



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет

АВІОНІКА
(ОБЛАДНАННЯ ПОВІТРЯНИХ
КОРАБЛІВ)

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ
для здобувачів вищої освіти
ОС «Бакалавр» спеціальності 272
«Авіаційний транспорт»

VIVERE!
VINCERE!
CREARE!

Київ 2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет

АВІОНІКА
(ОБЛАДНАННЯ ПОВІТРЯНИХ КОРАБЛІВ)

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ
для здобувачів вищої освіти
ОС «Бакалавр» спеціальності 272
«Авіаційний транспорт»

Київ 2021

УДК 629.735.05(076.5)
А 205

Укладачі: *І. В. Остроумов* — д-р техн. наук, професор кафедри;
М. Ю. Заліський — д-р техн. наук, професор кафедри;
Н. С. Кузьменко — канд. техн. наук, завідувач відділом

Рецензент *В. Ю. Ларін* — д-р техн. наук, проф.
завідувач кафедри аеронавігаційних систем
(Національний авіаційний університет)

*Затверджено Науково-методично-редакційною радою
Національного авіаційного університету
(протокол № 2/21 від 12.11.2021 р.).*

Авіоніка (Обладнання повітряних кораблів): лабораторний
А 205 практикум/ уклад.: І. В. Остроумов, М. Ю. Заліський, Н. С. Кузьменко. –
К. : НАУ, 2021. – 56 с.

Містить теоретичні відомості та методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт із дисципліни «Авіоніка (Обладнання повітряних кораблів)».

Для здобувачів вищої освіти ОС «Бакалавр» спеціальності 272 «Авіаційний транспорт».

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ ТА СКОРОЧЕННЯ

ACAS	<i>Airborne Collision Avoidance System</i> (бортова система попередження зіткнень літаків)
AGL	<i>Above Ground Level</i> (висота над рівнем земної поверхні)
ARINC	<i>Aeronautical Radio Incorporated</i> (радіоавіаційна корпорація)
ATR	<i>Air Transport Radio</i> (стандарт на габаритні розміри блоків авіоніки)
AVIONICS	<i>Aviation Electronics</i> (авіаційна бортова електроніка)
CPA	<i>Closest Points of Approach</i> (точка найближчого зближення літаків)
DDB	<i>Digital Data Bus</i> (цифровий канал інформаційного обміну)
DME	<i>Distance Measurement Equipment</i> (обладнання вимірювання дальності)
EFIS	<i>Electronic Flight Instrument System</i> (система електронної індикації)
EGPWS	<i>Enhanced Ground Proximity Warning System</i> (удосконалена система раннього попередження наближення землі)
PDA	<i>Premature Descent Alert</i> (алгоритм попередження про передчасне зниження)
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i> (Федеральна авіаційна адміністрація, США)
FLTA	<i>Forward Looking Terrain Avoidance</i> (алгоритмом раннього попередження наближення Землі)
FMS	<i>Flight Management System</i> (обчислювальна система літаководіння)
GPS	<i>Global Position System</i> (глобальна система супутникового позиціонування (США))
IATA	<i>International Air Transport Association</i> (Міжнародна асоціація повітряного транспорту)
ICAO	<i>International Civil Aviation Organization</i> (Міжнародна організація цивільної авіації)
ILS	<i>Instruments Landing System</i> (інструментальна система посадки)

LAAS	<i>Local Area Augmentation System</i> (локальна система підвищення точності GNSS)
LRRA	<i>Low Range Radio Altimeter</i> (радіовисотомір малих висот)
LRU	<i>Line Replaceable Unit</i> (блок авіоніки)
MCDU	<i>Multifunction Control and Display Unit</i> (багатофункціональний блок контролю та відображення обчислювальної системи літаководіння)
MCU	<i>Modular Concept Unit</i> (блок авіоніки)
MSL	<i>Mean Sea Level</i> (Висота відносно стандартного тиску на рівні моря)
RMP	<i>Radio Management Panel</i> (панель контролю радіонавігаційного обладнання)
RA	<i>Resolution Advisory</i> (рекомендація щодо розв'язання конфліктної ситуації між літаками)
RS	<i>Recommended Standard</i> (рекомендований стандарт)
SID	<i>Standard Instrument Departure</i> (стандартна схема вильоту)
STAR	<i>Standard Instrument Arrival Route</i> (стандартна схема заходу на посадку)
TA	<i>Traffic Advisory</i> (попередження про повітряну ситуацію)
TAWS	<i>Terrain Awareness and Warning System</i> (система раннього попередження наближення Землі)
TCAS	<i>Traffic Collision Avoidance System</i> (система попередження небезпечних зближень літаків)
VOR	<i>Very high frequency Omnidirectional Range beacon</i> (всеспрямований надвисокочастотний радіомаяк)
WAAS	<i>Wide Area Augmentation System</i> (система підвищення точності GNSS широкої зони дії)
WGS	<i>World Geodetic System</i> (Всесвітня геодезична система координат)
АРК	автоматичний радіокомпас
ЛА	літальний апарат
ПНК	пілотажно-навігаційний комплекс
СППНЗ	система раннього попередження про наближення землі

