

_____ 20__ .

()

“ ”

151 « ’ - »

: _____

: _____

: _____

: _____

« »: _____

« »: _____

151 « _____ , - _____ »

« _____ » _____ 20__ .

(_____ , _____ , _____)

1. _____ :

«15» _____ 2023 .

1810/

2. _____ : 02.10.2023 . 15.12.2023 .

3. _____ : _____ ,

4. _____ : _____ ,

5. _____ :

1. _____ : () _____ , () _____ , () _____ ; VTOL;

2. _____ ;

3. _____

4. - _____ ;

_____ ;

5.

6.

;
MEMS-

7.

6.

-

.			
1)))	02.10.23 – 23.10.23	
2)))	23.10.23 – 13.11.23	
3))) c	13.11.23 – 24.11.23	
4))))	24.11.23 – 04.12.23	

5)) (, /).)))) ().) .	04.12.23 – 11.12.23	
---	-------------------------------------------------	------------------------	--

7.

8.

: «02» _____ 2023_ .

() (...)

() (...)

«
»: 116 , 29 , 12 , 4
, 67 .
, , ,
, ,

,

:

:

.

.

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ I. Задача вимірювання курсу БПЛА.....	11
1.1 Класифікація БПЛА та їх використання.....	11
1.2 Схема БПЛА.....	31
1.3 Система управління БПЛА.....	32
РОЗДІЛ II. Оцінка якості датчиків руху БПЛА.....	43
2.1 Вимірювальна система її вибірна методика та показник якості.....	43
2.2 Платформи та датчики БПЛА.....	49
2.3 Багатовимірний стохастичний фільтр та алгоритм його синтезу.....	53
РОЗДІЛ III. Синтез системи фільтрації комплексування сигналів датчиків курсу БПЛА.....	57
3.1 Цифрова реалізація обробки даних вимірювання.....	57
3.2 Бортовий обчислювач навігаційних сигналів.....	65
3.3. Синтез системи фільтрації та комплексування сигналів вимірювачів курсу БПЛА.....	71
Висновок.....	77
РОЗДІЛ IV. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРИДОВИЩА.....	79
4.1 Негативний вплив електромагнітного випромінювання на живі організми та прилади.....	79
4.2. Захист від електромагнітного випромінювання у БПЛА.....	84
4.3. Основи охорони довкілля в Україні.....	89
4.4. Галузі охорони навколишнього середовища.....	93
РОЗДІЛ V. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	103
5.1. Вступ.....	103
5.2. Аналіз умов праці на робочому місці (суб'єкта ДР/ДП).....	103
5.3. Розробка заходів з охорони праці.....	112
5.4. Пожежна безпека виробничого приміщення.....	113
5.5. Типовий розрахунок або питання охорони праці до детального опрацювання (обґрунтування).....	115
5.6. Висновки.....	117
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	118
ДОДАТКИ.....	123

()

2019

57

UVS International,

()
().

()

()

,

,

,

.

,

,

()

.

,

.

.

, 2005

"

"

,

,

.

,

:

,

,

.

.

,

,

,

,

.

-

,

,

.

,

.

,

.

•
,
(,) - ,
, ,) ,
.
,
:
- ;
- , ;
- (;
,);
- , ;
-
.

I.

1.1

/ ,

/ . ,

.

,

,

,

,

,

,

,

,

,

.

,

,

,

.

,

.

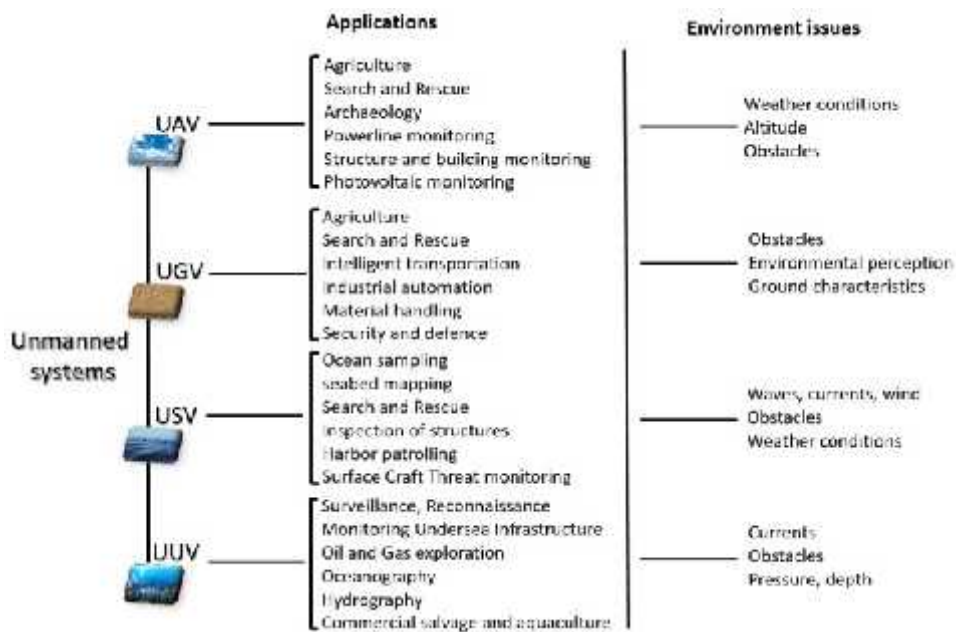
				23 16 43 000			
						11	31
						-213	

— USV)

(

— UUV),

. 1.1.



. 1.1

[6] .

LiDAR,

[15].

UV,

UV

UV.

, USV UUV,

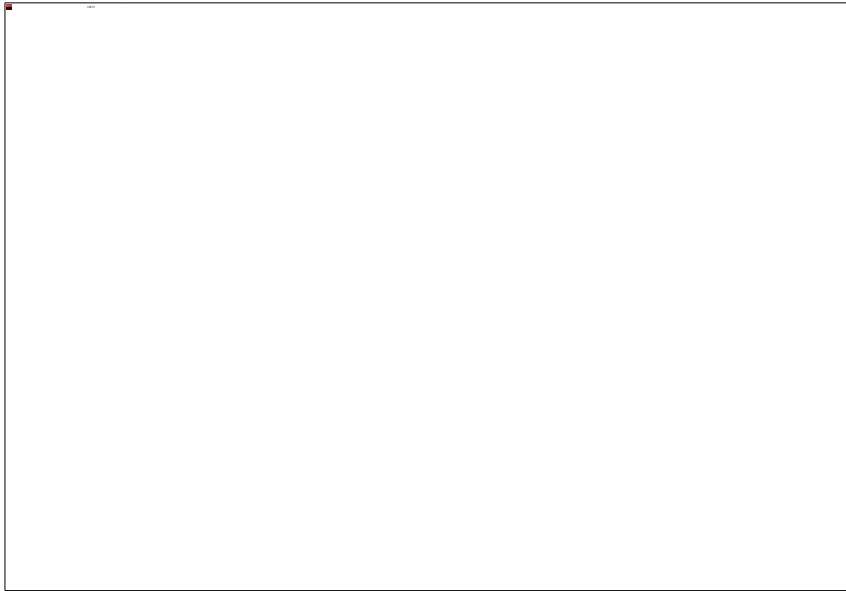
UV

(),

1916 (), 1933

-
.
,
.
,
,
,
.
:
.
,
,
,
,
.
,
.
.

1.



. 1.2

:

" "

. 1.3.



. 1.3

vehicle - UAV) - (, : unmanned aerial

· , , . , [1,98].

(RPA) - , () - (, , -),

· - ().

, , (), - ,

[2, 98]. , ,

) [3, 98].

. (. 1.4).



