

**Дополнение к выпуску 2
«Спутниковые системы связи и вещания 2022»:**

*Перспективные проекты
систем связи, вещания и передачи данных*

Спутниковые платформы

Содержание

От составителя

Раздел 1

Системы фиксированной спутниковой связи, вещания и передачи данных

1.1. Системы с ИСЗ на геостационарных орбитах	8
1.1.1. Глобальные системы	
1.1.1.1. Система компании Intelsat (Люксембург и США)	
1.1.1.2. Система компании SES (Люксембург)	
1.1.1.3. Система компании Eutelsat Communications (Франция)	
1.1.2. Региональные системы	-
1.1.2.1. Австралия-Азия	
Trust and Investment, Китай, и компания GE Capital, США	
1.1.2.1.2. Система компании Measat Global (Малайзия)	
1.1.2.1.3. Система компании Telkomsat (Индонезия)	
1.1.2.1.4. Система компании Indosat Ooredoo (Индонезия)	
1.1.2.1.5. Спутник BRISAT (Индонезия)	
1.1.2.1.6. Система компании PSN (Индонезия)	
1.1.2.2. Австралия – Новая Зеландия и Океания	-
1.1.2.2.1. Система компании Singtel Optus (компания Singapore Telecommunications, Сингапур)	
1.1.2.2.2. Система компании Kacific (Сингапур)	
1.1.2.2.3. ^{CD} Проект системы компании Foxtel Management (Австралия)	-
1.1.2.2.4. ^{CD} Проект системы Jabiru компании NewSat (Австралия)	-
1.1.2.3. Азия	
1.1.2.3.1. Система компании China Satellite Communications (Китай)	
1.1.2.3.2. Система компании Thaicom (Таиланд)	
1.1.2.3.3. Система компаний Singapore Telecom и Chunghwa Telecom (Сингапур и Тайвань)	
1.1.2.3.4. Система компании Asia Broadcast Satellite (Китай)	
1.1.2.3.5. Система Coms (Республика Корея)	
1.1.2.3.6. Система компании SupremeSat (Шри Ланка)	
1.1.2.4. Азия-Африка	10
1.1.2.4.1. Система организации Arabsat	
1.1.2.4.2. Система компании Egyptian Satellite (Арабская Республика Египет)	
1.1.2.4.3. Система компании Es'hailSat (Катар)	
1.1.2.4.4. ^{CD} Проект системы NexStar компании Anisara (Индия)	-
1.1.2.4.5. ^{CD} Проект спутника GISAT-1 (Каймановы острова)	-
1.1.2.5. Америка	11
1.1.2.5.1. Система компании Embratel Star One (Бразилия)	
1.1.2.5.2. Система компании Telesat Canada (Канада)	
1.1.2.5.3. Система компании DirecTV (США)	
1.1.2.5.4. Система компании EchoStar (США)	
1.1.2.5.5. Система компании Horizons Satellite (компания Sky Perfect Jsat и Intelsat)	
1.1.2.5.6. Система компании ViaSat (США)	
1.1.2.5.7. Система компании Ciel Satellite Communications (Канада)	
1.1.2.5.8. Система компании QuetzSat (Мексика)	
1.1.2.5.9. Система компании Ar-Sat (Аргентина)	
1.1.2.5.10. ^{CD} Проект системы компании Astranis (США)	-
1.1.2.5.11. ^{CD} Проект системы компании Anuvu (США)	12
1.1.2.5.12. ^{CD} Проект системы компании Andesat (Перу)	13
1.1.2.6. Европа	-
1.1.2.6.1. Система компании Telenor Satellite Broadcasting (Норвегия)	
1.1.2.6.2. Система Athena-Fidus (Италия и Франция)	
1.1.2.6.3. Система компании Bulgaria Sat (Болгария)	
1.1.2.6.4. ^{CD} Проект системы компании OverHorizon (Швеция, США и Кипр)	-
1.1.2.6.5. ^{CD} Проект системы компании Ovzon (Швеция – США)	14
1.1.2.6.6. ^{CD} Проект системы компании GapSat (Соединенное Королевство)	15

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

1.1.2.7. Европа-Азия	
1.1.2.7.1. Система компании Spacecom (Израиль)	
1.1.2.7.2. Система компании Turksat Satellite Communications & Management (Турция)	
1.1.2.8. Европа-Азия-Африка	
1.1.2.8.1. Система компании Rascom-Star (Ливия, Нигерия и др.)	
1.1.2.8.2. Спутник AMC-14 министерства обороны США	
1.1.2.9. Европа-Америка-Африка	
1.1.2.9.1. Система компании Hispasat Group (Испания)	
1.1.2.9.1.1. Система компании Hispasat (Испания)	
1.1.2.9.1.2. Система компании Hispatar (Испания - Бразилия)	
1.1.2.9.2. Система компании Xtar (США - Испания)	
1.1.2.10. Африка	
1.1.2.10.1. Система компании New Dawn Satellite	
1.1.2.11. ^{CD} Америка-Австралия	15
1.1.2.11.1. ^{CD} Проект системы компании Northpoint Technology (США)	
1.1.3. Национальные системы	
1.1.3.1. Австралия	
1.1.3.1.1. Система министерства обороны	
1.1.3.1.2. Система компании NBN	
1.1.3.2. Азербайджан	
1.1.3.2.1. Система Azersat	
1.1.3.3. Алжир	
1.1.3.3.1. Система Alcomsat	
1.1.3.4. ^{CD} Ангола	
1.1.3.4.1. ^{CD} Проект системы Angosat	
1.1.3.5. Бангладеш	
1.1.3.5.1. Спутник BANGABANDHU-1	
1.1.3.6. Белоруссия	
1.1.3.6.1. Система Belintersat	
1.1.3.7. Боливия	
1.1.3.7.1. Система TKSat	
1.1.3.8. Бразилия	
1.1.3.8.1. Система Siscomis	
1.1.3.8.2. Система компании Visiona Tecnologia Espacial	
1.1.3.9. Соединенное Королевство	
1.1.3.9.1. Система Skynet	
1.1.3.9.2. Система Hylas	
1.1.3.10. ^{CD} Венесуэла	16
1.1.3.10.1. ^{CD} Проект системы Simon Bolivar	
1.1.3.11. Вьетнам	
1.1.3.11.1. Система Vinasat	
1.1.3.12. Германия	17
1.1.3.12.1. Система министерства обороны ФРГ	
1.1.3.12.2. ^{CD} Проект спутника HEINRICH HERTZ (H2SAT)	
1.1.3.13. Дания	
1.1.3.13.1. Система министерства обороны	
1.1.3.14. Арабская Республика Египет	
1.1.3.14.1. Система Tiba	
1.1.3.15. ^{CD} Израиль	18
1.1.3.15.1. ^{CD} Проект спутника DROR-1 правительства Израиля	
1.1.3.16. Индия	
1.1.3.16.1. Система Insat	
1.1.3.17. ^{CD} Индонезия	
1.1.3.17.1. ^{CD} Проект спутника SATRIA консорциума Satelit Nusantara Tiga (Индонезия)	
1.1.3.17.2. ^{CD} Проект спутника HBS правительства Индонезии	19
1.1.3.18. Испания	
1.1.3.18.1. Система Spainsat	
1.1.3.19. Италия	
1.1.3.19.1. Система Sicral	
1.1.3.20. Казахстан	

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

1.1.3.20.1. Система KazSat	
1.1.3.21. ^{CD} Камбоджа	20
1.1.3.21.1. ^{CD} Проект спутника ТЕСНО-1	-
1.1.3.22. Канада	
1.1.3.22.1. Система министерства обороны	
1.1.3.23. Китай	
1.1.3.23.1. Система тактической защищенной связи Feng Huo	
1.1.3.23.2. Система стратегической защищенной связи Shen Tong	
1.1.3.23.3. Система экспериментальных спутников связи серии SHIJIAN	
1.1.3.24. ^{CD} Конго	-
1.1.3.24.1. ^{CD} Проект системы Congosat	-
1.1.3.25. Республика Корея	
1.1.3.25.1. Система компании КТ	
1.1.3.25.2. Система ANASIS-2 министерства обороны	
1.1.3.26. Лаос	
1.1.3.26.1. Система Laosat	
1.1.3.27. Люксембург	
1.1.3.27.1. Система министерства обороны	
1.1.3.27.2. Система Govsat	
1.1.3.28. Мексика	
1.1.3.28.1. Система Mexsat	
1.1.3.29. Нигерия	
1.1.3.29.1. Система Nigcomsat-1	
1.1.3.30. Нидерланды	
1.1.3.30.1. Система министерства обороны	
1.1.3.31. Новая Зеландия	
1.1.3.31.1. Система министерства обороны	
1.1.3.32. Объединенные Арабские Эмираты	
1.1.3.32.1. Система Yahsat	
1.1.3.33. Пакистан	
1.1.3.33.1. Система Paksat	
1.1.3.34. Российская Федерация	-
1.1.3.34.1. Система ФГУП «Космическая связь»	
1.1.3.34.2. Система «Радуга»	
1.1.3.34.3. Система компании «Газпром космические системы»	
1.1.3.34.4. Система ведомственной связи	
1.1.3.34.5. ^{CD} Проект системы «РСС ВСД»	-
1.1.3.34.6. ^{CD} Проект системы «НПО им. С.А. Лавочкина»	21
1.1.3.34.7. ^{CD} Проект системы «НПО Машиностроения»	22
1.1.3.34.8. ^{CD} Проект системы «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»	23
1.1.3.34.9. ^{CD} Проект системы «Роском»	24
1.1.3.34.10. ^{CD} Проект системы компании РТРС	-
1.1.3.34.11. ^{CD} Проект системы «Фотон»	-
1.1.3.34.12. ^{CD} Проект системы Amg	25
1.1.3.35. США	
1.1.3.35.1. Система защищенной связи	
1.1.3.35.2. Система широкополосной связи	
1.1.3.35.3. Система узкополосной связи	
1.1.3.35.4. Спутники серии Geolite	
1.1.3.35.5. Система Sds	
1.1.3.36. Туркмения	
1.1.3.36.1. Система TürkmenÄlem	
1.1.3.37. ^{CD} Украина	-
1.1.3.37.1. ^{CD} Проект системы Ukrsat	-
1.1.3.38. Франция	26
1.1.3.38.1. Система Syracuse-III	
1.1.3.38.2. Система Syracuse-IV	
1.1.3.38.3. ^{CD} Проект системы Agora	-
1.1.3.39. Япония	27
1.1.3.39.1. Система компании Broadcasting Satellite System	

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

1.1.3.39.2. Система Jsat компании Sky Perfect JSat	
1.1.3.39.3. Система Winds	
1.1.3.39.4. Система компании DSN	
1.1.3.39.5. ^{CD} Проект спутника ETS-9	27
1.2. Системы с ИСЗ на высоких эллиптических орбитах	28
1.2.1. Система «Молния» (Российская Федерация)	
1.2.2. Система Sds (США)	
1.2.3. Система «Арктика-М» (Российская Федерация)	
1.2.4. ^{CD} Проект системы Rухis компании «Даурия Аэроспейс» (Российская Федерация)	-
1.3. ^{CD} Системы с ИСЗ на геостационарных и высоких эллиптических орбитах	-
1.3.1. ^{CD} Глобальные системы	-
1.3.1.1. ^{CD} Проект системы компании AtContact (США)	-
1.3.1.2. ^{CD} Проект системы компании Northrop Grumman (США)	-

Раздел 2

Системы подвижной спутниковой связи, вещания и передачи данных

2.1. Системы с ИСЗ на низких и средневысотных орбитах	29
2.1.1. Системы низкоскоростной передачи данных	-
2.1.1.1. Система Argos DCS (США и Франция)	
2.1.1.2. Система Goes DCS (США)	
2.1.1.3. Система Scd DCS (Бразилия)	
2.1.1.4. Система Cospas-Sarsat	
2.1.1.5. Система Orbcomm (США)	
2.1.1.6. Система «Гонец» (Российская Федерация)	
2.1.1.7. Система «Стрела» (Российская Федерация)	
2.1.1.8. Система exactView компании exactEarth (Канада)	
2.1.1.9. Система Lemur (США)	
2.1.1.10. Система компании Swarm Technologies (США)	
2.1.1.11. Система компании Kepler Communications (Канада)	
2.1.1.12. Система Astrocast (Швейцария)	
2.1.1.13. ^{CD} Проект системы SaudicomSat (Саудовская Аравия)	-
2.1.1.14. ^{CD} Проект системы компании «Даурия Аэроспейс» (Российская Федерация)	30
2.1.1.15. ^{CD} Проект системы Aissat (Норвегия)	-
2.1.1.16. ^{CD} Проект системы AAUSat (Дания)	34
2.1.1.17. ^{CD} Проект системы Skywalker (Китай)	-
2.1.1.18. ^{CD} Проект системы LatinSat компаний Latin Trade Satellite и Aprize Satellite (Аргентина-США)	35
2.1.1.19. ^{CD} Проект системы Xingyun (Китай)	36
2.1.1.20. ^{CD} Проект системы Panda Star (Китай)	37
2.1.1.21. ^{CD} Проект системы компании Helios Wire (Канада)	38
2.1.1.22. ^{CD} Проект системы компании Fleet Space Technologies (Австралия)	39
2.1.1.23. ^{CD} Проект системы компании Hiber Global (Нидерланды)	40
2.1.1.24. ^{CD} Проект системы компании AlSTech (Испания)	41
2.1.1.25. ^{CD} Проект системы Kitcomm (Австралия)	43
2.1.1.26. ^{CD} Проект системы LEqO (Соединенное Королевство)	44
2.1.1.27. ^{CD} Проект системы Tiantuo (Китай)	45
2.1.1.28. ^{CD} Проект системы компании Blink Astro (США)	47
2.1.1.29. ^{CD} Проект системы Ocean-Scan (Соединенное Королевство)	48
2.1.1.30. ^{CD} Проект системы компании Aerial & Maritime (Швеция)	-
2.1.1.31. ^{CD} Проект системы «Аврора» (Российская Федерация)	-
2.1.1.32. ^{CD} Проект системы компании Myriota (Австралия)	49
2.1.1.33. ^{CD} Проект системы компании Lacuna Space (Соединенное Королевство)	50
2.1.1.34. ^{CD} Проект системы компании Kineis (Франция)	51
2.1.1.35. ^{CD} Проект системы компании Guodian Gaoke (Китай)	53
2.1.1.36. ^{CD} Проект системы «Марафон» (Российская Федерация)	55
2.1.1.37. ^{CD} Проект системы компании EchoStar Global (Австралия)	-
2.1.2. Системы голосовой связи и передачи данных	56
2.1.2.1. Система Globalstar (США)	
2.1.2.2. Система Iridium (США)	
2.1.2.3. ^{CD} Проект системы Omnispace (США)	-

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

2.1.2.4. ^{CD} Проект системы Pearls (Соединенное Королевство)	58
2.1.2.5. ^{CD} Проект системы Hongyan (Китай)	59
2.1.2.6. ^{CD} Проект системы Leo Sat Courier (ФРГ)	60
2.1.2.7. ^{CD} Проект системы Kaskilo (ФРГ)	61
2.1.2.8. ^{CD} Проект системы Theia Satellite Network (США)	-
2.1.2.9. ^{CD} Проект системы компании Yaliny (США)	62
2.1.2.10. ^{CD} Проект системы Xinwei (Китай)	63
2.1.2.11. ^{CD} Проект системы компании KLEO Connect (Германия)	64
2.1.3. Системы высокоскоростной передачи данных	-
2.1.3.1. Система O3b компании SES (Люксембург)	
2.1.3.2. Система компании SpaceX (США)	
2.1.3.3. Система OneWeb (Соединенное Королевство)	
2.1.3.4. ^{CD} Проект системы Hongyun (Китай)	-
2.1.3.5. ^{CD} Проект системы Lightspeed (Канада)	65
2.1.3.6. ^{CD} Проект системы LeoSat (США)	67
2.1.3.7. ^{CD} Проект системы MCSat (Франция)	68
2.1.3.8. ^{CD} Проект системы компании Boeing (США)	69
2.1.3.9. ^{CD} Проект системы Fuxing (Китай)	-
2.1.3.10. ^{CD} Проект системы компании Karousel (США)	70
2.1.3.11. ^{CD} Проект системы компании ViaSat (США)	-
2.1.3.12. ^{CD} Проект системы «Скиф» (Российская Федерация)	-
2.1.3.13. ^{CD} Проект системы «Сфера» (Российская Федерация)	71
2.1.3.14. ^{CD} Проект системы Halo (США)	72
2.1.3.15. ^{CD} Проект системы Astrome (Индия)	73
2.1.3.16. ^{CD} Проект системы компаний Spacety и LaserFleet (Китай)	-
2.1.3.17. ^{CD} Проект системы компании Galaxy Space (Китай)	74
2.1.3.18. ^{CD} Проект Kuiper системы компании Kuiper Systems (США)	75
2.1.3.19. ^{CD} Проект системы компании Inmarsat	76
2.1.3.20. ^{CD} Проект системы Xiangyun-2 (Китай)	-
2.2. Системы с ИСЗ на геостационарных орбитах	77
2.2.1. Глобальные системы	
2.2.1.1. Система компании Inmarsat	
2.2.2. Региональные системы	
2.2.2.1. Северная Америка	
2.2.2.1.1. Система компании Ligado Networks	
2.2.2.1.2. Система компании EchoStar Mobile	
2.2.2.2. Северная Америка и Европа	
2.2.2.2.1. Системы OmniTRACS и Eutelsat TRACS	
2.2.2.3. Европа-Азия-Африка	
2.2.2.3.1. Система компании Thuraya Satellite Communications	
2.2.2.4. Азия-Африка	
2.2.2.4.1. Система компании CMMB Vision (Китай)	
2.2.2.4.2. Спутник MOBISAT-1 компании Asia Broadcast Satellite (Китай)	
2.2.2.5. Азия-Австралия	
2.2.2.5.1. Система MobileSat	
2.2.3. Национальные системы	-
2.2.3.1. Индия	
2.2.3.1.1. Система Insat	
2.2.3.2. Индонезия	-
2.2.3.2.1. Система компании Indovision	
2.2.3.2.2. ^{CD} Проект спутника SATKOMHAN-1	-
2.2.3.3. Япония	
2.2.3.3.1. Система Widesat	
2.2.3.4. Мексика	
2.2.3.4.1. Система Mexsat	
2.2.3.5. Китай	
2.2.3.5.1. Система Tiantong-1 компании China Satcom	
2.3. Системы с ИСЗ на геостационарных и геосинхронных орбитах	
2.3.1. Система Satellite Radio	
2.3.2. Система Quasi-Zenith	

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

2.4. Системы с ИСЗ на высоких эллиптических орбитах	78
2.4.1. Система <i>Ips/Aps/Eps</i> (США)	-
2.4.2. ^{CD} Проект системы Arctic Satellite Broadband Mission (Норвегия, США и компания Inmarsat)	-
2.4.3. ^{CD} Проект системы «Экспресс-РВ» (Российская Федерация)	80
2.4.4. ^{CD} Проект системы Enhanced Satellite Communication Project – Polar (Канада)	81

Раздел 3

Спутниковые системы передачи данных и управления космическими аппаратами

3.1. Система <i>Tdrss</i> ретрансляции данных (США)	-
3.2. Система «Луч» ретрансляции данных (Российская Федерация)	-
3.3. Ведомственная система ретрансляции данных (Российская Федерация)	-
3.4. Система <i>Sds</i> ретрансляции данных (США)	-
3.5. Европейская система <i>Edrs</i> ретрансляции данных	-
3.6. Система <i>Ctdrs</i> ретрансляции данных (Китай)	-
3.7. Система <i>Jdrs</i> ретрансляции данных (Япония)	-
3.8. ^{CD} Проект системы ретрансляции данных компании Analytical Space (США)	82
3.9. ^{CD} Проект системы ретрансляции данных компании Audacy (США)	-
3.10. ^{CD} Проект системы <i>Idrсс</i> ретрансляции данных (Индия)	83

Раздел 4

Спутниковые платформы

4.1. ^{CD} Платформы компании Lockheed Martin	84
4.1.1. ^{CD} Платформа LM 50	85
4.1.2. ^{CD} Платформа LM 400	-
4.1.3. ^{CD} Платформа LM 1000	86
4.1.4. ^{CD} Платформа LM 2100	-
4.2. ^{CD} Платформы компании Boeing	87
4.2.1. ^{CD} Платформа BSS 502	-
4.2.2. ^{CD} Платформа BSS 702	88
4.3. ^{CD} Платформы компании Airbus Defence and Space	89
4.3.1. ^{CD} Платформа SKYNET	90
4.3.2. ^{CD} Платформы EUROSTAR	-
4.3.3. ^{CD} Платформа GMP-T	91
4.4. ^{CD} Платформы компании Thales Alenia Space	92
4.5. ^{CD} Платформы компаний Airbus Defence and Space и Thales Alenia Space	94
4.5.1. ^{CD} Платформа ALPHABUS	-
4.6. ^{CD} Платформы компании Maxar Technologies	95
4.6.1. ^{CD} Платформа LS 400	96
4.6.2. ^{CD} Платформа LS 1300	-
4.6.3. ^{CD} Платформа LS 20.20	97
4.7. ^{CD} Платформы компании Northrop Grumman	-
4.7.1. ^{CD} Платформа MICROSTAR	-
4.7.2. ^{CD} Платформа GEOSTAR-2	-
4.7.3. ^{CD} Платформа GEOSTAR-3	98
4.8. ^{CD} Платформы компании OHB SE	99
4.8.1. ^{CD} Платформы серии SmallGEO	-
4.9. ^{CD} Платформы компании Israel Aircraft Industries	100
4.9.1. ^{CD} Платформы серии AMOS	-
4.10. ^{CD} Платформы компании Turkish Aerospace Industries	101
4.11. ^{CD} Платформы компании Mitsubishi Electric	102
4.11.1. ^{CD} Платформа серии DS-2000	-
4.12. ^{CD} Платформы Korea Aerospace Research Institute	-
4.12.1. ^{CD} Платформа серии KSP-2501	103
4.12.2. ^{CD} Платформа серии KSP-3001	-
4.12.3. ^{CD} Платформа серии KSP-3501	104
4.13. ^{CD} Платформы компании Antrix	105
4.13.1. ^{CD} Платформа серии I-1000	-
4.13.2. ^{CD} Платформа серии I-2000	-
4.13.3. ^{CD} Платформа серии I-3000	106

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

4.13.4. ^{CD} Платформа серии I-4000	107
4.13.5. ^{CD} Платформа серии I-6000	-
4.14. ^{CD} Платформы компании CAST	108
4.14.1. ^{CD} Платформа серии DFH-3	-
4.14.2. ^{CD} Платформа серии DFH-4	109
4.15. ^{CD} Платформы компании INVAP	110
4.15.1. ^{CD} Платформа ИСЗ ARSAT	111
4.16. ^{CD} Платформы АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева»	-
4.16.1. ^{CD} Платформы ИСЗ семейства ЭКСПРЕСС	-
4.16.2. ^{CD} Платформа ИСЗ серии ГОНЕЦ	113
4.17. ^{CD} Платформы ГКНПЦ им. М.В. Хруничева	114
4.17.1. ^{CD} Унифицированная платформа ЯХТА	-
4.18. ^{CD} Платформы РКК «Энергия» им. С.П. Королева	115
4.18.1. ^{CD} Универсальная платформа	116
4.19. ^{CD} Платформы АО «ВПК «НПО машиностроения»	117
4.19.1. ^{CD} Платформа РУСЛАН-ММ	-
4.20. ^{CD} Платформы связанных наноспутников	-
4.20.1. ^{CD} Платформы университета Toronto	118
4.20.1.1. ^{CD} Платформа GRYPHON	-
4.20.1.2. ^{CD} Платформа NEMO	-
4.20.2. ^{CD} Платформы компании Surrey Satellite Technology Limited	119
4.20.2.1. ^{CD} Платформа SSTL-12	-
4.20.3. ^{CD} Платформы компании Clyde Space	-
4.20.4. ^{CD} Платформы компании NanoAvionika	120
4.20.5. ^{CD} Платформы компании Innovative Solutions In Space	121
4.20.6. ^{CD} Платформы компании Pumpkin Space Systems	122
4.20.6.1. ^{CD} Платформа CubeSat Kit	123
4.20.6.2. ^{CD} Платформа MISC	-
4.20.6.3. ^{CD} Платформа SUPERNOVA	-
4.20.7. ^{CD} Платформы компании GomSpace	124
4.21. ^{CD} Платформы с исключительно электрическими ракетными двигателями	125
4.21.1. ^{CD} Платформа SPACEBUS-NEO	126
4.21.2. ^{CD} Платформа EUROSTAR-NEO	127
4.21.3. ^{CD} Платформа SSL-1300-140	-
4.21.4. ^{CD} Платформа EUROSTAR-3000EOR	-
4.21.5. ^{CD} Платформа АТОМ	128
4.22. ^{CD} Платформы с программно-определяемыми составом и структурой многодиапазонного ретрансляционного оборудования	129
4.22.1. ^{CD} Платформа ONESAT	-
4.22.2. ^{CD} Платформа GMP-TL	130
4.23. ^{CD} Платформы с исключительно электрическими ракетными двигателями и программно-определяемыми составом и структурой многодиапазонного ретрансляционного оборудования	-
4.23.1. ^{CD} Платформа SPACE-INSPIRE	-

Раздел 1

Системы фиксированной спутниковой связи, вещания и передачи данных

1.1. Системы с ИСЗ на геостационарных орбитах

1.1.2. Региональные системы

1.1.2.2. Австралия – Новая Зеландия и Океания

1.1.2.2.3. Проект системы компании Foxtel Management (Австралия)

Компания Foxtel Management Pty Limited предполагает предоставлять услуги непосредственного телевещания, а для размещения спутника планирует использовать точку 152° в.д., заявленную правительством Австралии (AUSDSB, ИСЗ непосредственного радиовещания в L-/X-диапазонах частот (1,452...1,492/7,025...7,075 ГГц)).

ИСЗ предполагалось оснастить ретрансляторами Ku/Ka- (11,7...12,2/17,3...18,1 ГГц) диапазонов частот.

Компания Foxtel Management Pty Ltd принадлежит компаниям News Corporation Ltd (65%) and Telstra Corporation Ltd. (35%). В 2017 г. компания стала широко привлекать спутниковые ретрансляторы компании NBN, что свидетельствует о приостановке работ над проектом собственного спутника.

