac i o o o i pa o a i a
a o pa c op a o c i o p i i o i a i ip
po ci c opi i po c o a i a i
c a io ap p , i, pa o, a o i i i p a o
co .

A o pa c op c op ic a o p i o i c i p
ca i ap o- i i i op a i a p o i p .

5.4. i ac po o i a o o i i

- i ac po o a pi o o op i p oc o p a
op i i :
- i pa o a i a ;
 - ap p i a ;
 - apo a a o o c c .
- p a apo a a o o a i c c i p a o
ap pa op i a a . p o o i apo a
c i i. a a a ic apo a c , a a a
c c a i i p a.

apo a a o o i i i a c i po o o c a i.
pi opo a o a a a o o i a c o a c a oc po
i p c c p i a a a pi i a oc p o o. o i o
op a o po o ci c c a, a o o ac c op o
apo a pa i a p o i p .

ap p i a , i apo a c c , ic p a o
o i. i a op c o a o ap p a o-
o i p c i p i oc i i po- op o c c a p
op , o i c apa ac , o apo c i c i o
i pi . i ic i poc a i i o . pi o o, o a
a i o p p po o a. i ic c ac
a o o i i o a a i c ia o c c o i ap pa
o a a a i o o a i a a i p a, o op .
o , p a i i , oc o p o i i
a oc p i ac po o i pa o a i a . po p i o oc o o o
c c a i a i ap pi pa o, o o ip
o o i i o a a o o i i .

i pa o a i a op c ac i o c a a a o o a pa
op a. i i c a po i op a i a a o
i . C p oc o — a o o, o o ic , c oci c a a
i, i c a a, o op po o o o.

o c a op a i o ac a a a o o o o o o
p a o a i i i i : , o , c , a o i cip a. op a
ac a a a a o o i pa i o i . po a o o o
op a o o a a p a o c a , o a apa io c cip .
p o o op i a oc a o i oc i c a ic c o o
a

op c a a .

i c a a a o oc p o a a o o i i
o a i pa o a a i . a , o o o a pa o
i p o a a a i ap pa opo o ic o oo c
i oc , o p op a 2-3 pa .

a i c p p a po o i a a a oc
i po o a p i « o oc o o o ». a a p i po o c a i po i
op ic a a o a p p o a o p ic i
ac a a a p i po o .

5.5. a p po a o a a o pa c op aco i

i ac p a o pa c op aco i a o c p o
a c po o a , i op c p a o ac i o p
a i co o . Oc o i p a a o o a p : a i a a
pa c ici , a i i o o , .

a i a a o o i a o o pa c ici i ac po o
c pa o c . c o i o o po c a i a . a
o o , o op c o a c i ca i ac a , i p o o a i
ac oc a ca o o a o o i .

o o a i o o o op c o a c . i a a a o
ac oc , i po o p a o o ac po o o pa o a i .
aca p i ic a c i ic o c pa . po i ac po o a i
o o o , o o i o o , ac i o o a op c
a c o . , o pa i , a o c a i
a a op a .

a c o o i o o a i o o o a ic a c c
ac i op c o o o i i a pia , i o o o a
ac oc . C ac i o o i i a pia a i ococ i ic , i
a c i o a i p i po o a op . i
o i o a o po i ic , i a c .

i ac p a o pa c op aco i o opo a i a c o a
a o o i i c pa opo i op i . p c pa i
i a c a p p opo o c p a o a i , o a
o p c op po ci a i a i . ic a i a o
i c p c pa i c ap i o po opo .

opc ic o p o opo i o p i c p a pa o o oc .
po opc ic , a ca o i a o po opa , a o c
i p a o o i .

a i c i a pa o a i a c p pi o
a a i . A pa i a api o c a i a i a o i
c o opo o- pa c op o p o a c a o o ' ,
ac i , a a o a .

po o a a o o i c a o p o 1 %
i i i a o pa c op o o aco .

p o ic oco o i p o a o , i
i a . a , po a o a c : o 50 %
(a) ip , 100 % N- i po a i i , 70 % a a o o o c a po i , 15 %