. 1.4

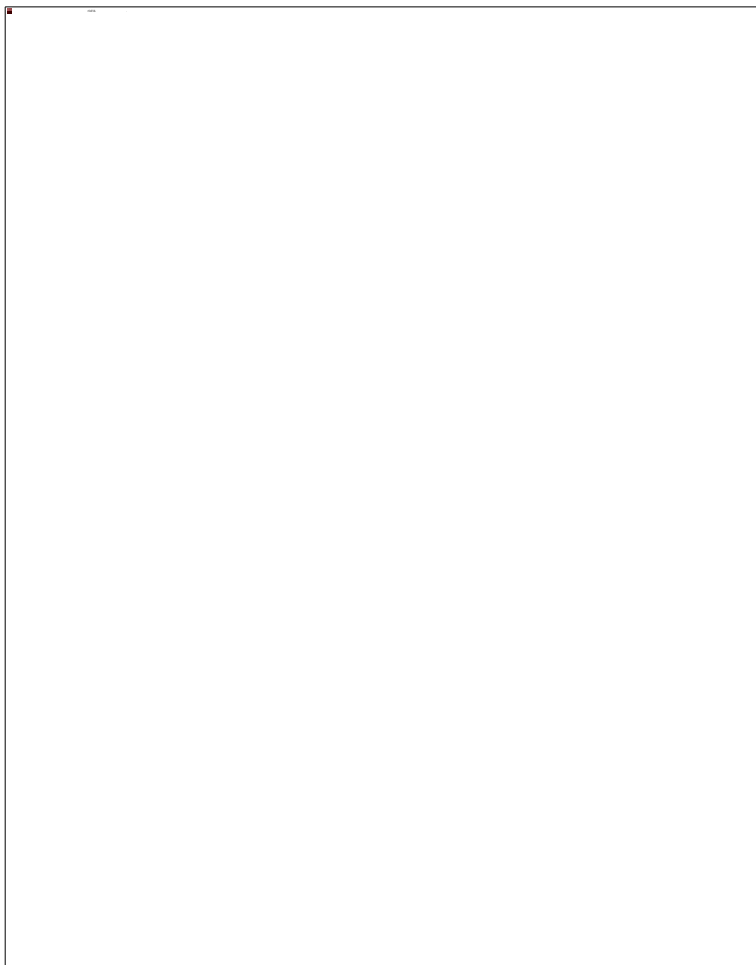
(,).

[4, 98].

(.1.5).

((3-10)
(, 24).

[5, 98].



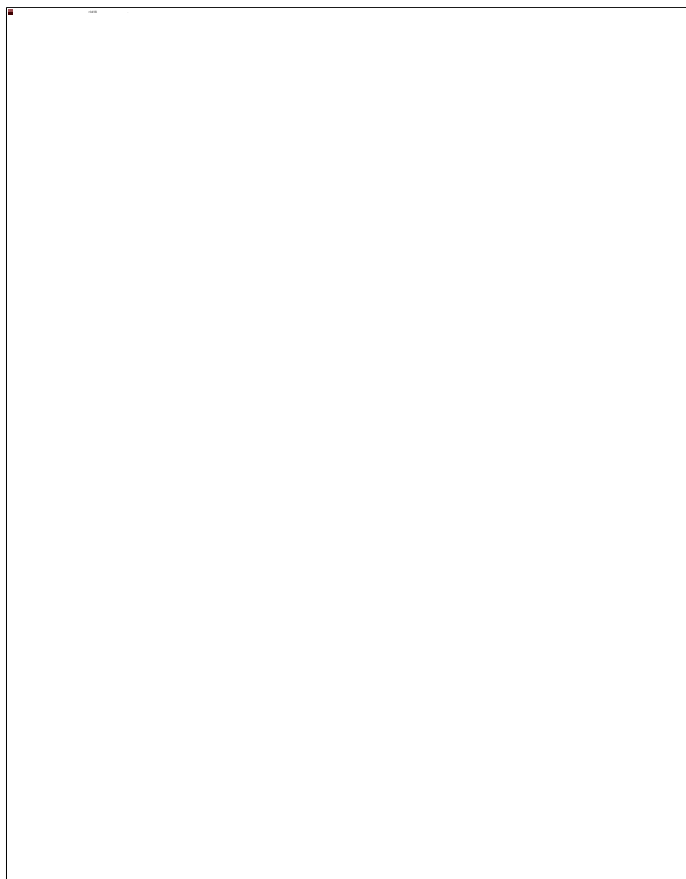
. 1.5

- ,
 .
 ,
 - , .
 - .
 .
 ,
 .
 , .
 , .
 : ,
 , ,
 .
 (. 1.6)

(. 1.7).



. 1.6

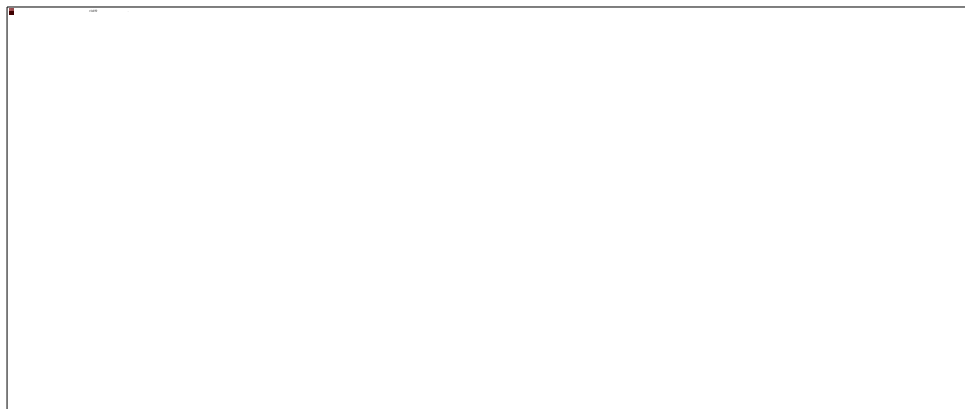


. 1.7

, - ' , ,
 " - ").
 - (, ,
 / , ,
 (, ,),
 , ,
 , ,
 ().
 - (, ,
 , , ,
 , ,
).
 ' (, " " ,
 , ,).
 , ,
 .
 , , ,
 .
 , ,

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

. 1.8 Proteus,
Scaled Composites



. 1.8 Proteus.

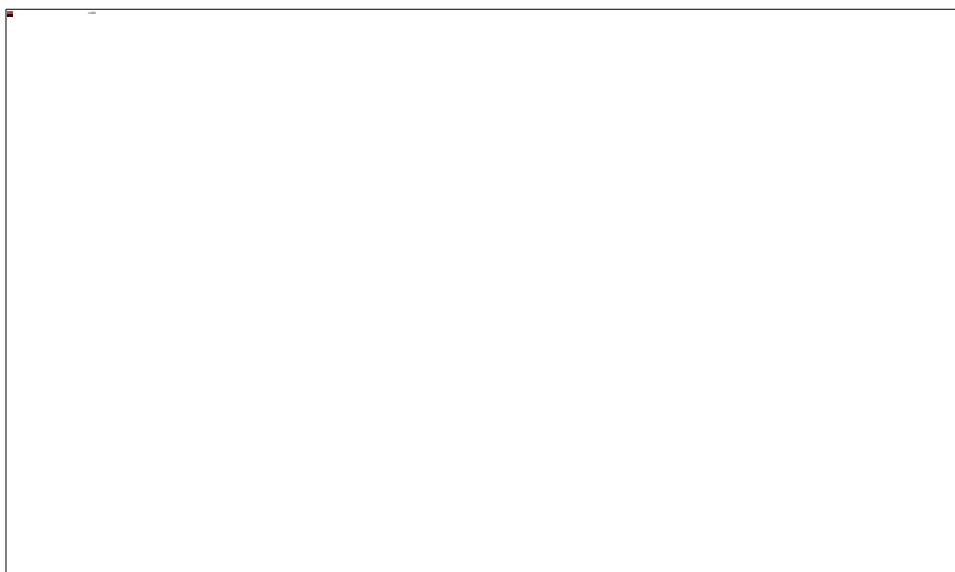
, .
17,1 ,
28 , 16 (,
3,2), 5,6 , 520 /
(10) 18 .
, 10,2 .

. 1.9

RQ-4 Global Hawk,
Teledyne Ryan Aeronautical,

Northrop Grumman.

, ,
.
,
13,5 , 35 , 15
900 . RQ-4 Global Hawk
30 18 . - 640 / .
- 34,5 .



1.9 RQ-4 Global Hawk

. 1.10

X-47B,

Northrop Grumman ().

V-



1.10 X-47B

Pratt and Whitney,

- 11,6 , - 18,9 (9,4),
- 6,3 , - 20,2 .
900 / . 3900 . 12,2 .

