



NATIONAL AVIATION UNIVERSITY OF UKRAINE
AIR NAVIGATION SYSTEMS DEPARTMENT



***ESTIMATION THE RISK OF AIRPLANE
SEPARATION LOST BY STATISTICAL
DATA PROCESSING OF LATERAL DEVIATIONS***

Ivan Tsymbaliuk, Oleg Ivashchuk, Ivan Ostroumov

*10th International Conference on Advanced Computer
Information Technologies Deggendorf, GERMANY, 2020*

Content



I. Introduction

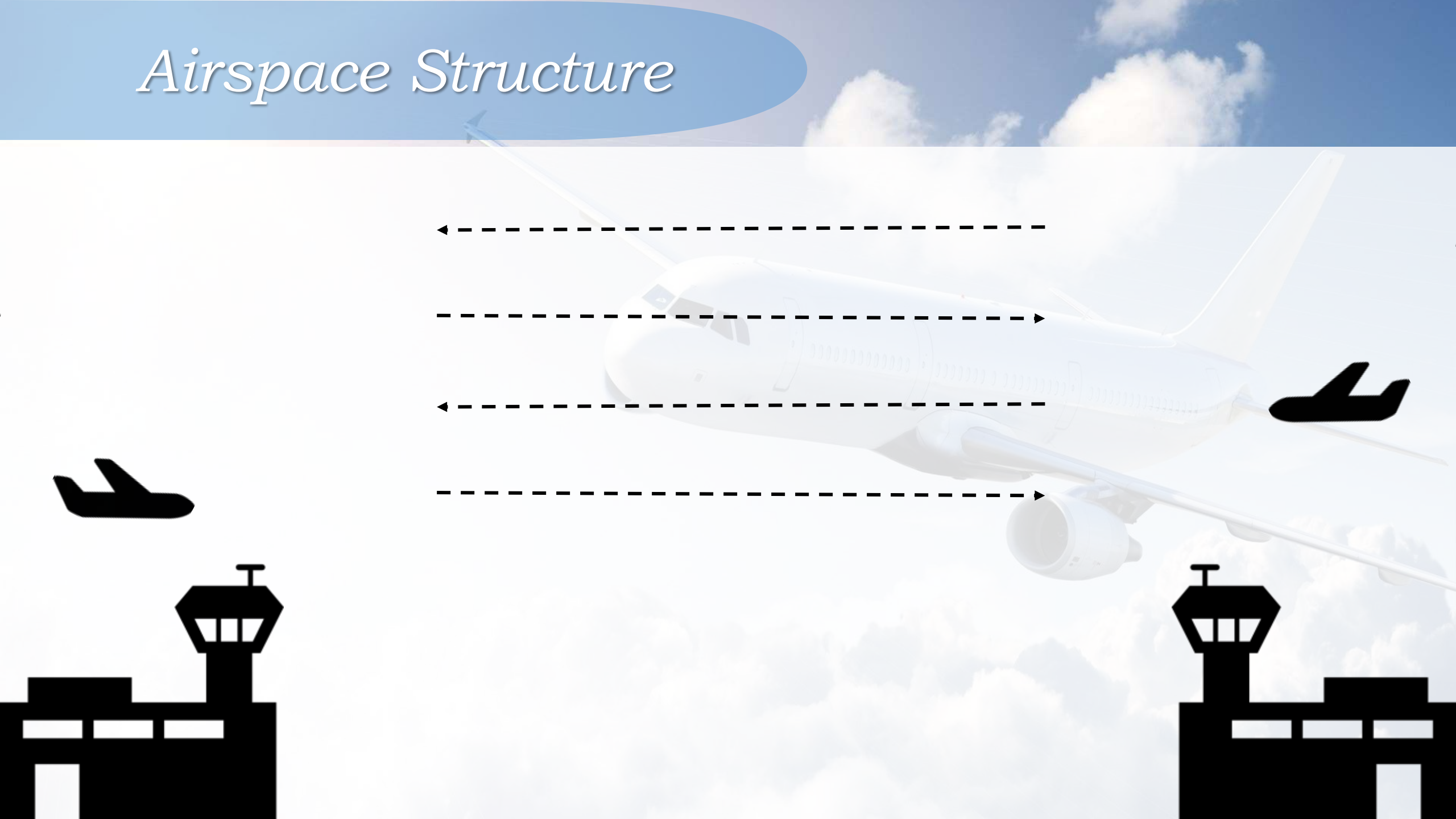
II. Air Routes

III. Ukrainian Airspace

IV. Lateral deviation

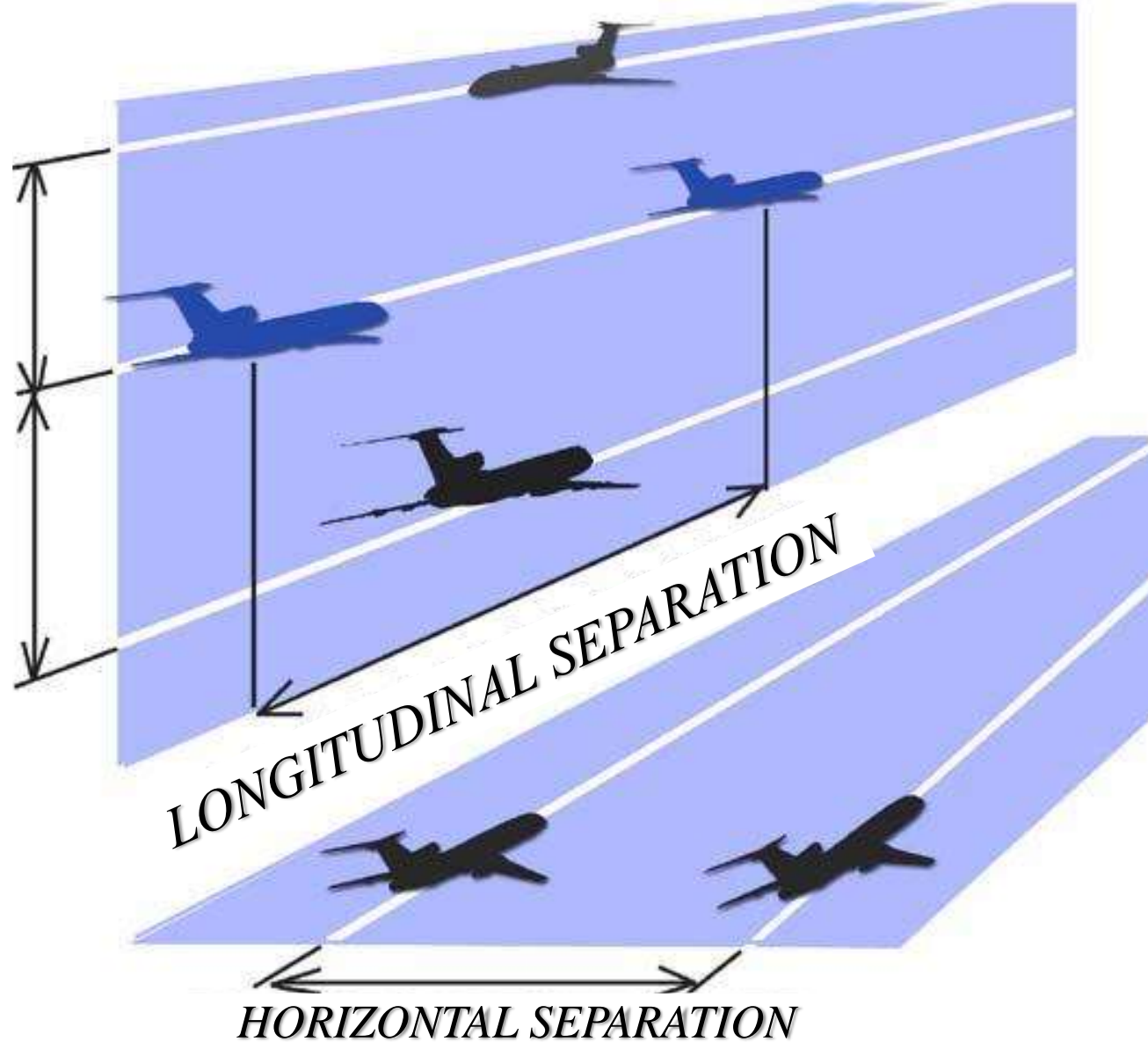
V. Conclusion

Airspace Structure



Airplane Separation Minimums

VERTICAL SEPARATION

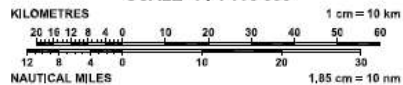


Routes within Ukrainian Airspace

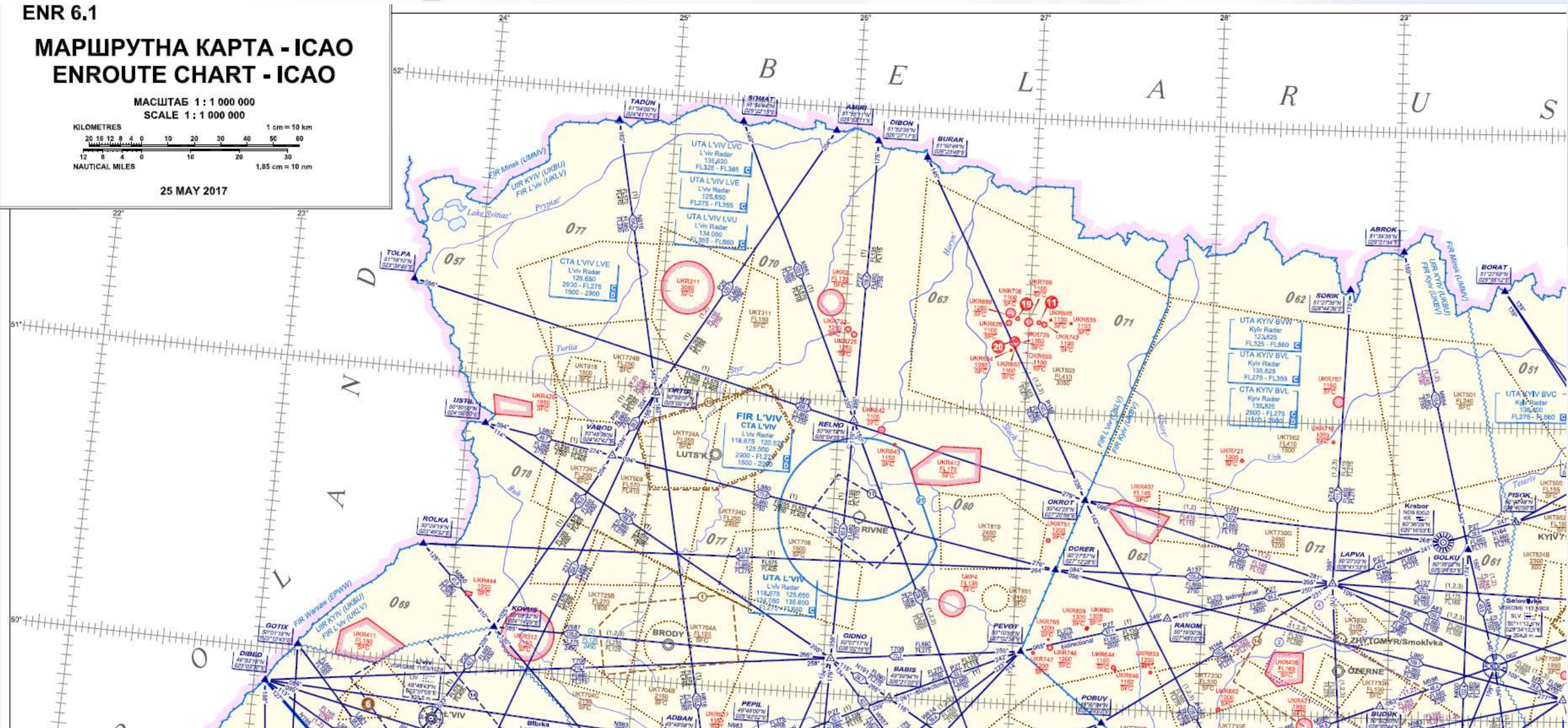
ENR 6.1

МАРШРУТНА КАРТА - ICAO
ENROUTE CHART - ICAO

МАСШТАБ 1 : 1 000 000
SCALE 1 : 1 000 000



25 MAY 2017





ВУЗЛОВІ ДИСПЕТЧЕРСЬКІ РАЙОНИ (TMA) / TERMINAL CONTROL AREAS (TMA)		
Позначення / Designation	Вертикальні межі та клас повітряного простору / Vertical limits and airspace Class	Позивний, частоти та мови / Callsigns, frequencies (MHz) and languages
① TMA Chernivtsi Zone 1	2900 - 700 Class C	Чернівці Військова / Chernivtsi Tower 121.300 ENG, RUS
② TMA Chernivtsi Zone 2	2900 - 750 Class C	Чернівці Військова / Chernivtsi Tower 121.300 ENG, RUS
③ TMA Dniproprovskiy Zone 1	1500 - 450 Class C	Дніпро Радар / Dnipro Radar 119.400 ENG, RUS
④ TMA Dniproprovskiy Zone 2	FL155 - 1500 Class C	Дніпро Радар / Dnipro Radar 119.400 ENG, RUS