1.1.2.2.4. Проект системы Jabiru компании NewSat (Австралия)

Австралийская компания NewSat Ltd. арендовала ретрансляторы 13 ИСЗ (рис. [11]), по программе Jabiru Satellite планировала запуски пяти спутников, которые обеспечат обслуживание абонентов в Африке, на Ближнем Востоке, в Азии, Австралии, Северной и Южной Америке, а также в Тихоокеанском регионе.

Компания NewSat Ltd. также арендовала 6 ретрансляторов Ku-диапазона частот спутника MEASAT-3B (91,5° в.д.) компании MEASAT Satellite Systems, и использовала их в своей системе под наименованием ИСЗ **JABIRU-2**. Контракт на создание ИСЗ MEASAT-3B получила в июне 2011 г. компания EADS Astrium. Спутник оснащен ретрансляторами Ku-диапазона частот для обслуживания абонентов в южной Азии (Индии), Индонезии, Малайзии, а также в Австралии, Тиморе, Папуа – Новой Гвинее и Соломоновых островах (рис. [12]).

Основные технические характеристики ИСЗ MEASAT-3B (JABIRU-2)

Платформа	EUROSTAR 3000
Стартовая масса, кг	5800
Мощность солнечных батарей в начале расчетного срока функционирования, кВт	16
Число ретрансляторов Ku-диапазона частот (12,25...12,5/13,75...14,25 ГГц) с полосами по 36 МГц	48
Максимальная мощность передатчиков, Вт: в Ku-диапазоне частот	150

Запуск ИСЗ MEASAT-3B был осуществлен в сентябре 2014 г. Предполагалось, что ИСЗ JABIRU-2 обеспечит обслуживание абонентов компании NewSat в Ku-диапазоне частот в Австралии, Тиморе и Папуа - Новой Гвинее и на Соломоновых островах (рис. [13]).

Компания NewSat располагала двумя телепортами в Perth (западная Австралия) и Adelaide (южная Австралия) (рис. [14]), а также шлюзовой станцией на Кипре. Компания NewSat планировала управлять спутниками системы с территорий двух телепортов, расположенных около Perth и Adelaide, с помощью 23 антенных систем. Компания Kratos Integral Systems International в марте 2014 г. получила контракт на создание наземного сегмента управления спутником JABIRU-1. Компания General Dynamics C4 Systems SATCOM Technologies получила контракт на создание четырех антенных систем с диаметрами параболических зеркал 13,2 м, три из которых предназначались для работы в Ka-диапазоне частот и одна – в Ku-диапазоне частот.

Предполагалось, что спутник JABIRU-1 обеспечит обслуживание абонентов в Ka-диапазоне частот на Ближнем Востоке, в Африке и Азии, JABIRU-3 – в Ka-диапазоне частот на Ближнем Востоке, в Азии и Европе, JABIRU-4 – в Ku-

и Ка-диапазонах частот в Тихоокеанском регионе, а JABIRU-5 – в Ка-диапазоне частот в Северной и Южной Америке, и западной Африке.

Компания NewSat Ltd. в декабре 2011 г. заключила контракт с компанией Lockheed Martin Commercial Space Systems на создание спутника **JABIRU-1** (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Конструктивная схема ИСЗ JABIRU-1

Спутник оснащался ретрансляторами Ка-диапазона частот (полоса частот 7,6 ГГц) для обслуживания абонентов на Ближнем Востоке, в восточной и центральной Африке, восточной Европе (в том числе на юге Российской Федерации) и западной Азии. Предполагалось, что антенная система ИСЗ в Ка-диапазоне частот будет формировать многолучевую диаграмму направленности (24 луча), три региональных луча (юго-западная Азия, Ближний Восток и восточная Африка) и два перенацеливаемых луча диаграммы направленности (рис. [15, ..., 18]).

Ретрансляторы S- и Ku-диапазонов частот планировала арендовать компания Measat, которая намечала их использовать в своей системе под наименованием ИСЗ MEASAT-3C.

Оборудование Ku-диапазона частот и маяки Ка-диапазона частот создавала компания Astrium со сроком поставки в первой половине 2013 г.

Основные технические характеристики ИСЗ JABIRU-1

Платформа	A2100 AXS
Стартовая масса, кг.....	5900
Расчетный срок функционирования, лет.....	15
Мощность солнечных батарей в начале расчетного срока функционирования, кВт..	15
Число ретрансляторов S-диапазона частот	1
Число ретрансляторов Ku-диапазона частот	18
Число ретрансляторов Ка-диапазона частот.....	50

Запуск ИСЗ JABIRU-1 (91,5° в.д.) планировался на середину 2015 г. с помощью РН ARIANE-5ECA, но в феврале 2015 г. был отложен до первой половины 2016 г.

Из-за банкротства компании NewSat в мае 2015 г. работы по контракту на создание спутника JABIRU-1 были прекращены. Запуск ИСЗ был отменен. Стоимость работ по созданию наполовину готового спутника JABIRU-1 уже составила 611 млн долл. США, а для продолжения работ по спутнику требовалось еще 70 млн долл. США.

В июле 2015 г. земля, здания и оборудование наземного сегмента управления спутником JABIRU-1 компании NewSat были приобретены за 12 млн долл. США компанией SpeedCast Australia Pty Ltd. В сделку не вошел спутник JABIRU-1 компании Lockheed Martin, уже наполовину изготовленный.

В сентябре 2017 г. компания Measat, которая намечала использовать ретрансляторы S- и Ku-диапазонов частот в своей системе под наименованием ИСЗ MEASAT-3C, прекратила действие соглашения с компанией NewSat.

Дополнительные иллюстрации к разделу:

- [11] Космический сегмент арендуемых компанией NewSat ретрансляторов;
- [12] Рабочие зоны (Австралия, Тимор и Папуа – Новая Гвинея) ИСЗ JABIRU-2/MEASAT-3B (91,5° в.д.) в Ku-диапазоне частот;
- [13] ЭИИМ (дБ·Вт) в рабочих зонах ИСЗ JABIRU-2/MEASAT-3B (91,5° в.д.) в Ku-диапазоне частот
- [14] Планировавшийся космический сегмент системы Jabiru компании NewSat;
- [15] Планировавшиеся рабочие зоны ИСЗ JABIRU-1 в Ка-диапазоне частот;
- [16] Планировавшиеся рабочие зоны (24 луча) ИСЗ JABIRU-1 в Ка-диапазоне частот;
- [17] Планировавшиеся рабочие зоны (три региональных луча) ИСЗ JABIRU-1 в Ка-диапазоне частот;
- [18] Планировавшиеся рабочие зоны (два перенацеливаемых луча) ИСЗ JABIRU-1 в Ка-диапазоне частот.

1.1.2.4. Азия-Африка

1.1.2.4.4. Проект системы NexStar компании Aniara (Индия)

Компания Aniara SpaceCom LLC (Индия) в июне 2014 г. заказала компании Dauria Aerospace (сначала Munich, Германия, с 2017 г. Москва, Россия) создание двух малых спутников серии NEXSTAR, оснащаемых ретрансляторами Ku-диапазона частот.

⇒ Aniara: www.aniaraspace.com; aniara.co.in

Предполагалось, что спутник серии NEXSTAR (рис. 1.2) на основе платформы ATOM будет иметь массу около 1 т и расчетный срок функционирования 10...15 лет. Используются электрические двигатели.

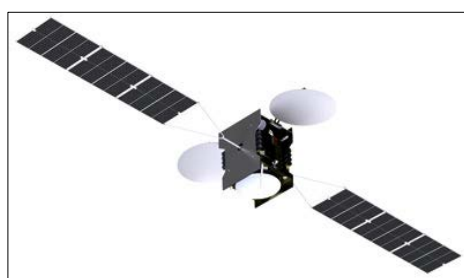


Рис. 1.2. Конструктивная схема ИСЗ NEXSTAR

Планировалось, что 16 ретрансляторов Ku-диапазона частот каждого спутника будут использоваться для обслуживания абонентов в Азии, на Ближнем Востоке и в Африке.

Запуск ИСЗ NEXSTAR-1 и -2 планировался с помощью PH GSLV на конец 2017 г. В конце 2016 г. работы по контракту были приостановлены, а запуск ИСЗ отменен.

С 2017 г. компания Aniara SpaceCom LLC (Индия) была разделена на две: Aniara Spacecom (США) и Aniara Communications (Индия).

В 2018 г. было уточнено, что все 24 ретранслятора Ku-диапазона частот каждого спутника будут использоваться для обслуживания абонентов в Индии (рис. [50]).

Запуски спутников NEXSTAR-1 и -2 планируются с помощью PH GSLV на 2025 г.

1.1.2.4.5. Проект спутника GISAT-1 (Каймановы острова)

Компания Global IP Sauman (Каймановы острова), основанная тремя ветеранами промышленности спутниковой связи, ранее работавшими в компаниях Hughes Network Systems LLC и STM, разработала проект спутника GISAT-1, предназначенного для предоставления услуг связи в Ka-диапазоне частот для абонентов в 35 африканских странах, расположенных южнее пустыни Сахары.

Контракт на создание спутника GISAT-1 (рис. 1.3) массой около 6 т на основе платформы BSS-702MP получила в сентябре 2016 г. компания Boeing Satellite Systems.

Полезная нагрузка спутника обеспечит пропускную способность 150 Гбит/с.

Платформа спутника обеспечит электропитание мощностью 15 кВт.

В наземном сегменте планировалось использовать 10 шлюзовых станций, расположенных в Европе и Африке. Управление спутником было поручено компании Hellas Sat.

В апреле 2017 г. компания Global IP Sauman заключила соглашение на запуск спутника с компанией SpaceX. Запуск ИСЗ GISAT-1 с помощью PH FALCON-9 (1,2) намечался на конец 2018 г., потом был перенесен на 2019 г.

В декабре 2018 г. руководство компании Boeing Satellite Systems объявило о прекращении работ по контракту из-за отсутствия платежей заказчика и поиска нового заказчика на почти изготовленный спутник. Требовалось более 200 млн долл. США для завершения работ.

Компания Boeing Satellite Systems планировала продать почти готовый спутник.



Рис. 1.3. Конструктивная схема ИСЗ GISAT-1

В октябре 2019 г. компания Global IP Cayman объявила о возможности возобновить работы по спутнику, поскольку получила инвестиции в размере 175 млн долл. США от компании Bronzelink Holdings.

Дополнительные иллюстрации к разделу:

[49] Планирующаяся ЭИИМ (дБ·Вт) в рабочих зонах ИСЗ серии NEXSTAR (84° в.д.) в Ku-диапазоне частот.

1.1.2.5. Америка

1.1.2.5.10. Проект системы компании Astranis (США)

В октябре 2015 г. была образована компания-стартап Astranis Space Technologies (San Francisco, штат Калифорния, США) в целях обеспечения спутникового доступа в сеть Интернет для абонентов на Аляске и Алеутских о-вах.

⇒ Astranis: www.astranis.com

В январе 2018 г. компания Astranis вывела на орбиту технологический спутник DEMOSAT-2 («кубсат» в формате 3U) массой менее 3 кг для отработки технологии программно-определяемого UHF-радиоприемника SDR (Software-Defined Radio). В результате была продемонстрирована передача видео (HD) на спутник, его обработка в реальном времени на борту и ретрансляция полученного видео на наземную станцию на Аляске.

В январе 2019 г. компания Astranis объявила о совместном с компанией Pacific Dataport Inc. (Anchorage, Аляска; дочерняя компания у компании Microsoft) коммерческом проекте создания малого геостационарного спутника связи с высокой пропускной способностью для предоставления широкополосных услуг связи компании Pacific Dataport Inc. в целях обслуживания пользователей сети Интернет со скоростями 25/3 Мбит/с на Аляске и Алеутских о-вах в Ku- и Ka-диапазонах частот.

Спутник является продолжением работ по предоставлению услуг спутниковой связи абонентам на Аляске с использованием ИСЗ серии AURORA.

Масса спутника **AURORA-4A (ARCTURUS)** (рис. 1.4) размерами 1×1×1 м на основе платформы MICROGEO составит около 350 кг, расчетный срок функционирования – 7 лет.

Пропускную способность (7,5 Гбит/с) ретрансляторов ИСЗ в Ka-диапазоне частот будет арендовать компания Pacific Dataport Inc.

Запуск спутника AURORA-4A (ARCTURUS) (163° з.д.) намечался на вторую половину 2020 г., но контракт на запуск спутника с помощью PH FALCON-HEAVY был заключен только в августе 2019 г. Спутник AURORA-4A (ARCTURUS) планировалось вывести на орбиту сначала во 2 кв. 2021 г., но запуск был отложен на сентябрь 2022 г.

В перспективе через несколько лет спутник AURORA-4A (ARCTURUS), как временное решение, будет заменен спутником AURORA-4.



Рис. 1.4. Конструктивная схема ИСЗ AURORA-4A (ARCTURUS)

1.1.2.5.11. Проект системы компании Anuvu (США)

Компания Global Eagle Entertainment (Тампа, штат Флорида, США) в мае 2021 г. обанкротилась.

В июне 2021 г. компания Anuvu (бывшая Global Eagle Entertainment, Тампа, штат Флорида, США) объявила о планах создания совместно с компанией Astranis Space Technologies (Сан-Франциско, штат Калифорния, США) системы Anuvu Constellation спутниковой связи на основе геостационарных спутников, оснащаемых ретрансляционным оборудованием с высокой пропускной способностью.

⇒ www.anuvuconstellation.com

Система Anuvu Constellation предназначена для предоставления услуг спутниковой связи в Ku-диапазоне частот подвижным авиационным и морским абонентам.

Масса спутника ANUVU-1 (ASTRANIS) (рис. 1.5) размерами 1×1×1 м на основе платформы MICROGEO составит около 400 кг, расчетный срок функционирования – 7...10 лет.



Рис. 1.5. Конструктивная схема ИСЗ ANUVU-1 (ASTRANIS)

Первые два спутника системы планировались к запуску с помощью PH FALCON-9 v.1.2 в начале 2023 г. Они предназначены для обслуживания абонентов в Северной Америке и в районе Карибских островов.

В перспективе количество спутников в системе планируется довести до восьми.

В феврале 2022 г. компании Anuvu и Telesat заключили соглашение, в соответствии с которым последняя предоставит пропускные способности в Ka-диапазоне частот компании Anuvu и ее заказчикам на юго-востоке США, на Карибских о-вах и в Центральной Америке. Это позволит обеспечить совместимость с системой Telesat Lightspeed со спутниками на низких орбитах высотой около 1000 км.

1.1.2.5.12. Проект системы компании Andesat (Перу)

Компания Andesat (Перу) в декабре 2021 г. объявила о планах создания совместно с компанией Astranis Space Technologies (San Francisco, штат Калифорния, США) системы спутниковой связи на основе геостационарного спутника, оснащаемого ретрансляционным оборудованием с высокой пропускной способностью.

Система предназначена для предоставления услуг спутниковой связи в Ku-диапазоне частот подвижным авиационным и морским абонентам.

Контракт на создание спутника ANDESAT-1 с опционом на второй аналогичный спутник на сумму 90 млн долл. США был выдан в ноябре 2021 г.

Масса спутника ANDESAT-1 (рис. 1.6) размерами 1×1×1 м на основе платформы MICROGEO составит около 400 кг, расчетный срок функционирования – 8 лет.



Рис. 1.6. Конструктивная схема ИСЗ ANDESAT-1

Запуск ИСЗ ANDESAT-1 с помощью PH FALCON-9 v.1.2 намечен в начале 2023 г., а второго спутника – в 2024 г.

Дополнительные иллюстрации к разделу:

[109] Планирующиеся рабочие зоны (Аляска) ИСЗ AURORA-4A (ARCTURUS) (163° з.д.) в Ka-диапазоне частот.

1.1.2.6. Европа

1.1.2.6.4. Проект системы компании OverHorizon (Швеция, США и Кипр)

В декабре 2009 г. компания OverHorizon (Швеция) заключила контракт с компаниями Thales Alenia Space (Франция, полезная нагрузка) и Orbital Sciences (США, платформа STAR-2.3) на создание геостационарного спутника OVERHORIZON-1 подвижной связи.

В 2011 г. спутник со стартовой массой 3,2 т и расчетным сроком функционирования 15 лет получил сокращенное наименование ОНО-1 (рис. 1.7).

Предполагалось, что ИСЗ ОНО-1 будет обеспечивать широкополосные услуги связи для абонентов, оснащенных малыми и недорогими терминалами, устанавливаемыми на транспортных средствах (легковые и грузовые автомобили, катера и самолеты).

Ретрансляторы спутника работают в редко используемом участке Ku-диапазона частот.

Антенная система спутника должна была формировать 4 перенацеливаемых луча (со следами на поверхности Земли диаметром по 1440 км) для предоставления абонентам канала связи с пропускной способностью 4 Мбит/с, а также полуглобальный луч для связи на низких скоростях.

Запуск ИСЗ ОНО-1 намечался с помощью PH ARIANE-5ECA на начало 2012 г.

По всей видимости, для этого ИСЗ планировалось использовать подспутниковую точку, принадлежащую Кипру. Работы по проекту, скорее всего, были прекращены в августе 2012 г.

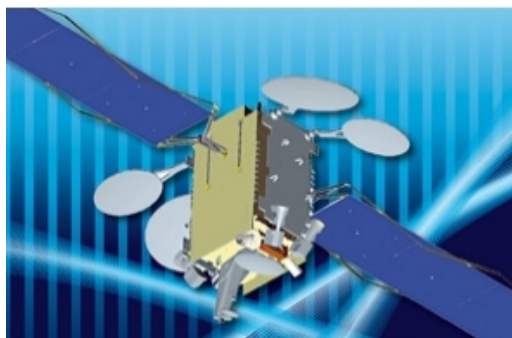


Рис. 1.7. Конструктивная схема ИСЗ ОНО-1

1.1.2.6.5. Проект системы компании Ovzon (Швеция – США)

В декабре 2018 г. шведско-американская компания Ovzon (основана в 2005 г.) заключила контракт с компанией SSL (бывшая Space Systems/Loral, теперь компания Maxar Technologies) на создание малого геостационарного спутника связи OVZON-3 (рис. 1.8) с высокой пропускной способностью (НТР) для предоставления широкополосных услуг связи для правительственных подвижных абонентов, подвижного оборудования новостного телевидения с высоким (4K) разрешением в реальном времени и беспилотных летательных аппаратов за пределами прямой видимости.

⇒ Ovzon: www.ovzon.com



Рис. 1.8. Конструктивная схема ИСЗ OVZON-3

Стартовая масса спутника на основе платформы SSL-500 составит около 1500 кг. Расчетный срок функционирования спутника составляет 20 лет. ИСЗ OVZON-3 оснащается антенной системой Ku-диапазона частот с многолучевой диаграммой направленности с перенацеливаемыми лучами. Бортовой процессор для спутника изготавливает еще один подрядчик.

Запуск спутника намечался на 2021 г. с помощью PH FALCON-HEAVY с выводом на геостационарную орбиту.

В августе 2019 г. запуск спутника OVZON-3 был переориентирован на PH ARIANE-5ECA+ с выводом на переходную к геостационарной орбиту во второй половине 2021 г. ИСЗ затем с помощью собственного электрического двигателя в течение нескольких месяцев будет переводиться на рабочую орбиту.

Затем запуск спутника был перенесен на конец 2022 г. Однако в планах запусков спутника OVZON-3 нет.

Абонентский терминал будет иметь размер около 9 см и с использованием бортового процессора позволит осуществлять связь между абонентами непосредственно (single-hop routing) через ретранслятор спутника. Скорость передачи данных составит 100/200 Мбит/с по радиолиниям «вверх»/«вниз».

При аренде каналов в других спутниках-ретрансляторах предполагается использовать терминал Т6 размером с наладонник, а скорость передачи данных составит 20/40 Мбит/с по радиолиниям «вверх»/«вниз».

1.1.2.6.6. Проект системы компании GapSat (Соединенное Королевство)

В сентябре 2018 г. компания GapSat (Британские Виргинские острова) заключила контракт с американской компанией Terran Orbital (создана компанией Lockheed Martin в 2013 г.) на создание малого (0,25...1 т) геостационарного ИСЗ GAPSAT-1 на основе платформы LM-50 с высокой пропускной способностью для предоставления широкополосных услуг связи.

ИСЗ GAPSAT-1 планируется оснастить ретрансляторами С-, Ku-, Ka- и Q/V-диапазонов частот.

Запуск спутника с выводом непосредственно на геостационарную орбиту планировался в 3 кв. 2020 г., однако в планах запусков его нет.

1.1.2.11. Америка – Австралия

1.1.2.11.1. Проект системы компании Northpoint Technology (США)

В конце марта 2002 г. руководство компании Northpoint Technology (США) обратилось в федеральную комиссию по связи за разрешением использовать две точки геостационарной орбиты (155° и 157° з.д.), выделенные для спутниковых систем непосредственного телевизионного вещания, для использования в системе Compass этой компании.

В системе предполагалось использовать ИСЗ SOUTHPOINT-1 и -2, с помощью которых планировалось обслуживать абонентов в США, Мексике, Австралии и др. Эта система дополняла бы предлагаемую той же компанией наземную сеть передатчиков.

В сентябре 2002 г. законопроект сената конгресса США обязал без конкурса выделить для системы Compass необходимый частотный ресурс. В случае утверждения законопроекта в этой системе предполагалось оповещать абонентов о прогнозируемых стихийных бедствиях.

1.1.3. Национальные системы

1.1.3.4. Ангола

1.1.3.4.1. Проект системы Angosat

Правительствами Анголы (министерство связи и информационных технологий, Ministry of Telecommunication and Information Technology) и РФ в 2009 г. был подписан контракт на создание системы Angosat.

⇒ www.ggpen.gov.ao.infrasat.net

Работы по проекту стоимостью 327,6 млн долл. США (в том числе 252 млн долл. США – ИСЗ, 54,3 – наземная инфраструктура и 20,8 – орбитальная позиция) были начаты компанией «РКК Энергия» в конце 2012 г.

ИСЗ ANGOSAT-1 оснащен ретрансляторами С- и Ku-диапазонов частот производства компании Airbus Defence & Space. Ретрансляторы предназначены для обслуживания абонентов в Африке и Европе (С-диапазон частот) и Южной Африке (Ku-диапазон частот).

Планировавшиеся ЭИИМ (дБ·Вт) в рабочих зонах ИСЗ ANGOSAT-1 представлены на рис. [1, 2].

Основные технические характеристики ИСЗ ANGOSAT-1

Платформа	УСП (ЯМАЛ)
Стартовая масса, кг	1647
Сухая масса, кг	263
Мощность, потребляемая полезной нагрузкой, кВт	3,753
Число ретрансляторов С-диапазона частот (3570..4130/5795..6355 МГц) с полосами частот 72 МГц	16
Число ретрансляторов Ku-диапазона частот (10,99...11,16/14,04...14,21 МГц) с полосами частот 72 МГц	6

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

Запуск спутника ANGOSAT-1 (12,8° в.д.) намечался с помощью РН ZENIT-3SL, однако сначала был переориентирован на РН АНГАРА-А5/БЛОК-ДМ-03 на 2016 г., а затем на РН ZENIT-3SLB/ФЕГАТ-СБ на ноябрь 2016 г., июль, сентябрь, октябрь и ноябрь 2017 г. и был осуществлен 26 декабря. ИСЗ ANGOSAT-1 выведен на рабочую орбиту, но находился в неуправляемом дрейфе в западном направлении со скоростью 3,2° в сутки. В апреле 2018 г. была попытка вернуть его в работоспособное состояние, не увенчавшаяся успехом. Спутник признан неработоспособным. Страховка за спутник составила 121 млн долл. США (то есть половину стоимости спутника).

Для управления спутником создана компания AngoSat. По контракту к сентябрю 2016 г. создан центр управления (проект компании 2K Engineering), расположенный в Funda (около Luanda) и оснащенный двумя антенными системами с диаметрами параболических зеркал 7,6 и 4,9 м.

В апреле 2018 г. представители правительства Анголы и РФ подписали дополнительное соглашение о создании компанией «РКК Энергия» модернизированного спутника ANGOSAT-2 стоимостью около 130 млн долл. США за 18 мес. Для ИСЗ ANGOSAT-2 оборудование ретрансляторов С- и Ku-диапазонов частот производит компания Airbus Defence and Space. Запуск спутника ANGOSAT-2 намечался на 2020 г. В соответствии с дополнительным соглашением на период времени до ввода в строй спутника компания ГПКС предоставляет Анголе коммерческие частотные ресурсы в С- и Ku-диапазонах частот (с полосами по 216 МГц).

Однако в 2019 г. выяснилось, что компания «РКК Энергия» не способна выполнить условия контракта (готовность спутника составляла 50%). В результате в конце 2019 г. представители правительств Анголы и РФ приняли решение о передаче контракта на создание ИСЗ компании «ИСС им. Решетнева», которая взялась за изготовление спутника за 24 месяца (не ранее марта 2022 г.) на основе платформы ЭКСПРЕСС-1000Н с расчетным сроком функционирования 15 лет. Оборудование ретрансляторов С- и Ku-диапазонов частот производит компания Airbus Defence and Space. Официальная передача контракта новому подрядчику проведена в феврале 2020 г.

В 2021 г. подрядчик уточнил конструкцию полезной нагрузки спутника, в состав которой вошли ретрансляторы С- (6), Ku- (24) и Ka- (1) диапазонов частот.

Запуск спутника ANGOSAT-2 (12,8° в.д.) с помощью российской РН ПРОТОН-М/ДМ-3 был возможен не ранее, чем в марте 2022 г.

В сентябре 2021 г. подрядчик поставил полезную нагрузку спутника заказчику.

В начале 2022 г. запуск ИСЗ ANGOSAT-2 был отложен сначала на сентябрь, а потом на октябрь 2022 г.

Дополнительные иллюстрации к разделу:

[1] Планировавшаяся ЭИИМ (дБ·Вт) в рабочих зонах ИСЗ ANGOSAT-1 (14,5° в.д.) в С-диапазоне частот;

[2] Планировавшаяся ЭИИМ (дБ·Вт) в рабочих зонах ИСЗ ANGOSAT-1 (14,5° в.д.) в Ku-диапазоне частот.