80 ,

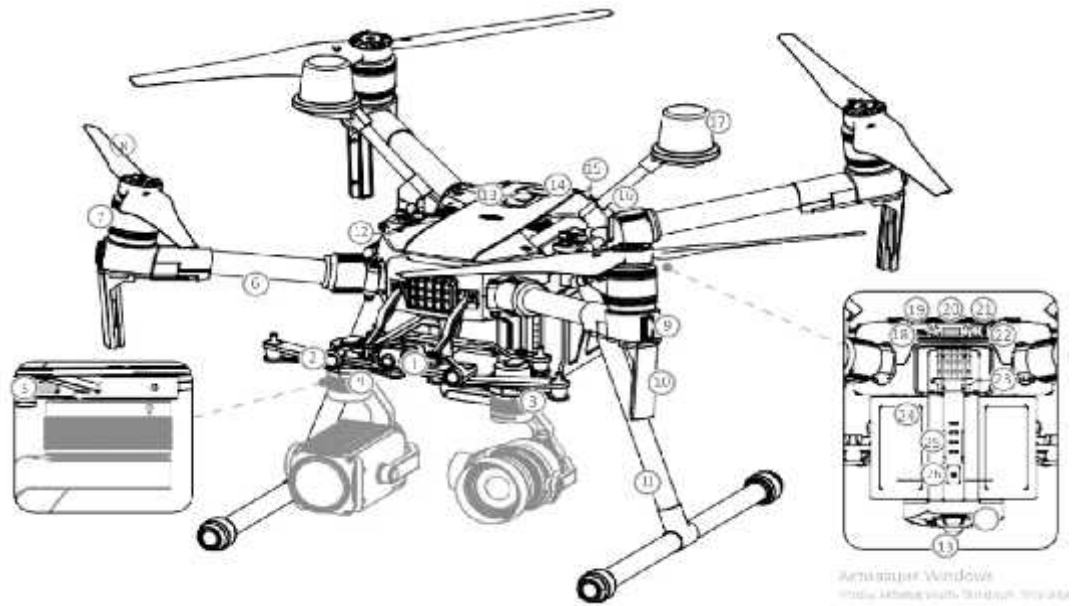
(- ,)

(,),

(/VTOL).

(, . – tailsitter)

1.2



. 1.7

1. FPV
- 2.
3. ' DJI v2.0 (DGC2.0) I
4. ' DJI v2.0 (DGC2.0) II
- 5.
6. wepon.
- 7.
- 8.
9. ESC.
- 10.
- 11.

- 12. .
- 13.
- 14. .
- 15. .
- 16. D-RTK.
- 17. D-RTK.
- 18. (XT30).
- 19. USB.
- 20. USB.
- 21. ' .
- 22. .
- 23. .
- 24. .
- 25. .
- 26. .
- 27. .
- 28. ' micro SD.

1.3

, , , . ,
 ,
 , , ,
 , ,

1

(GCS)

IEEE 802.11,

360°.

2,4

12 dBi.

·
- ,
·
, ,
· ,
, , ,
· ,
, , ,
· - ,
- ,
, ,

GPS

. GPS

,
,
·
, ,
, ,
, ,
·

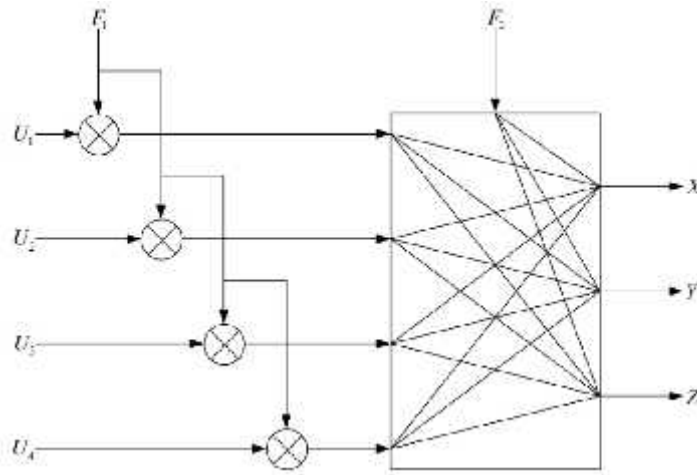
X, Y Z.

U1..... U4

- F2 .
F1,

. (.

1.12).



. 1.12

,

,

,

(-

).

(x, y, z),

,

(

)

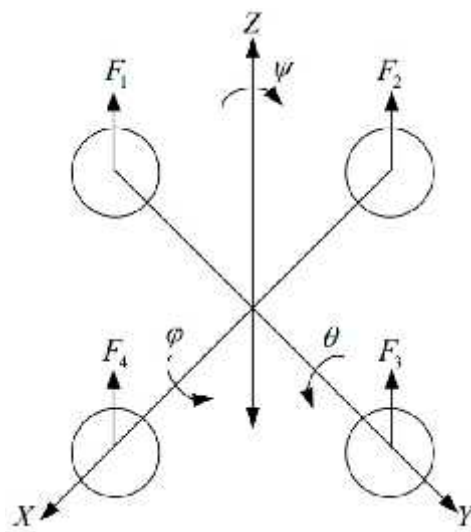
(

),

[8, 98].

z) (, ,).

(. 1.13): (x, y,



. 1.13 -

Matlab Simulink (. 1.14).

(-).

,

(

).

,

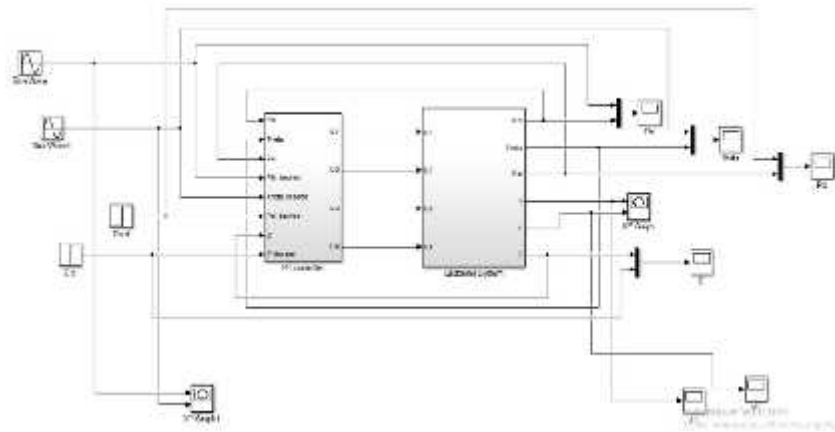
.

-

,

.

[9, 98].



1.14 -

,

Simulink Matlab

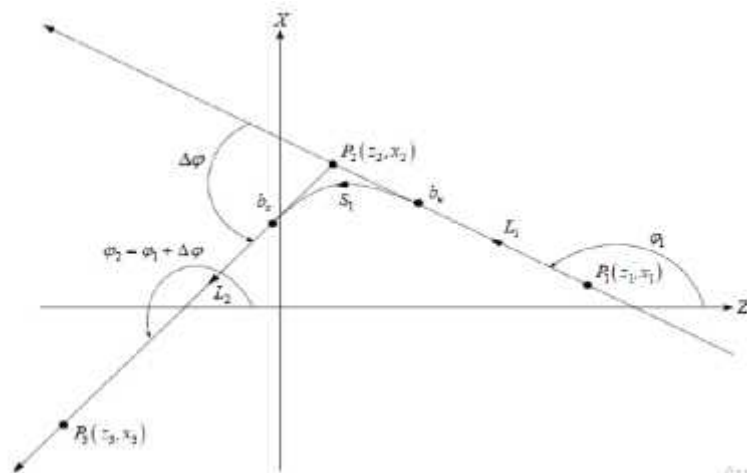
-

.

1.15

,

$L_1, L_2 \quad S_1.$



1.15 –

P₁, P₂ P₃, -

(z, x),

L₁ L₂
S₁,

L₁ L₂

[10,99].

•

1.

:

–

— ,

• .

2. .

• .

• .

• .

1. .

• .

2. .

— — .

— () — .

• .

1. - .
2. - ,
3. - ' :
, . :
, . ,
4. - , ' .
- 5.
6. :

«Spectator-M1» — ,

- —
- — 3000
- — 120 /
- — 3
- — 35
- — 200

-

,

,

.

II.

2.1

() -

,

.

.

-

,

;

,

.

,

,

,

,

.

-

()

,

,

.

-

;

-

,

,

.

,

,

-

.

,

118

27

.

,

,

,

10

000 g.

50 000 g

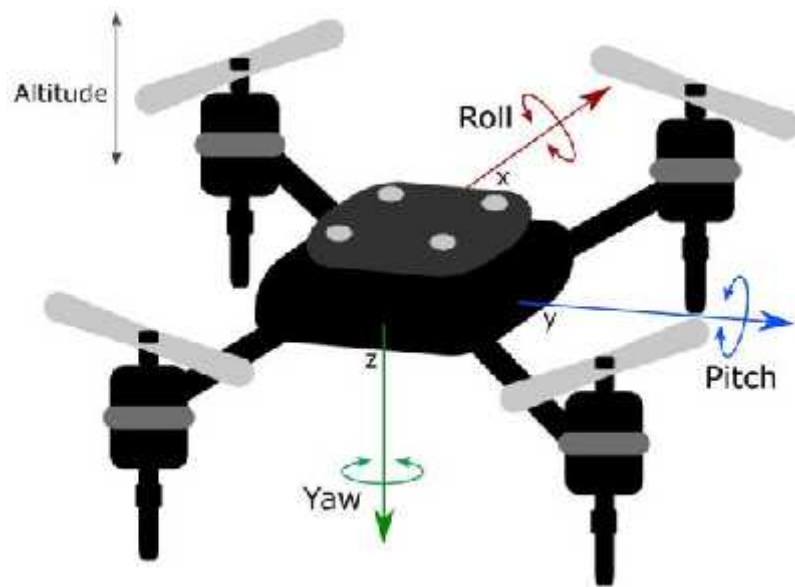
5 g.