ДИСПЕТЧЕРСЬКІ ЗОНИ (CTR) / CONTROL ZONES (CTR)		
Позначення / Designation	Вертикальні межі та клас повітряного простору / Vertical limits and airspace Class	Позивний, частоти та мови / Callsigns, frequencies (MHz) and languages
① CTR Chemical	700 - SFC Class D	Чернівці Військова / Chernivtsi Tower 121,300 ENG, RUS
② CTR Dniproprovskiy	750 - SFC Class D	Дніпро Військова / Dnipro Tower 118,600 ENG, RUS
③ CTR Ivano-Frankivskiy	1100 - SFC Class D	Франко Військова / Franko Tower 134,850 ENG, RUS
④ CTR Kharkiv	750 - SFC Class D	Харків Військова / Kharkiv Tower 118,100 ENG, RUS

ДИСПЕТЧЕРСЬКІ ЗОНИ ВІЙСЬКОВИХ АЕРОДРОМІВ (CTR) / MILITARY CONTROL ZONES (CTR)		
Позначення / Designation	Вертикальні межі та клас повітряного простору / Vertical limits and airspace Class	Позивний, частоти та мови / Callsigns, frequencies (MHz) and languages
① CTR Brody	1500 - SFC Not classified	Прова Старт / Proza Start 124,000 RUS
② CTR Cherniv	1500 - SFC Not classified	Трубіна Старт / Trubina Start 124,000 RUS
③ CTR Chuhuliv	1050 - SFC Not classified	Форан Старт / Rohach Start 124,000 RUS
④ CTR Kalyniv	900 - SFC Not classified	Коледзи Старт / Kolodets Start 124,000, RUUS



UTA KYIV BVS
 Kyiv Radar
 131,050
 FL335 - FL660 C

UTA KYIV BVO
 Kyiv Radar
 131,375
 FL275 - FL385 C

CTA KYIV BVO
 Kyiv Radar
 131,375
 2900 - FL275 S
 1500 - 2900 D

FIR ODESA
 CTA ODESA-NORTH
 Odesa Radio
 120,000 130,475
 (124,125) 132,200
 2900 - FL275
 1500 - 2900 D