р р о . о 60 % а с о , о о р с а с і о о
 () а с і а і, о о о о р о а і
 .
 а с а а, о о о с а о о , о а
 а р і і р а і. і р а і р о с і р і (),
 о' і (с о о і), р о і, р о іа о а с .
 а а о а і а а а і а о .
 о о о о о р о р а о о о о о о о
 а о о і с р о о а с (4) а о с р о а с
 с р о і 14 о о о . о о о о о а а о о
 а о о і , а 8 р о о , а с і 92 о о о .
 , і о і о о а і а і, о с р о і і ,
 і о і. А о р а с о р і р с о с р о о р о і р а р і а о 30
 о о о . о с а о о о і 10 % р р о о а а
 о 40 % с о о . р р о а , о р а а о
 с р о (р) о с о р о а а с і о а с о р р о о
 р о о і . С а с і і о р о а а .
 о а о і о а а о о і
 о р о с о с р о а , о р о і о о с а а о о і ,
 о р а р о о і с а с о

Елементний склад деяких видів автомобільного пального

Пальне	Вуглець	Водень	Азот	Сірка
Бензин	85	15	0	<0,15
Дизельне пальне	86 ÷ 87	13	0	<0,5
Керосин	85 ÷ 86	14	0	<1
Стиснений природний газ	75	25	0,3	0
Скраплений нафтовий газ	82	18	0,5	<0,015

5.6. Р о а і о

- о а р о о' і а о о і о а
 р о а а р і о а і і а о а р о а і:
- 1) о о і о с і р а р і: а о о а р і о р а с о р а с о і ,
 і о р с о а р а і р а р і, а і р а, і р і
 с с а о а і . о і р о а
 о р а і с о і р .
 - 2) і р а с о р і р і: Р о а а і р а і р а с р р
 о с с і , і о о і а р о а с о о р а с о р . о р с а

oco c a o o i i a op c o o i o c aco i p c a
c p o o i o o .

3) op c a p c pci : po a o o i i
oc i a a a pa p i. o a c
po po i i a c c pa i p o .

4)P a i : c a o a c op o p a op a i o o
i pa c op aco i . C a pa c op o a i o
op c a o o i , i a o i .

5)Po o i pac p p ap a : C op o i pac p p
ap a po pa c op . o c p p o o p
pa c op aco i a a oc i i pa i a .

6)I o a i o ic i a oc a i : op c a o o i o i a i
o ic po ci a ap p i oc a o ac p a
a pa .

7) o o i a oc i a a c i o ic : po i op a i a a i c p
o i , o i c i o ic po o o i i ac op pa c op
ap p .

i a o o c p a p o o ' i a
a o c p o a c p c op i o o i o c o o a
c a o o pa c op o o c p o a.

5.7. c o o po i :

O , i c o ci po i po i i o a c a o o o
c p o a i i i a p o o ' i , o a po
ac i c o .

a i p o i o ' , op c o pi o a i i p a p i,
o c o c i o o i . op c a po o i i
a i pa c op aco i a pa p a p i, a
i p i c c a o a i , o c p i a
o i oc i o i p .

O i a i p a op c a p c pci a o o
a a oc c . po a o o i
o i a o oc i a pa p i a
po o p o o i .

P a a c op o p a op a i o o i pa c op
aco i a o i i i a i a o o a o i . C a

op c a o o i , o a a o c p o , o
c p p o o i c a o o p a c op o o c p o a.

Po o i pac p p ap a po pa c op a i i
i i ia , c p o a i a i c i o oc i o i po o o i i ac
p , a o o a a o o i o o a
p o o ' i .

pa o a a , o a a a , o p o o i
a a o a a o po o , a a a o c o o i o a
po a i o a i pi i i i a i a o o a
a o c p o i a p o o ' i .

Po pi o a i i o a c a o o o c p o a i
o i o i o o a p o o ' i , o a c op a
p c o i .

1) op c a p pi :

a po o i a o o i pi o
p pi . op c a po o i i , ip c c a o a
i o c p i a o i oc i o i p .