23 16 43 000

						43	21
						-213	

2.1,

(GNSS)



. 2.1

,

.

—

-

,

,

,

.

,

,

,

.

-

,

,

,

,

,

.

-

,

.

) ().

,

(

,

);

)

.

,

;

)

-

.

,

,

,

.

.

.

,

(

,

,

,

)

[11,99].

,

.

,

.

,

,

,

,

,

,

[12,99].

[13,99].

[14,99].

(t) - , x(t)

(ti).

$$(t) = x(t) - (ti),$$

(ti) ,

(t) ((t) -

,
).

,

" "

· , - ,

· - ,

[15,99].

:

- ;

- ;

- ·

- K, G F,

;

- ·

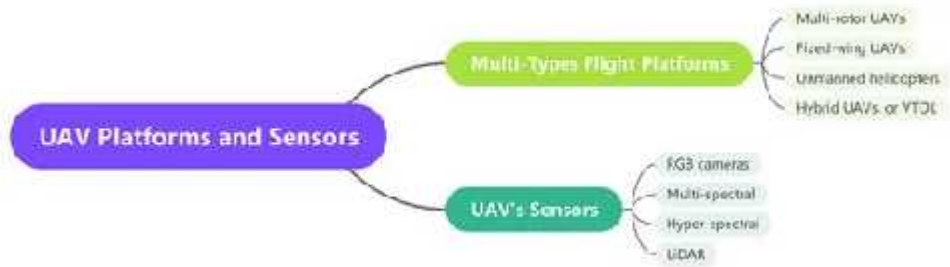
2.2

:

·

,

2.2



2.2

3



.2.3. : () , () , () **VTOL.**

30
Mavic 2 - 31 , DJI Mavic Pro 27 ,
Mavic Air 2 - 34 .

(VTOL),

3D-

2.4



2.4

:(a) RGB-

, (b)

, (c)

, (d) LIDAR.

: RGB-

3D-
LIDAR SLAM ();

2.3

40-
1960-
.1960
(
).

(. 2.15)

K

n x n

n-

r

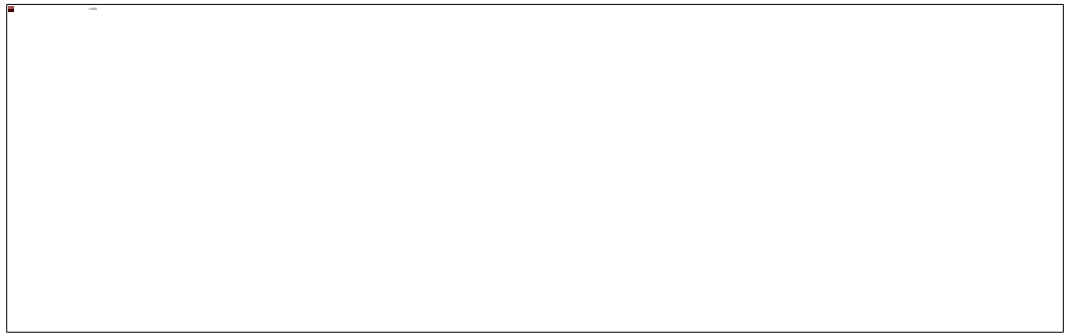
Srr, S , Sr

S r.

x

n

[20,100].



. 2.15

$$I_1 = \langle \mathcal{E}' R \mathcal{E} \rangle, \quad (2.10)$$

R – n × n;
 – n- , :

$$= x - i; \quad (2.11)$$

i - n-

$$i = r; \quad (2.12)$$

– –
 n × n

,

$$G = \Gamma^{-1} (T_s + T) D^{-1}, \quad (2.13)$$

–

R, ,

$$R = * , \quad (2.14)$$

D –

-

,

,

$$DD^* = KS_{rr}K + KS_r + S_r K + S \quad (2.15)$$

$$T_0 + T_+ - \dots = (S_{rr} K_* + S_r) D^{-1} \cdot (2.16)$$

(2.16)

T0 - ; T+ - LFP; T- - LFP.

(2.10)

[21,100].

$$I_1 = \frac{1}{j} \int_{-\infty}^{\infty} \text{tr}(S'_{zz} R) ds, \quad (2.17)$$

S -

$$S'_{zz} = (GK - \phi) S'_{zz} (K, G, -\phi) + (GK - \phi) S'_{\phi\phi} G_r + GS'_{\phi\phi} (K, G_r, -\phi_r) + GS'_{\phi\phi} G_{r,r} \quad (2.18)$$

(2.17) (2.16)

II, (2.18)-(2.19).

$$I_1 = \frac{1}{j} \int \text{tr} [\phi S'_{rr} \phi R - (T_0 + T_-)(T_0 + T_+) - T_-(T_0 + T_+) - (T_0 + T_+) T_-] ds \quad (2.19)$$

III.

3.1

[22,100].

23 16 43 000

57 20

-213

MATLAB [23,100].

u x (1),

(2).

():):

$$S_{uu} = \frac{\sigma_u^2}{-\pi s^2}$$

$$S_{xx} = \frac{\sigma_u^2}{\pi} \left| \frac{s\beta + m}{(s + \alpha)s} \right|^2$$

/ ;

$$\beta = \frac{\sigma_\psi}{\sigma_u}$$

$$S_{\omega} = \frac{\sigma_{\omega}^2 M}{-\pi s^2 (s + \alpha)}$$

,

.

.

,

,

, :

-

,

;

-

-

;

-

,

-

.

-

()

;

-

;

-

- ,
 .
 , ,
 .

, MATLAB Scilab,
 , - .
 , 1980 ,

[24,100].

(1.28), ,

MATLAB.

1. - . :

MATLAB sfp:

[bf,af]=sfp(b,a).

b -

- ; a -

- .

bf -

- ; af -
 - [25,100].

$$x(a + b) + c.$$

$$a + x + a + x + c,$$

I

IIR-

I,

)

(

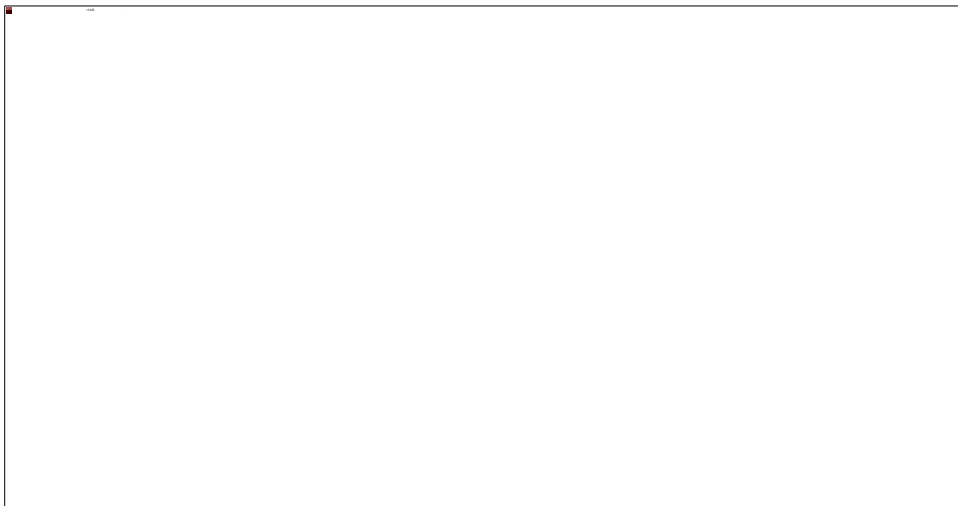
,

)