6	TMA Ivano-Frankivsk Zona 2	2900 1700 Class C	Франко Радар / Franko Radar 127,300 ENG, RUS
7	TMA Kharkiv TC-1 Zone 1	1700 400 Class C	Харьков Радар / Kharkiv Radar 116,800 ENG, RUS
8	TMA Kharkiv TC-1 Zone 2	FL155 1500 Class C	Харьков Радар / Kharkiv Radar 116,800 ENG, RUS
9	TMA Kharkiv TC-2	FL275 1500 Class C	Харьков Радар / Kharkiv Radar 133,900 ENG, RUS
10	TMA Kyiv Rth	3050 400 Class C	Кривий Ріг Вантаж / Kyiv Rth Tower 120,300 ENG, RUS
11	TMA Kyiv TC-1	FL275 900 Class C	Київ Радар / Kyiv Radar 127,725 ENG, RUS
12	TMA Kyiv TC-2	FL275 900 Class C	Київ Радар / Kyiv Radar 124,675 ENG, RUS
13	TMA Kyiv TC-3	2900 450 Class C	Київ Радар / Kyiv Radar 126,175 ENG, RUS
14	TMA Kyiv TC-4	2900 450 Class C	Київ Радар / Kyiv Radar 122,775 ENG, RUS
15	TMA Kyiv TC-5	1650 400 Class C	Київ Радар / Kyiv Radar 125,300 ENG, RUS
16	TMA Lviv	FL165 500 Class C	Львів Радар / Lviv Radar 120,525 ENG, RUS
17	TMA Odessa Zone 1	1700 300 Class C	Одеса Радар / Odessa Radar 120,900 ENG, RUS
18	TMA Odessa Zone 2	1700 350 Class C	Одеса Радар / Odessa Radar 120,900 ENG, RUS
19	TMA Odessa Zone 3	FL129 1500 Class C	Одеса Радар / Odessa Radar 120,900 ENG, RUS
20	TMA Poltava / Suprunivka	3050 400 Class C	Полтава Вантаж / Poltava Tower 120,600 ENG, RUS
21	TMA Rivne	1700 550 Class C	Рівнен Вантаж / Rivne Tower 123,700 ENG, RUS
22	TMA Sumy	2900 450 Class C	Суми Вантаж / Sumy Tower 124,700 ENG, RUS
23	TMA Uzhhorod	3050 AMSL 800 AGL Class C	Ужгород Радар / Uzhhorod Radar 121,900 ENG, RUS
24	TMA Zaporizhzhia	2400 400 Class C	Запоріжжя Радар / Zaporizhzhia Radar 119,200 ENG, RUS

6	CTR Kherson	1500 SFC Class D	Херсон Вантаж / Kherson Tower 121,200 ENG, RUS
7	CTR Khovohrad	1500 SFC Class D	Хіровград Вантаж / Khovohrad Tower 120,800 ENG, RUS
8	CTR Kremenchuk / Vel, Kakhivka	1500 SFC Class D	Кременчук Вантаж / Kremenchuk Tower 126,100 RUS
9	CTR Kryvyi Rih	600 SFC Class D	Кривий Ріг Вантаж / Kryvyi Rih Tower 120,300 ENG, RUS
10	CTR Kyiv / Antonov-1	300 SFC Class D	Київ Антонов-1 Вантаж / Kyiv Antonov-1 Tower 127,125 RUS
11	CTR Kyiv / Antonov-2	1500 SFC Class D	Антонов Вантаж / Antonov Tower 121,700 ENG, RUS
12	CTR Kyiv / Boryspil	300 SFC Class D	Бориспіль Вантаж / Boryspil Tower RWY 18R/06L 119,600 ENG, RUS RWY 18L/05R 119,300 ENG, RUS
13	CTR Kyiv / Zhuliany	700 SFC Class D	Жульєна Вантаж / Zhuliany Tower 126,700 ENG, RUS
14	CTR Lviv	1050 SFC Class D	Львів Вантаж / Lviv Tower 128,000 ENG, RUS
15	CTR Odessa	600 SFC Class D	Одеса Вантаж / Odessa Tower 125,500 ENG, RUS
16	CTR Poltava / Suprunivka	400 SFC Class D	Полтава Вантаж / Poltava Tower 120,600 ENG, RUS
17	CTR Rivne	550 SFC Class D	Рівнен Вантаж / Rivne Tower 123,700 ENG, RUS
18	CTR Sumy	450 SFC Class D	Суми Вантаж / Sumy Tower 124,700 ENG, RUS
19	CTR Uzhhorod	1500 SFC Class D	Ужгород Вантаж / Uzhhorod Tower 134,500 ENG, RUS
20	CTR Vinnytsia	1500 SFC Class D	Вінниця Вантаж / Vinnytsia Tower 126,500 ENG, RUS
21	CTR Zaporizhzhia	600 SFC Class D	Запоріжжя Вантаж / Zaporizhzhia Tower 118,200 ENG, RUS

6	CTR Khatynka	Not classified	125,400 ENG, RUS
6	CTR Kanatove	1850 SFC Not classified	124,000 RUS
7	CTR Kolomyia	1500 SFC Not classified	124,000 RUS
8	CTR Konotop	1500 SFC Not classified	124,000 RUS
9	CTR Kurbakivne	1500 SFC Not classified	124,000 RUS
10	CTR Luts'k	1500 SFC Not classified	124,000 RUS
11	CTR Melitopol	850 SFC Not classified	124,000 RUS
12	CTR Myrhorod	1050 SFC Not classified	124,000 RUS
13	CTR Oleksandriya	1500 SFC Not classified	124,000 RUS
14	CTR Ozerne	1500 SFC Not classified	124,000 RUS
15	CTR Nizhyn	1500 SFC Not classified	124,000 RUS
16	CTR Poltava	1500 SFC Not classified	124,000 RUS
17	CTR Starokostiantyniv	1850 SFC Not classified	124,000 RUS
18	CTR Uman'	1850 SFC Not classified	124,000 RUS
19	CTR Vasylyv	1200 SFC Not classified	124,000 RUS
20	CTR Voznesensk	1500 SFC Not classified	124,000 RUS

**АЕРОДРОМНІ ЗОНИ ПОЛЬОТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ (AFIZ) /
AERODROME FLIGHT INFORMATION ZONES (AFIZ)**