ВСТУП

Стрімкий розвиток цифрової техніки на початку 90-х років призвів до мініатюризації електронного обладнання та цілком змінив склад бортового обладнання літака. Інтеграція обчислювальної техніки у бортове обладнання літака дозволило автоматизувати більшість операцій, якісно зменшити навантаження на пілотів та навіть виключити місце «штурмана» з льотної команди, завдяки повній автоматизації виконуваних ним операцій у обчислювальній системі літаководіння. Крім того, підвищення комфорту при пілотуванні за рахунок впровадження цифрових систем значним чином підвищило безпеку авіаційних перевезень. Зокрема поява принципово нових цифрових систем попередження загроз на борту літака дозволило мінімізувати кількість авіаційних пригод пов'язаних з небезпечними зближеннями літальних апаратів у повітрі та зіткнень з рельєфом місцевості.

У загальному випадку термін АВІОНІКА походить від поєднання слів АВІАція та електрОНІКА. Сьогодні обладнання, що застосовується у авіації розміщується не тільки на борту літального апарату (ЛА), проте термін «Авіоніка» застосовується для позначення обладнання розміщеного виключно на борту ЛА.

Значних змін за останні 30 років зазнала структура обладнання авіоніки. Кожен блок авіоніки на боту сучасного літального апарату – це електронно-обчислювальний комплекс, структура компонентів якого має багато спільного з будовою звичного для нас персонального комп'ютера з певними специфічними компонентами. Цифрові канали інформаційного обміну поєднують всі блоки авіоніки у комп'ютеризовану мережу для взаємного обміну даними.

Інтелектуальна система електронної індикації підбирає необхідну для пілотування інформацію для певного етапу польоту та відображає її на широкоформатних дисплеях у кабіні.

Під час вивчення дисципліни «Авіоніка (Обладнання повітряних кораблів)» здобувачам вищої освіти освітнього рівня «Бакалавр» за спеціальністю 272 «Авіаційний транспорт» пропонується ознайомитись з основами побудови обладнання авіоніки сучасного літака цивільної авіації, зрозуміти взаємозв'язки між компонентами

авіоніки та вивчити функціонування сучасних цифрових систем авіоніки, що використовуються для навігації і пілотування літака.

Лабораторні роботи спрямовані на формуванні у здобувачів практичних навичок взаємодії з обладнанням авіоніки літака цивільної авіації. Зокрема, лабораторна робота 1 знайомить з блочною концепцією побудови авіоніки та пропонує практичні вправи з певними системами такими як бортове далекомірне обладнання (DME), приймач системи посадки (ILS), системи раннього попередження про наближення землі (TAWS), автоматичного радіокомпасу (АРК) та бортового метеорадіолокатора.

Лабораторні роботи 2 та 3 дозволяють сформувати навички взаємодії з обчислювальною системою літаководіння GNS-XLS та бортовим пілотажно-навігаційним комплексом (GTN 625, GTN 635, GTN 650, GTN 725, GTN 750). Після засвоєння теоретичного матеріалу пропонується застосувати набуті навички для програмування реально-існуючого плану польоту літака відповідно до заданого варіанту у спеціалізованих програмних комплексах моделювання бортового обладнання.

Лабораторна робота 4 пояснює принцип роботи системи попередження зіткнень літаків у повітрі, та вимагає від здобувачів чіткого розуміння принципів функціонування системи TCAS II v 7.1. Особливо важливою дана робота є для здобувачів освітньо-професійної програми «Обслуговування повітряного руху», оскільки від чіткого розуміння повітряного стану, логіки функціонування системи та взаємодії з пілотом залежить безпека повітряних перевезень. Від здобувачів вимагається чітке знання команд, що видає система в залежності від сценарію повітряної обстановки. Практичні навички роботи з системою TCAS здобувачі отримують під час виконання вправ на моделюючому роботу системи програмному забезпеченні [32].