N-

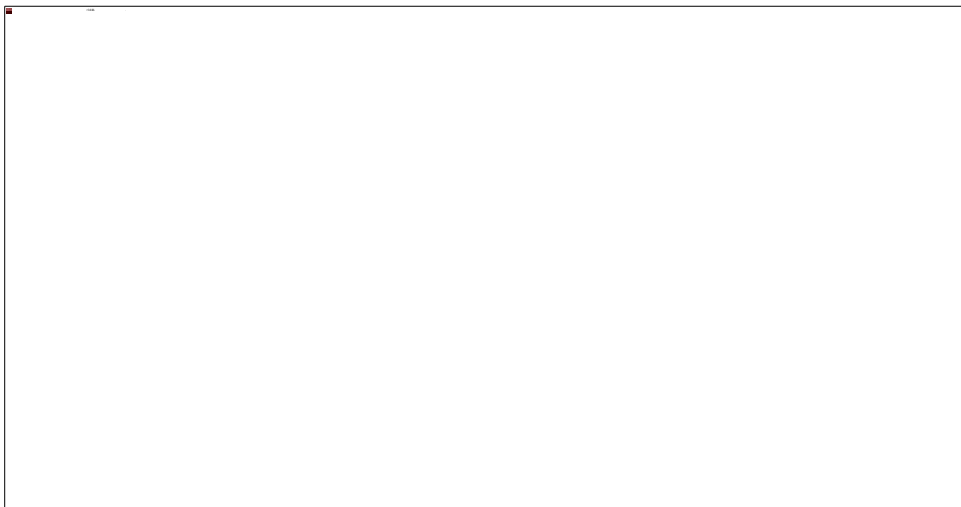
(

2N



3.1 -

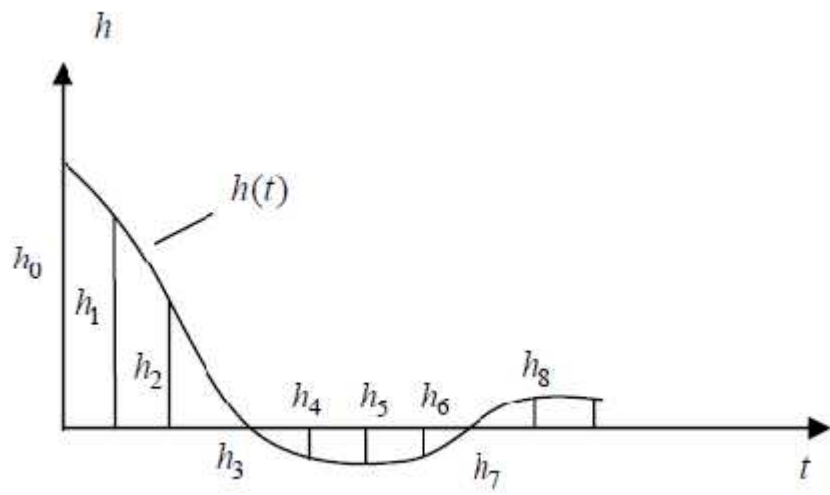
N - II II N , I.
, , ,
I . , ,
(LL_1D467 -1), ,
, , ,
, II ;
, , ,
(,),
(,) , .

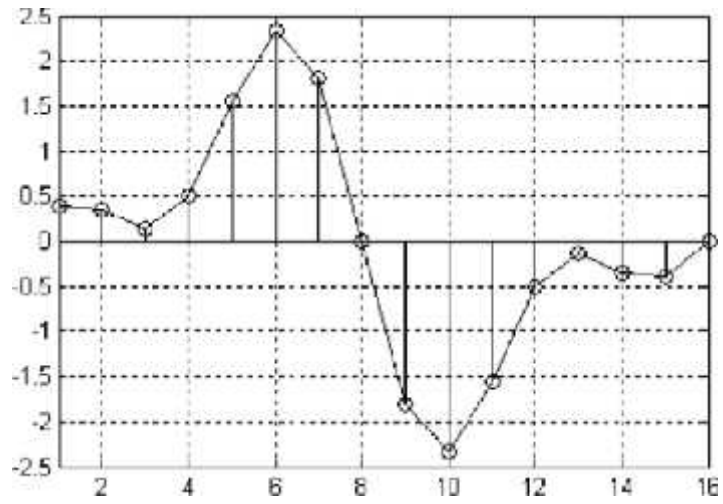


3.2 -

" () " " ()
 " ")
 , ,
 , ,
 N. II N
 I N + 2
 , , ()

$\pm 5\%$),





. 3.4

3.2

V

()

[26,100].

$$\begin{aligned}
 \delta e_t = & \frac{1}{\Delta j} \int_{-j\Delta}^{j\Delta} \text{tr}(\{(P_t^* R P_t^{-1} + M_t^{-1} C M^{-1})\} S_{\psi_t}^* + \\
 & + \{P_t^{-1} R P_t^{-1} - M_t^{-1} C M^{-1}\} S_{\psi_t}^* - 2P_t^{-1} R \Phi \{S_t^* M_t + S_{\psi_t}^* P_t\}) \delta V_t + \\
 & + \delta V_t \{S_{\psi_t}^* V_t (P_t^* R P_t^{-1} + M_t^{-1} C M^{-1}) + S_{\psi_t}^* (P_t^{-1} R P_t^{-1} - M_t^{-1} C M^{-1}) - \\
 & - 2(M_t S_{\psi_t}^* + P_t S_{\psi_t}^*) \Phi_t R P_t^{-1}\}) dt.
 \end{aligned} \tag{3.10}$$

V-

(3.10)

$$V = -\Gamma^{-1}(\mathbf{T}_0 + \mathbf{T}_+) D^{-1} \quad (3.11)$$

$$\Gamma^* \Gamma = P_*^{-1} R P^{-1} + M_*^{-1} C M^{-1} \quad (3.12)$$

D -

$$D D_* = S'_{\psi\psi} = M S'_{rr} M_* + P S'_{r\psi} M_* + M S'_{\psi r} P_* + P S'_{\psi\psi} P_* \quad (3.13)$$

(0 + +) -

$$\begin{aligned} \mathbf{T} = (\mathbf{T}_0 + \mathbf{T}_+ + \mathbf{T}_-) &= \Gamma_*^{-1} (P_*^{-1} R P^{-1} - M_*^{-1} C M^{-1}) D - \\ &- 2\Gamma_*^{-1} P_*^{-1} R \Phi (S'_{rr} M_* + S'_{\psi r} P_*) D_*^{-1} \end{aligned} \quad (3.14)$$

(3.10)

$$\epsilon_{00c1} = \frac{1}{4j} \int_{j^0}^{j^{\infty}} \text{tr} [\Gamma_*(\mathbf{T}_-) D_* + D(\mathbf{T}_-) \Gamma] dN = 0. \quad (3.15)$$

(3.15)

. $R_0, C, S_{rr}, S, S_r, S_r.$

(3.11)

[27,100].

' ()

,

.

MEMS

,

.

,

"

"

,

,

.

,

-

.

,

.

,

.

,

,

,

.

,

.

,

,

,

.

)

.

,

.

:

,

,

.

-

.

.

,

.

,

,

,

;

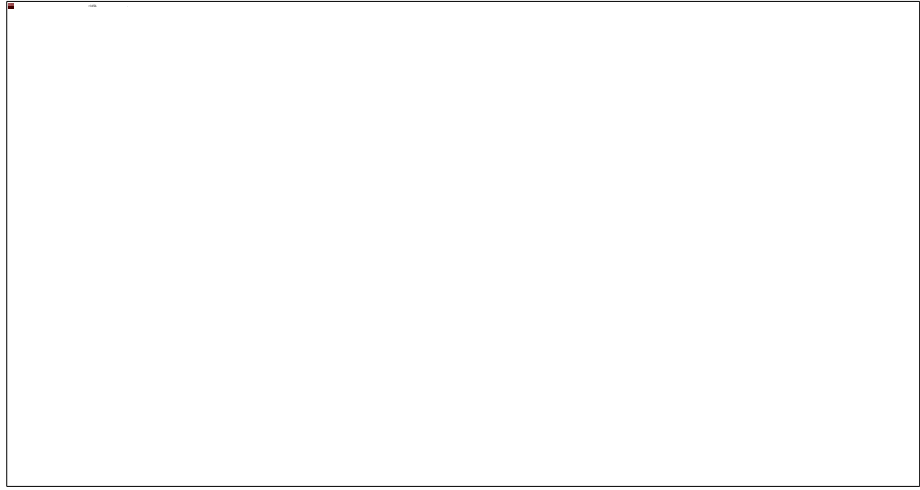
)

()

()

()