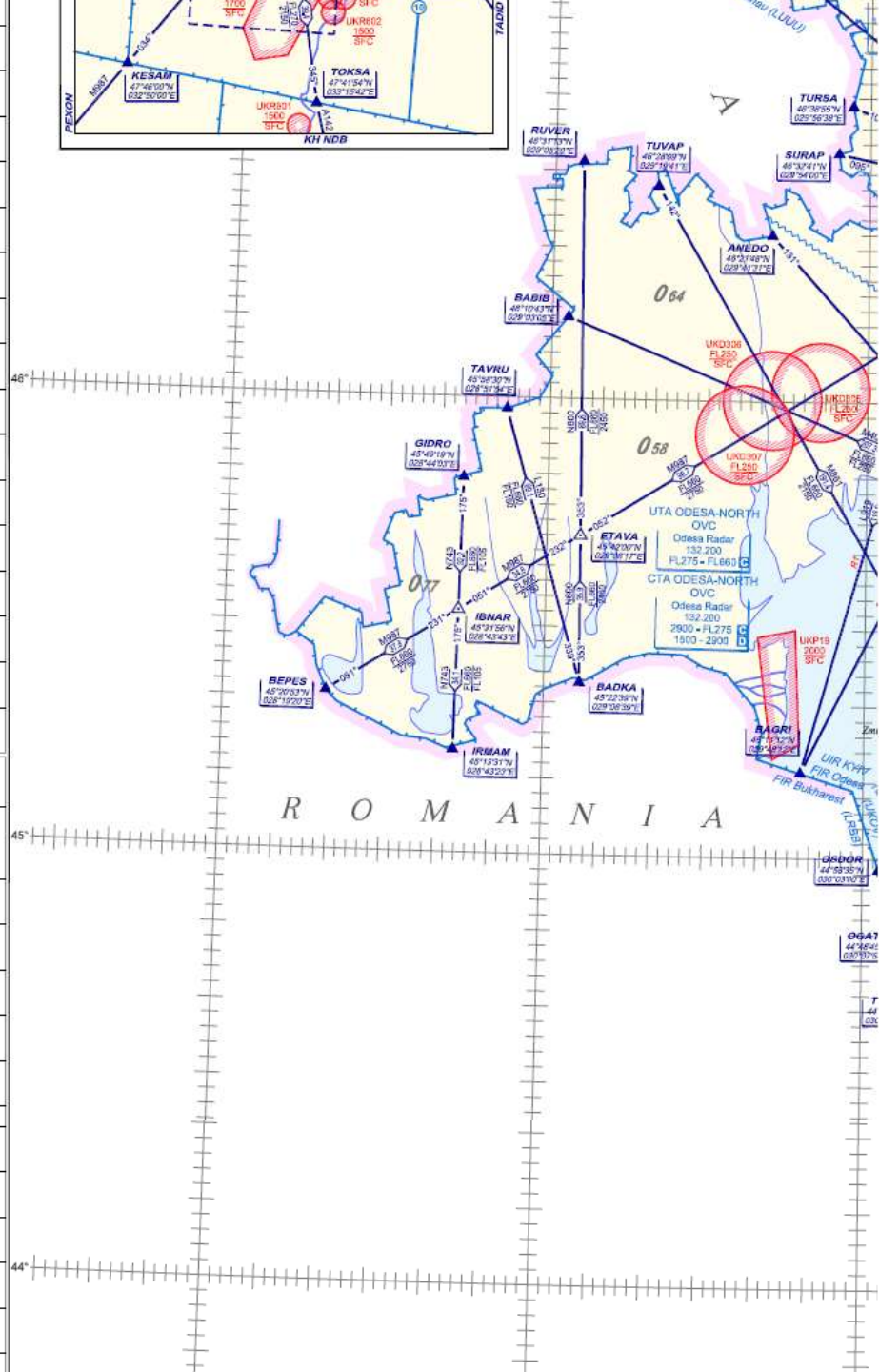
Позначення / Designation	Вертикальні межі та клас повітряного простору / Vertical limits and airspace Class	Позивний, частоти та мови / Callsigns, frequencies (MHz) and languages
1 AFIZ Charkasy	1500 SFC Class G	Черкаський Аеродромна Інформація / Charkasy Aerodrome Information 119,500 ENG, RUS
2 AFIZ Ozerne	1500 SFC Class G	Озерне Аеродромна Інформація / Ozerne Aerodrome Information 124,000 ENG, RUS
3 AFIZ Ternopil'	1500 SFC Class G	Тернопіль Аеродромна Інформація / Ternopil' Aerodrome Information 134,300 ENG, RUS
4 AFIZ Zhytomyr	1500 SFC Class G	Житомир Аеродромна Інформація / Zhytomyr Aerodrome Information 119,750 RUS
5 AFIZ Kiyovohrad	1500 SFC Class G	Академія - Інформація / Academy - Information 120,800 RUS

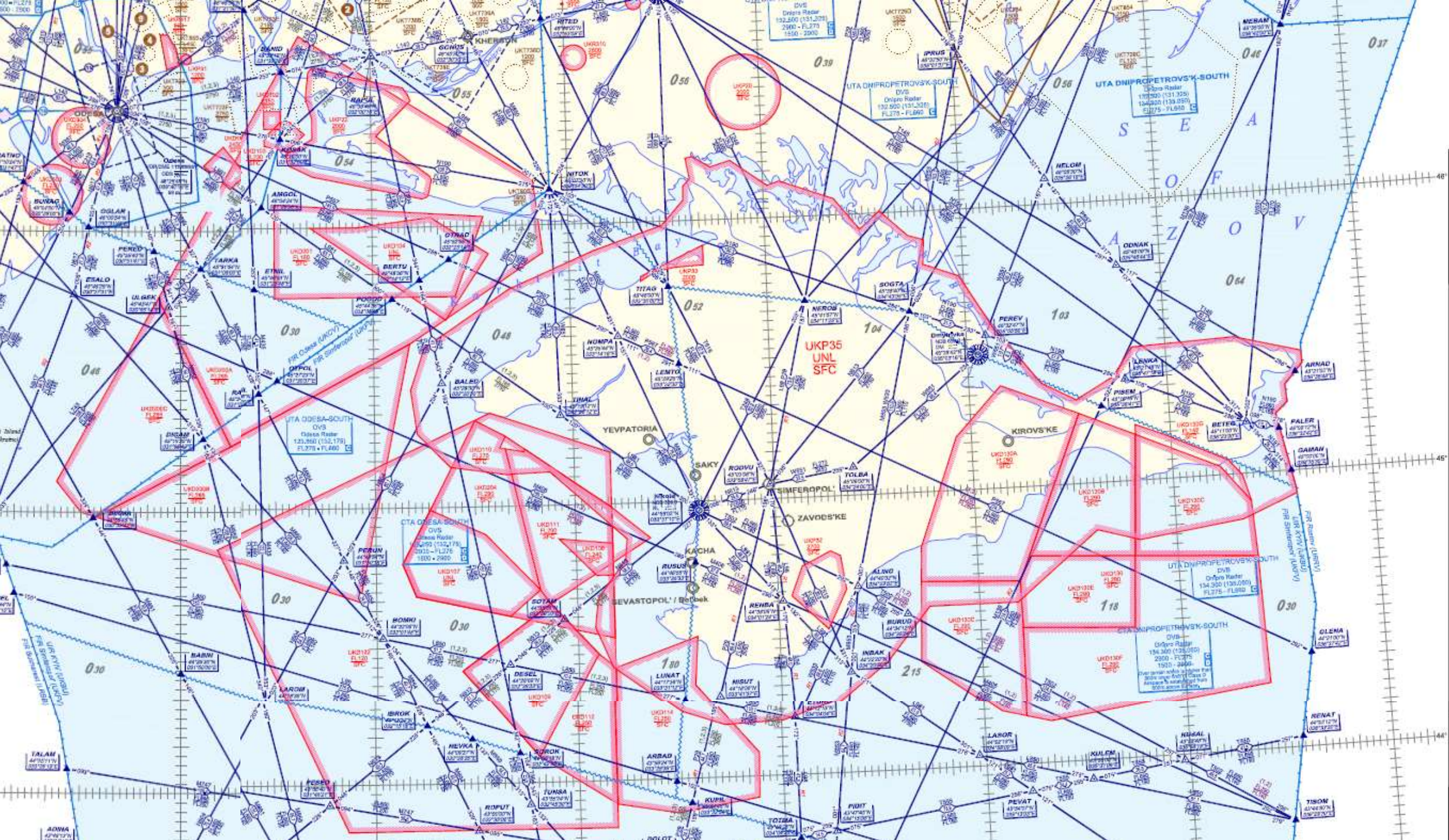
**ВІЙСЬКОВІ ВУЗЛОВІ ДИСПЕТЧЕРСЬКІ РАЙОНИ (ТМА) /
MILITARY TERMINAL CONTROL AREAS (TMA)**

Позначення / Designation	Вертикальні межі та клас повітряного простору / Vertical limits and airspace Class	Позивний, частоти та мови / Callsigns, frequencies (MHz) and languages
◇ TMA Melitopol	1700 550 Not classified	Сосновий Підхід / Sosnoviy Approach 132,300 RUS
◇ TMA Myrhorod	1700 750 Not classified	Рубеж Підхід / Rubezh Approach 128,500 RUS

