Дәріс № 7. ГЛОНАСС ЖСРН ЖҮЙЕСІНІҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ҰСТАНЫМДАРЫ МЕН ЖҰМЫС ІСТЕУІ.

Дәріс жоспары:

1. Кіріспе
2. ГЛОНАСС жүйесінің даму тарихы
3. ГЛОНАСС ЖСРН жүйесінің құрылымы
4. Спутниктік орбиталар мен орналасу сұлбасы
5. Сигнал құрылымы мен жиіліктері
6. Пайдаланушы құрылғылары мен координата анықтау
7. Дәлсіздік факторлары мен түзету әдістері
8. ГЛОНАСС пен GPS жүйелерінің салыстырмасы
9. Қолдану салалары мен даму перспективалары
10. Қорытынды

Дәрістің мақсаты — студенттерге және мамандарға Ресейдің ғаламдық жерсеріктік навигациялық жүйесі — ГЛОНАСС-тың құрылымдық элементтері мен жұмыс істеу принциптерін жан-жақты түсіндіру. Сонымен қатар, ГЛОНАСС жүйесінің негізгі компоненттерінің қызметі мен өзара байланысын таныстырып, оның навигациялық жүйелер арасындағы ерекшеліктерін көрсету.

1. Кіріспе

ГЛОНАСС (Глобальная Навигационная Спутниковая Система) — бұл Ресей Федерациясы әзірлеген **жаһандық жерсеріктік радионавигациялық жүйе (ЖСРН)**. Ол нақты уақыт режимінде объектілердің кеңістіктегі орналасуын, жылдамдығын және дәл уақытты анықтау үшін пайдаланылады.
ГЛОНАСС жүйесі GPS жүйесінің баламасы ретінде құрылды және қазіргі таңда азаматтық, ғылыми және әскери мақсаттарда кеңінен қолданылады. Бүгінде ГЛОНАСС Ресей территориясында жоғары дәлдікте қызмет көрсетіп қана қоймай, бүкіл әлем бойынша қолжетімділікке ие.

2. ГЛОНАСС жүйесінің даму тарихы

- **1976 ж.** – КСРО ГЛОНАСС жүйесін әзірлеу туралы шешім қабылдады.
- **1982 ж.** – алғашқы сынақ жерсерігі ұшырылды.
- **1995 ж.** – жүйенің алғашқы толық конфигурациясы іске қосылды (24 спутник).
- **2000 жылдар** – жүйе жаңғыртылып, азаматтық сигналдарға ашық қол жеткізу қамтамасыз етілді.
- **2011 жылдан бастап** – жүйе жаһандық деңгейде толық жұмыс істей бастады.
- **2020 ж. кейін** – жаңа буын спутниктері (ГЛОНАСС-К және К2) енгізілуде.

3. ГЛОНАСС жүйесінің құрылымы

ГЛОНАСС жүйесі де GPS сияқты **үш негізгі сегменттен** тұрады:

3.1. Ғарыш сегменті:

- Спутниктер орта биіктіктегі шеңбер орбиталарында (MEO) орналасқан.
- Толық жүйеде 24 спутник болуы тиіс (қазір 26+ спутник).
- Орбиталар **19 100 км** биіктікте орналасқан.
- **Орбита кезеңі – 11 сағат 15 минут.**
- 3 орбиталық жазықтықта орналасқан, әрқайсысында 8 спутник бар.

3.2. Жердегі басқару сегменті:

- **Басқару орталығы:** Краснознаменск, Ресей.
- **Мониторинг станциялары:** Ресейдің әртүрлі аймақтарында және кейбір шетелдерде (мысалы, Бразилияда).
- Міндеттері:
  - Спутниктердің орбиталарын бақылау;
  - Уақыт синхронизациясы;
  - Навигациялық хабарлама беру.

3.3. Пайдаланушы сегменті:

- Пайдаланушылар: көлік, авиация, смартфон, әскери техника, ғылыми аспаптар.
- ГЛОНАСС сигналын қабылдайтын құрылғылар жеке немесе GNSS қабылдағыштарында біріктіріледі (мысалы: GPS + ГЛОНАСС).