. 1.3,



. 3.5

MEMS-

,

• , , ,

• ,

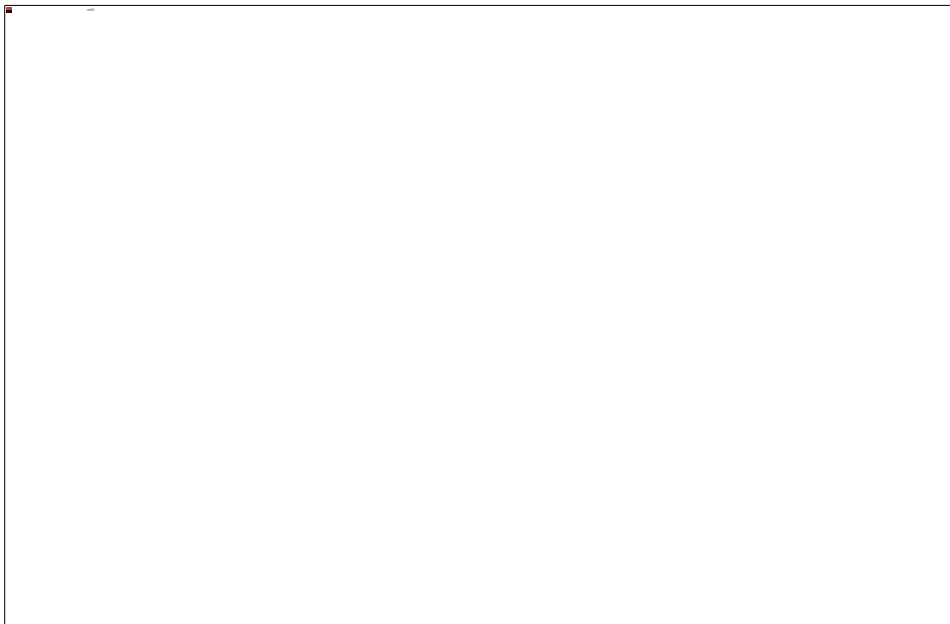
, ,

• ,

•

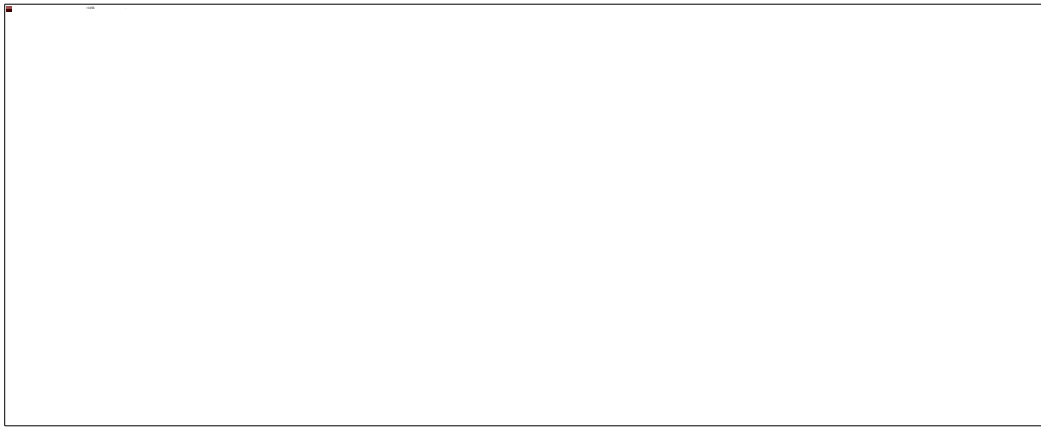
•

•



. 3.6

() : (,
())
.
, Kk
k, ,
Kstab. ,
10:1,
(.3.7):



. 3.7

, , . ,
, . ,
, . ,
- .

3.3. C

.
.

y - , n - , m - .

$B = \{b_1, \dots, b_u\}$ - , $Y = \{y_1, \dots, y_n\}$ -
 , i .

- , Y Y_i , Y_i
 Y (
),



,
 . :
 ,

i -

$eX_i = (b_i, e Y_i)$, $b_i \in B$ $e Y_i$ -

. $b_i \in B$ $e Y_i$ -

. $e Y_i = \emptyset$, , ,

[28,99].

$eY_i = (y_{1i}, \dots, y_{si})$, $y_{is} \in Y$, $i=1, \dots, s$, $1 \leq s \leq n$.

(

),

:

y_{1s} ,

t

eX_i , $t \leq s$.

$b_{li} \in B$

,

y_{ti} , i -

$t < s$,

$(b_{i0}, y_{1i}, \dots, y_{ti})$,

y_{t+1i}, b_{1i}

$eX,$

y_{1s}

Y

$eX_i,$

[29,

100].

$l(i),$

b_{i0}

$b_{ik(i)}, b_{i0}, b_{ik(i)} \in B.$

$l(i) = k(i) + s + 1, k(i)$

$X_i, X_i = (x_{1i}, \dots, x_{l(i)i}).$

i. MDVRP

VRP.

, MDVRP NP-

MDVRP

MDVRP.

procedure TABU_SEARCH_WITH_GREEDY (x)

i i i i i _ ;

x:= _ i _ ' _ _ i _

T:= \emptyset ;

```

xrec := x;
while i < n do
  y ∈ O(x) \ T;
x := y;
T := T ∪ x;
if f(x) < f(xrec) then
  xrec := x;
end if
if |T| > n - i then
  ;
end if
end while
end procedure

```

() -
() (),

$$= + \Omega + +$$

$$\Omega , ,$$

$$\Delta\psi \Omega = (\Omega\lambda + \lambda)(\sin\varphi - \sin\varphi)$$

$$\lambda - ; \Omega\lambda - ; \varphi -$$

$\Delta\psi$, ϑ :

$$\Delta\psi = \arctg[\operatorname{tg}\psi \cos\gamma] - \psi$$

$\gamma -$

ψ ,

$:\omega$

$$\Delta\psi = \Delta\omega + \xi$$

$\Delta\omega -$

;

$\xi -$,

:

$= +$

$$\Delta\psi + f(-) = \Delta\omega + \xi$$

- ; $f(-) -$

; $\Delta\omega$, $\xi -$

[30,100].

()

Ha V ,

$$H + 2\xi Ha \omega Ha + \omega^2 = + + \xi Ha$$

$\xi Ha -$; $\omega Ha \in -1 -$;
 ; $\zeta \in -$.

$$\begin{aligned}
 & V \\
 & : \\
 & V + 2\zeta V \omega V V + V^2 = V + V + \xi V \\
 & V - ; V - \\
 & ; V , \\
 & M V
 \end{aligned}$$

$$\sigma H \in [0,03...0,4]\%$$

$$\sigma M \in [0,2...0,6]\%$$

$$\sigma V = 5 / +0,0035 V, \forall < 20 ;$$

$$\sigma V = 5 / +0,007 V, \forall 20 .$$

$\sigma H, \sigma M, \sigma V -$
 $V, M H$.

PNC

[31,101].

3.

, . , ,
, . , ,
, , , .

4.

, . , ,
, , . , ,
, . , ,
, , . , ,
, . , ,

[34,101].

:



;



;



();



;



;



,

,

:



;



.

,

,

,

-

.

.

,

,

,

,

-

.

,

,

.

[35,101].

()

,

,

.

,

.

-

.

,

[36,101].

:

[37,101].

70%

, .
 .
 ,
 .
 ,
 .
 1,0-300
 , ,
 1 ,
 - 20 .
 .
 .
 , (105)
 , .
 .
 1,0-3000
 ,
 ,
 , (3000)
 ,
 .
 -
 (e =
 2,718...), , .
 13%

4.2.

[38,101].

[39,101].

().

[40,101].

.

,

()

.

,

.

-

.

,

,

,

.

,

[41,102].

,

,

,

.

,

.

,

,

,

.

,

-

,

.

,

.

[42,102].

()

()

:

1) (),
 ,
 ,
 [43,102];

2) .
 , .
 , .
 .
 [44,102];

3) () ,
 ,
 , .
 .
 $2^{-2} - 2^{-1}$,
 $0,8 - 4$.
 $-0,8, -2,0, -3,2 -10,6 - 0,8 10,6$
 .
 $20-30$ ($102-103$).
 ,
 ,
)
 [45,102];

4) ,

[46,102];

5)

4381
0,8-10 20-38
-5.
25
- 20 3-150
74% [47,102].

ADAPTIT

ADAPTIT

7

1,5

[48,102].

ADAPTIT

102].

[49,

ADAPTIT

Minotaur.

300

[50,103].

4.3.

() -

13

:"

" 1268-12 26",
 1991 . ,
 - ,
 . - , "
 " (1992), " - " (1992), "
 " (1994); "
 " (1995), "
 " (1995); " " (1998); " " (1999); "
 " (2000); " " (2001);
 " " (2002); "
 " (2003); " " (1994), "
 " (1994), " " (1994).

, . ,
 - ,
 , ,
 ' ,
 , .
 .
 - , , .
 , .
 . ,
 - .
 .
 . ,
 .
 , .
 , , , ,
 () ,
 (, , , ,
 , ,
 , ,
 , , ,

.) (, , ,) .

,

,

.

-

,

,

,

,

.

(

,

),

(

,

),

(

)

(

).

(

,

)

.

(

),

(

).

,

,

,

.

.

.

-

-

,

(

,

),

,

,

.

.

.

.

,

(, , .),

.

18

, 20

10

.