2)O i a i P a P c pci :

O i a i c c pa c op a op c a p c pci
a ac a a o o a oc c .
po a o o i o i a o oc i a
pa io a o o op c a p c pci o c p p o o i .

3)C po i op a a P a :

P a i a c op op a op a i o o a
a o c p o a o c a o o i i i a i a
ac i i . C a op c a o o i o c o o i a c c
a o o c p p o o c a o o p a c op .

4)Po o I pac p p o o i :

Po o i pac p p ap a po pa c op a i i
i i ia , c p o a i a i c i o oc i o i po o o i i ac
p , o i i pa a o po i o o i o o
a p o o ' i .

5)Oc i a a o p C i o oc i :

i c i o o c i c p ac po o o i i po a
pa c op aco i o c p c i o o op po a i i p i
c a o o i .

6) ci i ac op o c i i o p o o i a
o pa oc i o i , o a a c i c po a , po i
pa c op aco i a a o o a op a i .

C O

o i o a a ic pc o o o po o a : "A a a
c c a p a p o a o ' o " o o pa o a o op
a pia o a a c c a p a a o a c op
p c po , a i , i a c copi .

p o po i i o po o o a a c c
a o a o o pa i , a ic aa a ic c ac o c i i.
oc o i o o i o a poc i i , i a a c c a o ic
ca oc i o a a a c o i i o i a c o i ic .

o o p c o a a p o a o o p o o o o ' a
a o o o p i a o co o o o i a a , a a
po o oc pa a a po pa a , o po c a i i a o o
a a .

p o po i i o po o o o a a i c c pa i
c a a c , a a o o po o , o a o pa . Oc o i
a a c c pa i : c cop a a , p o , o
c c , a a op , a op a a a i , o po ' o , o i a o o
a a .

po i ap op c o c o p a a o o pa i o
i op a i a c op o c a o o po i o o o o c p o a.
p o i i ipoc o , a p a i ap a o o a
a a c c a pa i , oco o o c i po o o i a
a o o o o pa i . o c copi o c o i a i i a
o o c c i o p a i op a i poc o o o a ac ca .

o c op o a o a a o a o o ap p a i
pa c op p a a o o pa pa i . o po po o po pa o-
a apa o o c c a a o o p a p o a
o ' o c a i o c po co

p o p o i i o o i o o i c p o p o o c c . p a c ,
a o p a a o i c i a p , o p c o a
o o o o p o c o p . a i , i c a o p p o i i p a
a p o o c i o p a i . I a a c o
p a a a a a p a p i P I D - p o p a , o p o p o ' a .

a a a o i c c c a o a a c a i c p a a
o p i o a i p a a a p i i a i i c a i . o c
p a o o o c i , a o p o o c p a c a p a
c o a o a , a a o o c o a a c c a o c o i o p a
a a i .

p o p o p , i a p a a o o a a o i c
c c .

p o p o i i " O o p o a p a i " o a i o a p o p o
p o a c p a i o a o a o o p i
a o o p p a i i p o , a i o i c o a .
a i o c o i c o a a p o o o a i a o , i a o o
o c i :

O p a i a i a a p o o o p o c :

) P p o o p o p a o - p a o a i , a a o p a
" p o o o p o p a i " , o c a o i p o p a a i i , o o a
o c o c o o a p a i i p o o
c p o i .

) C c a a a i c p i a
p o i o o o p o p o o p i a o
o o c a a p a i i .

O p a i a i p o o o o p o c o p o i c p a i i :

) P o o a p a o a o o p a o c i o c i o i c p i ,
i o o p a o a .

) i c o p o p a o o c i o c i o i c o o p a i a ,
o p c o o p a a p a p , o i o i a c a a p a .

) a p o o o a i p o a i o o o c o a o o o c i
o i c i , a c a o o i i o o i a p c i a .

pa o a a i p a , a po o o a i a o i
i o i a c a ap a a o a a o o a c a, a a o c p
a o o i o pa i i a i po oc i.
O i c , o p o a i, p c a i a o o c i, co o
i a i o opo pa i a o i i oc i po o o o
c p o a.