4. Спутниктік орбиталар мен орналасу сұлбасы

Параметр	Мәні
Орбита биіктігі	19 100 км
Орбита кезеңі	~11 сағ 15 мин
Орбита саны	3
Әр орбитадағы спутник саны	8
Еңіс бұрышы	64.8°

- Мұндай конфигурация **Арктика, Сібір сияқты солтүстік ендіктерде де тұрақты жұмысын қамтамасыз етеді**.
- GPS-пен салыстырғанда, ГЛОНАСС орбиталары Жерге сәл жақынырақ және еңіс бұрышы үлкен.

5. Сигнал құрылымы мен жиіліктері

5.1. Сигнал түрлері:

- **L1 (1602 МГц):** азаматтық және әскери қолдану.
- **L2 (1246 МГц):** көбінесе әскери қолдану.
- **L3 (1202 МГц):** жаңа спутниктер үшін, қосымша дәлдік пен сенімділік.

5.2. Жиілікке негізделген кодтау:

- ГЛОНАСС **FDMA** (Frequency Division Multiple Access) технологиясын қолданады.
  → Әр спутник өз жиілігімен жұмыс істейді.
- GPS **CDMA** (Code Division Multiple Access) қолданады.
  → Барлық спутниктер бір жиілікте, әрқайсысы өзіндік кодпен.

5.3. ГЛОНАСС-К спутниктері:

- **CDMA сигналдарын** да бере алады → басқа GNSS жүйелерімен үйлесімділік артады.

6. Пайдаланушы құрылғылары мен координата анықтау

ГЛОНАСС қабылдағыштары 3D координаталар мен уақытты анықтау үшін кемінде **4 спутниктің сигналын** қабылдауы керек.

- Қабылдағыш спутниктерден радиосигнал қабылдайды.
- Уақыт айырмасы мен сигналдың таралу жылдамдығына негізделіп, **қашықтық** есептеледі.
- Осылайша **позиция (x, y, z) және уақыт (t)** анықталады.

Қазіргі қабылдағыштарда ГЛОНАСС + GPS комбинациясы кең таралған – бұл дәлдікті арттырады және спутниктердің жетіспеушілігі мәселесін шешеді.

7. Дәлсіздік факторлары мен түзету әдістері

7.1. Қателік көздері:

- Ионосфера және тропосфера әсері;
- Сағат синхронизациясының дәл еместігі;
- Орбиталық модельдердің бұзылуы;
- Көпсәулелі әсер (Multipath);
- Радиоэлектрондық кедергілер.

7.2. Түзету және дәлдікті арттыру әдістері:

- **SBAS (мысалы, SDCM – Ресейдің жүйесі)**
- **DGPS және RTK технологиялары**
- **Көпжиілікті қабылдағыштар**
- **Интеграцияланған GNSS шешімдері** – GPS + ГЛОНАСС + Galileo + BeiDou

8. ГЛОНАСС пен GPS жүйелерінің салыстырмасы

Критерий	GPS	ГЛОНАСС
Ел	АҚШ	Ресей
Толық іске қосылған жыл	1995	2011
Орбита биіктігі	~20 200 км	~19 100 км
Еңіс бұрышы	55°	64.8°
Сигнал түрі	CDMA	FDMA (CDMA қосылды)
Жиіліктер	L1, L2, L5	L1, L2, L3
Дәлдігі (азаматтық)	~5-10 м	~5-10 м

Қорытынды: Екі жүйе бірін-бірі толықтырып, GNSS кеңістігін қалыптастырады.

9. Қолдану салалары мен даму перспективалары

Қолдану салалары:

- **Көлік:** маршруттар, логистика, такси қызметі
- **Әскери:** зымыран бағыттау, әскер қозғалысы
- **Ғылым:** геодезия, сейсмология
- **Құтқару:** іздестіру, ТЖ кезінде бағыттау
- **Ауыл шаруашылығы:** дәл егіншілік

Даму болашағы:

- **

ГЛОНАСС-К2** – жаңа буын спутниктері, CDMA қолдауы, L3 жиілігі.