,

,

,

,

.

,

.

,

,

,

,

,

.

.

4.4.

,

.
,
. ,
,
,
.
.
. 16 , ,
, , . 1
50 ,
,
,
.
- .
"
" , " " , "
- " , " " " , "
" , " " " , "
" , " " " .
" ,
,

"

"

,

"

"

"

"

"

,

,

.

.

:

)

,

;

)

,

;

)

)

,

)

)

,

;

)

,

;

)

)

,

.

,

,

.

)

,

,

,

,

;

)

,

,

,

,

,

;

)

,

;

)

.

)

:

,

;

)

,

,

,

,

;
) , ,
 , , , ()
 , ,
 - ;
 , , ,
 , ,
 ;
) ;
) ;
) " " ;
 , , ,
 , , ,
 ; , ,
) , ' -
 ;
) ,
 ,
 ;

)

;

)

, ()

;

)

;

;

-

;

)

,

,

;

)

,

,

,

)

;

)

,

)

;

,

;

)

,

,

;

)

,

;

)

,

;

)

,

.

:

)

,

,

,

,

,

,

;

)

,

,

-

,

,

,

)

-

)

)

,

,

,

,

,

,

,

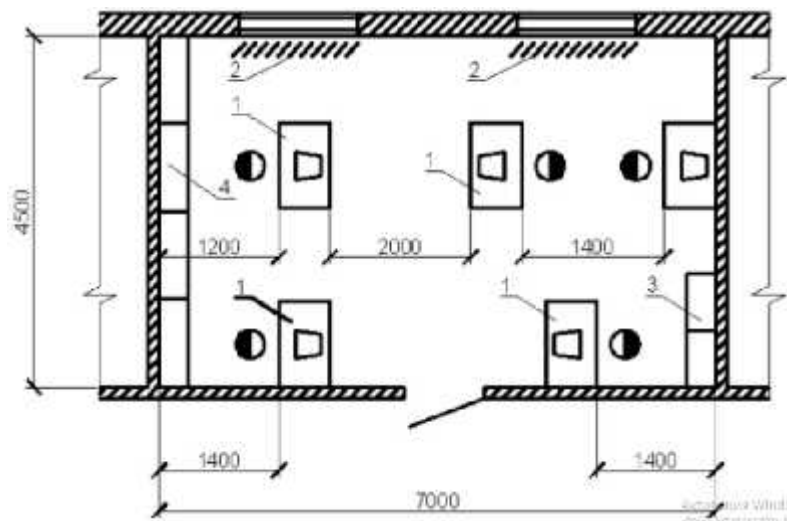
, ;
J () ,
,
() ;
J , ()
, -
, ;
J , ,
, ;
J , ,
-
, ,
; ,
J , ,
- ,
, ,

1.

2.

3.

5.1.



. 5.1.

1 -

2 -

3 -

II-4-79.

(-) 2%.
II-4-79.

2-10%.

()

300-500

300

250

()

:

5.1

		3.3.6.042-99
--	--	--------------

	25°C	22-24°C , 23-25°C
	55%	40%
	0.05 /	0.1 /

5.2

			31-01-95
		21 /	25 /
		5	10
	Wi-Fi,	9 / 2	10 / 2 (

(dB).

) 45-55 (A) (, -) .
 , .
 WHO ('):
) 30 (A) , .
 :
) , , ,40 (A).
 - .
 , 2 (6)
 ;
 , 2 (6)
 .

5.3

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

5.4

	1 ()
	230
	50
	()
/	, ,

)

)

)

)

)

,

:

(

).

5.5

(12.1.038:2008)

5.6

(12.1.030-81)

)
)
)
)

12.1.045-2015

0.00-1.29-2019.

5.7

(12.1.045-84)

	0 50 /

5.8

(0.00-1.29-97)

	/
	/
	/

:

12.1.045-2015:

)

0.00-1.28-10 "

-

":

)

0.00-1.29-2019 "

":

)

:

)

)

,

:

)

:

)

:

)

,

)

:

)

:

:

:

) :

5.9

:

		(1-5)
		2
		3
		3
		4

:

) ,

) .

.

:

) ,

.

) .

.

) .

.

.

:

) .

.

) .

.

) .

.

.

.

, , :

) .

.

)

)

:

)

)

(12.0.003-2022):

)

:

)

)

5.3.

)

500 (),

:

)

)

)

)

5.10

250

5.10

()	450	500
(/ 2)	10 / 2	8
()	300	250

5.4.

()

5.11

)
)

(A, B, C)

○

■

■

○

■

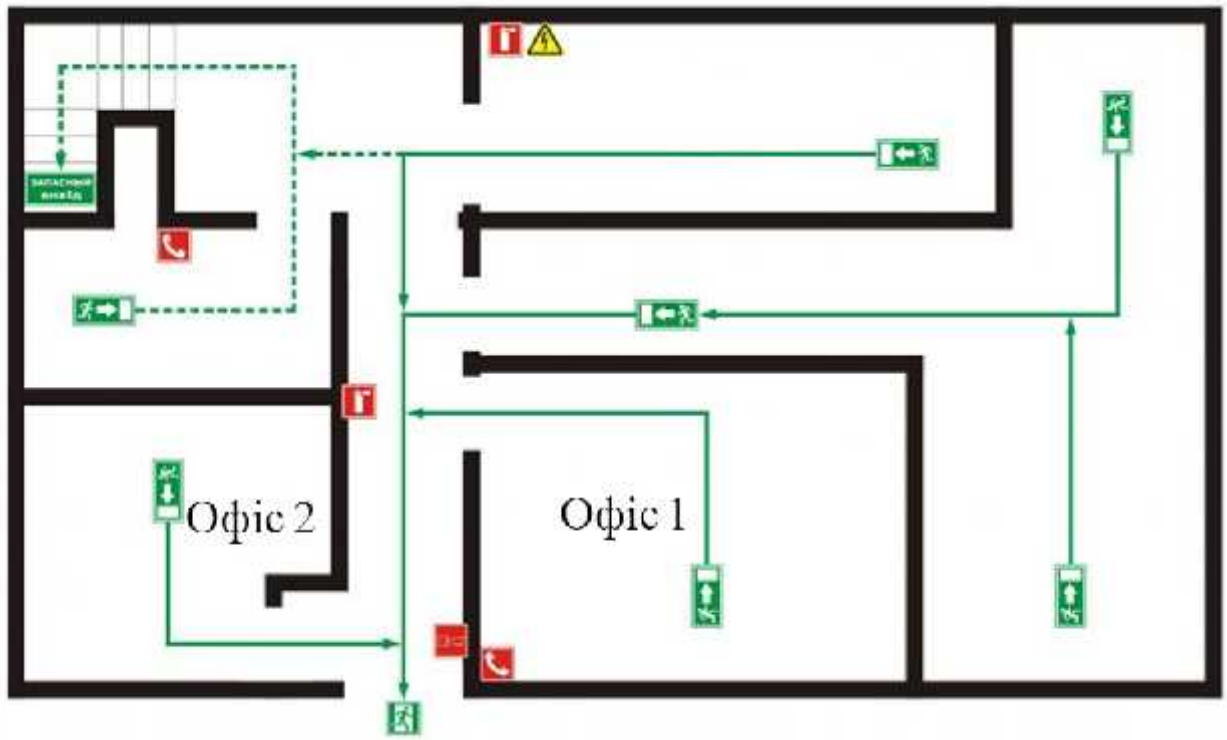
■

○

○

.5.2.

10



.5.2.

5.5.

() .

)

(S):

) (E): , .
) ():
 , ,
) (): ,
 ().
 :
 (E) : $E = \frac{\Phi * \eta}{S}$, :
 E - (); - (); -
 ; S - (²).
 :
 , 6 ².
 31.5 ², 1500
 0.8,
 ,
 .
 :
) (S): 31.5 ² (,
 6 ²).
) (E): ,
 500 .
) (): ,
 0.8.
) (): ,
 - 1500 .
 :

$$E = \frac{1500 * 0.8}{31.5} \approx 38 \text{ лк}$$

5.12

(S)	31.5 ²
()	1500
()	0.8
(E)	38

1. [].
<http://helpiks.org/6-70010.html> [1.138].
2. Büchi R. Faszination Quadrocopter.1. Auflage. Verlag für Technik und Handwerk / R. Büchi. Büchi. - Verlag f.Technik / Handwerk, 2019. - 72 .-. ISBN 978-3-. 88180-791-3 [2.138].
3. Riegler T. Quadrocopter richtig einstellen und fliegen / T. Riegler. - Franzis, Poing 2019 - ISBN 978-3-645-65073-1 [3.138].
4. : Grundlagen - Technik - eigene Modelle / K. Rattat. Rattat. -Verl., Heidelberg, 2020. - ISBN 978-3-86490-247-5 [4.138].
5. / . , .
 // -
(15 2020) " -
" -
: , 2020 [5.138].
6. Haas E. Airway Modelling / E. Haas // E. Haas. Haas // IEEE Transactions on Vehicle Technology. 51. - 2. - S. 254-264 [6.138].
7. . . OFDM , / . . , .
 // Artec House Boston London [7.138].
8. : [] / . . :
<http://www.racurs.ru/?page=681> [8.138].
9. - .5 [9.139].
10. . 2019. . 12, . 2. . 217-225 [10.139].
11. Bouktir Y., Haddad M., Chettibi T. Quadrotor helicopters // 16th Mediterranean Control Conference, 25-27 June 2018 [11.139].
12. , 25-27
2018 . . 1258-1263 [12.139].
13. . ,, . ,, . ,, . .
 [13.139].
14. . 2019. . 10, 4. . 57-62 [14.139].