**КРЕЙСЕРСЬКІ ЕШЕЛОНИ ПОЛЬОТУ (за ППП) /
CRUISING LEVELS (IFR)**

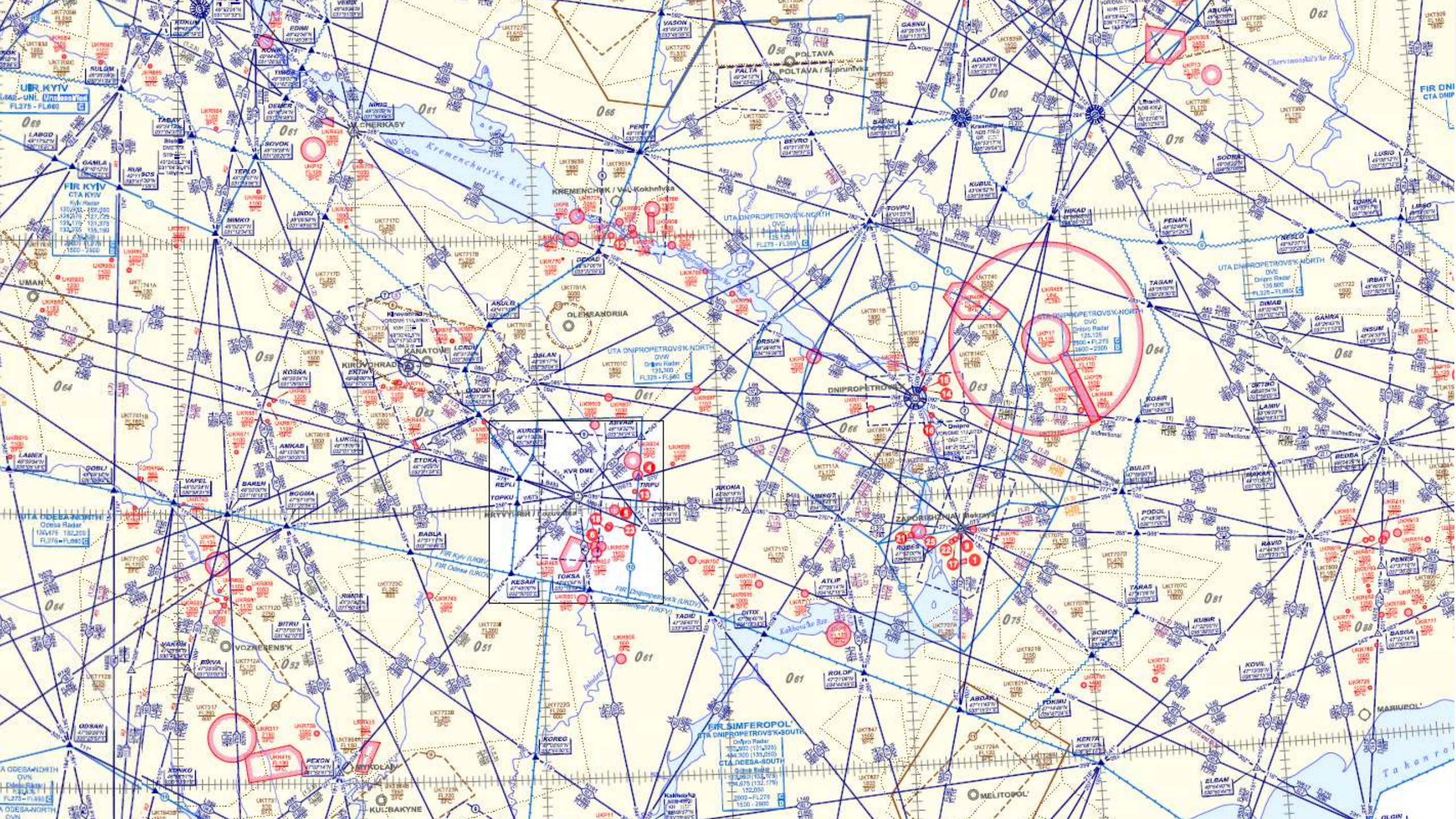
000° - 179°		180° - 359°	
Номер	Висота	Номер	Висота