1.1.3.10. Венесуэла

1.1.3.10.1. Проект системы Simon Bolivar

Оператором является космическое агентство АВАЕ (Agencia Bolivariana para Actividades Espaciales) министерства науки и технологий Венесуэлы. Система создается Венесуэлой и Уругваем (от него заявлена подспутниковая точка) по проекту стоимостью 241 млн долл. США (доля Уругвая – 10%).

В ноябре 2005 г. космическое агентство АВАЕ заключило контракт с компанией CAST (China Academy of Space Technology) на проектирование, производство и испытания ИСЗ VENESAT-1 с расчетным сроком функционирования 15 лет. Стоимость работ по созданию спутника составили 240 млн долл. США, а работ по созданию наземной инфраструктуры – 150 млн долл. США.

ИСЗ VENESAT-1 предполагалось оснастить ретрансляторами L- (1525...1559; 1690...1710/1626,5...1660,5 МГц), S- (2160...2200/1930...1970; 1980...2025 МГц), C- (2500...2670; 3400...4200/2670...2690; 5850...6725 МГц), Ku- (10,95...11,2; 11,45...12,2; 12,5...12,75/13,75...14,5 ГГц), Ka- (17,7...21,2/24,75...25,25; 27,5...30 ГГц) диапазонов частот.

ИСЗ VENESAT-1 оснащен ретрансляторами С-, Ku- и Ka- диапазонов частот производства компании Thales Alenia Space. Частотные планы ретрансляторов ИСЗ VENESAT-1 представлены на рис. [1 и 2].

В С- и Ku-диапазонах частот антенная система формирует диаграммы направленности на Южную Америку (рис. [3 и 4]), а в Ku- и Ka-диапазонах частот – на Венесуэлу (рис. [5 и 6]).

Основные технические характеристики ИСЗ VENESAT-1

Платформа	DFH-4
Стартовая масса, кг	5049
Мощность солнечных батарей в конце расчетного срока функционирования, кВт	7,75
Число ретрансляторов:	
С-диапазона частот (3828...4123/6052...6348 МГц)	
с полосами частот по 36 МГц	14

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

Ки-диапазона частот (10,7...10,9 и 11,2...11,45) или 11,45...11,7/14...14,5 ГГц) с полосами частот по 54 МГц	12 или 6
Ки-диапазона частот (11,7...11,9 или 12...12,2/14...14,5 ГГц) с полосами частот по 54 МГц	6 или 6
Ка-диапазона частот (19,015...19,285/28,815...29,085 ГГц) с полосами частот по 120 МГц	2

Запуск спутника VENESAT-1 (78° з.д.) состоялся в октябре 2008 г. с помощью PH LONG MARCH-3В.

В феврале-марте 2020 г. вышла из строя система управления обеими солнечными батареями ИСЗ VENESAT-1. 13 марта 2020 г. была попытка перевода ИСЗ VENESAT-1 из точки 78° з.д. на орбиту захоронения, которая не увенчалась успехом, высота орбиты ИСЗ в апогее/перигее стала примерно на 525/50 км выше геостационарной и ИСЗ VENESAT-1 совершает дрейф в западном направлении.

24 марта 2020 г. правительственные абоненты спутника были переведены в ретрансляторы ИСЗ INTELSAT-14.

25 марта 2020 г. космическое агентство ABAE Венесуэлы объявило о потере спутника.

Перспективные ИСЗ. Китайской компанией China Great Wall Industry с 2011 г. создается ИСЗ *VENESAT-2*. Запуск намечался на 2015 г., но был отложен на 2016 г., а затем перенесен на 2017 г., но в планах запусков его нет.

В наземном сегменте имеются два центра управления в Вамари и Луера (штаты Гуарико и Боливар) и телепорт в Вамари.

Дополнительные иллюстрации к разделу:

- [1] Частотный план (на прием) ретрансляторов ИСЗ VENESAT-1;
- [2] Частотный план (на передачу) ретрансляторов ИСЗ VENESAT-1;
- [3] Рабочие зоны ИСЗ VENESAT-1 (78° з.д.) в С-диапазоне частот;
- [4] Рабочие зоны (Южная Америка) ИСЗ VENESAT-1 (78° з.д.) в Ки-диапазоне частот;
- [5] Рабочие зоны (Венесуэла) ИСЗ VENESAT-1 (78° з.д.) в Ки-диапазоне частот;
- [6] Рабочие зоны (Венесуэла) ИСЗ VENESAT-1 (78° з.д.) в Ка-диапазоне частот.

1.1.3.12. Германия

1.1.3.12.2. Проект спутника HEINRICH HERTZ (H2SAT)

С 2009 г. в ФРГ ведутся работы по проекту Heinrich Hertz Satellite Mission на основе результатов работ по программе COMED NG. Работы по проекту направлены проверку и подтверждение различных новых технологий спутниковой связи Ка-диапазона частот. Запуск спутника сначала планировался на 2014 г., затем был отложен на 2016 г.

Компания OHV System (Bremen) при поддержке германского аэрокосмического центра с июня 2017 г. по контракту на 310,5 млн евро создает на основе платформы SMALLGEO (LUXOR) экспериментальный спутник HEINRICH HERTZ (H2SAT). Финансируют проект министерство экономики и технологий с участием министерства обороны.

Спутник HEINRICH HERTZ (H2SAT) массой 3450 кг имеет расчетный срок функционирования 15 лет. Мощность системы электропитания составляет 3,6 кВт. ИСЗ оснащен апогейным ЖРД и плазменными электродвигателями СПД-100 (два, СПД (стационарный плазменный двигатель), SPT-100 (Stationary Plasma Thruster)) и НЕМРТ-3050 (два).

Спутник (рис. 1.9) оснащается 20 полезными нагрузками, в том числе ретрансляторами с многолучевыми антеннами Ки- и Ка-диапазонов частот и полезной нагрузкой для обеспечения связи для абонентов министерства обороны. На спутнике установлен процессор Fraunhofer.

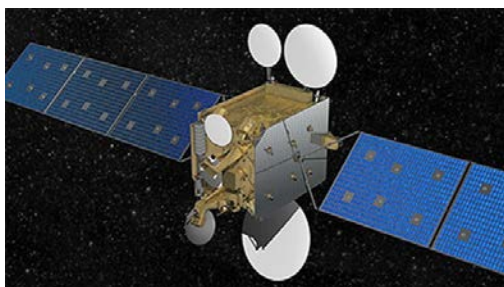


Рис. 1.9. Конструктивная схема ИСЗ HEINRICH HERTZ (H2SAT)

Контракт предусматривает создание, запуск и орбитальные испытания ИСЗ, а также управление им на орбите.

Запуск ИСЗ HEINRICH HERTZ (H2SAT) с помощью РН ARIANE-5ECA+ планировался на 2021 г., но был отложен сначала на 2022 г., а затем на 2023 г.

1.1.3.15. Израиль

В 2018 г. правительство Израиля подписало с компанией IAI (Israel Aerospace Industries) соглашение о работах в рамках долгосрочной стратегии в области спутниковой связи.

1.1.3.15.1. Проект спутника DROR-1 правительства Израиля

В январе 2020 г. правительство Израиля заключило контракт с компанией IAI на создание спутника DROR-1 национальной системы связи. Стоимость ИСЗ составит 190...200 млн долл. США.

ИСЗ DROR-1 (рис. 1.10) создается подразделением Systems Missiles & Space компании IAI на основе платформы AMOS-HP и имеет расчетный срок функционирования 15 лет.

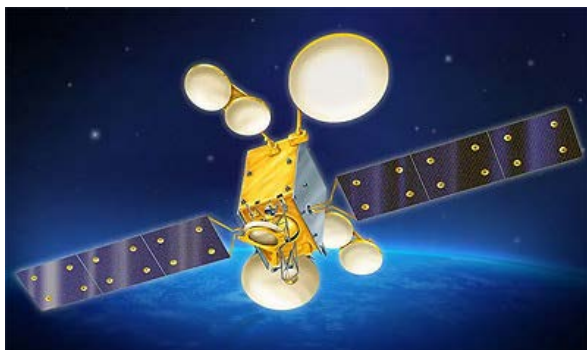


Рис. 1.10. Конструктивная схема ИСЗ DROR-1

Запуск ИСЗ DROR-1 планировался на 2024 г.

1.1.3.17. Индонезия

1.1.3.17.1. Проект спутника SATRIA консорциума Satelit Nusantara Tiga (Индонезия)

В 2018 г. в Индонезии был образован национальный провайдер спутниковых услуг – консорциум Satelit Nusantara Tiga (SNT), возглавляемый спутниковым оператором и провайдером услуг – компанией Pasifik Satelit Nusantara (PSN).

Акционерами консорциума SNT являются компании PSN и PT Pintar Nusantara Sejahtera (Pintar), а также компании PT Nusantara Satelit Sejahtera (NSS) и PT Dian Semesta Sentosa (DSS, дочерняя компания у компании PT Dian Swastatika Sentosa Tbk).

⇒ **Satelit Nusantara Tiga: ntiga.co.id**

В мае 2019 г. министерство связи и информационных технологий Индонезии (MCIT или KOMINFO) выбрало консорциум SNT для выполнения работ по проекту создания системы широкополосной связи на основе спутника SATRIA (Satellite of the Republic of Indonesia) с очень высокой пропускной способностью (VHTS – Very High Throughput Satellite) ретрансляторов Ka-диапазона частот. Общие расходы на работы по проекту составляют 1,45 млрд долл. США.

Финансовую поддержку проекту оказывает банк AIIB (Asian Infrastructure Investment Bank). В стоимость работ с расходами 357,65 млн долл. США входят: заявление подспутниковой точки, производство спутника, производство РН, приобретение участков земли под шлюзовые станции и наземные центры управления, запуск спутника, создание шлюзовых станций и центров управления, расходы на страхование проекта, эксплуатация и поддержание функционирования спутника, шлюзовых станций и центров управления.

Консорциум SNT заключил в июле 2019 г. с компанией Thales Alenia Space контракт на создание спутника SATRIA (рис. 1.11) с очень высокой пропускной способностью (более 150 Гбит/с) ретрансляторов Ka-диапазона частот (105 лучей диаграммы направленности) на основе полностью электрической платформы SPACEBUS NEO с расчетным сроком функционирования 15 лет, а также двух наземных центров управления (основного и резервного для передачи команд управления и приема телеметрии).



Рис. 1.11. Конструктивная схема ИСЗ SATRIA

К сентябрю 2020 г. стоимость работ по проекту системы составляла 550 млн долл. США.

Запуск спутника SATRIA (146° в.д.) был запланирован с помощью РН FALCON-9 v1.2 на конец 2022 г., однако из-за проблем с финансированием проекта сначала был отложен на март 2023 г., а затем на конец 2023 г.

В составе наземного сегмента планируется использовать 11 шлюзовых станций (на каждой станции будет установлена антенная система с диаметром зеркала 13 м), два базовых шлюза (система JUPITER компании Hughes в составе системных часов, антенной системы, передающего и приемного оборудования, оборудования сопровождения ИСЗ, телеметрии и передачи команд, и центра управления), каждый из которых находится в составе двух наземных центров управления (основного и резервного), и сетевой центр управления NOC.

В августе 2019 г. американская компания Kratos Defense and Security Solutions, Inc. получила контракт на 5,7 млн долл. США компании PSN на создание наземной системы непрерывного контроля сигналов ретрансляторов спутника SATRIA в сетевом центре управления NOC через 11 шлюзовых станций и в каждом из 105 лучей диаграммы направленности антенной системы спутника.

Создание наземного сегмента намечалось начать в 2022 г.

1.1.3.17.2. Проект спутника HBS правительства Индонезии

Правительство Индонезии (министерство связи и средств информатики, Ministry of Communication and Informatics) при сотрудничестве с частными предприятиями, в том числе с PSN Group, по проекту HBS Provision Project в марте 2022 г. заказало компании Boeing Commercial Satellite System создание спутника **HBS** (hot backup satellite, «спутник горячего резерва») с высокой пропускной способностью (HTS) 160 Гбит/с. В компания PSN ИСЗ получил наименование **NUSANTARA LIMA (NUSANTARA-5)**.

ИСЗ HBS (NUSANTARA LIMA) создается на основе платформы BSS-702MP, имеет расчетный срок функционирования 15 лет и оснащается ретрансляторами Ka-диапазона частот для обслуживания абонентов в Индонезии и странах организации ASEAN.

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

Запуск ИСЗ HBS (NUSANTARA LIMA) (113° в.д.) намечен с помощью PH FALCON-9 v1.2 в мае 2023 г. ИСЗ HBS (NUSANTARA LIMA) дополнит в системе создаваемый по заказу правительства Индонезии спутник SA-TRIA-1.

Наземный сегмент для ИСЗ HBS (NUSANTARA LIMA) создают компании Kratos and Hughes Network Systems. Шлюзовые станции устанавливаются в Banda Aceh, Bengkulu, Cikarang, Gresik, Banjarmasin, Tarakan и Kupang. Предполагается, что спутник HBS будет обслуживаться 18 наземными станциями из 14 местоположений, а основная шлюзовая станция будет расположена в Cikarang (о. West Java).

Планируется развернуть более 20 тыс. абонентских терминалов, которые могут использоваться в режиме раздачи WiFi.

1.1.3.21. Камбоджа

1.1.3.21.1. Проект спутника TESCO-1

Китайская компания CGWIC и компания Royal Group of Cambodia в январе 2018 г. подписали рамочное соглашение о совместных работах по проекту спутника связи TESCO-1.

Компанией CAST ИСЗ TESCO-1 с использованием платформы DFH-4 и расчетным сроком функционирования 15 лет планируется оснастить полезной нагрузкой, позволяющей осуществлять цифровое вещание и предоставлять услуги связи в интересах правительства Камбоджи.

Запуск ИСЗ TESCO-1 планировалось осуществить с помощью китайской PH LONG MARCH-3B/G2 в 2021 г., но этого не произошло. По всей видимости, работы по проекту прекращены.

1.1.3.24. Конго

1.1.3.24.1. Проект системы Congosat

Правительством Демократической Республики Конго в ноябре 2012 г. с компанией China Great Wall Industry был подписан контракт на создание и запуск спутника CONGOSAT-1, создаваемого компанией CAST (China Aerospace Science and Technology) на основе платформы DFH-4. Расчетный срок функционирования ИСЗ составляет 15 лет.

Управлять спутником планирует компания Renatelsat (National Network of Satellite Telecommunications).

Запуск спутника с помощью PH LONG MARCH-3B/G2 намечался на 2015 г., но был отложен. Из-за отсутствия финансирования проекта в мае 2016 г. запуск спутника был перенесен на 2018 г., а работы были заморожены.

1.1.3.34. Российская Федерация

1.1.3.34.5. Проект системы «РСС ВСД»

Российская спутниковая система высокоскоростного доступа (РСС ВСД) предназначена для решения проблемы цифрового и предоставления в Ka-диапазоне частот услуг широкополосного доступа к Интернет, цифрового телевидения (интерактивное ТВ, ТВ высокой четкости и др.), высокоскоростной передачи данных корпоративных сетей (VPN), передачи данных информантов, голосовой связи по технологии VoIP, услуг телемедицины, предоставления магистральных каналов связи.

Проект был одобрен комиссией по модернизации и технологическому развитию экономики России при Президенте РФ в 2009 г., а исполнителем по проекту на 2010 г. было назначено ФГУП «Космическая связь» (ГПКС). В последствии единственным исполнителем мероприятий по завершению проекта «Обеспечение высокоскоростного доступа к информационным сетям через системы спутниковой связи», предусматривающего создание системы спутникового высокоскоростного доступа в Интернет, постановлением №577 Правительства РФ от 14 июля 2011 г. назначена компания – оператор связи «РТКомм.РУ», входящая в группу компаний «Ростелеком».

⇒ «РТКомм.РУ»: www.rtcomm.ru

Потенциальное количество индивидуальных пользователей системы в 2021 г. оценивалось в 2 млн. Основными пользователями должны были стать жители удаленных и труднодоступных районов. Начало предоставления услуг

связи планировалось на 2013 г. Предполагалось, что скорость передачи данных при абонентском доступе должна составить до 15 Мбит/с, стоимость абонентских терминалов (с антенной системой) – не более 8 тыс. руб., стоимость передачи данных должна быть сопоставимой с аналогичной стоимостью для абонентов российских наземных сетей широкополосного доступа. Обеспечить такие стоимостные показатели в итоге не удалось.

На первом этапе создания системы до запуска собственных спутников используются ретрансляторы Ka-диапазона частот ИСЗ системы ФГУП «Космическая связь» ЭКСПРЕСС-АМ5 (в точке 140° в.д.) и ЭКСПРЕСС-АМ6 (53° в.д.). Каждый из спутников обеспечивает (рис. [77]) формирование 10 лучей с шириной диаграммы направленности 0,7°, направленных на Дальний Восток и Восточную Сибирь (ЭКСПРЕСС-АМ5) и на Центральную часть России, Урал и Западную Сибирь (ЭКСПРЕСС-АМ6). С 25 марта 2020 г. из-за отказа системы терморегулирования ретрансляторы Ka-диапазона частот ИСЗ ЭКСПРЕСС-АМ6 не используются.

Перспективные ИСЗ. В рамках развития системы планировалось использовать два ИСЗ (условные наименования – ЗАПАДНЫЙ и ВОСТОЧНЫЙ или ЭКСПРЕСС-ВСД2 и ЭКСПРЕСС-ВСД1, рис. 1.12), которые размещаются в точках 60° в.д. и 133° в.д.

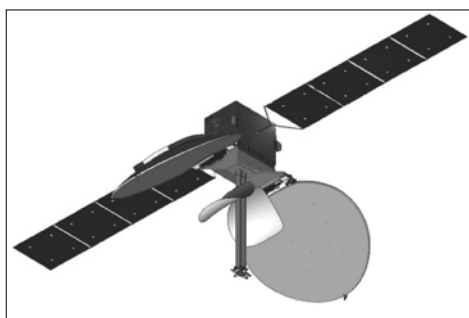


Рис. 1.12. Предполагаемая конструктивная схема ИСЗ системы «РСС ВСД»

Планировалось, что спутники будут иметь: массу до 1734 кг, точность ориентации – $\pm 0,05^\circ$, точность наведения антенной системы – $0,1^\circ$, мощность бортовой системы электропитания – 11,1 кВт и расчетный срок функционирования – 15 лет. Спутники намечалось оснастить ретрансляторами Ka-диапазона частот. Масса полезной нагрузки должна была составить – 350 кг, энергопотребление полезной нагрузки – 6 кВт.

Антенная система ИСЗ ЭКСПРЕСС-ВСД2 обеспечила бы охват земной поверхности в зоне обслуживания с помощью 47 лучей с шириной диаграммы направленности $0,45^\circ$, а антенная система ИСЗ ЭКСПРЕСС-ВСД1 – с помощью 24 лучей с шириной диаграммы направленности по $0,7^\circ$ (рис. [78]). На спутниках было возможно использование двухзеркальных многолучевых антенных систем с неэквидистантной решеткой из 32 облучателей.

Общая пропускная способность системы из четырех ИСЗ составила бы около 66 Гбит/с.

Для снижения стоимости запуска спутники предполагалось выводить на орбиты в качестве второй полезной нагрузки при запусках РН ПРОТОН. Запуски предполагались в 2013 г.

Однако в 2012 г. решением Минкомсвязи проект РСС ВСД был заморожен.

Наземный сегмент

В наземный сегмент системы входят две базовые земные станции, работающие через ИСЗ ЭКСПРЕСС-АМ5 («восточный» узел в центре космической связи «Хабаровск» спутниковой системы связи ГП КС) и ЭКСПРЕСС-АМ6 («западный» узел в центре космической связи «Дубна» спутниковой системы связи ГП КС), а также единый центр управления сетью (центральная коммутационная станция развернута в центре космической связи «Дубна» и введена в эксплуатацию в 2016 г.) и оборудование присоединения/сопряжения с информационными сетями.

После запуска ИСЗ ЭКСПРЕСС-ВСД1 и -ВСД2 планировалось дополнительно развернуть пять базовых земных станций, работающих через эти спутники.

1.1.3.34.6. Проект системы «НПО им. С.А. Лавочкина»

В начале 1990-х гг. была развернута работа по созданию системы «Банкир», предназначенной для передачи данных, телефонной связи и проведения видеоконференций в структуре Центрального банка Российской Федерации с выходом на зарубежные банковские системы.

Первоначально предполагалось, что развитие системы будет осуществляться на основе спутников-ретрансляторов серии КУПОН, создаваемых НПО им. С.А. Лавочкина по заказу ЦБ России (полезная нагрузка с использованием активных фазированных антенных решеток разработана в НПО «Элас»).

Система НПО им. С.А. Лавочкина на основе спутников серии КУПОН была предназначена для обеспечения межрегиональной связи корпоративной сети ЦБ РФ.

У НПО им. С.А. Лавочкина имелись планы создания сетей на основе ИСЗ семейства КУПОН с ретрансляторами:

--2, -3, -3М, -4, -4М, -5К, -5М, -6К, -7К, -7М, и -8К, Ku- (10,96...11,2; 11,46...11,7/14...14,5 ГГц) диапазона частот;

--1S, -3S, -4S и -5S, S- (2500...2520/2670...2690 МГц) и Ku- (10,96...11,2; 11,46...11,7/14...14,5 ГГц) диапазонов частот;

--1Т, -2Т, -3Т, -4Т, -5Т, -6Т, -7Т и -8Т, С- (3400...3410/5741...5751 МГц) диапазона частот;

--1М, С- (3400...3455/5725...5775; 6490...6505 МГц) и Ku- (10,95...11,2; 11,45...11,7; 12,5...12,75/13,75...14,5 ГГц) диапазонов частот.

Первый ИСЗ серии КУПОН (рис. 1.13) массой 2,5 т с помощью РН ПРОТОН-К/ДМ-2М был выведен на орбиту (точка 55° в.д.) в ноябре 1997 г.

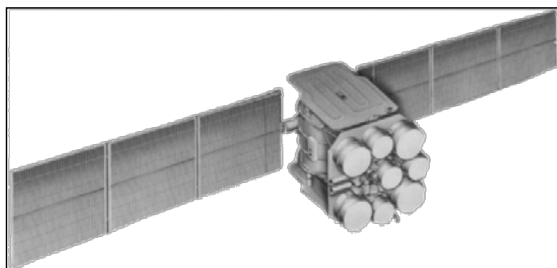


Рис. 1.13. Внешний вид ИСЗ КУПОН-1

На спутнике с расчетным сроком функционирования 6 лет установлено 16 ретрансляторов Ku- (10,96...11,2; 11,46...11,7/14...14,5 ГГц) диапазона частот. В составе антенной системы используется восемь фазированных антенных решеток (четыре приемные и четыре передающие).

Каждый передающий блок содержит 64 твердотельных усилителя и может формировать до четырех независимых лучей диаграммы направленности. Каждый луч диаграммы направленности управляется в пределах $\pm 8,5^\circ$ и увеличивается по ширине по каждой оси от $2^\circ \times 2^\circ$ до $3,5^\circ \times 3,5^\circ$ шагами по $0,5^\circ$. Мощность каждого блока составляет 20 Вт, ЭИИМ может изменяться от 35 до 50 дБ·Вт.

Используется ортогональная линейная поляризация излучений. Каждый из четырех приемо-передающих блоков содержит 6 ретрансляторов с полосами по 36 МГц, причем четыре ретранслятора используются для обычного трафика (один ретранслятор на один луч) и два других либо для переключения трафика между любыми лучами, либо для обеспечения дополнительных ретрансляторов.

Однако в связи с прекращением функционирования ИСЗ через 4 месяца заказчиком было принято решение о дальнейшем развитии системы «Банкир» на основе действующих отечественных и зарубежных спутников связи.

1.1.3.34.7. Проект системы «НПО Машиностроения»

Система «Руслан-РС» предназначена для организации и развития спутниковых систем связи на территории Российской Федерации. Главным разработчиком системы является Акционерное общество «Военно-промышленная корпорация «Научно-производственное объединение машиностроения», расположенное в Реутове (ранее – ФГУП «НПО Машиностроения»).

В системе спутниковой связи «Руслан-РС» со спутниками РУСЛАН (RUSLAN) предполагается использовать позиции на геостационарной орбите с точками 61° (-1), $88,1^\circ$ (-2) и $138,5^\circ$ (-3) в.д., которые были выделены СССР, и соответствуют трем зонам покрытия эллиптической формы с размерами не более $7,5^\circ \times 3,5^\circ$ (рис. [79]).

Зоны охватывают территории всех государств, входивших ранее в состав СССР, а также ряда стран ближнего зарубежья. Достоинство использования этого выделения заключается в том, что оно не требует координации со спутниковыми сетями других стран, если характеристики предлагаемых систем согласуются с планом.

В космическом сегменте системы «Руслан-РС» планируется использовать легкие спутники серии РУСЛАН-ММ, которые формируют два вида зон обслуживания.

Полностью развернутая система спутниковой связи «Руслан-РС» предусматривает использование спутников связи, размещенных в трех указанных позициях геостационарной орбиты (сети «Руслан-1, -2 и -3»), и обеспечивает два вида зон обслуживания:

- региональные в С-диапазоне частот (4512...4788/6737...7013 МГц) для обеспечения связи внутри регионов РФ и стран СНГ с перекрытием зон, позволяющим организовать связь между регионами;
- локальные зоны в Ku-диапазоне частот (10,7...10,95; 11,2...11,45/12,75...13,25 ГГц) для обеспечения внутри-зонных связей нижнего уровня внутри регионов (в первую очередь наиболее удаленных).

В рамках реализации системы «Руслан-РС» и ряда коммерческих проектов в «НПО Машиностроения» разрабатывается малый спутник связи серии РУСЛАН-ММ.

Полезная нагрузка спутника серии РУСЛАН-ММ может иметь до 12 ретрансляторов в традиционном исполнении, максимально адаптированных к требованиям заказчика. Результаты работ, выполненных НИИ Радио, показывают возможность увеличения числа эквивалентных ретрансляторов спутника в 2...4 раза за счет использования общих для нескольких ретрансляторов усилителей мощности на широкополосных ЛБВ или транзисторах. При этом обеспечивается многократное использование выделенной полосы частот за счет применения бортовых многолучевых антенн, диаграммы направленности которых формируют парциальные зоны обслуживания. Такая конфигурация полезной нагрузки позволяет организовать зональные и межзональные каналы связи на основе VSAT-технологий, цифровые магистральные каналы, ориентированные на создание сетей интегрированного обслуживания с использованием современных сетевых протоколов, региональные сети спутникового ТВ вещания, предоставление услуг мультимедиа в сетях ФСС и НТВ.

