

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV TA‘LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

**TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI
MILLIY TADQIQOT UNIVERSITETI**

**UCHUVCHISIZ UCHISH APPARATLARI VA GLOBAL
NAVIGATSION TIZIMLAR**

o‘quv qo‘llanma



Toshkent 2023

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV TA‘LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

**TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI
MILLIY TADQIQOT UNIVERSITETI**

**UCHUVCHISIZ UCHISH APPARATLARI VA GLOBAL
NAVIGATSION TIZIMLAR**

o‘quv qo‘llanma

Toshkent 2023

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

**"TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO'JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI"
MILLIY TADQIQOT UNIVERSITETI**

**AMONOV MANSUR OCHILOVOCH
ABDUROXMONOV SHAVKATJON XASANOVICH
ABDUJABAROV NURIDDIN ANVAROVICH
TO'LAGANOV BAXTIYOR QUDRATOVICH**

UCHUVCHISIZ UCHISH APPARATLARI VA GLOBAL NAVIGATSION TIZIMLAR

/ O'QUV QO'LLANMA /

**Toshkent
2023**

O'zbekiston Respublikasi Oliy va O'rta maxsus ta'lim vazirligi oily o'quv yurtlaaro ilmiy-uslubiy birlashmasi faoliyatini Muvofiqlashtiruvchi kengashining 2023 yil 03 noyabr 341 a/f buyrug'iga asosan chop etishga tavsiya etilgan.

Ro'yhatga olish raqami 341 a/f – 094

Mazkur o'quv qo'llanma O'zbekiston Respublikasi Davlat ta'lim standartlari va ishlab chiqilgan namunaviy fan dasturi talablari asosida tuzilgan bo'lib, texnika oliy o'quv yurtlarining uchuvchisiz uchish apparatlarini sanoat tarmoqlarida qo'llash bilan shug'illanadigan mutaxassislar va balakavriat talabalariga moljallangan.

O'quv qo'llanmada uchuvchisiz uchish apparatlarini yaratilish tarixi, tasniflanishi, Konstruktsiyasi, bortida va yerda qo'llaniladigan jihozlar va uskunalar hamda global navigatsion tizimlar to'g'risida ma'lumotlar keltirilgan.

Настоящее учебное пособие составлена согласно Государственного стандартного образование Республики Узбекистан и разработана на основе требований образовательной программы предмета, предназначенные для студентов бакалавриата технических высших учебных заведений и занимающихся специалистами с применением беспилотных летательных аппаратов в промышленных отраслях.

В учебной пособие приведены сведения об истории создание беспилотных летательных аппаратов, классификации, устройство, приборы и оборудование применяемые на борту и на земле а также глобальные навигационные системы.

This study guide was compiled in accordance with the State Standard Education of the Republic of Uzbekistan and developed on the basis of the requirements of the educational program of the subject, intended for undergraduate students of technical higher educational institutions and professionals involved in the use of unmanned aerial vehicles in industrial sectors.

In the study guide given information about the history of the creation of unmanned aerial vehicles, classifications, devices, instruments and equipment used on board and on the ground, as well as global navigation systems.

Taqrizchilar: ToshDAU “Qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalashtirish va avtomatlashtirish” kafedrası mudiri, dotsent **Djiyanov M.R.**
“TIQXMMI” MTU “Muhandislik tizimlarni boshqarish”
kafedrası dotsenti **P.T. Berdimuratov**

Tuzuvchilar: “TIQXMMI” MTU dotsent **M.O.Amonov**
“TIQXMMI” MTU PhD, dotsent **Sh.X.Abduroxmonov**
TDTU t.f.n., dotsent **N.A.Abdujabarov**
“TIQXMMI” MTU kat. o'q. **B.Q.To'laganov**

M.O. Amonov, SH.X. Abduroxmonov, N.A. Abdujabarov, B.K. To'laganov
/ UCHUVCHISIZ UCHISH APPARATLARI VA GLOBAL NAVIGATSION TIZIMLAR /
O'quv qo'llanma. -T.: “TIQXMMI” MTU, 2023. 241 bet.

©. “TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO'JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI”
MILLIY TADQIQOT UNIVERSITETI (“TIQXMMI” MTU), 2023

KIRISH

Uchuvchisiz uchish apparati - bu bortida ekipaj bo'lmagan uchish apparati. Oddiy so'zlar bilan aytganda uchuvchisiz uchish apparatlarini "bezpilotnik" yoki "drone" deb ataladi. Hozirgi kundagi bortida ekipaj bo'magan mashina, traktor, suv kemalari, suvosti kemalari, taksilar to'g'risida ma'lumotlar o'qish mumkin. Bularning barchasi sekin asta hayotimizga, mehnat faoliyatimizga, iqtisodiyotning turli tarmoqlariga kirib kelmoqda.