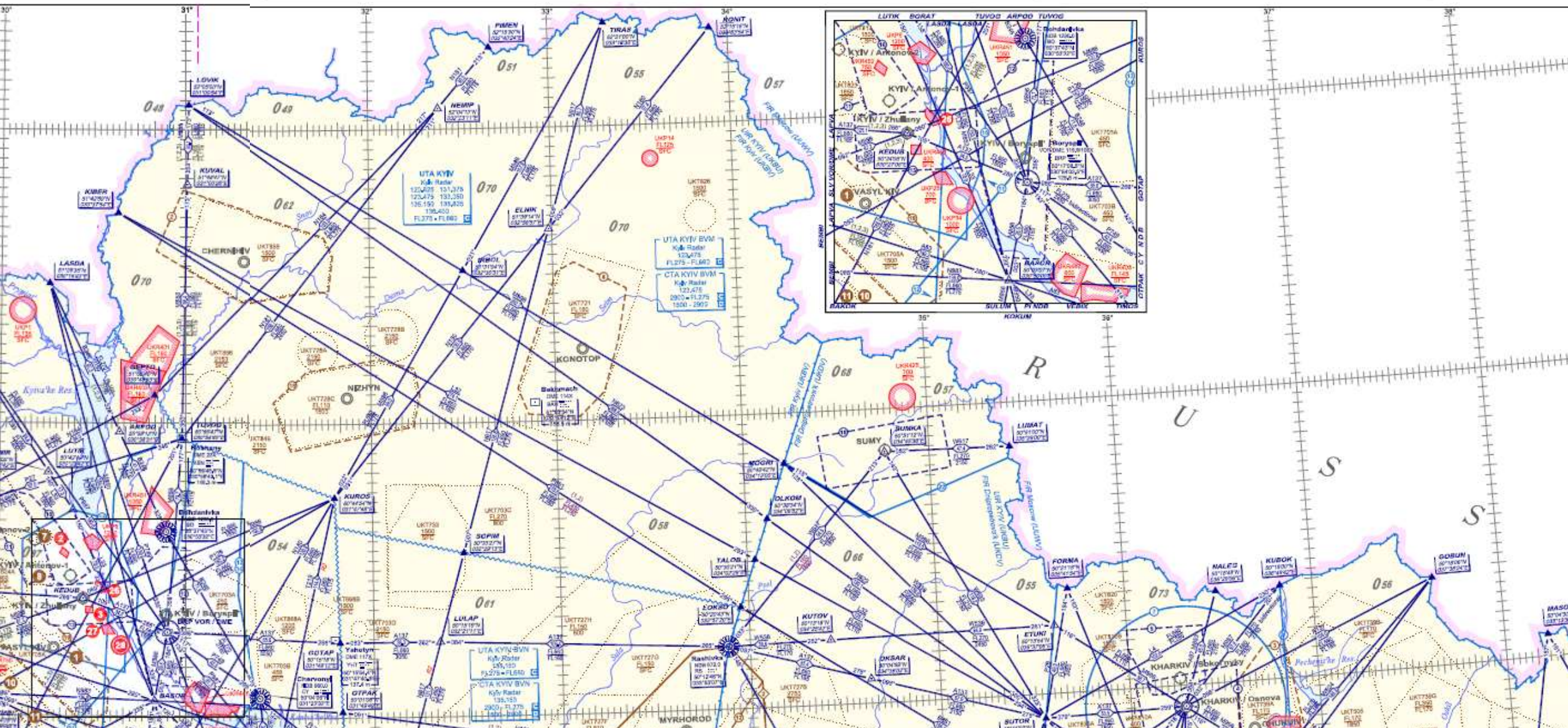




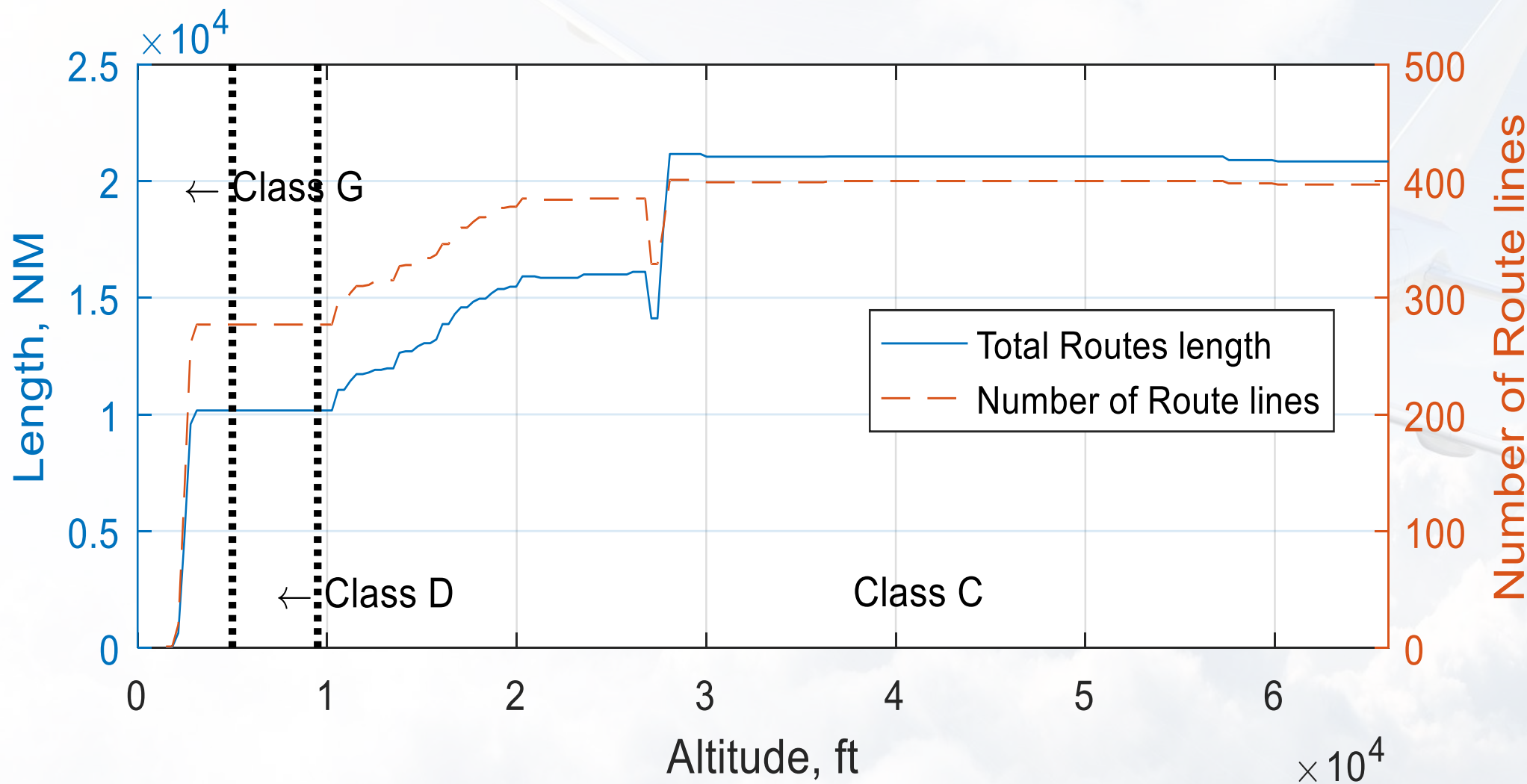
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26

АЛФА
PHONE
A
B
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K

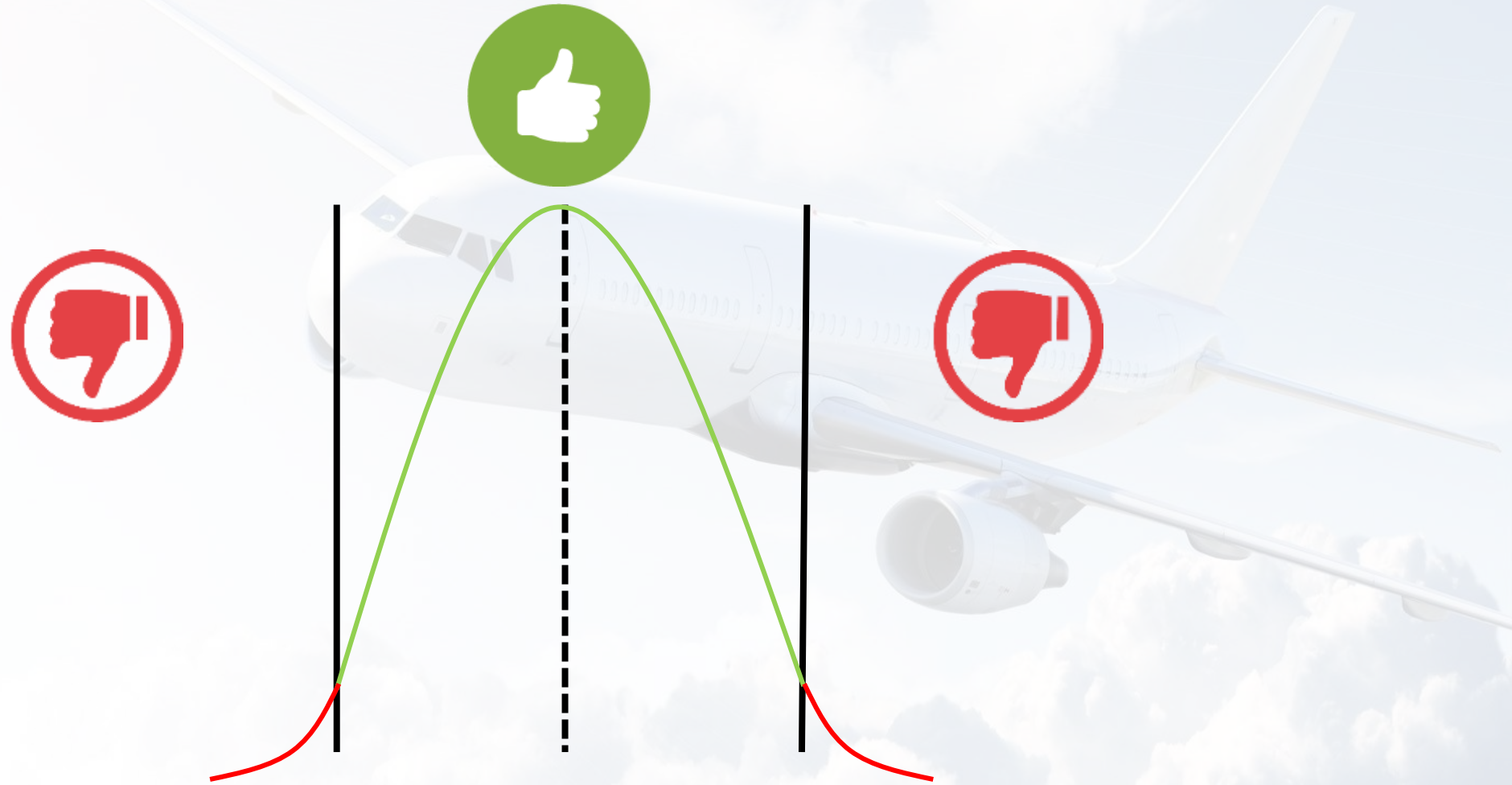




Length of flight routes at different altitudes of Ukrainian airspace



Problem Statement



Probability Density Function Of Airplane Lateral Deviation

The risk of unintentional airplane deviation from a centerline of flight route can be estimated with the help of probability density function (PDF) $\rho(x)$, due to a limited number of statistical data.

Risk can be estimated as follows:

$$R = \int_{-\infty}^{-l} \rho(x) dx + \int_{l}^{+\infty} \rho(x) dx,$$

or

$$R = 1 - \int_{-l}^{l} \rho(x) dx, \quad (1)$$

where l is a separation minimum.