Основные технические характеристики ИСЗ серии РУСЛАН-ММ

Масса спутника, кг	561
Масса полезной нагрузки, кг	125
Мощность бортовой системы электропитания, отводимая для полезной нагрузки, Вт	1000
Точность поддержания параметров орбиты по широте и долготе, град	± 0,1°
Стабилизация	по трем осям
Длительность выведения на геостационарную орбиту при запуске ракетой-носителем СТРЕЛА, сут	150
Расчетный срок функционирования, лет	10...12

Системы, космический сегмент которых будет реализован на основе спутников серии РУСЛАН-ММ, смогут предоставлять услуги спутниковой связи самого широкого спектра – передачу цифровых данных, телефонную и факсимильную связь, доступ в Интернет, телевизионное и радиовещание, дистанционное обучение, телемедицину и т.д. Причем наращивание пропускной способности возможно за счет «кластерного» размещения нескольких малых спутников связи в одной орбитальной позиции. Спутники серии РУСЛАН-ММ в силу универсального характера используемой платформы могут стать основой для реализации не только системы «Руслан-РС», но и других систем спутниковой связи и вещания, в том числе и в интересах зарубежных заказчиков.

В качестве средства выведения спутников серии РУСЛАН-ММ на орбиту предусматривается использование РН легкого класса СТРЕЛА, созданной на основе снимаемой с боевого дежурства в соответствии с Договором о сокращении и ограничении стратегических наступательных вооружений межконтинентальной баллистической ракеты РС-18 (SS-19). Для Российской Федерации наиболее перспективным местом запусков с помощью РН легкого класса является космодром Свободный, обеспечивающий выведение спутников на орбиты (включая солнечно-синхронные) с наклоном в диапазонах 51...63° и 90...98°. По расходам на содержание космодром Свободный сегодня является самым экономичным в России.

Схема выведения малого спутника связи серии РУСЛАН-ММ на геостационарную орбиту ракетой-носителем СТРЕЛА с космодрома Свободный состоит из следующих участков: выведения спутника с разгонным блоком на круговую опорную орбиту; стабилизированного пассивного полета спутника с разгонным блоком по опорной орбите до пересечения ее с экваториальной плоскостью; перевода спутника на переходную высокую эллиптическую орбиту; перевода спутника с переходной на геостационарную орбиту. Перевод спутника на высокую эллиптическую переходную орбиту происходит посредством твердотопливного разгонного блока. Дальнейшее выведение на геостационарную орбиту осуществляется с помощью двигательной установки самого ИСЗ, включающей электроракетные плазменные двигатели с высоким удельным импульсом. В результате в течение примерно 150 суток ИСЗ выходит на геостационарную орбиту.

В 2001 г. ФГУП «НПО Машиностроения» заключило контракт с организацией «Интерспутник» на изготовление двух спутников серии РУСЛАН-ММ. Велись переговоры с иностранными заказчиками на изготовление малых спутников.

1.1.3.34.8. Проект системы «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

Система ГКНПЦ им. М.В. Хруничева на основе ИСЗ серии ДИАЛОГ предназначена для обеспечения предприятий и организаций аэрокосмической отрасли спутниковыми каналами оперативной связи и передачи данных, а также для предоставления телекоммуникационных услуг российскими и зарубежными пользователями.

Главный разработчик системы – ГКНПЦ им. М.В. Хруничева:

⇒ **ГКНПЦ им. М.В. Хруничева:** www.khrunichev.com

По проекту предполагается использовать РН РОКОТ и АНГАРА-1 для вывода спутников на орбиты, унифицированную платформу ЯХТА для создания малых ИСЗ и действующие наземные сегменты управления и типовые абонентские станции. В создании системы принимают участие 22 организации аэрокосмической отрасли. В рамках реализации проекта созданы и введены в эксплуатацию стартовый и технический комплекс для запуска РН РОКОТ на космодроме Плесецк, проведены испытательные и один коммерческий запуски РН РОКОТ, начато производство платформ ЯХТА. Для комплектации полезной нагрузки ИСЗ используется аппаратура зарубежных компаний. Космический сегмент должен содержать не менее трех геостационарных ИСЗ серии ДИАЛОГ.

Основные технические характеристики ИСЗ серии ДИАЛОГ-Э

Точность поддержания орбиты, угл. град.:	
по наклонению	± 0,1
по долготе	± 0,1
Потребляемая электрическая мощность, Вт:	
среднесуточная	1500
максимальная	2900
Масса на орбите, кг	470
Расчетный срок функционирования, лет	10...12
Число ретрансляторов С-диапазона частот	
с полосами по 36 МГц	4
ЭИИМ ретрансляторов С-диапазона частот, дБ·Вт	38
Число ретрансляторов Ku-диапазона частот	
с полосами по 72 МГц	3
ЭИИМ ретрансляторов Ku-диапазона частот, дБ·Вт	45,5
Ширина диаграммы направленности антенны, град.:	
в Ku-диапазоне частот	2,5×10
в С-диапазоне частот	4×10
Добротность приемной системы G/T, дБ/К:	
в Ku-диапазоне частот	-1
в С-диапазоне частот	-3
Потребляемая ретрансляторами мощность, кВт	1
Масса ретрансляторов, кг	110

Система должна обеспечить обслуживание абонентов на поверхности Земли, ограниченной географическими координатами: от 80° в.д. до 170° з.д. и от 20° до 70° с.ш. (рис. 80). Предполагается размещение малых ИСЗ в орбитальных позициях, зарегистрированных в МСЗ для различных сетей, но в настоящее время либо совсем не используемых, либо используемых (по радиочастотному ресурсу) не полностью.

Малые спутники базируются на платформе ЯХТА и разработках по проекту ДИАЛОГ. Полезную нагрузку совместно с ГКНПЦ создает НИИ радио, который уже имеет опыт в создании полезной нагрузки для телевизионных ИСЗ связи серии ГАЛС.

Запуск первого экспериментального ИСЗ серии ДИАЛОГ-Э планировался в 2002 г., а развертывание группировки из трех ИСЗ серии ДИАЛОГ – до 2005 г. Модуль целевой аппаратуры имеет три функциональных приборных панели: антенно-фидерной системы, панель ретранслятора С-диапазона частот, панель ретранслятора Ku-диапазона частот.

1.1.3.34.9. Проект системы «Роском»

Ретрансляторы системы должны работать в С- (3507...4193/5832...6518 МГц), Ku- (10,95...11,2; 11,45...11,7/14...14,5 ГГц) и Ka- (20,2...21,2/30...31 ГГц) диапазонах частот.

1.1.3.34.10. Проект системы компании РТРС

ФГУП «Российская телевизионная и радиовещательная сеть» (РТРС) и ФГУП «НПО ПМ» работали над проектом системы геостационарных спутников, предназначенной для распределения и организации телевидения на территории РФ.

Главный разработчик системы – ФГУП РТРС.

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

Планировалось создать два спутника: ЕВРОПА-1 и АЗИЯ-1 со стартовой массой 870 кг, в том числе массой полезной нагрузки 232 кг, оснащаемых 10 ретрансляторами Ku-диапазона частот с полосами по 36 МГц.

Антенная система спутников будет формировать контурную диаграмму направленности на территорию России (максимальная ЭИИМ составляет 43 дБ·Вт).

Непосредственное телевидение намечалось осуществлять по стандарту DVB-S2. В системе SKYPLEX (распределение цифровых телевизионных программ и мультимедийных данных) предполагалось использовать 3...4 ретранслятора на каждом спутнике.

Сеть РТРС – единый государственный оператор по распространению общероссийских обязательных общедоступных телеканалов и радиоканалов.

1.1.3.34.11. Проект системы «Фотон»

Ретрансляторы системы должны работать в С- (3400...3450; 4600...4700/5725...5775; 6525...6625 МГц) диапазоне частот.

1.1.3.34.12. Проект системы Amg

Ретрансляторы спутников планируется оснастить ретрансляторами S- (2170...2200/- МГц), С- (3400...4200/5725...6525 МГц), Ku- (10,95...11,2; 11,45...11,7; 12,5...12,75/13,75...14,5 ГГц) и Ka- (17,7...21,2/27,5...31 ГГц) диапазонов частот.

Дополнительные иллюстрации к разделу:

[77] Рабочие зоны ИСЗ ЭКСПРЕСС-АМ6 (53° в.д.) и ЭКСПРЕСС-АМ5 (140° в.д.) в Ka-диапазоне частот;

[78] Планирующиеся рабочие зоны ИСЗ ЭКСПРЕСС-ВСД2 (60° в.д.) и ЭКСПРЕСС-ВСД1 (133° в.д.) в Ka-диапазоне частот;

[79] Зоны обслуживания системы «Руслан-РС»;

[80] Зона обслуживания ИСЗ серии ДИАЛОГ (85° в.д.): а – в С-диапазоне частот, угол отклонения луча 6,5°; б – в Ku-диапазоне частот, угол отклонения луча 7,2°.

1.1.3.37. Украина

1.1.3.37.1. Проект системы Ukrsat

ИСЗ семейства UKRSAT предполагается оснастить ретрансляторами:

– -43E, S- (2200...2290/2025...2110 МГц), С- (3400...4200/5725...5729 МГц), X- (7250...7750/7900...8400 МГц) и Ka- (17,3...17,8; 19,7...20,2; 21,4...22/27,5...30 ГГц) диапазонов частот;

– -KU, S- (2200...2290/- МГц), С- (7125...7145; 7190...7235/- МГц) и Ku- (-/14,25...14,5 ГГц) диапазонов частот;

– -S, S- (2500...2520/2670...2690 МГц) диапазона частот;

– -U, диапазоны частот ретрансляторов пока не определены;

– -X, S- (2200...2290/- МГц) и С- (7125...7145; 7190...7235/- МГц) диапазонов частот;

– -KA, С- (3400...3404/5725...5729 МГц), X- (7250...7750/7900...8400 МГц) и Ka- (17,3...17,8; 19,7...20,2; 21,4...22/27,5...28; 28,45...29,05; 29,5...30 ГГц) диапазонов частот.

В частности, КБ Yuzhное разработало проект спутника связи LYBID (рис. 1.14) массой 1,2 т с расчетным сроком функционирования 12...15 лет, предназначенного для организации непосредственного телевидения и передачи данных с использованием терминалов класса VSAT.



Рис. 1.14. Предполагаемая конструктивная схема ИСЗ LYBID

Для запуска спутника намечалось использовать РН ZENIT-3SL.

В декабре 2009 г. канадская компания MDA (MacDonald, Dettwiler and Associates Ltd.) получила контракт на 254 млн долл. США на создание полезной нагрузки спутника связи LYBID-1 для космического агентства Украины. Контрактом предусмотрено создание также двух наземных станций управления.

В мае 2010 г. был подписан контракт с компанией «ИСС им. Решетнева» на создание с сентября 2010 г. платформы ЭКСПРЕСС-1000НТ для спутника LYBID-1 (рис. 1.15), а также подготовку спутника к запуску и проведение орбитальных испытаний с вводом в эксплуатацию.



Рис. 1.15. Конструктивная схема ИСЗ LYBID-1

ИСЗ LYBID-1 со стартовой массой 1845 кг с расчетным сроком функционирования 15 лет оснащался 20 ретрансляторами Ku-диапазона частот для обслуживания абонентов в Украине, Индии и Африке.

К земному сегменту относится главная станция управления, ответственная за все аспекты функционирования и контроля спутника и его полезной нагрузки, а также за прием и обработку телеметрической информации спутника. В состав главной станции управления входит антенная система и динамический имитатор спутника, предназначенный для тестирования и обучения персонала наземного центра управления, проверки адекватности, корректности и завершенности методик эксплуатации спутника.

Запуск спутника LYBID-1 (48° в.д.) планировался с помощью РН ZENIT-3SLBF, но был перенесен на РН ZENIT-2SB и намечен сначала в конце декабря 2013 г., а затем отложен на сентябрь 2014 г. В сентябре 2014 г. запуск планировалось осуществить в 1 кв. 2015 г.

В сентябре 2015 г. стало известно, что спутник LYBID-1 находится на складском хранении. Причиной остановки работ по запуску спутника стало прекращение Украиной военно-техническое сотрудничества с Россией и отсутствие финансовых средств.

В 2017 г. запуск спутника LYBID-1 (48° в.д.) планировался с помощью РН ZENIT-3F на вторую половину 2018 г., но был отложен сначала на конец 2019 г., а затем на конец 2020 г. В конце 2019 г. проект был закрыт.

1.1.3.38. Франция

1.1.3.38.3. Проект системы Agora

Это проект национального космического агентства Франции CNES, направленный на создание коммерческой системы связи Ka-диапазона частот, предназначенной для высокоскоростного выхода в сеть Интернет.

Система с условным наименованием Agora (Affordable and Guaranteed Offer for Rural Access), должна была содержать спутники серии AGORA (рис. 1.16), которые планируется оснащать ретрансляторами Ku- (10,95...11,2; 11,45...12,2; 12,5...12,75/13,75...14,5 ГГц) и Ka- (17,3...21,2; 21,4...22/27,5...31 ГГц) диапазонов частот.

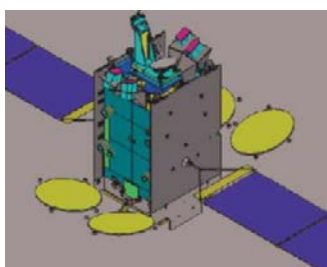


Рис. 1.16. Конструктивная схема ИСЗ AGORA

Предполагается, что спутник в Ka- (19,7...20,2/29,5...30 ГГц) диапазоне частот будет оснащаться антенной системой в составе четырех антенн со смещенными облучателями (диаметр параболических зеркал 1,9 м, фокусное расстояние 3,5 м), формирующей 40 лучей для абонентов (шириной 0,65°) и 12 лучей для шлюзовых станций, а также антенной меньшего диаметра для обеспечения связи с подвижными правительственными абонентами.

В каждом из 40 абонентских лучей на прием (28,44...28,94 и 29,5...30 ГГц) используется один из видов круговой поляризации, а на передачу (18,8...19,3 и 19,7...20,2 ГГц) – противоположный вид круговой поляризации. В 32 лучах используется полосы по 250 МГц, а в 8 – по 500 МГц.

В каждом из 12 лучей для шлюзовых станций используется полоса частот 1 ГГц на прием (27,7...28,45 и 28,94...29,1 ГГц) и на передачу (17,8...18,8 ГГц), причем 10 из них применяются для работы с 40 абонентскими лучами в полосе частот 1 ГГц (250 МГц на луч, из них 225 МГц – для связи), а 2 – для работы с 8 абонентскими лучами в полосе частот 900 МГц (225 МГц на луч, из них 203 МГц – для связи).

Предполагалось, что стартовая масса спутника на основе платформы EUROSTAR 3000 составит 5450 кг (сухая масса 2500 кг, масса полезной нагрузки 840 кг), мощность его системы электропитания – 11 кВт в конце расчетного срока функционирования. Мощность электропитания, потребляемая полезной нагрузкой, составит 8,3 кВт.

Однако поиски коммерческого оператора пока не увенчались успехом.

Дополнительные иллюстрации к разделу:

[1] Рабочая зона ИСЗ AGORA.

1.1.3.39. Япония

1.1.3.39.5. Проект спутника ETS-9

Компания Mitsubishi Electric по заказу космического агентства JAXA в рамках проекта по разработке новой платформы для ИСЗ с высокой пропускной способностью (HTS) в радиодиапазоне частот и оптическом участке спектра с апреля 2017 г. создает спутник ETS-9 (Engineering Test Satellite, KIKU-9, рис. 1.17).



Рис. 1.17. Конструктивная схема ИСЗ ETS-9

Платформа обеспечит электропитание мощностью до 25 кВт.

Система ретрансляторов Ka-диапазона частот должна обеспечить каждому абоненту связь со скоростью около 100 Мбит/с.

Систему HICALI (High speed Communication with Advanced Laser Instrument) оптической связи со скоростью 10 Гбит/с с наземным сегментом по заказу японского правительства от октября 2017 г. создают компании AstroTerrace и BridgeSat.

Запуск спутника намечался на 2021 г., но был отложен на 2023 г.

В дальнейшем компания Mitsubishi Electric рассчитывает на получение до двух контрактов в год на создание спутников на основе новой платформы.

1.2. Системы с ИСЗ на высоких эллиптических орбитах

1.2.4. Проект системы Ruxis компании «Даурия Аэроспейс» (Российская Федерация)

Частная компания «Даурия Аэроспейс» (РФ, Москва) разрабатывает проект Ruxis сети из четырех спутников связи серии RUXIS (рис. 1.18) массой до 100 кг на высоких эллиптических орбитах для предоставления абонентам в северных приполярных регионах доступа в сеть Интернет.



Рис. 1.18. Конструктивная схема ИСЗ серии RUXIS

1.3. Системы с ИСЗ на геостационарных и высоких эллиптических орбитах

1.3.1. Глобальные системы

1.3.1.1. Проект системы компании AtContact (США)

Компания contactMEO Communications LLC (Sedalia, штат Колорадо) в апреле 2006 г. получила разрешение федеральной комиссии по связи США на запуск трех спутников, оснащенных ретрансляторами Ka-диапазона частот, на геосинхронные 12-часовые орбиты (наклонение 63,4°, высота в апогее 31 тыс. км) и четырех ИСЗ на геостационарные орбиты (130° и 33,5° в.д., 83° и 121° з.д.).

Система предназначена для обеспечения высокоскоростного доступа к сети Интернет и обмена мультимедийной информацией между стационарными абонентами, сначала в Северной Америке.

Через год компания, получившая наименование AtContact, обязана была заключить контракт на создание спутников. Первый спутник должен быть выведен на орбиту до октября 2009 г., а создание системы должно быть завершено к апрелю 2012 г.

В апреле 2007 г. компания AtContact заключила контракт с компанией Space Systems/Loral на создание спутников. В апреле 2008 г. компания AtContact уведомила федеральную комиссию по связи США о готовности проекта системы. Однако в феврале 2009 г. компания AtContact отказалась от использования в системе спутников на высоких эллиптических орбитах. Сроки же развертывания геостационарных спутников не были определены.

1.3.1.2. Проект системы компании Northrop Grumman (США)

Американская компания Northrop Grumman только в марте 2009 г. получила разрешение федеральной комиссии по связи США на создание системы Global EHF Satellite Network со спутниками на высоких эллиптических и геостационарных орбитах, оснащенных ретрансляторами Ka- и V-диапазонов частот. Однако компания Northrop Grumman в начале апреля 2009 г. отказалась от лицензии в связи со сложным финансовым положением. Задел по проекту использовался в работах компании по созданию спутников серии ASBM.

Раздел 2

Системы подвижной спутниковой связи, вещания и передачи данных

2.1. Системы с ИСЗ на низких и средневысотных орбитах

2.1.1. Системы низкоскоростной передачи данных

2.1.1.13. Проект системы SaudiComsat (Саудовская Аравия)

Используя опыт, полученный при создании экспериментальных спутников серии SAUDISAT, институт KACST (King Abdul Aziz City for Science and Technology) космических исследований научно-технологического центра имени короля Абдулазиза, с 1977 г. вел разработку многоспутниковой системы передачи данных.

В составе системы планировалось использовать 24 низкоорбитальных микроИСЗ, предназначенных для обеспечения двусторонней передачи пакетных данных между стационарными и подвижными абонентскими станциями и центральной наземной станцией.

Оператор системы – институт космических исследований KACST.

⇒ KACST: www.kacst.edu.sa/eng/index.php

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

В экспериментальных целях для отработки технологии низкоскоростной ретрансляции данных компания использовала радиоаппаратуру, установленную на двух ИСЗ серии SAUDISAT-1 (-А и -В).

Космический сегмент

В системе использовались следующие спутники (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Наименование ИСЗ	Дата запуска	Ракета-носитель	Номер NORAD	Параметры орбиты	
				Высота в апогее/перигее, км	Наклонение, град.
SAUDICOMSAT-1*	29.06.04	ДНЕПР	28369	748/699	98,4
SAUDICOMSAT-2*			28370	781/700	98,5
SAUDICOMSAT-3*	17.04.07	ДНЕПР	31125	712/652	98,1
SAUDICOMSAT-4*			31127	746/650	98,2
SAUDICOMSAT-5*			31124	723/653	98,2
SAUDICOMSAT-6*			31121	759/649	98,2
SAUDICOMSAT-7*			31119	735/652	98,2

* - не используется

Спутники созданы в Саудовской Аравии в институте KACST космических исследований.

Экспериментальная аппаратура спутников функционировала в режимах прямой ретрансляции ЧМ-сигналов и передачи цифровых данных со скоростью 9,6 кбит/с методом «записал-передал». Рабочие частоты радиолинии «вниз» – 437,075 (ИСЗ SAUDICOMSAT-1А) и 436,775 МГц (ИСЗ SAUDICOMSAT-1В).

В июне 2004 г. на орбиты были выведены два микроИСЗ передачи данных второго поколения, а в 2007 г. – еще пять спутников. Масса спутников серии SAUDICOMSAT 12 кг, размеры 29,5×29,5×29,5 см.

Бортовая приёмопередающая аппаратура спутников может работать в диапазонах частот: 400,15...402 МГц (передача), 399,9...400,05, 402...403 и 406...406,1 МГц (прием). Выходная мощность передатчиков 2Вт.

Наземный сегмент

Станция управления спутниками находится в Riyadh (Саудовская Аравия).

2.1.1.14. Проект системы компании «Даурия Аэроспейс» (Российская Федерация)

Экспериментальная система частной компании «Даурия Аэроспейс» предназначена для отработки технологий и предоставления услуг сбора и обработки данных автоматической идентификационной системы AIS (Automatic Identification System).

⇒ «Даурия Аэроспейс»: www.dauria.ru

В 2013 г. компании «Даурия Аэроспейс» подписала соглашение о сотрудничестве с ФГУП «Морсвязьспутник» с целью реализации проекта создания космического сегмента автоматической идентификационной системы для мониторинга морских и речных судов. Речь могла идти о космической системе приема данных AIS для мониторинга морских и речных судов «КСПА Стрела». Планировалось в течение 2014...2015 гг. сформировать орбитальную группировку из 5...6 ИСЗ. Государство могло профинансировать запуск спутников, а ФГУП «Морсвязьспутник» – обеспечить функционирование наземного сегмента для обработки и распределения космических данных AIS.

Космический сегмент

В системе использовались следующие ИСЗ (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Наименование ИСЗ	Дата запуска	Ракета-носитель	Номер NORAD	Параметры орбиты	
				высота в апогее/перигее, км	наклонение, град.
ПЕРСЕЙ-М1*	20.06.14	ДНЕПР	40039	624/606	97,9
ПЕРСЕЙ-М2*			40037	623/605	
DX-1*	08.07.14	СОЮЗ-2.1Б/ФРЕГАТ	40071	636/625	98,4

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

* - не используется

Согласно заявлению компании «Даурия Аэроспейс», в конце 2015 г. спутники серии ПЕРСЕЙ вместе с соответствующими лицензиями были проданы компании Aquila Space (в настоящее время – Astro Digital). С большой долей вероятности, спутники не используются в связи с окончанием расчетного срока функционирования.

Спутники серии ПЕРСЕЙ-М созданы в форм-факторе «кубсат» размером 6U на основе спутниковой платформы «Персей» разработки компании «Даурия Аэроспейс». Масса спутников 6 кг. Расчетный срок функционирования ИСЗ – 1 год. Радиолинии в радиоловительском диапазоне частот функционируют на спутниках на частотах 400,16 и 400,17 МГц. Данные передаются со скоростью 9,6 кбит/с. В первые месяцы после запуска космических аппаратов возникали проблемы с их функционированием: происходила незапланированная перезагрузка бортовых компьютеров, возникали сложности с передачей данных. При участии российских радиолюбителей, которые оказывали помощь в поддержании радиоконтакта со спутниками, работу космических аппаратов удалось стабилизировать.

Спутник DX-1 выполнен в форме прямоугольной призмы размером 40×40×30 см, его масса – 27 кг. Расчетная продолжительность эксплуатации ИСЗ – 3 года. Радиотехническая система спутника функционирует в диапазонах частот 162,0125...162,0375 МГц (прием сигналов системы AIS), 2269,5...2270,5 МГц (передача принятых данных на Землю), на частотах 434,975, 435,025 и 438,225 МГц (данные телеметрии и радиомаяк), 144,975...145,025 МГц (командная радиолиния). Данные передаются со скоростью 9,6 кбит/с. Конструирование и программирование ИСЗ DX1 производилось в технопарке «Сколково». Срок производства ИСЗ DX-1 составил 18 месяцев, а ориентировочная стоимость спутника – 4...5 млн долл. США.

Для создания полезной нагрузки спутников системы компания «Даурия Аэроспейс» приобрела у компании LuxSpace (дочернее предприятие компании OHB System) два комплекта AIS-приемников, аналогичных тем, которыми оснащались спутники VESSELSAT-1 и -2. Производитель электронных компонентов полезной нагрузки – компания Emtronix.

Наземный сегмент

Прием и обработка телеметрии со спутников системы осуществлялся центром управления полетом, организованным «Даурией Аэроспейс» в технопарке «Сколково».

2.1.1.15. Проект системы Aissat (Норвегия)

Система Aissat предназначена для сбора и обработки данных автоматической идентификационной системы AIS с целью контроля и регулирования судоходства в исключительной экономической зоне Норвегии и других районах морских и океанических акваторий.

Заказчиками системы выступают норвежский космический центр (Norwegian Space Centre) норвежского космического агентства (Norwegian Space Agency) и норвежский центр (Norwegian Defence Research Establishment) оборонных исследований. Пользователи системы – министерство обороны Норвегии, норвежская береговая служба и другие государственные ведомства и организации.

Оператором системы – образованная в составе SpaceNorway (подразделение норвежского космического центра) компания StatSat. Основная задача компании StatSat состоит в управлении национальными малыми спутниками.