15. Kaminer I., Pascoal A., Hallberg E., Silvestre C. Autonomous vehicle trajectory tracking:

. 2019. vol. 21, no. 29-38 [15.139].

16.

[16.139].

17. . IEEE Transactions on Automatic Control. 2020. vol. 50, no. 234-239 [17.139].

18.

. 2019. vol. 5. p. 90-98 [18.139]. .

19.

08.12.2019 661 [19.140].

20. . . , . . , - . . : " " , 2020 [20.140].

21. . . - . : , 2019 [21.140].

22. - . : " " , 2019 [22.140].

23. . . , . . , . . // , 2019, - . 90 – 93 [23.140].

24. . . - . : , 2020 [24.140].

25. . . [25.140].

26. // [26.140].

27. [27.140].

28. . . , . . , . . , // -2020 [28.140].

29. // . . - . : 2020 [29.141].

30. :
 - . : , 2019 [30.141].
31. : , 2021. 92 - 416 [31.141].
32. ,
 (MATLAB/Simulink/Control System) // , ,
 , , ; [32.141].
33. : : , 2019
 [33.141].
34. . . - 2020 - 500 [34.141].
35. : / .. . ; .
 .. - . : , 2021. - 495 [35.141].
36. .2.5-28-2019 .
 . : , 2020 [36.141].
37. : :
 . . 2019-02-09 - :
 , 2019 [37.141].
38. ,
 . 2018-12-01 - : ,
 2019 [38.141].
39. 3.3.6.042-99 : , 2019 [39.142].
40. 3675-98
 3675-98 . : ,
 2019 [40.142].
41. 3734-98 (30612-99) : ,
 2020 [41.142].
42. 7238:2011 - . 2019-03-14. - :
 , 2020. 93 [42.142].
43. .2.8-43:2011 (23407-78, MOD) , . -
 . 2018-12-01 - : , 2019 [43.142].
44. .2.8-44:2011 -
 . (26887-86, MOD) -

- 26887-86; . 2018-12-01. : , 2019
[44.142].
45. . : -
492 [45.142]..
46. . „ . „ : :
- 378 [46.142].
47. . „ . . :
- 2019 - 276 [47.143].
48. . , . 2020 . 300
[48.143].
49. .
-
2018 . » - . 38 2018 [49.143].
50. . / . . // -
:
« » (, 2019
.) / . - : , 2019. – . 229–232 [50.143].
51. 254 /96- 1996.06.28 //
, 2019, N 30 (23.07.96), . 141 [51.143].
52. " " 2694-XII. 1992.10.14 //
, 2020, N 49 (08.12.92), . 668 [52.143].
53. " ,
" 1105-XIV. 23.09.2020 . //
, 2020, N 46-47 (26.11.99), . 403 [53.143].
54. " " 565-XII 20 1990 ((. - : , 2020. – 26 [54.143].
55. 149 10.12. 1971 . //
- : , WWW.Liga.net
[55.144].
56. " "
" 64. // ' , 2019, 02, 04.02.19 N 17 – 18
[56.144].

57. :
. - : - . - . , 2020. - .37-92
[57.144].
58. :
/ . . . - , 2021. - 280 [58.144].
59. : . - 5-
. - . : . - , 2020. - 216 [59.144].
60. « ' ,
» 22.09.2020 [60.144].
61. . ,, . . . - . , 2020. -
224 [61.144].
62. . ,, . ,, . . : .
. - : , 2021. - 258 [62.144].
63. . . : . - . : , 2020.-322
[63.144].
64. : / . . . - :
, 2020.- 448 [64.144].
65. . ,, . ,, . . :
, 2020. - 494 [65.145].
66. . ,, . ,, . . :
. - . : , 2020. - 393 [66.145].
67. . . :
. - . : , 2020. - 276 [67.145].

1.1

Класи БПЛА

«Мікро» — масою до 10 кг, часом польоту більше 1 години і висотою польоту до 1 кілометра;

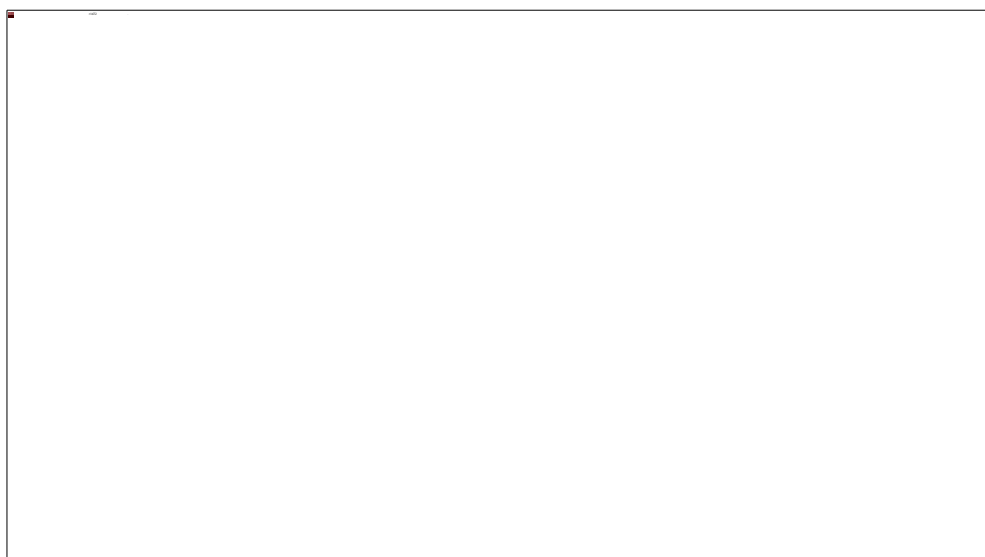
«Міні» — масою до 50 кг, часом польоту декілька годин і висотою до 5-5 кілометрів;

середні («майо») — до 1000 кг, часом 10-12 годин і висотою до 9-10 кілометрів;

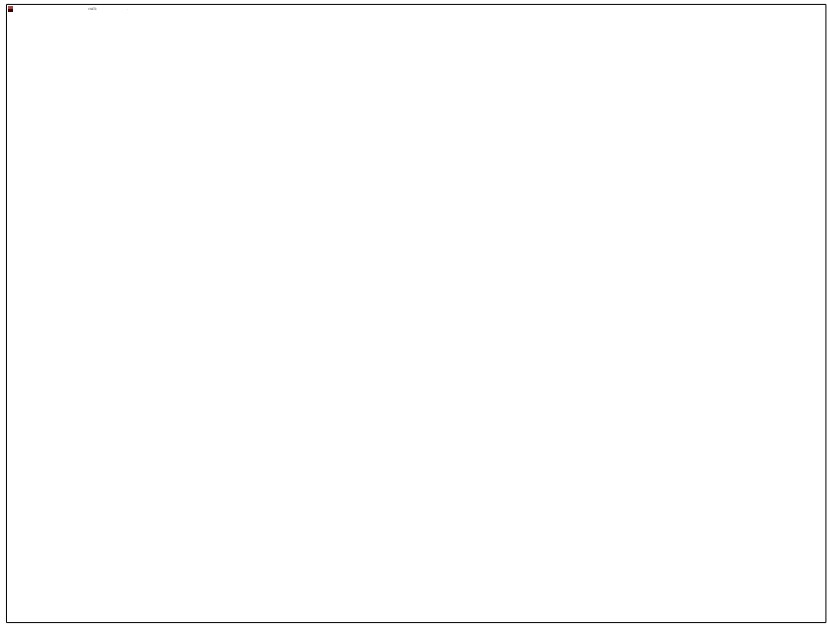
важкі — висотою польоту до 30 кілометрів і часом польоту 24 години і більше.



1.2



1.3



1.4