' o po i i o i c o a o cipo i po i i o a c
a o o o c p o a i i i a p o o' i,
o a po ac i c o .

a ip o io' , op c o pi o a i i p a pi,
o c o ci o o i . op c a po o i i
ai pa c op aco i a pa p a pi, a
i p ic c a o a i , o c p i a
o i oc i o i p .

O i a i p a op c a p c pci a o o
a a oc c . po a o o i
o i a o oc i a pa pi a
po o p o o i.

P a ac op o p a op a i o o i pa c op
aco i a o i i i a i a o o a o i .C a
op c a o o i, o a a o c p o , o
c p p o o i c a o o pa c op o o c p o a.

Po o i pac p p ap a po pa c op ai i
i i ia ,c p o a i a i c i o oc i o i po o o i i ac
p , a o o a a o o i o o a
p o o' i .

pa o a a , o a a a , o p o o i
a a o a a o po o , a a a o c o o i o a
po a i o a i pi i i i a i a o o a
a o c p o i a p o o' i .

C CO I IO PA I OC A OP C A P

1. Williams, B. K., R. C. Szaro, and C. D. Shapiro. Adaptive Management: The U.S. Department of the Interior Technical Guide. Adaptive Management Working Group, U.S. Department of the Interior/ Washington, DC, 2007 – 72 c.
2. , I. ., p o .A., A a a i i i a i c c a [c]/I. . , .A. p o .-C : a o: .-2008 – 377 c.
3. Capi ic ., C o ac i c c pa i , o ca oop a i c ./Cap c .— .: a a, 1980. — 400 c.
4. .A ca po A. .O a a a c c ./A ca po A. . — .: c . , 1989. — 263 c.
5. Digital self-tuning controllers. / [Vladimir Bobal, Josef Bohm, Jaromir Fessl and Jiri Machacek]. — London : Springer-Verlag, 2005. — 317 c
6. o a A. . a a oci :A a i a apa p o-o a i c c pa i . a . oci ./ o a A. ., C a O. .— .: « I», 2011. — 108 c.
7. opo o A. A. opi a o a o o pa i .4.II. opi i i c ia c c a o a o o pa i ./ opo o A. A. ai .— .: . , 1986. — 504 c.
8. dl.nure.ua [po p c pc] – P oc o p c pc : https://dl.nure.ua/pluginfile.php/566/mod_resource/content/2/content/content2.html/ (a a p : 01.12.2023).
9. elearn.nubip.edu.ua [po p c pc] – P oc o p c pc : https://elearn.nubip.edu.ua/pluginfile.php/845593/mod_resource/content/1/%D0%9C%D0%B5%D1%85%D0%B0%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0_%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82_%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D0%B9-14-25.pdf/ (a a p : 02.12.2023).
10. learn.ztu.edu.ua [po p c pc] – P oc o p c pc : https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/13889/mod_resource/content/1/%D0%A0%D0%BE%D0%B7%D0%B4_2.pdf/ (a a p : 02.12.2023).
11. studfile.net [po p c pc] – P oc o p c pc : <https://studfile.net/preview/7373134/page:6//> (a a p : 04.12.2023).
12. O.O. C i C. . o , oc o OI OP A . a . oci ./ a a a o p a i o opa o pa i a , po copa O.O. C i o o – C . 2006 “ i pc c a a” – 173 c.

13. K.-J. Li and C. Vangenot (Eds.): W2GIS 2005, LNCS 3833, pp. 155 – 167, 2005. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005

14. www.elmiz.com [po p c pc] – P oc o p c pc : <http://www.elmiz.com/product-category/gyroscopes-and-navigation-systems-ukr/> (a a p : 05.12.2023).

15. oc pi o C., a o ., C i a . po pa a IC LiDAR- o o i c a i o o o a i a a i p o oc c . po p p o o pa i o oc i i ap o pa i . 2014. . 19. C. 45–52.

16. oc pi o C. oi op a i o a p po o-a po o o o o i : o o pa i . ap i : - o i . . . apa i a, 2014. 484 c.