⇒ StatSat: www.statsat.no

Космический сегмент

В системе использовались следующие спутники (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Наименование ИСЗ	Дата запуска	Ракета-носитель	Номер NORAD	Параметры орбиты	
				высота в апогее/перигее, км	наклонение, град.
AISSAT-1*	12.07.10	PSLV-CA	36797	622/606	98,2
AISSAT-2*	08.07.14	СОЮЗ-2.1Б/ФРЕГАТ	40075	630/623	98,4
NORSAT-1*	14.07.17	СОЮЗ-2.1Б/ФРЕГАТ	42826	607/589	97,4
NORSAT-2*			42827	606/587	
NORSAT-3	29.04.21	VEGA	48272	615/611	97,7

* - не используется

Спутники AISSAT-1 и -2 разработаны на основе наноспутниковой платформы общего назначения лаборатории Space Flight Laboratory института аэрокосмических исследований университета Торонто (University of Toronto Institute for Aerospace Studies), имеют форму куба с длиной грани 20 см и полную массу 6 кг при массе полезной нагрузки около

2 кг. Бортовая система электропитания спутников содержит 36-элементные панели солнечных батарей на поверхности корпуса ИСЗ и два литий-ионных аккумулятора емкостью 5,3 А·ч. Ориентация и стабилизация спутников на орбите осуществляется по трем осям с помощью трех ортогонально ориентированных маховиков и трех электромагнитов. Точность наведения и удержания ориентации составляет несколько градусов.

Расчетный срок эксплуатации ИСЗ – 3 года. Полезная нагрузка разработана компанией Kongsberg Seatex и представляет собой SDR-приемник. Расходы на создание ИСЗ AISSAT-1 составили около 5 млн долл. США.

В состав оборудования спутника NORSAT-1 (рис. 2.1) на основе платформы DEFIANT (вариант платформы NEMO) входят два приемника нового поколения ASR-x50 совместной разработки Kongsberg Seatex и ESA, рассчитанные на установку на малоразмерных спутниках с ограничением по массе 1,5 кг и мощности бортовой системы электропитания 5 Вт.

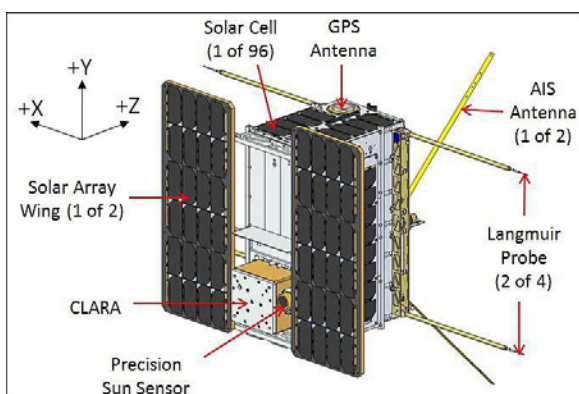


Рис. 2.1. Конструктивная схема ИСЗ NORSAT-1

Приемник ASR-x50 схож с приемным оборудованием спутников серии AISSAT и ИСЗ EXACTVIEW-9, но способен обнаруживать большее число кораблей в зонах с высокой интенсивностью судоходства. Он комплектуется двумя (максимальное количество – 4) ортогонально ориентированными VHF-антеннами, обеспечивающими четырехканальный прием данных. Также как на спутнике EXACTVIEW-9 эти антенны будут разворачиваться на орбите.

Спутник NORSAT-2 (рис. 2.2) на основе платформы DEFIANT разработан лабораторией Space Flight Laboratory института аэрокосмических исследований университета Торонто по заказу центра Norwegian Space Centre.

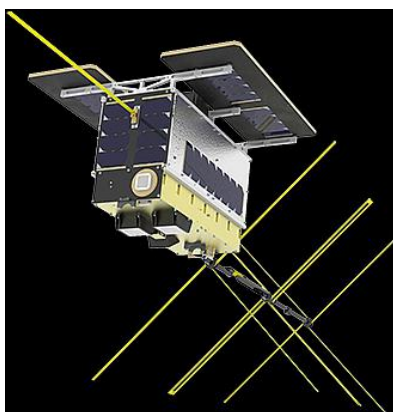


Рис. 2.2. Конструктивная схема ИСЗ NORSAT-2

Масса спутника составляет 16,7 кг, размеры 20×30×44 см. Мощность солнечных батарей – 57 Вт. Спутники NOR-SAT-1 и -2 оснащены монополярной AIS-антенной, приемной аппаратурой сигналов AIS, раскладываемой на орбите VDE-антенной типа «волновой канал» (разработка университета Toronto, размеры – 80,0×97,5 см) и дуплексной аппаратурой VDES (прием в диапазоне частот – 157,1875...157,3375 МГц, передача – 161,7875...161,9375 МГц). Масса радиоаппаратуры AIS – 1,3 кг, VDES – 1,5 кг. Разработку радиоаппаратуры на основе технологии программно-определяемых радиосистем осуществила компания Kongsberg Seatex. Скорость передачи данных в фидерной линии S-диапазона частот – 1 Мбит/с.

На конец 2016 г. планировался запуск ИСЗ AISSAT-3 с усовершенствованными приемниками сигналов системы AIS. Запуск был перенесен на вторую половину 2017 г. и состоялся в ноябре, но вследствие нештатной работы РН спутник был утерян.

На спутнике **NORSAT-3** массой 15 кг (рис. 2.3) установлены AIS-приемник и радиолокатор для комплексного мониторинга судоходства в северных широтах. Спутник NORSAT-3 разработан лабораторией Space Flight Laboratory института аэрокосмических исследований университета Торонто по заказу центра Norwegian Space Centre от 10 января 2018 г. на основе платформы DEFIANT.

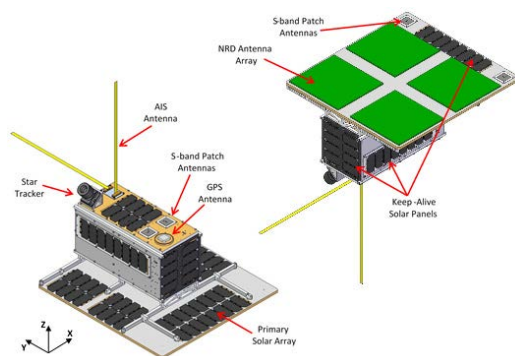


Рис. 2.3. Конструктивная схема ИСЗ NORSAT-3

Размеры космической платформы – 20×30×40 см, антенны РЛС – 56×62 см. Круговое вероятное отклонение при определении местоположения надводного средства с помощью радиолокатора – 10 км. Периодичность повторного наблюдения объектов – до 12 ч, на широтах выше 70° – 3 ч. Спутник планировалось вывести на орбиту высотой около 600 км в 2020 г., но запуск был отложен на 2021 г. и осуществлен в апреле.

Перспективные спутники. На другом перспективном спутнике системы – **NORSAT-4** – вместо радиолокатора вместе с AIS-приемником планировалось использовать оптоэлектронную систему компании Safran Reosc (дочерняя у Safran Electronics & Defense). Запуск ИСЗ NORSAT-4 был возможен после 2020 г.

В июле 2021 г. космический центр Norsk Romsenter (Norwegian Space Centre) заключил контракт с лабораторией Space Flight Laboratory института аэрокосмических исследований торонтского университета на создание спутника NORSAT-4 (рис. 2.4) на основе платформы DEFIANT.



Рис. 2.4. Конструктивная схема ИСЗ NORSAT-4

На спутнике NORSAT-4 установлен AIS-приемник компании Kongsberg Seatex (Trondheim, Норвегия). Космический центр Norsk Romsenter в июне 2021 г. заключил контракт с лабораторией Space Flight Laboratory института аэрокосмических исследований торонтского университета на создание спутника NORSAT-TD на основе платформы DEFIANT.



Рис. 2.5. Конструктивная схема ИСЗ NORSAT-TD

На спутнике NORSAT-TD установлен AIS-приемник пятого поколения компании Kongsberg Seatex, который также содержит оборудование для испытаний работы в системе IoT.

Наземный сегмент

Для управления спутниками и приема данных использовалась наземная станция компании Kongsberg Satellite Services в Svalbard. С 2013 г. управление спутниками системы осуществляется специально созданной для этого компанией StatSat. Принятые данные транслируются в центр управления полетом, расположенный в южной части Норвегии в Норвежском центре оборонных исследований. Основная станция приема данных о надводной обстановке находится в центре AIS в Vardø (Vessel Traffic Service Centre), оснащенный в 2015 г. антенной системой S-диапазона частот диаметром 3,7 м (диаметр радиопрозрачного покрытия 4,5 м) и приемным оборудованием, разработанным канадской лабораторией Space Flight Laboratory.

2.1.1.16. Проект системы AAUSat (Дания)

Система предназначена для отработки технологий сбора данных автоматической идентификационной системы AIS с помощью малоразмерных ИСЗ класса «кубсат». Созданием спутников системы занимаются студенты и сотрудники лаборатории спутниковых систем ольборгского университета (Aalborg University), Дания.

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

⇒ AAU-Satlab: www.space.aau.dk

Космический сегмент

В системе использовались следующие ИСЗ (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Наименование ИСЗ	Дата запуска	Ракета-носитель	Номер NORAD	Параметры орбиты	
				высота в апогее/перигее, км	наклонение, град.
AAUSATCUBESAT 2*	28.04.08	PSLV-CA	32788	589/573	97,5
AAUSAT-3*	25.02.13	PSLV-CA	39087	788/769	98,4
AAUSAT-5*	19.08.15	-	40948	сошел с орбиты 15.03.16	
AAUSAT-4*	25.04.16	СОЮЗ/ФРЕГАТ-М	41460	595/425	98,2

* - не используется

Всего на орбиты было выведено четыре ИСЗ, оснащенных экспериментальными комплектами приемников сигналов AIS.

ИСЗ AAUSAT CUBESAT-2 продолжает передачу телеметрии на частоте 437,426 МГц.

ИСЗ AAUSAT-3 прекратил функционирование в сентябре 2014 г.

ИСЗ AAUSAT-5, доставленный в августе 2015 г. на МКС и выведенный на орбиту в октябре 2015 г., прекратил существование.

ИСЗ AAUSAT-4 и AAUSAT-5 выполнены в форм-факторе «1U» и имеют массу 1 кг. На ИСЗ установлен усовершенствованный по сравнению с ИСЗ AAUSAT-3 радиоприемник сигналов AIS, работающий по принципу программно-определяемых радиосистем (SDR). Расчетный срок существования ИСЗ на орбите – около 6 мес. Передача данных с ИСЗ осуществляется на частоте радиомаяка (437,425 МГц) в пакетном режиме со скоростями 2,4; 9,6 и 19,2 кбит/с.

2.1.1.17. Проект системы Skywalker (Китай)

Многофункциональная система Skywalker предназначена для предоставления услуг сбора и ретрансляции низкоскоростных данных, в том числе данные автоматической идентификационной системы AIS, системы автоматического зависящего наблюдения в режиме радиовещания (ADS-B), IoT (Internet of Things)-систем и других, а также услуги космической съемки в гиперспектральном режиме или отдельных участках ИК спектра, например, средневолновом и длинноволновом.

Разработку системы с 2007 г. осуществляет компания Head Aerospace Group (Head Aerospace Technology Co Ltd.).

Штаб-квартира компании расположена в Пекине, дочерние компании – в Нидерландах, Франции, Италии, Швеции и Гонконге.

⇒ Head Aerospace: www.head-aerospace.com

В системе Skywalker планировалось использовать 48 спутников, из них 12 – на солнечно-синхронных орбитах, а 36 – на орбитах высотой около 700 км с наклонением 50° в шести орбитальных плоскостях. В зависимости от устанавливаемой полезной нагрузки будут использоваться спутники разных классов массой 15...150 кг.

Космический сегмент

В системе Skywalker используются следующие спутники (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Наименование ИСЗ	Дата запуска	Ракета-носитель	Номер NORAD	Параметры орбиты	
				высота в апогее/перигее, км	наклонение, град.
HEAD-1*	14.11.17	LONG MARCH-4C	43011	817/803	98,9
HEAD-2A	07.12.19	KUAIZHOU-1A	44838	494/477	97,5
HEAD-2B			44839	503/485	
HEAD-4	31.05.20	LONG MARCH-2D	45624	491/474	97,4
HEAD-5	17.06.20	LONG MARCH-2D	45796	490/471	97,4
HEAD-2E	14.10.21	LONG MARCH-2D	-	530/510	97,5
HEAD-2F			-	530/510	

* - не используется

Спутники серии HEAD (или HEDE) создает компания SAST (Shanghai Academy of Spaceflight Technology). Первый спутник HEAD-1 (рис. 2.6) являлся прототипом будущих аппаратов. Масса ИСЗ – 45 кг, размеры корпуса – 88×41×44 см.



Рис. 2.6. Конструктивная схема ИСЗ серии HEAD

Система электропитания ИСЗ рассчитана на обеспечение суммарного энергопотребления бортового оборудования до 82 Вт и содержит разворачиваемые на орбите двухсекционные панели солнечных батарей площадью 0,96 м², а также аккумулятор емкостью 20 А·ч. Ориентация и стабилизация ИСЗ на орбите осуществляется по трем осям. Расчетный срок функционирования спутника – 2...3 года.

ИСЗ серии HEAD оснащаются аппаратурой приема данных AIS четвертого поколения, обеспечивающей прием до 2 млн коротких сообщений и отслеживание до 60 тыс. судов в течение суток. Пропускная способность радиолинии передачи данных – 2 Мбит/с.

Запуск ИСЗ HEAD-2A и -2B был проведен в декабре 2019 г., спутника HEAD-4 – в мае 2020 г., спутника HEAD-5 – в июне 2020 г.

Запуск ИСЗ HEAD-2E и -2F был проведен в октябре 2021 г.

Запуск ИСЗ HEAD-3 намечен в 2020-х гг.

Завершить разворачивание системы Skywalker и приступить к ее эксплуатации в полном объеме планировалось в 2022 г.

Запуск ИСЗ HEAD-2G (JIAOTONG-4) планировался с помощью PH LONG MARCH-4B в 3 кв. 2022 г.

Запуск ИСЗ HEAD-2C и -2D был намечен с помощью PH KUAIZHOU-1A на 2022 г.

2.1.1.18. Проект системы LatinSat компаний Latin Trade Satellite и Aprize Satellite (Аргентина и США)

Система предназначена для организации сбора данных от контрольно-измерительной аппаратуры, различных датчиков и устройств сигнализации, установленных на стационарных и подвижных объектах.

Система передачи данных LatinSat предназначена для предоставления услуг передачи данных на территории Аргентины. Соответствующее разрешение было выдано компании SpaceQuest/Aprize Satellite Argentina национальным комитетом по радиосвязи Аргентины (Comisión Nacional de Comunicaciones de Argentina) в 2001 г.

Оператором системы LatinSat была компания Latin Trade Satellite, образованная в 1993 г.

⇒ Latin Trade Satellite: www.latintradesatellite.com

Первоначальный проект системы, инициированный в начале 1990-х гг., предусматривал разворачивание в течение 10 лет системы из 64 низкоорбитальных спутников. Для его реализации были получены разрешения МСЭ на работу радиолиний системы в UHF-диапазоне частот.

В середине 1990-х годов проект при участии компании Aprize Satellite трансформировался в создание компанией SpaceQuest экспериментальной системы на основе микроспутников низкоскоростной передачи данных.

Дальнейшее развитие проект получил в системе компании exactEarth (Канада).

Космический сегмент

В системе LatinSat использовались следующие спутники (табл. 2.6).

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

Таблица 2.6

Наименование ИСЗ	Дата запуска	Ракета-носитель	Номер NORAD	Параметры орбиты	
				высота в апогее/перигее, км	наклонение, град.
LATINSAT-A*	20.12.02	ДНЕПР	27612	679/595	64,6
LATINSAT-B*			27606	722/597	
LATINSAT-C (APRIZESAT-1)*	29.06.04	ДНЕПР	28372	767/700	98,5
LATINSAT-D (APRIZESAT-2)*			28366	853/700	98,2

* - не используется

Масса ИСЗ составляет 12 кг, размеры – 25×25×25 см. Расчетный срок функционирования ИСЗ составляет 5 лет. В состав полезной нагрузки типа электронной почты (store-dump payload) ИСЗ входит четыре приемника, работающие на фиксированной частоте, один приёмопередатчик команд управления и телеметрии (прием данных осуществляется в диапазоне частот 399,9...400,05 МГц) и два передатчика, работающие на фиксированных частотах. Передатчики системы ретрансляции данных функционируют в диапазоне частот 400,5...400,65 МГц и имеют выходную мощность 7 Вт при работе через всенаправленную антенну (итоговая плотность энергии излучения с высоты 800 км на поверхность Земли – 127,8 Вт/м²/4 кГц).

Два первых эксплуатационных варианта ИСЗ LATINSAT-1A и LATINSAT-1B были разработаны компанией SpaceQuest.

Очередные два спутника LATINSAT-1C и LATINSAT-1D впоследствии получили также наименования ИСЗ APRIZESAT-1 и -2.

Наземный сегмент

В составе наземного сегмента используются региональные автономно функционирующие узловые станции (Regional Satellite Nodes), обеспечивающие прием данных со спутников. Принятые данные передаются в центр обработки (Data Center) по сети Интернет, а затем – непосредственно потребителю. Общее управление системой осуществляется из единого центра управления (Network Operations Center).

Абонентские терминалы

Первый терминал системы LatinSat был создан в 1996 г. Абонентские терминалы планировалось выпускать в стационарном и мобильном вариантах. Для будущих абонентов также разрабатывалось малогабаритное недорогое терминальное оборудование (аппаратура типа «tag»), обладающее малым энергопотреблением и способное работать в самых суровых климатических условиях.

2.1.1.19. Проект системы Xingyun (Китай)

Система Xingyun предназначена для ретрансляции низкоскоростных данных систем межмашинного обмена и систем IoT. Разработку системы ведет китайская государственная корпорация CASI (China Aerospace Science and Industry Corporation, 9-я академия).

Предполагалось, что в состав системы войдут 100...156 малоразмерных ИСЗ. Спутники планируется размещать на орбитах высотой около 1000 км. Развертывание и ввод системы в эксплуатацию ожидаются не ранее 2025 г.

Оператором системы будет компания Xingyun Satellite Co.

Космический сегмент

В системе Xingyun используются следующие спутники (табл. 2.7).

Таблица 2.7

Наименование ИСЗ	Дата запуска	Ракета-носитель	Номер NORAD	Параметры орбиты	
				высота в апогее/перигее, км	наклонение, град.
XY S-1 (XINGYUN SHIYAN-1)*	09.01.17	KUAIZHOU-1A	41913	531/513	97,3
XINGYUN-2-1	12.05.20	KUAIZHOU-1A	45602	575/562	97,5
XINGYUN-2-2			45603	579/559	

* - не используется

Экспериментальный спутник XINGYUN SHIYAN-1 (XY S-1) – «кубсат» в форм-факторе размером 2U. Масса ИСЗ – 2,8 кг. ИСЗ разработан сотрудниками северо-западного политехнического университета (Northwestern Polytechnical

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

University) и оборудован прототипом приемопередающего оборудования L-диапазона частот. Спутник предназначался для демонстрации технологий связи в L-диапазоне частот систем Xingyun и Hongyun.

В 2018 г. планировался запуск еще двух ИСЗ системы (XINGYUN-2-1 и -2-2), однако он был отложен до 2020 г. и осуществлен в мае. Оба спутника (рис. 2.7) оснащены приемопередающим оборудованием L-диапазона частот и оборудованием оптической межспутниковой связи.



Рис. 2.7. Конструктивная схема ИСЗ серии XINGYUN-2

В январе 2020 г. предполагалось, что в состав системы войдут 80 ИСЗ.

2.1.1.20. Проект системы Panda Star (Китай)

Система Panda Star предназначена для ретрансляции низкоскоростных данных систем межмашинного обмена и систем IoT. Систему предполагается использовать для передачи данных от различных типов датчиков, включая носимые устройства, отслеживающие состояние организма и местоположение человека и животных (в частности, панд).

Разработкой системы занимается компания Jiutian MSI Technology Development при финансовой поддержке шаньского института оптики и точной механики академии наук.

В составе системы планируется использовать 72 ИСЗ типа «кубсат».

Космический сегмент

В системе использовались следующие спутники (табл. 2.8).

Таблица 2.8

Наименование ИСЗ	Дата запуска	Ракета-носитель	Номер NORAD	Параметры орбиты	
				высота в апогее/перигее, км	наклонение, град.
LADYBIRD-1 (PIAO CHONG-1)*			43843	539/517	
LADYBIRD-2 (PIAO CHONG-2)*			43838	546/523	
LADYBIRD-3 (PIAO CHONG-3)*			43840	541/519	
LADYBIRD-4 (PIAO CHONG-4)*	07.12.18	LONG MARCH-2D	43841	540/518	97,5
LADYBIRD-5 (PIAO CHONG-5)*			43839	547/524	
LADYBIRD-6 (PIAO CHONG-6)*			43844	532/518	
LADYBIRD-7 (PIAO CHONG-7)*			43842	533/520	

* - не используется

Выведенные на орбиту спутники PIAO CHONG («божья коровка») относятся к первому поколению аппаратов системы. Один ИСЗ имеет массу 100 кг, три ИСЗ (-2, ..., -4) выполнены в форм-факторе 6U и три (-5, ..., -7) – в форм-факторе 3U. Максимальное энергопотребление ИСЗ размером 6U – 65 Вт. В бортовой системе электропитания применены гибкие панели солнечных батарей. Спутники оборудуются ФАР для обеспечения возможности сбора данных от 20 тыс. наземных датчиков в течение часа. Передача данных от каждого спутника осуществляется в UHF-диапазоне частот (400,17 МГц).

В 2019 г. планировался запуск еще четырех ИСЗ, однако сведений о подготовке запуска нет.

Завершить развертывание системы в полном объеме намечалось в 2022 г., однако в планах запусков этих ИСЗ нет.

2.1.1.21. Проект системы компании Helios Wire (Канада)

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

Система предназначена для ретрансляции данных систем M2M межмашинного обмена и систем IoT. Систему с 2016 г. разрабатывала компания-стартап Helios Wire. Штаб-квартира компании находится в Vancouver (Канада).

⇒ Helios Wire: helioswire.com

В августе 2017 г. в рамках «посевного» раунда финансирования в проект было инвестировано 4 млн долл. США. Компания заявляла, что имеет гарантии потенциальных инвесторов на предоставление средств в размере до 35 млн долл. США.

Имелись две дочерние компании в Австралии – Sirion Holdings и Sirion Global. Последняя располагала правами на полосу 30 МГц в S-диапазоне частот для подвижной спутниковой службы (MSS).

Космический сегмент

В системе компании Helios Wire использовался один спутник (табл. 2.9).

Таблица 2.9

Наименование ИСЗ	Дата запуска	Ракета-носитель	Номер NORAD	Параметры орбиты	
				высота в апогее/перигее, км	наклонение, град.
PATHFINDER-2 (SIRION PATHFINDER-2)*	03.12.18	FALCON-9 v1.2	43759	596/574	97,6

* - не используется

В системе компании Helios Wire (Канада) планировалось использовать до 30 низкоорбитальных спутников. Разработку ИСЗ вела компания Astro Digital (ранее имела наименование Aquila Space).

Запуск первого ИСЗ серии HELIOS-WIRE (рис. 2.8) планировался в октябре 2018 г. с помощью PH FALCON-9 v1.2, второго – в декабре 2018 г. и третьего – в феврале 2019 г. (оба с помощью PH СОЮЗ).



Рис. 2.8. Конструктивная схема ИСЗ HELIOS-WIRE

Запуск первого демонстрационного ИСЗ HELIOS WIRE BIU (LANDMAPPER-BC 4, CORVUS-BC, SIRION PATHFINDER, «кубсат» размером 6U) в ноябре 2017 г. был аварийным.

Второй демонстрационный спутник PATHFINDER-2 (HELIOS, SIRION, «кубсат» размером 16U) был запущен в декабре 2018 г.

В 2019 г. планировалось начать запуски первых коммерческих спутников системы.

Спутники относятся к классу «кубсат» и выполнялись в форм-факторе 16U. Их масса составит 20...25 кг. Передача данных от наземных датчиков будет осуществляться в S-диапазоне частот. Периодичность сбора данных системой из двух ИСЗ может составить 7 ч. Всего планировалось изготовить 28 ИСЗ серии HELIOS (SIRION).

Первые два ИСЗ HELIOS-2 (SIRION) и HELIOS-3 (SIRION) намечалось вывести на орбиту до марта 2021 г., но запуск был перенесен на 2022 г. Запуск ИСЗ HELIOS-4 (SIRION), ..., HELIOS-16 (SIRION) намечался на 2022 г. Запуск ИСЗ HELIOS-17 (SIRION), ..., HELIOS-30 (SIRION) намечался на 2023 г.

Компания Helios Wire осуществляла самостоятельную разработку терминалов для использования в системе.

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

В октябре 2019 г. компания EchoStar Global приобрела компанию Helios Wire с двумя дочерними австралийскими компаниями. Компания Sirion Global была переименована в EchoStar Global Australia.

2.1.1.22. Проект системы компании Fleet Space Technologies (Австралия)

Система предназначена для ретрансляции данных систем M2M межмашинного обмена и систем IoT. Систему разрабатывает компания-стартап Fleet Space Technologies. Штаб-квартира компании находится в Adelaide (Австралия).

⇒ Fleet Space Technologies: www.fleet.space

В 2017 г. в проект было инвестировано 5 млн долл. США, необходимых для начала работ.

Система первоначально должна была состоять из около 100 ИСЗ, на создание которых потребуется 150...200 млн долл. США. Спутники планировалось размещать в 20 орбитальных плоскостях по пять ИСЗ в каждой. Позже в составе системы предполагалось использовать 140 ИСЗ. Завершить развертывание системы предполагалось к 2022 г.

Космический сегмент

В системе компании Fleet Space Technologies используются следующие спутники (табл. 2.10).

Таблица 2.10

Наименование ИСЗ	Дата запуска	Ракета-носитель	Номер NORAD	Параметры орбиты	
				высота в апогее/перигее, км	наклонение, град.
PROXIMA-1	11.11.18	ELECTRON	43694	502/482	85
PROXIMA-2			43696	502/482	
CENTAURI-2	29.11.18	PSLV-CA	43722	457/441	97,4
CENTAURI-1	03.12.18	FALCON-9 v1.2	43809	595/573	97,6
CENTAURI-3 (TYVAK-0210)	22.03.21	ELECTRON PHOTON-LEO	47966	553/545	45
CENTAURI-4 (TYVAK-0211)	30.06.21	FALCON-9 v1.2	48898	529/517	97,6
CENTAURI-5 (TYVAK-0212)	25.05.22	FALCON-9 v1.2	52742	541/529	97,5

Демонстрационные спутники системы изготовлены в конфигурации 3U, остальные аппараты планировалось создавать в конфигурации 12U, что позволит, по оценкам разработчиков, увеличить срок их функционирования до 15 лет. Спутники планировалось выводить на орбиты высотой 580 км.