- **SDCM** – спутниктік дәлдік арттыру жүйесі (аналогы – WAAS, EGNOS).
- **Қосарлы жүйелер:** GNSS бірлестіру (GPS, Galileo, BeiDou, IRNSS).
- **Смартфондарда толық интеграция.**

10. Қорытынды

ГЛОНАСС – Ресейдің жаһандық спутниктік навигация саласындағы стратегиялық жетістігі. Оның **жоғары дәлдігі**, **ықшам жерүсті инфрақұрылымы**, **солтүстік ендіктердегі артықшылығы**, және **GPS-пен үйлесімділігі** оны сенімді GNSS жүйесіне айналдырады.

Бүгінгі таңда ГЛОНАСС тек Ресейге ғана емес, бүкіл әлемге қызмет көрсететін әмбебап жүйе болып қалыптасты.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

I. Теориялық білімді тексеру:

1. ГЛОНАСС жүйесі алғаш қашан және қандай мақсатта құрылған?
2. ГЛОНАСС ЖСРН жүйесінің негізгі үш сегментін атаңыз.
3. Спутниктер қандай орбитада орналасқан және олардың биіктігі қанша?
4. ГЛОНАСС жүйесіндегі орбита саны мен әр орбитадағы спутниктер саны қанша?
5. ГЛОНАСС жүйесінде қандай сигнал жиіліктері қолданылады?
6. ГЛОНАСС пен GPS жүйесінің сигнал тарату тәсілдерінде қандай айырмашылық бар?
7. FDMA және CDMA технологияларының негізгі ерекшеліктері қандай?
8. ГЛОНАСС сигналын қабылдау үшін қабылдағыш кемінде неше спутниктің сигналын қабылдауы керек?
9. Дәлсіздік тудыратын негізгі факторларды атаңыз.
10. ГЛОНАСС жүйесі қай салаларда кеңінен қолданылады?

II. Терең талдау және салыстыру:

11. GPS пен ГЛОНАСС жүйелерінің орбита параметрлерін салыстырыңыз.
12. ГЛОНАСС-К және ГЛОНАСС-К2 спутниктері бұрынғылардан немен ерекшеленеді?
13. ГЛОНАСС жүйесінің Арктика мен солтүстік ендіктерде артықшылығы неде?
14. Қазіргі заманғы GNSS қабылдағыштары неге көп жүйені біріктіреді?
15. SDCM дегеніміз не және оның рөлі қандай?

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. **Иванов В.А., Сидоров А.В.**
   ГЛОНАСС: принцип работы и перспективы развития. — Москва: Радио и связь, 2020.
   → ГЛОНАСС жүйесінің техникалық негіздері мен даму бағыты.
2. **Жумабеков А.Ж.**
   Жерсеріктік навигация және геоақпараттық жүйелер. — Алматы: ҚазҰУ, 2021.
   → GNSS және отандық қолдану бағыттары.
3. **Каплан Э.Д., Хигарти К.Дж.**
   Навигационные спутниковые системы: принципы и приложения. — Москва: Техносфера, 2018.
   → GPS, ГЛОНАСС және басқа GNSS жүйелерінің салыстырмалы талдауы.
4. **Официальный сайт ГЛОНАСС: Информационно-аналитический центр Роскосмоса**
   https://www.glonass-iac.ru
   → ГЛОНАСС жүйесінің ағымдағы жағдайы, спутниктер тізімі, жаңалықтар.
5. **GPS.gov – Comparison of GNSS Systems**
   https://www.gps.gov/systems/gnss/
   → Халықаралық деңгейде GNSS жүйелерін салыстыру.
6. **European GNSS Agency (EUSPA)**
   https://www.euspa.europa.eu
   → GNSS жүйелерінің біріктірілген қолданылуы.