Mazkur o'quv qo'llanmada asosan havoda uchadigan uchuvchisiz uchish apparatlari (UUA) ko'rib chiqiladi.

XX-XXI asrlar chegarasida aviatsiya texnikasi, robototexnika, elektronika, aloqa vositalarining avtomatlashtirilishi, "sun'iy intellekt" tarmog'ining keskin rivojlanishi, tarmoqning uchuvchisiz uchish apparatlarini loyihalash, ishlab chiqarish va qo'llanilishini keskin o'sishiga sabab bo'ldi.

Hozirgi kunda dronlar iqtisodiyotimizning turli xil jabhalarida qo'llanilib kelinmoqda: aviatsiya, favqulodda vaziyatlar, qishloq xojaligi, suv sathlarini o'rganish, o'rmon xojaliklarini nazorat qilish, ekologik monitoring, geodeziya, kartografiya, harbiy maqsadlarda, aerofoto suratlar olishda va boshqalar. Uchuvchisiz uchish apparatlarning keng qo'llanilishi ularning arzonligi va eng avvalo, havfsizligi asosiy omil bo'lib kelmoqda.

Masalan, harbiy maqsadlarda qo'llaniladigan, yuqori murakkablikka ega bo'lgan UUA narhi tahminan 5-6 million dollarni tashkil etsa, shu vazifalarni bajaruvchi harbiy qiruvchi samolyot narhi esa 100 million dollarni tashkil etadi. Bunga yana uchuvchilarni o'qitish, samolyotni texnik soz xolatini saqlab turish harajatlari, yoqilg'i-moylash materiallari xarajatlarini qo'shsa harbiy samolyotlar ancha qimmatga tushishi ayon bo'ladi. Bundan tashqari UUA operatori o'z hayotini hatarga qo'ymasdan xafsiz holda faoliyat yuritadi. UUA ning asosiy kamchiligi-masofadan boshqarish tizimining foydalanish jarayonida ishdan chiqishi hisoblanadi. Bu ayniqsa harbiy UUA da muhim ahamiyatga ega.

Hozirgi kunda ommaviy axborot vositalarida va kundalik hayotda uchuvchisiz uchish apparatlaridan foydalanish, yoki ulardan iqtisodiyot va xavfsizlik sohasidagi har qanday vazifalarni bajarish uchun foydalanish, yoki uchuvchisiz uchish apparati yordamida olingan ma'lumotni iste'molchi sifatida ishlatish masalasini muhokama qilishingiz mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Гололобов В. Н., Ульянов В. И. Беспилотники для любознательных. - СПб.: Наука и Техника, 2018. - 256 с, илл.
2. Рэндал У. Биард, Тимоти У. МакЛэйн Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика М: ТЕХНОСФЕРА, 2015. – 312 с.
3. Килби, Т. Дроны с нуля: Пер. с англ. / Т. Килби, Б. Килби. - СПб.: БХВ-Петербург, 2016. - 192 с: ил.
4. Яценков В. С. Твой первый квадрокоптер: теория и практика. — СПб.: БХВ-Петербург, 2016. - 256 с: ил. - (Электроника)
5. Х.Гололобов В.Н. Ардуино для любознательных или паровозик из Ромашкова. - СПб.: Наука и Техника. – 2017.
6. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние / В.С. Фетисов, Л.М. Неугодникова, В.В. Адамовский, Р.А. Красноперов; Под ред. В.С. Фетисова. – Уфа: ФОТОН, 2014. – 217 с.: ил.
7. Общие виды и характеристики беспилотных летательных аппаратов: справ. пособие /А.Г. Гребеников, А.К. Мялица, В.В. Парфенюк и др. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т "Харьк.авиац. ин-т", 2008. 377 с.
8. High-density performance line ARM-based 32-bit MCU, STMicroelectronics, <http://st.com/>
9. Seeger J., Lim M. and Nasiri S. Development of Hight-Perfomance, High-Voulume Consumer MEMS Gyroscopes, InvenSense, <http://invensense.com/>
10. MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification Revision 3.2, InvenSense, <http://invensense.com/>
11. 3-Axis Digital Compass IC HMC5883, Honeywell, <http://honeywell.com/>
12. EAGLE — Easily Applicable Graphical Layout Editor, Manual, Version 5. — 2010. CadSoftComputer.
13. Агуров П. Интерфейс USB. Практика использования и

программирования — Спб.:БХВ-Петербург, 2006.