В 2018 году осуществлены запуски двух демонстрационных (PROXIMA-1 и -2) и двух предназначенных для коммерческого использования (CENTAURI-1 и -2) ИСЗ. Разработку спутников осуществила компания Pumpkin Space Systems. Приемопередающие подсистемы ИСЗ построены на принципах программно-определяемых радиосистем SDR.

В 2019 г. был возможен запуск 6...10 ИСЗ серии CENTAURI, однако этого не произошло.

С 2019 г. создание спутников массой 10...12 кг в конфигурации 6U по заказу компании Fleet Space Technologies осуществляется компанией Tyvak Nano-Satellite Systems, Inc. (Irvine, штат Калифорния, США), являющейся дочерней у компании Terran Orbital (Boca Raton, штат Флорида, США). Компания Terran Orbital была создана компанией Lockheed Martin в 2013 г.

Компания Terran Orbital располагает двумя предприятиями по изготовлению спутников в Irvine и Santa Maria (штат Калифорния) и создает еще одно предприятие в штате Флорида.

Спутники планировалось выводить на орбиты высотой 530 км.

В 2020 г. запуск спутника CENTAURI-3 (рис. 2.9) на орбиту высотой 550 км планировался с помощью PH ELECTRON PHOTON-LEO на март 2021 г., что и было реализовано.



Рис. 2.9. Конструктивная схема ИСЗ CENTAURI-3

Запуск спутника CENTAURI-4 с помощью PH FALCON-9 v1.2 был осуществлен в июне 2021 г. с использованием ступени разведения TRANSPORTER-2.

Запуск спутника CENTAURI-5 массой 12 кг в конфигурации 6U был осуществлен с помощью PH FALCON-9 v1.2 в мае 2022 г. с использованием ступени разведения TRANSPORTER-5.

На ИСЗ CENTAURI-5 установлен усовершенствованный вариант полезной нагрузки по сравнению с полезными нагрузками спутников CENTAURI-3 и CENTAURI-4. В частности, были улучшены возможности по снижению влияния радиации, устроены прямые каналы связи с наземной станцией и использован расширенный S-диапазон частот, позволяющий в радиолинии «вверх» применять стандартные частоты. Многолучевая антенная система спутника с цифровым формированием диаграммы направленности позволяет использовать один и тот же поддиапазон S-диапазона частот в разных лучах. Антенная система ИСЗ выполнена по технологии печати 3D.

В 2023 г. компания Terran Orbital предполагает в дополнение к системе Centauri начать развертывание системы Alpha из спутников, полностью выполненных по технологии печати 3D. Обе орбитальные системы позволят обеспечить скорости передачи данных до 520 кбит/с.

Абонентские терминалы

Компания Fleet Space Technologies планировала заниматься разработкой собственных наземных терминальных устройств с использованием технологии LPWAN (протокол передачи данных – LoRaWAN). Ожидалось, что стоимость услуг передачи данных будет составлять 2 долл. США в год для одного IoT-датчика.

2.1.1.23. Проект системы компании Hiber Global (Нидерланды)

Система предназначена для обеспечения систем межмашинного обмена данными и передачи низкоскоростных данных от наземных сетей измерителей-преобразователей (систем IoT).

Система с 2016 г. создается компанией Hiber Global (прежнее название – Magnitude Space), Amsterdam (Нидерланды). По заявлениям представителей компании, было заключено около 50 предварительных соглашений с потенциальными заказчиками о предоставлении услуг передачи данных.

Коммерческое использование системы планировалось начать в 2019 г.

⇒ Hiber Global: www.hiber.global

В составе системы предполагалось использовать не менее 48 ИСЗ. Спутники планировалось выводить на орбиты высотой 600 км.

Систему намечалось развернуть в полном объеме к 2023 г. Возможно увеличение планируемой численности орбитальной группировки до 60 или 80 ИСЗ в зависимости от спроса на услуги системы.

Космический сегмент

В системе использовались следующие спутники (табл. 2.11).

Таблица 2.11

Наименование ИСЗ	Дата запуска	Ракета-носитель	Номер NORAD	Параметры орбиты	
				высота в апогее/перигее, км	наклонение, град.
HIBER-1*	29.11.18	PSLV-C	43744	451/436	97,4

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

Наименование ИСЗ	Дата запуска	Ракета-носитель	Номер NORAD	Параметры орбиты	
				высота в апогее/перигее, км	наклонение, град.
HIBER-2*	03.12.18	FALCON-9 v1.2	43774	592/572	97,6
HIBER-4*	24.01.21	FALCON-9 v1.2	47541	533/516	97,4
HIBER-3*	22.03.21	СОЮЗ-2-1А/ФРЕГАТ	47942	562/535	97,5

* - не используется

В 2018 г. осуществлен запуск первых двух спутников системы HIBER-1 и HIBER-2.

Спутники представляют собой «кубсаты» в форм-факторе 6U и созданы компанией Innovative Solutions in Space (Delft, Нидерланды).

Для обмена данными между спутниками системы и наземными средствами используются диапазоны частот 399,90...400,05/400,15...401,00 МГц (радиолинии «спутник-Земля»/«Земля-спутник»). Передача данных заказчика непосредственно на спутник происходит в пакетном режиме. Длина пакета сообщения составляет 1440 бит, из них 250 бит – служебная информация, 1152 бит (144 байт) – полезная информация от измерителей-преобразователей. Затем передача данных заказчика осуществляется со спутника на две наземные станции, расположенные на о. Spitsbergen (Норвегия) и в Delft (Нидерланды). Всего имелось более 25 заказов.

Инженерами компании в Amsterdam (Нидерланды) созданы два спутника второго поколения в форм-факторе 3U. ИСЗ оснащены двигателями для управления высотой орбиты.

Запуск спутника HIBER-4 второго поколения с помощью PH FALCON-9 v1.2 и ступени разведения TRANSPORTER-1 планировался на январь 2021 г., что и было реализовано.

Запуск спутника HIBER-3 второго поколения с помощью PH СОЮЗ-2-1А/ФРЕГАТ планировался на 2020 г., был отложен на март 2021 г., что и было реализовано.

По заявлениям представителей компании, к осени 2021 г. первые два ИСЗ не использовались, а на двух спутниках запуска 2021 г. имелись технические неисправности.

В сентябре 2021 г. компания Hiber Global отказалась от планов развертывания собственной системы: в письме в федеральную комиссию по связи США объявила об отказе от развертывания системы из 24 ИСЗ, лицензии на предоставление услуг в США и эксплуатации 10 тыс. терминалов.

Вместо собственной системы компания планировала для предоставления услуг системам IoT использовать сеть Elera L-диапазона частот компании Inmarsat.

Наземный сегмент

В наземном сегменте системы компания Hiber Global применяет технологию энергоэффективных сетей передачи данных LPGAN (Low Power Global Area Network). В качестве шлюз сетей датчиков предлагаются компактные модемы собственной разработки – Hiber LPGAN. Размеры печатной платы модема – 4,7×3,6 см. Модем содержит GPS-приемник, интерфейсы для подключения внешних антенн. Среднее энергопотребление в спящем режиме – 5 мкА, в режиме узла связи – 20 мА, в режиме передачи – 1250 мА.

Наземные станции системы находятся в Svalbard (Норвегия) и Delft (Нидерланды). Станции оборудованы антенными системами S- (диаметр зеркала 4,5 м производства компании Cobham), а также VHF- и UHF-диапазонов частот, предназначенными для передачи команд и приема телеметрии.

2.1.1.24. Проект системы компании AISTech (Испания)

Компания AISTech (Испания) разрабатывает многофункциональную многоспутниковую систему, предназначенную для сбора и ретрансляции данных системы управления полетами авиации ADS-B, межмашинного обмена M2M, наземных IoT-сетей и ведения съемки земной поверхности в ИК-участке спектра в глобальном масштабе.

⇒ AISTech: www.aistechspace.com

На начальном этапе в системе предполагалось использовать 25 ИСЗ. К 2023 г. их число планировалось увеличить до 100.

Космический сегмент

В системе использовались следующие спутники (табл. 2.12).

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

Таблица 2.12

Наименование ИСЗ	Дата запуска	Ракета-носитель	Номер NORAD	Параметры орбиты	
				высота в апогее/перигее, км	наклонение, град.
AISTECHSAT-2 (AISTECH2U-1)*	03.12.18	FALCON-9	43768	596/578	97,6
AISTECHSAT-3 (DANU PATHFINDER)*	01.04.19	PSLV-QL	44103	496/481	97,3

* - не используется

Спутники создаются на основе платформы компании GomSpace в форм-факторах 2U и 6U. Соглашение о создании 100 ИСЗ было заключено с компанией GomSpace в сентябре 2017 г. Стоимость работ оценивалась в 12,5 млн евро.

В 2017 г. были проведены высотные испытания бортового оборудования AISTECHSAT-1 с использованием воздушного шара. Высота подъема составила 27 км.

Запуск первого экспериментального спутника **AISTECHSAT-2 (AISTECH2U-1)** осуществлен в декабре 2018 г. ИСЗ выполнен в форм-факторе 2U. На спутнике размещено оборудование приема данных системы автоматического независимого наблюдения-вещания ADS-B и ретрансляции данных наземных IoT-сетей.

В апреле 2019 г. состоялся запуск ИСЗ **AISTECHSAT-3 (DANU PATHFINDER)** – прототипа спутников системы, оснащаемых аналогичной полезной нагрузкой. Передатчик спутника работает на частоте 436,73 МГц, передача данных осуществляется со скоростями 4,8 и 9,6 кбит/с.

В 3 кв. 2019 г. ожидался запуск 10 ИСЗ серии **DANU** (рис. 2.10) в форм-факторе 2U, предназначенных для коммерческого использования по сопровождению подвижных морских (имеется двунаправленная система приема-передачи сообщений) и авиационных (установлен приемник системы автоматического независимого наблюдения-вещания ADS-B) абонентов.

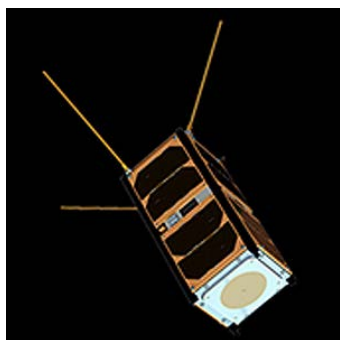


Рис. 2.10. Конструктивная схема ИСЗ серии DANU

Запуск 10 ИСЗ серии DANU был отложен сначала на 2020 г., затем на 2021 г., а в начале 2021 г. – на 2022 г.

Всего в составе системы на начальном этапе намечалось использовать 25 таких ИСЗ, позже их количество планировалось увеличить до 100.

В 4 кв. 2019 г. планировалось вывести на орбиту первую партию из четырех многофункциональных ИСЗ серии **HYDRA** (рис. 2.11) в форм-факторе 6U.



Рис. 2.11. Конструктивная схема ИСЗ серии HYDRA

На спутниках устанавливается аппаратура ИК-съемки, приема данных ADS-B и наземных IoT-сетей.

Всего в составе системы на начальном этапе намечалось использовать 18 таких ИСЗ, позже их количество планировалось увеличить до 30.

Запуск ИСЗ серии HYDRA был перенесен сначала на 2020 г., потом на 2021 г., а в начале 2021 г. – на 2022 г.

2.1.1.25. Проект системы Kitcomm (Австралия)

Система предназначена для организации двустороннего обмена данными в интересах получения информации от различной измерительной аппаратуры, расположенной в труднодоступных географических районах, установленной на наземных транспортных средствах или стационарных объектах (например, промышленные предприятия, газо- и нефтепроводы), а также для сбора данных от охранных систем, например, от датчиков контроля перевозок грузов, персональной связи во время охоты, рыбалки и решения других подобных задач.

Оператором системы должна была стать компания KITCOMM Satellite Communications, которая является совместной компанией, образованной организацией Kennett International Technology P.L. и частными инвесторами (неофициальным владельцем компании является гражданин Австралии James Kennett). Штаб-квартира организации находилась в Southport (Австралия), в последующем – на Бермудских островах. Разработку вела компания AeroAstro.

Создатели системы рассчитывали, что она будет обладать рядом преимуществ по сравнению с подобными системами, использующими низкоорбитальные и геостационарные ИСЗ. Так, предполагалось, что система будет иметь глобальную зону обслуживания единого провайдера по предоставлению услуг системы на глобальном и региональном уровнях, низкую стоимость окончательного оборудования (порядка 100...350 долл. США) и ежемесячную абонентскую плату, а применение современного способа многостанционного доступа с кодовым разделением каналов и технологии организации связи методом «межячейных переходов» позволят сократить энергопотребление передающих терминалов и исключить необходимость учета зон радиовидимости ИСЗ-ретрансляторов. При этом каждый пользователь системы получит возможность передавать достаточно большие объемы данных по выделенному радиоканалу в L-диапазоне частот с шириной полосы пропускания около 10 МГц.

Фидерная линия связи между спутниками системы и наземными узловыми станциями организуется в C-диапазоне частот.

Космический сегмент

В составе космического сегмента системы планировалось использовать 21 микроспутник KITCOMM, расположенные на полярных круговых орбитах высотой 2800 км.

Их разработку осуществляла компания AeroAstro. Ожидалось, что масса каждого ИСЗ составит примерно 90 кг, и они будут рассчитаны на эксплуатацию в течение 5 лет. Передача данных абонентам должна была вестись в диапазоне частот 1525...1530 МГц, а прием – в диапазоне частот 1626,5...1631,5 МГц.

В 2004 г. комиссия FCC отклонила заявку компании KITCOMM на предоставление услуг связи на территории США по причине возможного создания помех существующим системам на основе геостационарных ИСЗ, работающим в этом же участке радиочастотного спектра.

Наземный сегмент

Наземный сегмент системы должен был содержать 13 шлюзовых станций GES (Gateway Earth Stations), два центра DDC (Data Distribution Center) распределения данных и удаленные терминалы RTU (Remote Terminal Units) абонентов.

Каждая из шлюзовых станций управляется дистанционно и оборудована 2...4 независимыми антенными системами для связи со спутниками, аппаратурой МДКР, средствами обработки данных и контрольно-измерительной аппаратурой. С помощью компьютерных сетей шлюзовые станции связаны с центрами DDC распределения данных.

В центрах DDC распределения данных, из которых один является основным, а другой находится в «горячем» резерве, производится основная обработка поступающих цифровых потоков, ведется контроль функционирования космического сегмента системы, каналов связи, осуществляется планирование работы шлюзовых станций GES. Распределением данных занимается входящий в состав центра DDC распределения данных центр CSC (Customer Service Center) обслуживания абонентов.

Абонентские терминалы

Удаленные терминалы RTU абонентов представляют собой компактные недорогие устройства, имеющие широкие возможности по подключению к различным техническим системам и снабженные достаточно мощным прикладным программным обеспечением. Мощность передатчиков удаленных терминалов RTU абонентов не превышает 1 Вт.

Использование для передачи данных L-диапазона частот позволяет оборудовать удаленные терминалы RTU абонентов малогабаритными антеннами.

2.1.1.26. Проект системы LEqO (Соединенное Королевство)

Система LEqO (Low Earth equatorial Orbit) предназначена для организации в экваториальных районах земного шара передачи цифровых данных в масштабе времени близком к реальному между абонентами с использованием портативных терминалов. Зона обслуживания системы: по долготе – глобальная, по широте – от 25° с.ш. до 25° ю.ш.

Разработчиком выступала компания Surrey Satellite Technology исследовательского центра Centre for Satellite Engineering Research при университете графства Surrey (с апреля 2008 г. компания Surrey Satellite Technology является дочерним предприятием компании Airbus Defence and Space).

⇒ Surrey Satellite Technology: www.sstl.co.uk

Однако уже много лет нет сведений о проведении каких-либо работ по этому проекту.

Космический сегмент

Планировалось, что космический сегмент системы будет содержать восемь ИСЗ на круговой орбите высотой 968 км с наклоном 0°. Спутники планируются разместить в одной орбитальной плоскости и равномерно распределить по орбите.

Высота орбиты выбрана с учетом требований по допустимой величине энергетических потерь при распространении сигнала, размеру рабочей зоны ИСЗ, взаимной радиовидимости ИСЗ, уровню космической радиации, продолжительности функционирования, а также с тем расчетом, чтобы в целях удобства контроля за состоянием ИСЗ средствами наземного комплекса управления обеспечить повторное прохождение ИСЗ над одним и тем же районом и в одно и тоже местное время каждые четверо суток.

Гарантированная радиовидимость в любой момент времени хотя бы одного ИСЗ с позиции абонента обеспечивается на широтах до 20°. В пределах значений широт 20...28° максимальная задержка передачи данных в связи с отсутствием связи с ИСЗ достигает 7 мин, а для районов с географической широтой 29° передача возможна только сеансами в течение 1 мин и интервалом между передачами 15 мин.

Глобальный характер предоставляемых системой услуг реализуется за счет установки на ИСЗ аппаратуры межспутниковой связи, предназначенной для передачи данных между спутниками системы на дальности около 6000 км. Кроме того, предполагалось предусмотреть возможность регистрации принимаемых абонентами данных, не требующих срочной передачи, на борту ИСЗ и последующего их доведения до абонента (передача по принципу «store-and-forward») без использования межспутниковых каналов связи, что значительно упрощает (а, следовательно, и удешевляет для абонента) передачу данных и снижает загруженность каналов межспутниковой связи. Максимальная задержка передачи данных в этом случае не превышает 100 мин (продолжительность одного витка ИСЗ вокруг Земли).

Расчетный срок функционирования каждого ИСЗ составляет 5...7 лет. Масса ИСЗ составляет 125 кг при общем потреблении 210 Вт (в конце расчетного срока функционирования). Габаритные размеры корпуса спутника 0,51×0,51×0,89 м, одной панели солнечной батареи 0,51×0,76 м (всего четыре панели). Спутники имеют гравитационную систему стабилизации с использованием выносной штанги.

Ретранслятор ИСЗ имеет четыре передатчика и 15 приемников.

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

Абонентская радиолиния в направлении «ИСЗ–Земля» работает в диапазоне частот 137...138 МГц, в направлении «Земля–ИСЗ» – в диапазоне частот 148...150,5 МГц, фидерная радиолиния – в диапазонах частот 400,15...401 и 148...150,5 МГц соответственно. Скорость передачи в канале абонентской линии «вниз» составляет 24 кбит/с, вверх – 2,4...9,6 кбит/с. В фидерной линии скорость передачи единого цифрового потока – 50 кбит/с. В системе используется многостанционный доступ TDMA–FDMA.

Фазирование спутников друг относительно друга, необходимое для завершения построения космического сегмента системы, предполагается осуществлять после вывода ИСЗ на рабочую орбиту и отделения от ракеты-носителя с помощью четырех включений индивидуальных бортовых двигательных установок, работающих на сжатом азоте. На проведение этих маневров планируется израсходовать не более 0,8 кг азота, при общем запаса топлива на ИСЗ – 1,25 кг.

Основные технические характеристики ИСЗ LEqO

Масса на орбите, кг.....	125
Мощность солнечных батарей в конце срока функционирования, Вт.....	210
Рабочий диапазон частот абонентской радиолинии, МГц:	
передача.....	137...138
прием.....	148...150,05
Рабочий диапазон частот фидерной радиолинии:	
передача.....	400,15...401
прием.....	148...150,5

Наземный сегмент

В составе наземного сегмента предполагается использовать многофункциональные станции, предназначенные как для управления и контроля состояния спутников системы, так и для приема и передачи данных по радиолиниям «ИСЗ–Земля» и «Земля–ИСЗ» соответственно, управления потоками данных, сопряжения с сетью Интернет и другими информационными системами. Стоимость такой станции – около 200 тыс. долл. США.

Абонентские терминалы

Абонентские терминалы будут представлены стационарными (скорость передачи данных 38,4 кбит/с, стоимость около 25 тыс. долл. США) и портативными (скорость передачи данных 9,6 кбит/с, стоимость в зависимости от модификации 1...18 тыс. долл. США) терминалами. Плату за пользование услугами системы планируется установить в размере 0,15 долл. США в день или 0,01 долл. США за передачу 1 кбайт данных.

2.1.1.27. Проект системы Tiantuo (Китай)

Система Tiantuo предназначена для сбора и обработки данных автоматической идентификационной системы AIS в интересах контроля и регулирования судоходства в морских и океанских акваториях в национальных интересах Китая, а также системы ADS-B (automatic dependent surveillance – broadcast) автоматизированного зависящего наблюдения.

Космический сегмент

В системе Tiantuo использовались следующие спутники (табл. 2.13).

Таблица 2.13

Наименование ИСЗ	Дата запуска	Ракета-носитель	Номер NORAD	Параметры орбиты	
				высота в апогее/перигее, км	наклонение, град.
TIAN TUO-2*	08.09.14	LONG MARCH-4B	40144	466/450	97,2
TIAN TUO-3 (LULIANG-1)*	19.09.15	LONG MARCH-6	40905	533/513	97,5
TIAN TUO-5	23.08.20	LONG MARCH-2D	46233	498/480	97,4

* - не используется

ИСЗ серии TIAN TUO созданы в национальном университете NUDT (National University of Defense Technology) оборонных технологий.

ИСЗ **TIAN TUO-1** (номер NORAD 38258), выведенный на орбиту в мае 2012 г., представлял собой прямоугольную призму размерами 42,5×41×8 см. В состав полезной нагрузки ИСЗ (рис. 2.12) массой 9,3 кг входила экспериментальная миниатюрная (масса – 100 г, размеры 11,5×7,5×2,8 см) двухканальная аппаратура приема сигналов системы AIS, работающая на частотах 161,975 и 162,025 МГц (ширина полоса частот – 25 кГц). Чувствительность приемника – не хуже

-110 дБм, скорость передачи данных – 38,4 кбит/с, вид модуляции сигнала – GMSK. Потребляемая мощность – не более 1 Вт.

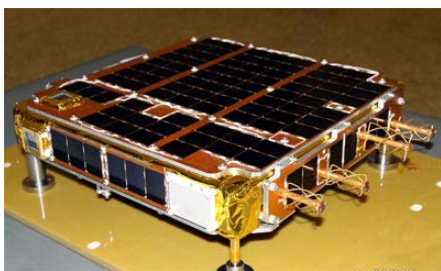


Рис. 2.12. Внешний вид ИСЗ TIANTUO-1

В ходе экспериментов исследовались обнаружительные способности двух типов приемных антенн при наклонной дальности до источника сигнала около 2000 км и излучаемой мощности наземного передатчика не менее 10,9 дБ·Вт. Всего было принято около 80 Мбайт данных. Вероятность обнаружения составила около 30%. Спутник TIANTUO-1 прекратил существование на орбите, сгорев в плотных слоях атмосферы, 3 ноября 2014 г.

ИСЗ TIANTUO-2 (рис. 2.13) массой 67 кг оснащен приемником системы AIS, приемником системы ADS-B автоматизированного зависимого наблюдения и полезной нагрузкой для непрерывного контроля пожаров.

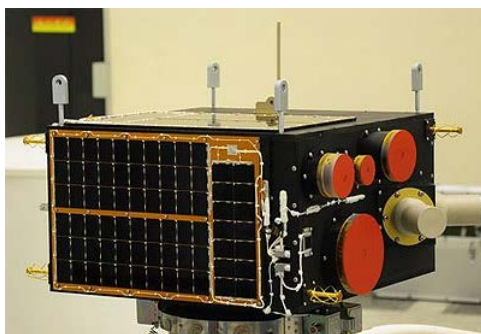


Рис. 2.13. Внешний вид ИСЗ TIANTUO-2

ИСЗ TIANTUO-3 (LULIANG-1), по наименованию основного микроИСЗ с полезной нагрузкой AIS в составе комплексной полезной нагрузки из нескольких фемто- и наноспутников, выведен на орбиту в сентябре 2015 г. На спутнике TIANTUO-3 (рис. 2.14) массой 20 кг помимо аппаратуры сбора и обработки данных систем AIS установлены экспериментальные ретрансляторы сообщений системы автоматизированного зависимого наблюдения ADS-B и полезная нагрузка непрерывного контроля пожарной обстановки.



Рис. 2.14. Внешний вид ИСЗ TIANTUO-3

Ожидалось, что в дальнейшем формирование системы Tiantuo будет осуществляться на основе микроспутников серии LULIANG. На 2016 г. намечался запуск ИСЗ *TIANTUO-4 (LULIANG-2)*, но не был осуществлен. Всего в составе космического сегмента системы планировалось использовать 16 ИСЗ серии LULIANG. Возможно, результаты и планы работ по проекту системы Tiantuo будут реализованы в рамках создания системы на основе спутников серии HEAD.

Запуск ИСЗ *TIANTUO-5* с помощью PH LONG MARCH-2D планировался на август 2020 г., что и было реализовано. На спутнике установлено оборудование для испытаний технологий сбора данных от судов, буев и IoT-систем.

2.1.1.28. Проект системы компании Blink Astro (США)

Система создавалась для проведения экспериментов по оказанию услуг в сегменте систем IoT/M2M для коммерческих и государственных структур.

Работы по проекту системы с 2015 г. вела компания Blink Astro (дочерняя компания у SpaceWorks Enterprises).

⇒ **Blink Astro:** www.blinkastro.com

В системе планировалось использовать наноспутники на низких орбитах с высотой около 700 км, способные осуществлять прием и последующую передачу низкоскоростных данных от наземных устройств малой мощности.

Помимо услуг ретрансляции данных компания Blink Astro планировала представлять услуги обработки данных на основе облачных решений. Возможный срок развертывания системы – 2020 г.

В 2019 г. компания Blink Astro вошла в состав компании SpaceWorks Orbital, созданной в Атланта в 2000 г. компанией SSDL (Space Systems Design Lab) технологического института штата Джорджия, как подразделение.

Космический сегмент

В системе компании Blink Astro использовался один спутник (табл. 2.14).