As a PDF a Normal (ND), Exponential (ED), Double Exponential (DED), or Univariate Generalized Error Distribution (UGED) can be used. In our research we use UGED with a next form :

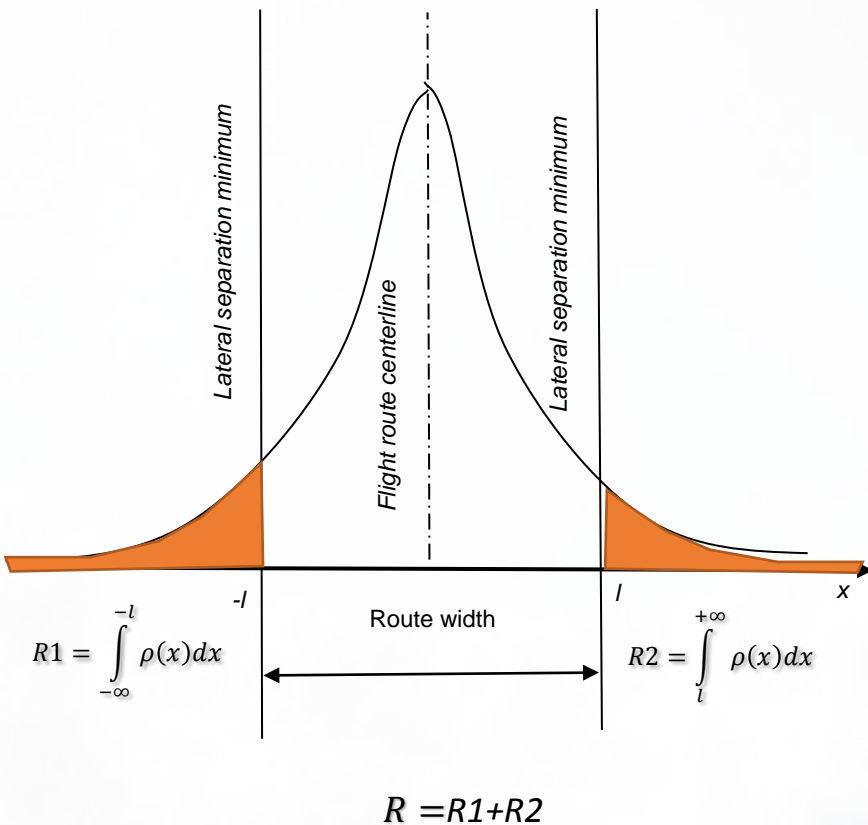
$$\rho(x) = \frac{1}{2ab\Gamma(b)} \exp\left(-\left|\frac{x-\mu}{a}\right|^{b-1}\right), \quad (2)$$

where a is a scale factor; b is a shape coefficient; μ is a mean value; $\Gamma(b)$ is an Euler-gamma function.

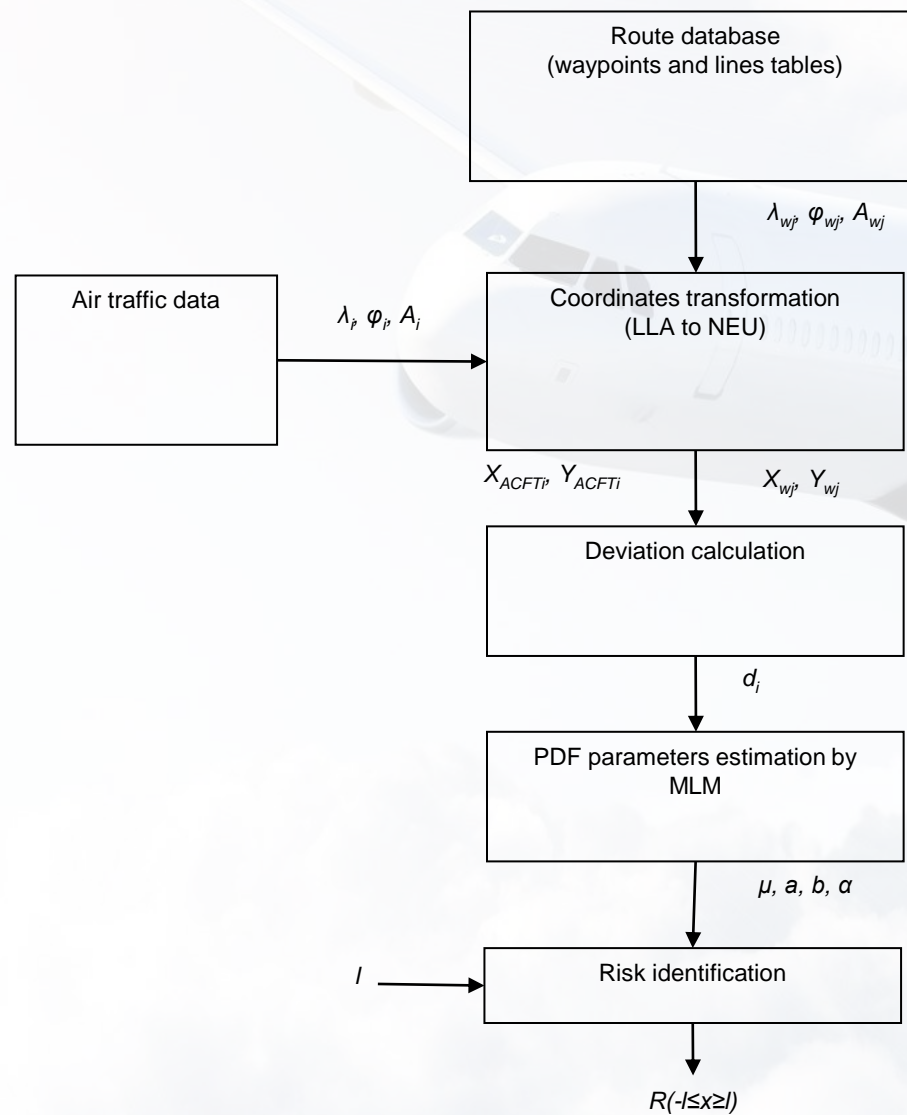
In our research we use Double UGED (DUGED) function as PDF in the next form:

$$\text{DUGED} = \rho_2(x) = \alpha\rho(x) + (\alpha - 1)\rho(x) \quad (3)$$

where α is the coefficient of a gross navigational error.