Лабораторні роботи 5 та 6 розкривають принципи функціонування системи попередження наближення землі у різних режимах. Здобувачам пропонується провести лабораторне дослідження сигналів системи у різних сценаріях на спеціалізованому лабораторному стенді СРПНЗ-2000 (наявному у лабораторії Авіоніки в аудиторії 11.320 Національного Авіаційного Університету) та практично дослідити функцію TAWS закладену у

пілотажно-навігаційному комплексі GTN на спеціалізованому програмному забезпеченні.

Лабораторні роботи розроблені відповідно до програми дисципліни «Авіоніка (Обладнання повітряних кораблів)» для закріплення та поглиблення знань та умінь, набутих студентом у процесі засвоєння теоретичного матеріалу модуля 1 «**Принципи побудови систем авіоніки**» та модуля 2 «**Авіоніка літака цивільної авіації**».

Модулем 1 передбачено виконання трьох лабораторних робіт. У результаті їх виконання студенти повинні **знати**:

- склад та будову електричних, інформаційних бортових систем;
- принципи побудови пристроїв авіоніки;
- класифікацію наявних систем авіоніки;

уміти:

- орієнтуватися у нормативній документації стосовно складу авіоніки;
- кодувати дані у форматі ARINC 429;
- працювати з обчислювальною системою літаководіння GNS-XLS та GTN-650.

Модулем 2 передбачено виконання трьох лабораторних робіт. У результаті їх виконання студенти повинні **знати**:

- принципи побудови основних систем авіоніки;
- принципи побудови та відображення даних у системі електронної індикації та сигналізації літака

уміти:

- розуміти команди, що видаються бортовою системою попередження зіткнень;
- керувати системою раннього попередження наближення землі, виконувати налаштування та проводити її технічне обслуговування (СРПНЗ-2000);

Знання та вміння, набуті під час виконання лабораторних робіт, необхідні для проходження технологічної практики на підприємствах, а в подальшому – для стажування.

При розробленні навчальних матеріалів за курсом «Авіоніка (Обладнання повітряних кораблів)» використано термінологію відповідно до «Електронного словника авіаційних термінів» [31].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ACSS. – Режим доступу: <http://www.acss.com>
2. Advanced Avionics Handbook. Federal Aviation Administration (U.S.). Government Printing Office, 2009. 100 p.
3. ARINC 429 specification tutorial. AIM GmbH Avionics databus solutions, 2001. 21 p.
4. ARINC. Режим доступу: <http://www.arinc.com>
5. Avionics Fundamentals. IAP inc., 1991. – 394 p.
6. Cary R. Spitzer. Digital Avionics Handbook, AvioniCon, Inc. Williamsburg, Virginia, USA, 2006. 448 p.
7. Garmin. – Режим доступу: <https://www.garmin.com>
8. GNS-XLS. Flight management system. Operator’s manual. Honeywell, 2000. 415 p.
9. Honeywell. Режим доступу: <http://www.honeywell.com>
10. Ian Moir. Civil avionics systems. Ian Moir, Allan Seabridge. AIAA. 2006. 396 p.
11. Kuzmenko N.S., Ostroumov I.V. Performance Analysis of Positioning System by Navigational Aids in Three Dimensional Space. System Analysis & Intelligent Computing: SAIC 2018 1st International Conference of IEEE. 2018. P. 101–104. DOI: 10.1109/SAIC.2018.8516790.
12. Kuzmenko N.S., Ostroumov I.V., Kharchenko V.P. Improving the Accuracy of Aircraft Positioning by Navigational Aids Using Kalman Filter. Signal Processing Symposium: SPSympo-2019, International Conference of IEEE. 2019. P. 109–114. DOI: 10.1109/SPS.2019.8882072.
13. Kuzmenko N.S., Ostroumov I.V., Marais K. An Accuracy and Availability Estimation of Aircraft Positioning by Navigational Aids. Methods and Systems of Navigation and Motion Control: MSNMC 2018 5th International Conference of IEEE. 2018. P. 36–40. DOI: 10.1109/MSNMC.2018.8576276.
14. Ostroumov I.V. Contemporary Air Navigation System. Logistics and Transport. 2020. № 47(3). P. 39–45.
15. Ostroumov I.V., Kuzmenko N.S. An area navigation RNAV system performance monitoring and alerting. System Analysis & Intelligent Computing: SAIC 2018 1st International Conference of IEEE. 2018. P. 211–214. DOI: 10.1109/SAIC.2018.8516750.
16. Ostroumov I.V., Kuzmenko N.S. Applications of Artificial Intelligence in Flight Management Systems. In T. Shmelova, Y. Sikirda, & A. Sterenharz (Eds.), Handbook of Research on Artificial Intelligence Applications in the Aviation and Aerospace Industries, Hershey, PA: IGI Global. doi:10.4018/978-1-7998-1415-3.ch007.
17. Ostroumov I.V., Kuzmenko N.S. Collision Avoidance Systems, airplanes. In Vickerman, Roger. International Encyclopedia of Transportation. vol. 2. 4569 p. UK: Elsevier Ltd., 2021. 164–172 p. DOI: 10.1016/B978-0-08-102671-7.10514-7.