Таблица 2.14

Наименование ИСЗ	Дата запуска	Ракета-носитель	Номер NORAD	Параметры орбиты	
				высота в апогее/перигее, км	наклонение, град.
LACUNASAT-1 (M6P, BTD-1)*	01.04.19	PSLV-QL	44109	500/428	97,4

* - не используется

В начале 2018 г. компания Blink Astro заключила соглашение с компанией NanoAvionics (Vilnius, Литва) при вильнюсском университете на установку и запуск в 2018 г. с помощью PH PSLV экспериментального комплекта приемопередающего оборудования на «кубсате» с форм-фактором 6U. Комплект приемопередающего оборудования под названием BTD-1 изготовлен на основе спутниковой платформы MP6U (Multi-Purpose 6U) компании NanoAvionics.

Впоследствии запуск был отложен на 2019 г., что и было реализовано в апреле.

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

ИСЗ LACUNASAT-1 (M6P, BTD-1) содержал полезные нагрузки компаний Lacuna Space и Blink Astro, предназначенные для демонстрации связи при создании сети LoRaWAN системы IoT. Передача данных на Землю была организована на частоте 437,265 МГц.

Использование спутника LACUNASAT-1 было завершено в сентябре 2019 г.

Абонентские терминалы

Компанией Blink Astro разработана линейка наземных устройств для спутниковой передачи IoT/M2M-данных, новейшими из которых являются терминалы BlinkR серии 1000. В устройствах предусмотрены штатное крепление в грунте и возможность настройки режима передачи данных (типовой режим – четырехразовая передача в течение суток). Продолжительность автономной работы устройств – до 1 года.

2.1.1.29. Проект системы Ocean-Scan (Соединенное Королевство)

Система предназначена для сбора и ретрансляции данных систем AIS с использованием технологии SAT-Trak, разработанной компанией SRT Marine Systems.

⇒ SRT Marine Systems: srt-marine.com

В 2017 г. SRT Marine Systems заключила соглашение с компанией Clyde Space на производство спутников системы. Рассматривалась возможность установки на спутниках не только аппаратуры приема данных системы AIS, но и других средств непрерывного контроля и наблюдения.

Предполагалось, что на начальном этапе система будет содержать шесть ИСЗ, размещенных на низких экваториальных и полярных орбитах. Начать коммерческое использование системы планировалось в 2019 г. В дальнейшем число спутников могло быть увеличено.

2.1.1.30. Проект системы компании Aerial & Maritime (Швеция)

Система предназначена для оказания услуг ретрансляции данных систем AIS и ADS-B пользователям в приэкваториальных районах Земли.

Работы по проекту создания системы вела компания Aerial & Maritime, являющаяся также как и компания GomSpace, дочерней структурой компании GomSpace Group AB.

Спутники планировалось выводить на низкие экваториальные орбиты высотой около 500 км. Рабочая зона спутников – районы в пределах 37° с.ш. и ю.ш.

На первом этапе создания системы планировалось использовать восемь ИСЗ типа «кубсат» в конфигурации 3U. В последующем к 2021 г. число спутников могло быть увеличено до 80..100.

Договор на производство первых спутников системы на сумму 6 млн долл. США был заключен в 2017 г. с компанией GomSpace. Общая сумма инвестиций в проект составляла 12,2 млн долл. США.

Начало запусков ИСЗ намечалось на 1 кв. 2019 г. Однако все работы были перенесены на 2021 г.

2.1.1.31. Проект системы «Аврора» (Российская Федерация)

Система предназначена для ретрансляции низкоскоростных данных систем M2M/IoT, в том числе ADS-B и системы дистанционного контроля транспорта.

Проект системы «Аврора» был предложен компанией ЗАО «ВИСАТ-ТЕЛ».

⇒ ВИСАТ-ТЕЛ: www.vsat-tel.ru

Система должна содержать до 264 ИСЗ массой около 40 кг, размещенных на орбитах высотой 800 км.

Развертывание системы предполагалось осуществлять в несколько этапов. На первом этапе ожидался запуск трех ИСЗ, на втором – еще 50..100 спутников.

В системе предусматривалось использование большого числа рабочих диапазонов частот (VHF, UHF, L, S, Q, V) с применением адаптивного алгоритма выбора диапазонов частот в зависимости от зоны обслуживания. Спутники должны были оснащаться многолучевой ФАР S-диапазона частот с изменяемым положением передающих лучей, что позволит обеспечить требуемую энергетику радиолиний.

Для приема данных со спутников и выхода в наземные сети планировалось использовать станции сопряжения с диаметром рабочей зоны до 4200 км.

2.1.1.32. Проект системы компании Myriota (Австралия)

Система предназначена для ретрансляции данных от наземных систем IoT-датчиков и систем M2M межмашинного обмена.

Разработку системы ведет компания-стартап Myriota PTY Ltd. (Adelaide, Австралия).

⇒ Myriota: myriota.com

В системе планируется использовать до 50 спутников массой до 10 кг. На начало 2018 г. планировался запуск первого спутника с помощью PH FALCON-9. Запуск спутников был отложен в связи с отсутствием разрешения федеральной комиссии по связи США на развертывание системы.

Космический сегмент

В системе компании Myriota использовались следующие спутники (табл. 2.15).

Таблица 2.15

Наименование ИСЗ	Дата запуска	Ракета-носитель	Номер NORAD	Параметры орбиты	
				высота в апогее/перигее, км	наклонение, град.
MYRIOTA-2 (EXACTVIEW-6 (APRIZESAT-6))	17.08.11	ДНЕПР	37793	691/627	98,4
MYRIOTA-1 (EXACTVIEW-1 (ADS-1B))	22.07.12	СОЮЗ/ФРЕГАТ	38709	826/812	99
MYRIOTA-4 (EXACTVIEW-11 (APRIZESAT-9))	19.06.14	ДНЕПР	40018	718/616	97,7
MYRIOTA-3 (EXACTVIEW-9)	28.09.15	PSLV-XL	40936	652/638	6
BRIO	03.12.18	FALCON-9 v1.2	43813	589/570	97,6
MYRIOTA-7 (TYVAK-0152)	22.03.21	ELECTRON	47968	556/544	45

В декабре 2018 г. на орбиту был выведен спутник BRIO, построенный компанией SpaceQuest, Ltd. (Fairfax, штат Вирджиния) в форм-факторе 3U, а приемопередатчик UHF-диапазона частот и протокол связи были разработаны в компании Myriota.

В январе 2019 г. компания Myriota выдала контракт компании Tyvak Nano-Satellite Systems, Inc. на разработку и производство трех спутников серии MYRIOTA (рис. 2.15) в форм-факторе 3U массой по 5 кг.

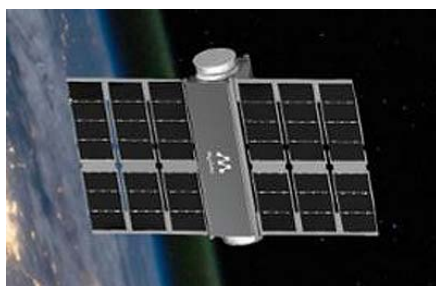


Рис. 2.15. Конструктивная схема ИСЗ серии MYRIOTA

Запуск первых трех спутников второго поколения (MYRIOTA-5, -6 и -7) с помощью PH VEGA планировался в 2019 г., но был перенесен сначала на 2020 г., а затем на 2021 г.

В марте 2020 г. у компании exactEarth компанией Myriota для проведения экспериментов по перспективной системе связи в области систем IoT были куплены орбитальные ИСЗ EXACTVIEW-1 (ADS-1B), EXACTVIEW-6 (APRIZESAT-6), EXACTVIEW-11 (APRIZESAT-9) и EXACTVIEW-9, которые затем были переименованы в ИСЗ серии MYRIOTA.

Запуск спутника MYRIOTA-7 планировался с помощью PH ELECTRON PHOTON-LEO в 2021 г. и был осуществлен в марте.

Запуск еще двух спутников системы (MYRIOTA-5 и -6) планируется на 2020-е гг.

2.1.1.33. Проект системы компании Lacuna Space (Соединенное Королевство)

Система предназначена для организации в глобальном масштабе спутниковой ретрансляции данных наземных измерителей-преобразователей IoT- и M2M-сетей, использующих технологию LoRa (long range) сети LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) компании Semtech.

Разработку системы с 2017 г. ведет компания Lacuna Space Ltd. (Rutherford Appleton Laboratory, Harwell Campus, Oxfordshire).

⇒ Lacuna Space: lacuna.space

Особенностью системы по сравнению с другими существующими и планируемыми средствами спутниковой ретрансляции данных IoT-сетей должна стать возможность непосредственной передачи в автоматическом режиме данных от наземных измерителей-преобразователей через спутник без использования шлюзовых устройств, агрегирующих данные от группы измерителей-преобразователей, и необходимости установления Wi-Fi и 4G/5G подключений. Это должно обеспечить дальнейшее снижение стоимости передачи данных. Высокая энергоэффективность измерителей-преобразователей должна обеспечить их безобслуживаемую эксплуатацию в течение 4...5 лет. Для доведения данных до потребителей планируется использовать облачную инфраструктуру с доступом через мобильные приложения.

Предполагается, что передаваемые измерителями-преобразователями данные будут сохраняться на борту ИСЗ для последующей передачи на Землю при нахождении в зоне видимости наземной приемной станции системы.

В наземных измерителях-преобразователях будет использоваться программное и аппаратно-программное обеспечение с открытым исходным кодом. Разработка протоколов передачи данных осуществлялась в сотрудничестве с компанией Pagametric GmbH на основе открытого протокола сетей LoRaWAN.

Компания собирается использовать два типа готовых измерителей-преобразователей размерами 9×9×3,4 см и массой около 100 г, клиентских измерителей-преобразователей, программно-адаптируемых для использования в системе, либо измерителей-преобразователей для установки на подвижных средствах, в которые будет устанавливаться плата контроллера системы.

Спутники планируется выводить на полярные орбиты высотой около 500 км. После развертывания в полном объеме космический сегмент системы будет насчитывать 32 ИСЗ.

Разработку ИСЗ осуществляла основанная в 2014 г. литовская компания NanoAvionics (вильнюсский университет) на основе спутниковой платформы M6P (Multipurpose 6U Platform) типоразмера 6U.

⇒ NanoAvionics: nanoavionics.com

Первый технологический спутник LITUANICASAT-2 (LT01, номер NORAD 42768) компании NanoAvionics на основе спутниковой платформы M3P типоразмера 3U был изготовлен по контракту вильнюсского университета и выведен на орбиту с высотой в апогее/перигее 507/486 км и наклоном 97,3° 23 июня 2017 г. с помощью PH PSLV (QB50).

В 2018 г. компания AST & Science приобрела контроль над компанией NanoAvionics.

С конца 2020 г. изготовлением ИСЗ серии LACUNASAT занимается компания Open Cosmos.

Космический сегмент

В системе компании Lacuna Space использовались следующие спутники (табл. 2.16).

Таблица 2.16

Наименование ИСЗ	Дата запуска	Ракета-носитель	Номер NORAD	Параметры орбиты	
				высота в апогее/перигее, км	наклонение, град.
LACUNASAT-1 (M6P, BTD-1)*	01.04.19	PSLV-QL	44109	4811/420	97,4
LACUNASAT-3	28.09.20	СОЮЗ-2-1Б/ФРЕГАТ	46492	567/541	97,7
LACUNASAT-2 (R2, M6P-2, OMS, TRAIL-1)	07.11.20	PSLV-DL	46913	578/564	36,9
LACUNASAT-4 (-2B)	22.03.21	СОЮЗ-2-1А/ФРЕГАТ	47948	556/530	97,5

* - не используется

ИСЗ серии LACUNASAT (рис. 2.16) на основе спутниковой платформы M6P типоразмера 6U имеют сухую массу 4,5...5,5 кг и массу полезной нагрузки до 7,5 кг.

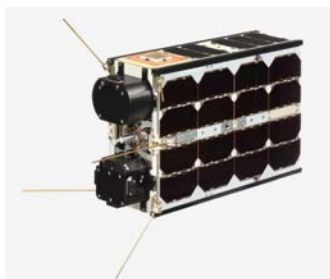


Рис. 2.16. Конструктивная схема ИСЗ серии LACUNASAT

В системе электропитания ИСЗ используются 8 аккумуляторных батарей общей емкостью 13600 мА·ч.

На первом этапе развертывания системы компании Lacuna Space на орбиты планировалось вывести четыре ИСЗ – LACUNASAT-1, -2А, -2В и -2С. Предполагалось, что спутники серии LACUNASAT-2 будут иметь усовершенствованную полезную нагрузку.

ИСЗ **LACUNASAT-1** (М6Р, ВТD-1) содержал полезные нагрузки компаний Lacuna Space и Blink Astro, предназначенные для демонстрации связи при создании сети IoT LoRaWAN. Передача данных на Землю была организована на частоте 437,265 МГц. Использование спутника было завершено в сентябре 2019 г.

На ИСЗ **FARADAY-1** были установлены, в том числе, элементы оборудования IoT-сетей компании Lacuna Space. Спутник был утрачен при аварийном запуске с помощью РН ELECTRON KS в июле 2020 г.

ИСЗ **LACUNASAT-2** содержал электрический двигатель на основе эффекта Холла, а также полезные нагрузки компании Orbital Micro Systems (OMS).

ИСЗ **LACUNASAT-3** (рис. 2.17) создан компанией NanoAvionics на основе спутниковой платформы М3Р типоразмера 3U.



Рис. 2.17. Конструктивная схема ИСЗ LACUNASAT-3

Спутник LACUNASAT-3 представляет собой демонстратор орбитального шлюза IoT-сети, способного принимать и распространять данные от небольших устройств в удаленных областях земной и морской поверхности. Работы по этому спутнику частично профинансированы космическим агентством Соединенного Королевства и европейским космическим агентством ESA.

Предполагалось, что компания Lacuna Space с помощью ИСЗ LACUNASAT-3 продемонстрирует прием сигналов LoRaWAN от наземных устройств IoT для последующей ретрансляции этих данных в облачную сеть Lacuna Network.

Запуск ИСЗ **LACUNASAT-4 (-2В)**, аналогичного спутнику LACUNASAT-3 и изготовленного компанией Open Cosmos, с помощью РН СОЮЗ-2-1А/ФРЕГАТ намечался на 2021 г. и был осуществлен в марте. Спутник также должен продемонстрировать прием сигналов LoRaWAN от наземных устройств IoT для последующей ретрансляции этих данных в облачную сеть Lacuna Network.

2.1.1.34. Проект системы компании Kineis (Франция)

Система компании Kineis предназначена для организации низкоскоростной ретрансляции данных IoT-сетей. Планируется, что спутники системы будут использоваться в интересах ретрансляции данных системы Argos DCS.

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

Создает систему компания CLS (Collecte Localisation Satellites) – дочернее предприятие французского космического агентства CNES при участии страховой компании CNP Assurances.

Оператором системы станет созданная в 2019 г. дочерняя структура агентства CNES и компании CLS – компания Kineis, которая в июне 2019 г. стала оператором системы Argos DCS (США, Франция).

⇒ Kineis: www.kineis.com

Первоначально в состав системы должны были войти 20 наноспутников типа «кубсат», размещенных на орбитах высотой 600 км. При этом стоимость системы с учетом пусковых операций и расходов на эксплуатацию спутников оценивалась в 139 млн долл. США. В 2019 г. было принято решение об увеличении числа спутников до 25. Стоимость системы была снижена до 111 млн долл. США. Время между повторным пролетом спутников в зоне расположения наземных терминалов составит 10...30 мин.

Космический сегмент

В системе компании Kineis использовались следующие спутники (табл. 2.17).

Таблица 2.17

Наименование ИСЗ	Дата запуска	Ракета-носитель	Номер NORAD	Параметры орбиты	
				высота в апогее/перигее, км	наклонение, град.
ANGELS (ARGOS NEO)	18.12.19	СОЮЗ-СТ-А/ФРЕГАТ-М	44876	526/512	97,5

Добавлено примечание ([A1]):

Разработчик спутников системы – компания Thales Alenia Space. Субподрядной организацией по проектированию ИСЗ системы выступает компания Nexeya (Toulouse, France), а бортовой приемопередающей системы – компания Syrlinks. Спутники массой 25...28 кг будут выполнены в форм-факторе 16U. ИСЗ предполагается оснащать бортовой двигательной установкой. Расчетный срок функционирования ИСЗ – 4 года.

Работы по проекту спутника-прототипа **ANGELS** (Argos Neo on a Generic Economical and Light Satellite, другое наименование ARGOS NEO) были начаты в марте 2017 г. Главным подрядчиком французского космического агентства CNES по спутнику ANGELS являлась компания Nemeia, которая изготовила платформу спутника в форм-факторе 12U.

В декабре 2019 г. на орбиту был выведен прототип спутников системы – наноспутник ANGELS (рис. 2.18) массой 27 кг.



Рис. 2.18. Конструктивная схема ИСЗ ANGELS

ИСЗ ANGELS с расчетным сроком функционирования 2 года (может быть продлен еще на 2,5 года) оснащен созданным компанией Thales Alenia Space и изготовленным компанией Syrlinks миниатюризированным оборудованием ARGOS NEO системы Argos, которое в 10 раз меньше по размерам и в три раза меньше по энергопотреблению по сравнению с используемым оборудованием Argos-4 (DCS/4).

В ходе успешных испытаний в течение года сообщения от абонентов системы Argos DCS принимались оборудованием ARGOS NEO этого спутника и затем передавались в L-диапазоне частот на станцию в Fairbanks (Аляска, США).

Завершить развертывание и ввод в эксплуатацию системы компании Kineis, которая станет дополнением системы Argos, намечалось в 2022 г. (теперь в 2023 г.).

2.1.1.35. Проект системы компании Guodian Gaoke (Китай)

Система Apocalypse компании Guodian HiTech Technology Co. Ltd. (Guodian Gaokeji YG, Beijing) предназначена для ретрансляции данных от наземных IoT-датчиков.

В системе Apocalypse используются китайские экспериментальные спутники связи серии TIANQI (император Тяньци («Небесное открытие») династии Мин).

Космический сегмент

В системе компании Guodian Gaoke используются следующие спутники (табл. 2.18).

Таблица 2.18

Наименование ИСЗ	Дата запуска	Ракета-носитель	Номер NORAD	Параметры орбиты	
				высота в апогее/перигее, км	наклонение, град.
TIANQI-1 (CHANGSHA GAOXING)	29.10.18	LONG MARCH-2C	43669	513/499	97,4
TIANQI-3 (TAO XINGZHI)	05.06.19	LONG MARCH-11H	44311	578/557	45
TIANQI-2	17.08.19	JIELONG-1	44487	556/526	97,5
TIANQI-4A TIANQI-4B	07.12.19	KUAIZHOU-1A	44842 44843	499/483 504/485	97,5
TIANQI-5 (XINZHOU/YUNJIANG)	15.01.20	LONG MARCH-2D	45019	484/468	97,2
TIANQI-10	25.07.20	LONG MARCH-4B	45941	492/477	97,4
TIANQI XINGZUO-6	26.10.20	LONG MARCH-2C	46810	608/589	35
TIANQI-11 (SCORPIO-1)	07.11.20	CERES-1	46904	486/472	97,4
TIANQI-8 (PING'AN-1)	22.12.20	LONG MARCH-8	47299	504/499	97,4
TIANQI-9	27.04.21	LONG MARCH-6	48252	509/492	97,4
TIANQI-12	06.05.21	LONG MARCH-2C	48426	602/595	35
TIANQI-14	18.06.21	LONG MARCH-2C	48864	603/593	35
TIANQI-15 (RUIJIN)	19.07.21	LONG MARCH-2C	49027	605/593	35
TIANQI-19	27.02.22	LONG MARCH-8	51845	552/528	97,5

Для демонстрации возможностей системы планировалось вывести на орбиты 38 ИСЗ к концу 2020 г.

ИСЗ серии TIANQI-1 (CHANGSHA GAOXING) (рис. 2.19) массой около 8 кг созданы для компании Guodian Gaoke на основе новой платформы 0805 (6U) научно-исследовательского института Tianyi Space Technology Research Institute (Changsha) космических технологий. Коммерческим представителем этого института являлась компания SpaceTy (Beijing и Changsha), основанная в январе 2016 г. Спутники предназначены для размещения оборудования ретрансляции данных от систем IoT.



Рис. 2.19. Конструктивная схема ИСЗ серии TIANQI-1

В эту серию вошли шесть спутников: **TIANQI-1**, **TIANQI-2**, **TIANQI-3 (TAO XINGZHI или XINGZHI JIAOYU 1)**, создан для компании Guodian Gaoke и образовательного фонда Tao Zhixing Education Foundation. На его борту, кроме оборудования ретрансляции данных IoT, была установлена оптоэлектронная камера), **TIANQI-4A**, **TIANQI-4B** и **TIANQI-5 (XINZHOU/YUNJIANG)**.

ИСЗ TIANQI-6 (рис. 2.20) массой около 50 кг создан для компании Guodian Gaoke компанией ASES Spaceflight Technology Co. Ltd. под руководством шанхайского института проектирования космических систем (Shanghai Institute of

Space Systems Engineering) на основе платформы CUBIC STAR для размещения оборудования ретрансляции данных IoT.



Рис. 2.20. Внешний вид ИСЗ TIANQI-6

ИСЗ серии TIANQI-8 (рис. 2.21) массой около 50 кг созданы для компании Guodian Gaoke компанией ASES Spaceflight Technology под руководством шанхайского института проектирования космических систем на основе усовершенствованной платформы.

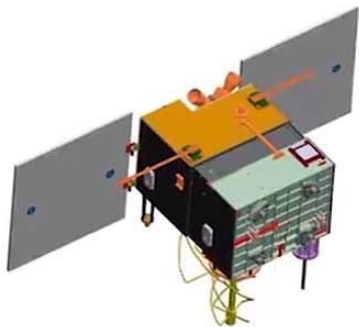


Рис. 2.21. Конструктивная схема ИСЗ серии TIANQI-8

В эту серию вошли четыре спутника: **TIANQI XINGZUO-8 (PING'AN-1)**, создан для размещения оборудования ретрансляции данных IoT и в кооперации с банком Ping'an – для размещения оборудования ретрансляции финансовых данных), **TIANQI-9**, **TIANQI-14** и **TIANQI-15 (RUIJIN)**.

ИСЗ серии TIANQI-10 (рис. 2.22) массой около 50 кг созданы для компании Guodian Gaoke компанией ASES Spaceflight Technology под руководством шанхайского института проектирования космических систем на основе новой платформы.



Рис. 2.22. Внешний вид ИСЗ серии TIANQI-10

В эту серию вошли три спутника: **TIANQI-10**, **TIANQI-11 (SCORPIO-1)**, выведен на орбиту с помощью РН CERES-1 (GUSHENXING-1) частной компании Galaxy Power) и **TIANQI-12**.

В 2022 г. начаты запуски спутников семейства TIANQI второго этапа создания системы. Первым из них стал ИСЗ **TIANQI-19** массой 39 кг, выведенный на орбиту в феврале 2022 г. Спутник создан для компании Guodian Gaoke компанией ASES Spaceflight Technology (по другим данным – институтом Shandong Institute of Space Electronic Technology (SISSET) космических электронных технологий, Yantai, пров. Shandong) и предназначен для ретрансляции данных от наземных систем IoT и межмашинного обмена данными (M2M). На спутнике также установлена оптоэлектронная камера по образовательной программе.

2.1.1.36. Проект системы «Марафон» (Российская Федерация)

По проекту «Марафон IoT» в рамках системы «Сфера» создается система «Марафон», предназначенная для ретрансляции данных от наземных систем IoT и межмашинного обмена данными (M2M).

Работы по проекту были начаты в ноябре 2018 г.

В октябре 2021 г. компания «ИСС им. академика М.Ф. Решетнева» представила проект «Марафон IoT» и тактико-техническое задание на разработку эскизного проекта системы «Марафон». Предполагается, что космический сегмент системы «Марафон» образуют 264 спутника связи серии МАРАФОН, которые будут развертываться на орбитах высотой около 750 км в 12 орбитальных плоскостях.

Масса каждого спутника составит не более 50 кг, расчетный срок функционирования – 4...5 лет.

Запуск первого спутника серии МАРАФОН планировался в 2024 г.

После завершения эксплуатации ИСЗ будут сводиться с орбит.

2.1.1.37. Проект системы компании EchoStar Global (Австралия)

Система компании EchoStar Global LLC (Австралия) предназначена для ретрансляции данных систем M2M межмашинного обмена, системы PPDR (Public Protection and Disaster Relief) защиты населения и оказания помощи при стихийных бедствиях и систем IoT.

Систему с 2016 г. разрабатывала компания-стартап Helios Wire (Канада), у которой имелись две дочерние компании в Австралии – Sirion Holdings и Sirion Global. Последняя располагала правами на полосу 30 МГц в S-диапазоне частот для подвижной спутниковой службы (MSS).

В октябре 2019 г. компания EchoStar Global приобрела компанию Helios Wire с двумя дочерними австралийскими компаниями. Также был приобретен орбитальный ИСЗ PATHFINDER-2 (HELIOS, SIRION, «кубсат» размером 16U), выведенный на орбиту в декабре 2018 г.

Система компании EchoStar Global основывается на лицензии МСЭ компании Sirion Global на эксплуатацию сети Sirion-1 подвижной спутниковой службы (MSS) S-диапазона частот (2000...2020/2180...2200 МГц).

Компания Sirion Global была переименована в EchoStar Global Australia.

Космический сегмент

В системе компании EchoStar Global использовались следующие спутники (табл. 2.19).

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

Таблица 2.19

Наименование ИСЗ	Дата запуска	Ракета-носитель	Номер NORAD	Параметры орбиты	
				высота в апогее/перигее, км	наклонение, град.
EG-1	30.08.20	FALCON-9 v1.2	46267	608/599	97,9
EG-2	03.09.20	VEGA	46295	528/522	97,4
EG-3	30.06.21	FALCON-9 v1.2	48892	666/649	96

В ноябре 2019 г. компания EchoStar заказала компании Tyvak Nano-Satellite Systems, Inc. (Irvine, штат Калифорния) создание двух спутников с опционом на третий ИСЗ серии EG (EchoStar Global).

Спутники серии EG (рис. 2.23) массой 11...12 кг относятся к классу «кубсат» и выполнены в форм-факторе 6U.