14. MPU-6000 and MPU-6050 Register Map and Descriptions Revision 3.2, InvenSense <http://invensense.com/>

15. Shiffman D. Learning Processing: A Beginner's Guide to Programming Images, Animation, and Interaction Burlington, MA 01803, USA. — 2008. Elsevier Inc.

16. BMP085, Digital barometric pressure sensor, BOSCH, <http://boschsensortec.com/>

17. Introduction to Estimation and the Kalman Filter Hugh Durrant-Whyte Australian Centre for Field Robotics The University of Sydney. — NSW 2006. — Australia, 2001.

18. NMEA Data and Protocol Description, <http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm>

19. Shilov K., Lazurin G. MAV Autopilot For Commercial and Research Braunschweig. —Germany. — 2012.

MUNDARIJA

KIRISH	5
1-bob. UCHUVCHISIZ UCHISH APPARATLARINI YARATILISH TARIXI. NORMATIV-HUQUQIY BAZA	13
1.1. Uchuvchisiz uchish apparatlarini yaratilish tarixi	13
1.1.1. Uchuvchisiz uchish apparatlari	13
1.1.2. Uchuvchisiz uchish apparatlarini yaratilish tarixi	20
1.1.3. Ikkinchi Jahon urushi davridagi uchuvchisiz uchish apparatlari.	22
1.2 Uchuvchisiz uchish apparatlarini qo'llanilishi normativ-huquqiy bazasi	25
1.3 O'zbekiston Respublikasi Transport vazirligi huzaridagi Fuqaro aviatsiyasi Agentligi	29
1.3.1. Agentlikning asosiy vazifalari va funksiyalari.	30
1.3.2. O'zbekiston Respublikasi havo hududida parvozlarni amalga oshirish talablari.	34
1.4 Uchuvchisiz uchish apparatlarini iqtisodiyotning turli tarmoqlarida qo'llanilish istiqbollari	37
1.4.1. Uchuvchisiz uchish apparatlarining elektr energetika sohasida qo'llanilishi.	37
1.4.2. Uchuvchisiz uchish apparatlarining qishloq xo'jaligida qo'llanilishi.	42
1.4.3. Uchuvchisiz uchish apparatlarining suv va o'rmon xo'jaligi monitoringida qo'llanilishi.	54
2-6o6. UCHUVCHISIZ UCHISH APPARATLARI KONSTRUKTSIYASI VA UCHISH TAMOYILLARI	59
2.1 Uchuvchisiz uchish apparatlari Konstruktsiyasi	59
2.1.1 Samolyotlarning yaratilish maqsadlariga ko'ra tasnifi.	59
2.1.2. Uchuvchisiz uchish apparatlari klassifikatsiyasi.	66
2.1.3. Multirotor tipidagi uchuvchisiz uchish apparatlari.	67
2.2. Uchuvchisiz uchish apparatlari uchish tamoyillari	74
2.2.1. Samolyotlarning parvoz tamoyillari.	79
2.2.2. Kvadrokopterlarning uchish tamoyillari.	87
2.2.3. Verotlyotlar uchish tamoyillari.	90