18. Ostroumov I.V., Kuzmenko N.S. Incident detection systems, airplanes. In Vickerman, Roger. International Encyclopedia of Transportation. vol. 2. 4569 p. UK: Elsevier Ltd., 2021. 351-357p. DOI: 10.1016/B978-0-08-102671-7.10150-2.
19. Ostroumov I.V., Kuzmenko N.S. Risk Analysis of Positioning by Navigational Aids. Signal Processing Symposium: SPSympo-2019, International Conference of IEEE. 2019. P. 92-95. DOI: 10.1109/SPS.2019.8882003.
20. Ostroumov I.V., Kuzmenko N.S., Marais K. Optimal Pair of Navigational Aids Selection. Methods and Systems of Navigation and Motion Control: MSNMC 2018 5th International Conference of IEEE. 2018. P. 32–35. DOI: 10.1109/MSNMC.2018.8576293.
21. Rockwellcollins. Режим доступу: <http://www.rockwellcollins.com>
22. Жаворонков В.П. Радиоэлектронное оборудование самолёта Ту-154М и его лётная эксплуатация. М. : «МЕНАТЕП-ИНФОРМ», 1995. 256 с.
23. Международные стандарты и рекомендуемая практика. Авиационная электросвязь: Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации. Т. IV. Системы обзорной радиолокации и предупреждений столкновений. ICAO, 1995. 208 с.
24. Остроумов І. В. Методологічні засади комплексного позиціонування літальних апаратів за сукупністю навігаційних засобів в умовах ризику: автореф. дис. ... док. тех. наук, Київ: НАУ, 2020. 40 с.
25. Остроумов І. В. Алгоритм выбора оптимальной пары радионавигационных средств при определении местоположения летательного аппарата. Электроника, Радиофизика, Радиотехника, Информатика. Доклады Беларускаго Государственного Университета Информатики и Радиоэлектроники. 2018. № 113(3). С. 72–79.
26. Остроумов І. В. Недосконалість систем відображення повітряної обстановки навколо літака. Авіа-2006 : Міжнар. наук.-техн. конф., 25–27 вересня 2006 р.: матеріали конференції. К., 2006. С. 21.29–21.32.
27. Остроумов І. В. Авіоніка. К. : НАУ, 2013. 281 с.
28. Остроумов І. В. Електронний навчальний комплекс системи попередження зіткнень літаків у повітрі [Електронний ресурс]. Режим доступу до джерела: <http://www.ans.nau.edu.ua/tcas>
29. Правила ешелонування при обслуговуванні повітряного руху. К., 2010. 78с.
30. Система раннего предупреждения приближения Земли СРППЗ-2000. Руководство по технической эксплуатации. УКРНИИРА. 47 с.
31. А. с. 36674 Україна. Комп'ютерна програма «Електронний словник авіаційних термінів» / В. П. Харченко, І. В. Остроумов, Ю. В. Чинченко. № 36866; заявл. 25.11.10; опубл.25.01.11.
32. А. с. 37584 Україна. Комп'ютерна програма «Електронний навчальний комплекс системи попередження зіткнень літаків у повітрі» / І. В. Остроумов, В. П. Харченко. № 37690; заявл. 25.01.11; опубл.24.03.11.