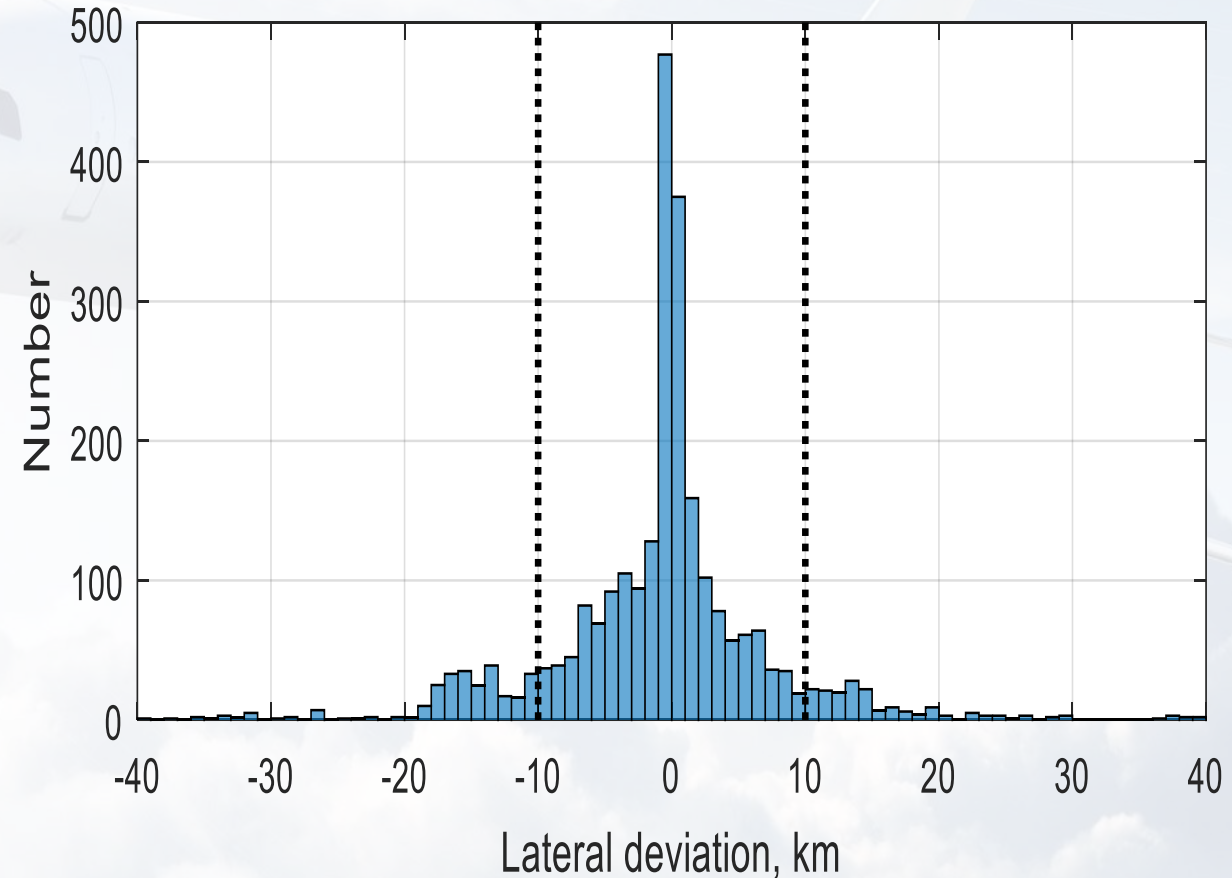


An Airplane Separation Lost Risk Estimation



Risk Estimation Of Lateral Deviation In Ukrainian Airspace

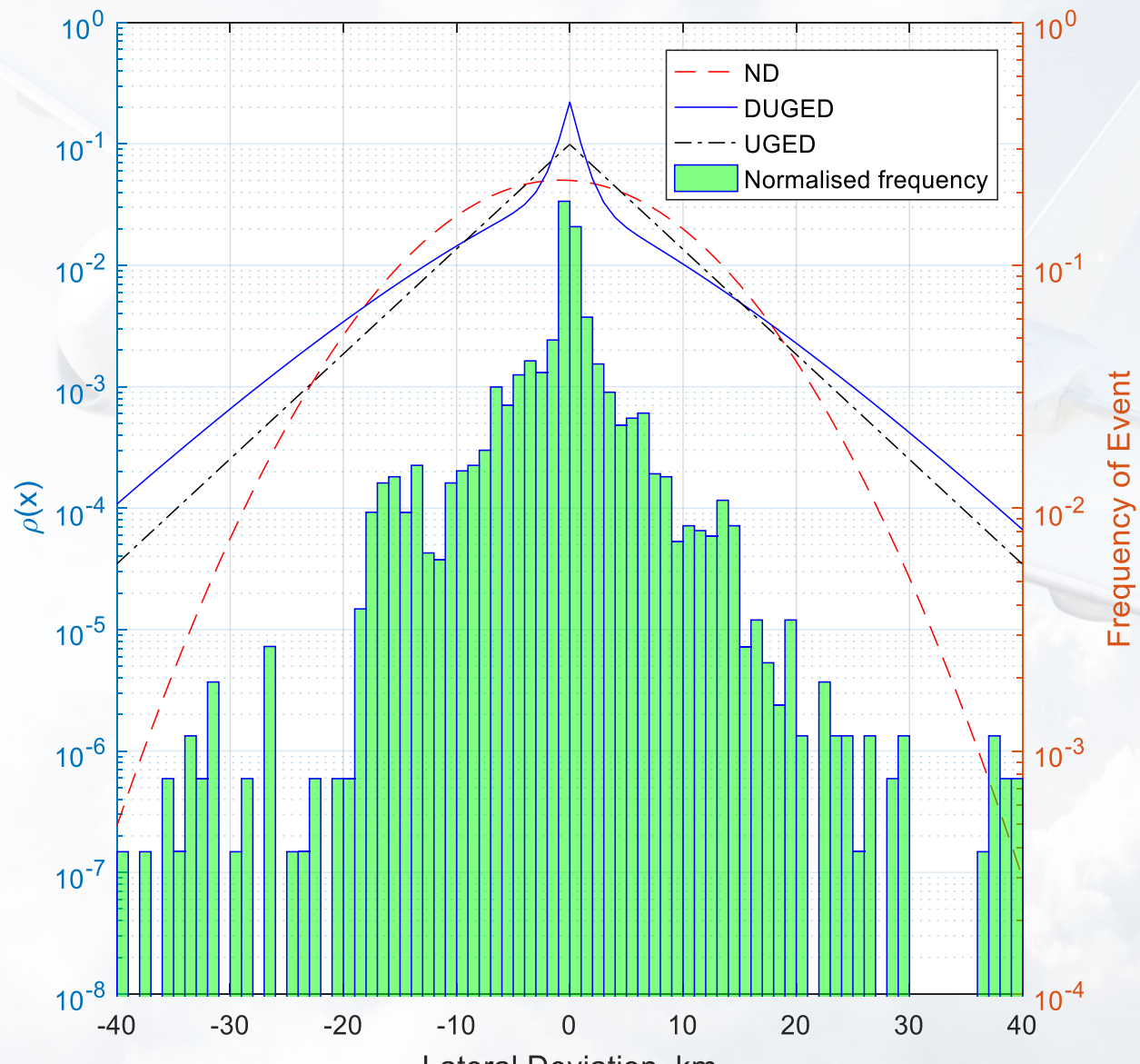
- A histogram of calculated deviations in the lateral plane of NEU local Cartesian reference frame accumulates 30 minutes of input data.
- A learning sample length includes 2723 measurements of airspace users coordinates within the boundary of investigated volume of airspace.
- Bin width is equal to 1000 m.
- The mean value is equal to -786 m
- Standard deviation is 7924 m.



Histogram of airspace users deviations in a lateral plane within Ukrainian airspace

Estimated parameters of PDF by MLM
for DUGED:

$\alpha=0.374$;
 $m1=-0.0044$ km;
 $m2=-1.2878$ km;
 $a1=1$;
 $a2=9.5$;
 $b1=0.96$;
 $b2=0.79$.



Estimated Risk of Lateral Separation Lost in Ukrainian airspace volume

Navigation specification	Separation distance	Risk		
		ND	UGED	DUGED
RNAV 10	93 km	2.5×10^{-14}	1.5×10^{-5}	2.6×10^{-7}
RNP 4	42.6 km	8.7×10^{-8}	1.9×10^{-4}	5.4×10^{-4}
RNP 2	27.8 km	4.8×10^{-4}	3.9×10^{-3}	8.7×10^{-3}
RNP 2 (case when one airplane climbs or descends through the level of another airplane)	13 km	0.1	0.075	0.1
RNAV 1	13 km	0.1	0.075	0.1
RNP 1	9.3 km	0.24	0.15	0.18

CONCLUSION

During the study,

- we analyzed a certain airspace volume,
- digital database of routes and waypoints in Ukrainian airspace were developed.
- The location of the aircraft was obtained through the national ADS-B receiver network.
- The processing of all the data obtained allows us to estimate the deviations of airspace users from the center of the route.
- A risk assessment method was proposed to identify a potential change in airspace safety.

The results obtained are extremely important for air traffic control because the ability to predict air safety degradation will allow air traffic to be managed more quickly and efficiently.