2.3.	Uchuvchisiz uchish apparatlarini ishlab chiqarishda qo‘llaniladigan materiallar	94
2.3.1.	Alyuminiy, magniy, alyuminiy-litiy va titan qotishmalari	94
2.3.2.	Kompozitsion materiallar	105
3-6o6.	UCHUVCHISIZ UCHISH APPARATLARIDA FOTOSURATLAR, VIDEOTASVIRLAR OLISHDA QO‘LLANILADIGAN KAMERA VA BOSHQA USKUNALAR. MA’LUMOTLARNI UZATISH VA SAQLASH	114
3.1.	Birinchi shahs ko‘rinishi (FVP). Videokameralar.	114
3.1.1.	Videokommutatorlar.	116
3.1.2.	Kamerani stabilizatsiyalashtiruvchi moslamalar	117
3.1.3.	Videouzatuvchi (VTX).	119
3.1.4.	Videoqabul qiluvchi (VRX).	120
3.1.5.	UUA, dronlar elektr energiyasi manbalari	126
3.1.6.	Bazaviy stansiya	131
3.2.	Uchuvchisiz uchish apparatlarida qo‘llaniladigan uskuna va datchiklar	137
3.2.1.	Integral giroskop va uning ishlash tamoyili	137
3.2.2.	Integral akselerometr va uning ishlash tamoyili	141
3.2.3.	Integral magnetometr va uning ishlash tamoyili	144
3.2.4.	Integral barometr tuzilishi	147
3.2.5.	Ultratovush sonar tuzilishi	148
3.2.6.	GPS qabul qiluvchilari	152
3.3.	Uchuvchisiz uchish apparatlarida ma’lumotlarni uzatish, saqlash va ishlov berish	159
3.3.1.	Qabul qiluvchi va uzatuvchilarni moslashtirish	159
3.3.2.	Antennalar	160
3.3.3.	Failsafe (havfsizlik) funksiyalari	162
3.3.4.	PWM impulslari, trimmerlar va subtrimmerlar	168
4-bob.	UCHUVCHISIZ UCHISH APPARATLARINING BOSHQARUV TIZIMLARI VA NAVIGATSIYASI	172
4.1	Uchuvchisiz uchish apparatlarini turli chastotalarda boshqarish	172

4.1.1	2,4 GHz dan yuqori chastotalarda uchuvchisiz uchish apparatlarini boshqarish.	172
4.1.2.	5 GHz dan yuqori chastotalarda uchuvchisiz uchish apparatlarini boshqarish.	176
4.1.3.	WiFi va WiMax modullari yordamida uchuvchisiz uchish apparatlarini boshqarish.	180
4.2.	Uchuvchisiz uchish apparatlari parvozini boshqarish.	184
4.2.1.	Multirotor tipidagi uchuvchisiz uchish apparatlari parvozini boshqarish.	184
4.2.2.	Samolyot tipidagi uchuvchisiz uchish apparatlari parvozini boshqarish	190
4.2.3.	Boshqaruv kontrollerlari.	191
5-bob.	SUN'IY YO'LDOSHLI GLOBAL NAVIGASION TIZIMLAR	195
5.1.	Tarixiy ma'lumotlar. Sun'iy yo'ldoshli global navigatsion tizimlarni tuzish	195
5.1.1.	Kosmik apparatlar nimitzimi	208
5.1.2.	Kosmik apparatlarini yerdagi boshqarish majmualari.	209
5.2.	Sun'iy yo'ldoshli global navigatsiya tizimlari va aniqlik tasniflari. Foydalanuvchilarning navigatsion apparaturalari	210
5.2.1.	Sun'iy yo'ldoshli global navigatsiya tizimlarining o'ziga hosligi: GLONASS, GPS, GALILEO, BEIDOU	210
5.2.2.	Turli sun'iy yo'ldoshli tizimlardan hamkorlikda foydalanish	213
5.2.3.	Aniqlik tasniflari	214
5.2.4.	Navigatsion maydonning yaxlitlik nazorati	216
5.2.5.	Foydalanuvchilar navigatsion apparaturalari va qo'llanilishi	217
5.3.	Tizimlarning differensial ishlash rejimi	222
5.3.1.	Differensial rejimni tashkillashtirish tamoyillari	223
5.3.2.	Differensial rejimdagi navigatsiyaning aniqlik tavsiflari	224
5.4.	Tizimlarda fazaviy o'zgarishlar va sun'iy yo'ldoshli tizimlardagi o'lchashlarning majmuaviy ishlov berilishi	227
5.4.1.	Sun'iy yo'ldoshli global navigatsiya tizimlari va inersial datchiklardagi o'lchashlarga ishlov berish.	229
	Foydalanilgan adabiyotlar	231

**AMONOV MANSUR OCHILOVOCH
ABDUROXMONOV SHAVKATJON XASANOVICH
ABDUJABAROV NURIDDIN ANVAROVICH
TO'LAGANOV BAXTIYOR QUDRATOVICH**

**UCHUVCHISIZ UCHISH APPARATLARI VA GLOBAL
NAVIGATSION TIZIMLAR**

Muharrir:

M.Mustafoyeva

*Bosishga ruxsat etildi: 03.11.2023 y. Qog'oz o'lchami: 60x84 - 1/16
Hajmi: 15,0 bosma taboq. 50 nusxa. Buyurtma № _____
"TIQXMMI" MTU bosmaxonasida chop etildi.
Toshkent-100000. Qori-Niyoziy ko'chasi 39 uy.*