Варіанти завдань для лабораторних робіт 2 та 3

1. *Аеропорт вильоту:* Hartsfield–Jackson Atlanta International Airport (ATL)
Аеропорт призначення: Los Angeles International Airport (LAX)
2. *Аеропорт вильоту:* O’Hare International Airport (ORD)
Аеропорт призначення: Los Angeles International Airport (LAX)
3. *Аеропорт вильоту:* Dallas/Fort Worth International Airport (DFW)
Аеропорт призначення: Hartsfield–Jackson Atlanta International Airport (ATL)
4. *Аеропорт вильоту:* O’Hare International Airport (ORD)
Аеропорт призначення: Denver International Airport (DEN)
5. *Аеропорт вильоту:* O’Hare International Airport (ORD)
Аеропорт призначення: John F. Kennedy International Airport (JFK)
6. *Аеропорт вильоту:* San Francisco International Airport (SFO)
Аеропорт призначення: O’Hare International Airport (ORD)
7. *Аеропорт вильоту:* McCarran International Airport (LAS)
Аеропорт призначення: O’Hare International Airport (ORD)
8. *Аеропорт вильоту:* O’Hare International Airport (ORD)
Аеропорт призначення: Seattle-Tacoma International Airport (SEA)
9. *Аеропорт вильоту:* John F. Kennedy International Airport (JFK)
Аеропорт призначення: Charlotte Douglas International Airport (CLT)
10. *Аеропорт вильоту:* John F. Kennedy International Airport (JFK)
Аеропорт призначення: Dallas/Fort Worth International Airport (DFW)
11. *Аеропорт вильоту:* Denver International Airport (DEN)
Аеропорт призначення: John F. Kennedy International Airport (JFK)
12. *Аеропорт вильоту:* John F. Kennedy International Airport (JFK)
Аеропорт призначення: San Francisco International Airport (SFO)
13. *Аеропорт вильоту:* McCarran International Airport (LAS)
Аеропорт призначення: John F. Kennedy International Airport (JFK)
14. *Аеропорт вильоту:* John F. Kennedy International Airport (JFK)
Аеропорт призначення: Seattle-Tacoma International Airport (SEA)

15. *Аеропорт вильоту:* Northwest Florida Beaches International Airport (KECP)
Аеропорт призначення: O'Hare International Airport (ORD)
16. *Аеропорт вильоту:* Southwest Florida International Airport (KRSW)
Аеропорт призначення: O'Hare International Airport (ORD)
17. *Аеропорт вильоту:* South Texas International Airport at Edinburg (KEBG)
Аеропорт призначення: O'Hare International Airport (ORD)
18. *Аеропорт вильоту:* San Francisco International Airport (SFO)
Аеропорт призначення: McCarran International Airport (LAS)

ЗМІСТ

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ ТА СКОРОЧЕННЯ	3
ВСТУП.....	5
Лабораторна робота 1 БЛОЧНА КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ АВІОНІКИ	8
Лабораторна робота 2 ОБЧИСЛЮВАЛЬНА СИСТЕМА ЛІТАКОВОДІННЯ.....	13
Лабораторна робота 3 ІНТЕГРОВАНІЙ ПІЛОТАЖНО-НАВІГАЦІЙНИЙ КОМПЛЕКС	23
Лабораторна робота 4 СИСТЕМА ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗІТКНЕНЬ ЛІТАКІВ У ПОВІТРІ ..	27
Лабораторна робота 5 СИСТЕМА РАНЬОГО ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАБЛИЖЕННЯ ЗЕМЛІ.....	36
Лабораторна робота 6 СИСТЕМА РАНЬОГО ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАБЛИЖЕННЯ ЗЕМЛІ У РЕЖИМІ РАНЬОГО ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАБЛИЖЕННЯ ЗЕМЛІ	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	48
<i>Додаток А. Варіанти завдань для лабораторних робіт</i>	50
<i>Додаток Б. Зони видачі голосових повідомлень системи «СРПНЗ-2000»</i>	52

Навчальне видання



АВІОНІКА
(ОБЛАДНАННЯ ПОВІТРЯНИХ КОРАБЛІВ)

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ
для здобувачів вищої освіти
ОС «Бакалавр» спеціальності
272 «Авіаційний транспорт»

Укладачі: **ОСТРОУМОВ Іван Вікторович**
ЗАЛІСЬКИЙ Максим Юрійович
КУЗЬМЕНКО Наталія Сергіївна

В авторській редакції

Технічний редактор **А. І. Лавринович**
Комп'ютерна верстка **В. В. Мішкур**

Підп. до друку 22.11.2021. Формат 60x84/16. Папір офс.
Офс. друк. Ум. друк. арк. 3,25. Обл.-вид. арк. 3,5.
Тираж 50 пр. Замовлення № 198-1.

Видавець і виготівник
Національний авіаційний університет
03058, Київ-58, проспект Любомира Гузара, 1.

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 977 від 05.07.2002