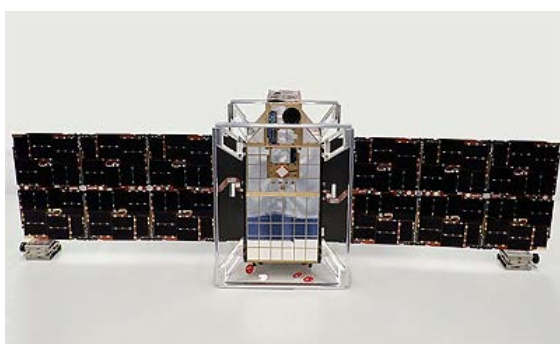


Рис. 2.23. Внешний вид ИСЗ серии EG

Передача данных от наземных датчиков будет осуществляться в S-диапазоне частот.

В системе планировалось использовать 28 ИСЗ спутников.

ИСЗ EG-1 (TYVAK 0172, SIRION-1) был выведен на орбиту в августе 2020 г.

ИСЗ EG-2 (TYVAK 0171, SIRION-2) был выведен на орбиту в сентябре 2020 г.

ИСЗ EG-3 (TYVAK 0173, SIRION-3) был выведен на начальную орбиту высотой 545/528 км в июне 2021 г., а затем собственным гидразиновым двигателем был переведен на рабочую орбиту.

2.1.2. Системы голосовой связи и передачи данных

2.1.2.3. Проект системы Omnispace (США)

Система предназначалась для обеспечения подвижной и фиксированной телефонной связи, двусторонней телефонии, двустороннего обмена сообщениями, низко- и среднескоростными потоками данных, доступа к ресурсам сети Интернет подвижных и стационарных абонентов.

Оператор системы – компания Omnispace. Штаб-квартира компании расположена недалеко от McLean (шт. Вирджиния).

⇒ Omnispace: www.omnispace.com

Концепция системы предусматривала использование двух компонентов – системы на основе геостационарного ИСЗ и системы на основе ИСЗ на средних орбитах (International MEO system).

В январе 2009 г., после запуска и вывода на орбиту спутника ICO G1, федеральная комиссия по связи разрешила компании ICO Global Communications использовать наземное дополнение АСТ в составе системы на основе ИСЗ на геостационарной орбите. Однако компания ICO Global Communications испытывала на фоне продолжающихся судебных разбирательств с компанией Boeing, бывшим главным подрядчиком по разработке спутников для использования на средних орбитах, серьезные финансовые сложности, не позволяющие осуществлять эффективную эксплуатацию системы, и, в частности, ее наземного дополнения. Кроме того, не получил коммерческого успеха проект ICO Mobile Interactive Media, ориентированный на предоставление услуг телевидения подвижным абонентам.

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

В этой связи в мае 2009 г. для реструктуризации компании была инициирована процедура защиты от банкротства дочернего подразделения – компании ICO North America, переименованной в мае 2009 г. в компанию DBSD North America и отвечавшей за эксплуатацию геостационарного элемента с наземным дополнением на территории США.

Оператором системы, которая так и не была введена в коммерческое использование, до середины 2012 г. выступала компания Pendrell (в июне 2011 г. компания ICO Global Communications изменила свое название на Pendrell Corporation).

В 2011 г. 10 частично готовых спутников, находящихся на арендуемом компанией Pendrell складе в El Segundo (штат Калифорния), предполагалось продать южноафриканской компании Jay & Jayendra. Несмотря на то, что сделка была заключена, ее исполнение не состоялось – к ноябрю 2011 г. компания Jay & Jayendra спутники не выкупила. В 2012 г. компания Pendrell объявила о том, что на эти спутники есть новый покупатель и 4 мая должно быть заключено соответствующее соглашение. Возможно, что этим покупателем является DISH Network. В отношении уже находящегося на орбите ИСЗ ICO-F2 было объявлено, что до конца июня 2012 г. его эксплуатация будет прекращена.

В 2010 г. министерство связи Ofcom Соединенного Королевства выразило намерение обратиться в ИТУ с просьбой отменить частотные назначения для проекта системы ИСЗ на средних орбитах ICO-P и исключить их из главного международного реестра радиочастотных присвоений. Принятие соответствующих решений ИТУ состоялось в начале 2012 г.

В 2013 г. после прекращения использования ИСЗ ICO-F2 компанией Pendrell и аннулирования ее лицензии на участки в S-диапазоне частот, выделенные для развертывания среднеорбитального сегмента системы ICO, австралийская компания Sirion Global объявила о приобретении у компании ICO Global Communications прав на 30 МГц в S-диапазоне частот (20 МГц в участке 2170...2180 МГц и 10 МГц в участке 1980...2000 МГц) и получении первичного одобрения МСЭ на их использование. Сообщалось, что с разрешения регулятивных органов Папуа-Новая Гвинея и Австралии этот частотный ресурс может использоваться для спутниковой сети связи SIRION satellite network.

Компания Sirion Global с помощью дочерней компании Omnispace, зарегистрированной в США, планировала начать предоставлять услуги подвижной связи и межмашинного обмена данными с помощью системы среднеорбитальных спутников (10 ИСЗ в двух плоскостях на орбитах высотой 6500 км, планируемое начало предоставления услуг – 2016 г.), первым спутников которой должен был стать ИСЗ ICO-F2.

Согласно заявлениям компании Omnispace, спутник был переименован в OMNISPACE-F2 и с 2013 г. используется в составе системы Omnispace. Однако в конце 2014 г. в результате рассмотрения возражений администраций радиосвязи Соединенного Королевства, в реестре космических объектов которой был зарегистрирован спутник ICO-F2, и Папуа-Новой Гвинеи, сопровождавшегося длительным обсуждением обстоятельств данного случая, МСЭ исключил возможность использования спутника ICO-F2 в сети связи компании Sirion Global.

Тем не менее, компания Omnispace рассчитывает продолжить использовать ИСЗ ICO-F2 (OMNISPACE-F2), отмечая также, что обладает космическими аппаратами и наземной инфраструктурой на сумму 1,5 млрд долл. США, включая 10 ИСЗ бывшей системы ICO-MEO, хранящиеся на земле в режиме консервации. По оценке специалистов компании Omnispace, ИСЗ ICO-F2 находится в удовлетворительном техническом состоянии, и срок его функционирования может превысить расчетный на 5 и более лет. Компания рассчитывает заинтересовать своими услугами связи особенно в приполярных районах министерства обороны США, Австралии и другие государственные ведомства и службы, нуждающиеся в устойчивых, с достаточной пропускной способностью и относительно недорогих каналах связи на высоких широтах.

В июне 2017 г. Omnispace смогла привлечь дополнительные инвестиции на сумму 30 млн долл. США. Основными инвесторами выступили компании Intelsat, Columbia Capital, Greenspring Associates. Также партнерами Omnispace являются TDF Ventures и Telecom Ventures. Общая сумма инвестиций, полученных компанией в 2016...2017 гг. составила 46,8 млн долл. США.

Космический сегмент

В составе системы Omnispace использовался один спутник (табл. 2.20).

Таблица 2.20

Наименование ИСЗ	Дата запуска	Ракета-носитель	Номер NORAD	Параметры орбиты	
				высота в апогее/перигее, км	наклонение, град.
ICO-F2 (OMNISPACE-F2)	19.06.01	ATLAS-2AS	26857	10631/10585	44,8

Запуск первого экспериментального ИСЗ системы 12 марта 2000 г. окончился неудачно из-за аварии PH ZENIT-3SL. Это привело к очередному пересмотру программы. Запуск второго экспериментального ИСЗ – ICO-F2 – осуществлен в июне 2001 г.

Разработку ИСЗ осуществляла компания Boeing Satellite Systems на основе облегченного варианта (без апогейной ДУ) платформы BSS 601MEO, которая ранее использовалась для геостационарных ИСЗ. Габариты спутника – 2,3×2,3×4,8 м.

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

Спутник оборудован двумя четырехсекционными панелями солнечных батарей длиной 14 м каждая, обеспечивающих мощность в конце срока службы ИСЗ 8,9 кВт. Расчетный срок функционирования ИСЗ – 12 лет. На спутнике установлены антенные решетки, формирующие глобальные лучи для связи с наземными станциями системы. Антенны абонентской радиолинии выполнены в виде многолучевых управляемых цифровых ФАР. Общее число формируемых каналов связи – 490, число пространственных лучей ФАР – 163.

Спутник был выведен на среднюю круговую орбиту (высота в апогее/перигее 10396/10383 км, наклонение 45° и период обращения 6 часов) для проведения испытаний разрабатываемого для системы оборудования и оценки влияния тропосферы на качество связи в S-диапазоне частот.

До 2007 г. спутник ICO-F2 не использовался, в последующие годы применялся для ретрансляции данных в интересах одного из федеральных ведомств США. В настоящее время спутник используется для оказания услуг подвижной связи различным потребителям и проведения испытаний наземного терминального оборудования.

Основные технические характеристики ИСЗ ICO-F2

Масса на орбите, кг	2730
Мощность солнечных батарей, Вт	8500
Рабочий диапазон частот абонентской радиолинии, МГц:	
передача	2170...2200
прием	1980...2010
Рабочий диапазон частот фидерной радиолинии, МГц:	
передача	6975...7075
прием	5150...5250
Максимальная ЭИИМ, дБ/Вт:	
в S-диапазоне частот	25,6
в S-диапазоне частот	29
Добротность G/T радиолинии, дБ/К:	
в S-диапазоне частот	-24
в S-диапазоне частот	-18

Наземный сегмент

Наземный сегмент системы, основные работы по которому были завершены в начале 1999 г., состоит из основного в Brewster (штат Вашингтон, США) и резервного в Slough (Соединенное Королевство) центров управления системой связи. Для управления ИСЗ ICO-F2 используются средства наземного управления компании Intelsat в Long Beach, штат Калифорния.

В состав наземного комплекса входит две станции сопряжения с пятью полноповоротными антенными системами каждая, обеспечивающие непрерывную связь с ИСЗ и сопряжение с наземными сетями общего пользования. Дополнительно может применяться оборудование сопряжения в Itaborai (Бразилия), в настоящее время не используемое. Согласно заявлениям Omnispace, помимо центра управления системой в Brewster (штат Вашингтон, США), осуществлены расконсервирование и подготовка к эксплуатации станции сопряжения с наземной сетью на территории Германии (в Usingen) и Австралии (в Brisbane), а на 2015 г. планировалась подготовка еще двух станций.

2.1.2.4. Проект системы Pearls (Соединенное Королевство)

Система предназначена для предоставления услуг низкоскоростной передачи данных и голосовой связи. Работы по созданию системы с июля 2016 г. ведет компания Sky and Space Global (SAS Global).

Штаб-квартира компании расположена в Соединенном Королевстве, а офисы – в Австралии (Subiaco, WA) и Израиле.

Система должна содержать 200 ИСЗ, размещенных на орбитах высотой 500...800 км в пяти орбитальных плоскостях, рассчитанных на обслуживание приэкваториальных районов в пределах 15° ю.ш. и 15° с.ш.

Перечень услуг, предоставляемых системой, содержит защищенную передачу голосовых сообщений (как в реальном масштабе времени, так и в записи), текстовых и мгновенных сообщений, бортовых данных воздушных летательных аппаратов, данных в интересах военного использования и обеспечения безопасности, информации о финансовых транзакциях и ряд других услуг.

Компанией заключены соглашения с министерствами обороны США (об предоставлении информации по космической обстановке в интересах обеспечения функционирования создаваемой системы) и Соединенного Королевства (об использовании радиолиний UHF-диапазона частот для управления функционированием ИСЗ). Стоимость производства 200 ИСЗ оценивается в 39...58 млн долл. США.

До конца 2019 г. на орбиты планировалось вывести 100 наноспутников системы. Для запусков ИСЗ намечалось использовать PH LAUNCHERONE компании Virgin Galactic. В полном объеме ввод системы в использование должен был состояться в 2020 г.

В декабре 2019 г. из-за финансовых ограничений компания SAS Global планировала вывести на орбиты только 8 ИСЗ к концу 2020 г.

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

В январе 2021 г. компания Sky and Space Global была переименована в Sky and Space Company Limited.

⇒ Sky and Space: skyandspace.co

Космический сегмент

В составе системы компании SAS Global использовались три спутника-прототипа (табл. 2.21).

Таблица 2.21

Наименование ИСЗ	Дата запуска	Ракета-носитель	Номер NORAD	Параметры орбиты	
				высота в апогее/перигее, км	наклонение, град.
RED DIAMOND	23.06.17	PSLV-XL	42783	496/481	97,2
GREEN DIAMOND			42785	496/481	
BLUE DIAMOND			42786	496/481	

Спутники относятся к классу «кубсат» и изготовлены компанией GomSpace в конфигурации 3U. Масса ИСЗ – около 6 кг.

Эксплуатационные версии спутников системы создаются в форм-факторе 6U на основе платформы компании GomSpace. Спутники оборудуются оборудованием связи, работающим в S-, L- и UHF- (437,1 МГц) диапазонах частот. В системе предполагается использовать межспутниковые каналы связи S-диапазона частот.

В октябре 2020 г. компании SAS Global и Virgin Orbit заключили трехлетний контракт на запуски спутников серии DIAMOND компании SAS Global, начиная с июля 2021 г. Однако в планах запусков этих спутников нет.

Абонентские терминалы

В рамках соглашения с компанией SocialEco для населения приэкваториальных стран африканского и других континентов планируется разработать дешевые смартфоны в гуманитарной упрощенной и андроид-версиях стоимостью 1 и 20 долл. США соответственно с интегрированным по умолчанию интерфейсом системы Pearls.

Предполагалось, что абонентские терминалы разработает и изготовит компания АУЕСКА Communication Systems.

2.1.2.5. Проект системы Hongyan (Китай)

Многофункциональная спутниковая система Hongyan (Hongyan Satellite Constellation Communication System) предназначена для организации подвижной голосовой связи и передачи данных в глобальном масштабе.

С помощью системы Hongyan («дикий гусь») предполагается предоставлять услуги ретрансляции данных наземных систем датчиков, межмашинного обмена данными, идентификации и отслеживания перемещений морских судов по сигналам AIS, приема сообщений системы ADS-B, мобильного вещания, передачи навигационных поправок, и в перспективе высокоскоростной передачи данных по технологии 5G.

Разработку системы осуществляет государственная компания CAST (China Aerospace Science and Technology Corporation) и ее дочернее предприятие China Great Wall Industry Corporation.

⇒ CAST: english.spacechina.com

Эксплуатацию системы будет осуществлять дочерняя компания у компании CAST – Dongfanghong Satellite Mobile Communication.

Первоначально в конце 2016 г. заявлялось о планах развертывания к 2023 г. системы в составе 60 малых ИСЗ. Впоследствии (с февраля 2018 г.) количество спутников системы было увеличено до 320. Это могло быть связано с присоединением к проекту Таиланда. Соответствующее соглашение было заключено между университетом Касетсарта (Бангкок, Таиланд) и компанией China Great Wall Industry Corporation. Китайская сторона также рассчитывала на участие в проекте других стран и организаций.

Развертывание системы предполагалось осуществлять в три этапа и завершить в 2025 г.:

- первый этап – девять экспериментальных ИСЗ (в том числе запущенный в 2018 г.) в 2020 г.;
- второй этап – 60 ИСЗ в 2023 г.;
- третий этап – 320 ИСЗ в 2025 г.

На втором и третьем этапах система будет также использоваться для предоставления подвижных услуг высокоскоростной передачи данных по технологии 5G.

Оператором системы является компания Hongyan – дочерняя у компании CAST.

В январе 2020 г. предполагалось вывести на орбиты еще восемь экспериментальных ИСЗ, но этого не произошло.

Космический сегмент

В составе системы Hongyan использовался один спутник (табл. 2.22).

Таблица 2.22

Наименование ИСЗ	Дата запуска	Ракета-носитель	Номер NORAD	Параметры орбиты	
				высота в апогее/перигее, км	наклонение, град.
HONGYAN-1	29.12.18	LONG MARCH-2D	43914	1107/1098	50

Экспериментальный ИСЗ HONGYAN-1 (рис. 2.24) разработан компанией Shenzhen Aerospace Oriental Red Sea Special Satellite.

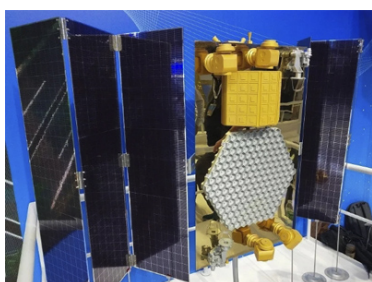


Рис. 2.24. Конструктивная схема ИСЗ HONGYAN-1

Масса серийных спутников составит около 180 кг, мощность бортовой системы электропитания – 350 Вт. Расчетный срок функционирования ИСЗ – не менее 5 лет.

Спутники намечалось оснащать оборудованием связи L- и Ka-диапазонов частот, а также аппаратурой межспутниковой связи S-диапазона частот. Ka-диапазон частот планировалось использовать для подключения точек широкополосного доступа, L-диапазон частот (1668...1675/1518...1525 МГц) – передачи данных IoT-сетей, передачи навигационных поправок, услуг вещания для подвижных терминалов, высокоскоростной передачи данных и голосовой связи с помощью портативных терминалов. Прием сигналов ADS-B предполагалось осуществлять в диапазоне частот 1088...1092 МГц, сигналов AIS – в диапазоне частот 161...162 МГц. Также на спутниках системы предполагалось устанавливать оборудование связи C-диапазона частот и диапазона частот 460...470 МГц.

Наземный сегмент

В наземном сегменте планировалось использовать 20 шлюзовых станций и центры обработки данных. Возможно, что количество наземных станций будет сокращено благодаря предполагаемому использованию межспутниковых линий связи.

На 2018 г. намечалось начало испытаний наземных терминалов системы и системы управления спутниками.

2.1.2.6. Проект системы Leo Sat Courier (Германия)

Система предназначена для организации глобальной двусторонней телефонной связи и передачи данных, а также определения местоположения абонентов с использованием большого числа низкоорбитальных ИСЗ (Big LEO). Работы по созданию системы вела германская компания Satcon Engineering GmbH.

⇒ Satcon: www.satcon-de.com

Космический сегмент

Данный проект предусматривал использование 72 низкоорбитальных ИСЗ, что являлось абсолютным рекордом для спутниковых систем связи по числу ИСЗ в составе космического сегмента. Спутники планировалось разместить в восьми орбитальных плоскостях (по 9 ИСЗ в каждой плоскости) на высотах около 800 км. В каждой плоскости кроме оперативных спутников планировалось иметь по одному резервному ИСЗ.

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

В системе предусматривалось использование радиолиний межспутниковой связи в диапазоне частот 24...25 ГГц (вид модуляции QPSK, ЭИИМ 36,5 дБ·Вт). Связь с абонентами предполагалось поддерживать в диапазонах частот 1610...1626,5 МГц (радиолиния «вверх») и 2483,5...2500 МГц (радиолиния «вниз»).

Основные технические характеристики ИСЗ LEO SAT COURIER

Масса на орбите, кг	689
Мощность солнечных батарей в конце срока активного функционирования, Вт.....	4000
Рабочий диапазон частот абонентской радиолинии, МГц	
передача	1610...1626,5
прием	2483,5...2500
Рабочий диапазон частот фидерной радиолинии, ГГц:	
передача	19,3...19,6
прием	29,1...29,4
Рабочий диапазон частот межспутниковой радиолинии, ГГц	24...25
Максимальная ЭИИМ, дБ·Вт:	
в L-/S-диапазоне частот.....	14,8
в Ka-диапазоне частот	36,5

В абонентских радиолиниях предполагалось использовать многостанционный доступ с кодовым разделением каналов и двухпозиционную фазовую манипуляцию BPSK (ЭИИМ – 11,3...14,8 дБ·Вт). Шлюзовые станции смогут принимать данные со спутников в диапазоне частот 19,3...19,6 ГГц, а передавать – в диапазоне частот 29,1...29,4 ГГц (вид модуляции QPSK, ЭИИМ – 35,9 дБ·Вт).

Несмотря на существовавшие планы компании Satcon осуществить запуск первого спутника системы в 2004 г. с помощью РН СТРЕЛА, реальные сроки ввода системы в эксплуатацию отсутствовали. В итоге проект системы Leo Sat Courier стал основой для проекта системы Kaskilo.

2.1.2.7. Проект системы Kaskilo (Германия)

Работы по созданию системы Kaskilo (прежнее наименование системы – EightyLEO) вела компания EightyLEO, основанная в апреле 2015 г.

⇒ EightyLEO: www.eightyleo.com

Система сможет использовать частотные присвоения, а также концепцию построения и технологии, ранее предназначавшиеся для системы Leo Sat Courier.

В системе Kaskilo планировалось использовать 72 ИСЗ.

Предполагалось, что спутники будут функционировать в восьми орбитальных плоскостях (по девять спутников в каждой плоскости) на орбитах высотой 800 км и наклоном 76° с одинаковым угловым разнесом плоскостей в 45°. Для связи с абонентами и фидерных линий выбраны те же участки L-, S-, K- и Ka-диапазонов частот, что и в проекте системы Leo Sat Courier. Компания рассчитывала инвестировать в проект на начальном этапе 5...10 млн долл. США. Полная стоимость системы оценивалась около 50 млн долл. США.

В 2014 г. от Лихтенштейна была подана заявка в МСЭ на выделение проекту диапазонов частот.

Однако далее проект перешел от стартапа и среднего семейного предприятия к крупной международной компании, причем подтверждение концепции системы из 300 ИСЗ выполняется компанией KLEO Connect GmbH (Berlin, Германия).

2.1.2.8. Проект системы Theia Satellite Network (США)

Многофункциональная система Theia Satellite Network (TSN) предназначена для ведения съемки земной поверхности и ретрансляции M2M/IoT-данных.

Работы по созданию системы ведет компания Theia Holdings A, Inc. со штаб-квартирой в Philadelphia (штат Пенсильвания, США).

⇒ Theia: www.theiainc.com

Для съемки земной поверхности спутники будут оснащаться оптоэлектронными камерами видимого, ближнего и среднего участков ИК спектра (все спутники системы), гиперспектральной (52 ИСЗ) и радиолокационной съемки в L-диапазоне частот (52 ИСЗ) земной поверхности с возможностью получения изображений с разрешением около 1 м, СВЧ-радиометрами (8 ИСЗ).

Бортовой приемопередающий комплекс спутников обеспечит получение управляющих данных и передачу результатов съемки земной поверхности на наземные станции пользователей (включая подвижные) и шлюзовые станции системы, а также ретрансляцию низкоскоростных M2M/IoT-данных, которые могут использоваться в дополнение и

совместно с результатами съемки земной поверхности. Спутники смогут также выполнять функции предварительной обработки данных на борту.

В ноябре 2016 г. компания Theia Holdings A представила в федеральную комиссию по связи заявку на частотные присвоения для системы.

Передача M2M/IoT-данных на ИСЗ будет вестись в диапазонах частот 12,75...13,25 (основной) и 14...14,5 ГГц, прием данных наземными терминалами – в диапазонах частот 10,7...11,7 и 12,2...12,7 ГГц. Также планируется использовать технологии передачи на основе сигналов с распределенным спектром и многолучевые бортовые антенны с многократным использованием частоты. Ожидалось, что для использования указанных диапазонов частот в режиме ретрансляции M2M/IoT-данных потребуются получение разрешения соответствующей администрации связи. Наземные терминалы будут иметь антенные системы с зеркалами диаметром 40 или 80 см.

Связь со шлюзовыми станциями системы будет осуществляться в Ka-диапазоне частот (радиолинии «вниз» – 17,8...18,3, 18,3...18,6, 18,8...19,3, 19,3...19,7 и 19,7...20,2 ГГц, радиолинии «вверх» – 27,5...29,1, 29,1...29,5 и 29,5...30 ГГц) и с помощью оптических линий связи. Кроме того, в системе предусмотрено использование межспутниковых оптических линий связи. Каждый ИСЗ будет оборудоваться четырьмя комплектами аппаратуры межспутниковой связи для организации каналов с соседними спутниками в своей и смежных орбитальных плоскостях и двумя комплектами для связи с наземными шлюзовыми станциями (пропускная способность оптических каналов связи – 10 Гбит/с).

В системе TSN планировалось использовать 120 ИСЗ. Спутники будут размещать в 8 орбитальных плоскостях (по 14 основных и одному резервному спутнику в каждой плоскости) на орбитах высотой 800 км и наклоном 98,6° с одинаковым угловым разном плоскостей в 45°. Спутники будут иметь систему ориентации и стабилизации на орбите по трем осям.

Управление соединениями, трафиком и каналами передачи данных обеспечат наземные центры управления сетью, а функционированием ИСЗ системы – центры управления полетом спутников.

Начало запусков спутников намечалось на 2020 г. Завершиться построение космического сегмента системы должно было в 2022 г.

В мае 2019 г. компания Theia Holdings получила разрешение федеральной комиссии по связи США на создание, запуски и управление 112 спутниками системы, радиосистемы которых могут работать в L- (1215...1300 МГц, радиолокационная съемка), Ku- (10,7...12,7/12,75...13,25; 14...14,5 ГГц, абоненты), Ka- (17,8...18,6; 18,8...19,4; 19,6...20,2; 25,5...27/27,5...29,1; 29,5...30 ГГц, шлюзовые станции) и V- (37,5...42/47,2...50,2; 50,4...51,4 ГГц, шлюзовые станции) диапазонах частот.

Компания Theia Group Inc. (Washington, округ Колумбия) с ноября 2020 г. строит предприятие по изготовлению и испытаниям спутников около Albuquerque (штат Нью-Мексико).

2.1.2.9. Проект системы компании Yaliny (США)

Система предназначена для предоставления в глобальном масштабе услуг голосовой связи и доступа в сеть Интернет по выгодным тарифам, с низким временем ожидания и возможностью использования личного смартфона сотового телефона.

Компания-стартап Yaliny основана в 2013 г., зарегистрирована в Гонконге, штаб-квартира расположена в San Francisco (штат Калифорния). Основатель и генеральный директор компании В.Тепляков. Компания сотрудничала с институтом математики им. С.Л. Соболева Сибирского отделения РАН, ФГБОУ ВПО «Московским авиационным институтом (национальный исследовательский университет)», компаниями «Спутникс» и «Космотрас».

⇒ Yaliny: yaliny.com

Стоимость системы оценивалась в 1,5...1,8 млрд долл. США.

Космический сегмент

Космический сегмент системы должен насчитывать 144 спутника (135 основных и 9 резервных) на орбитах высотой 600 км в девяти орбитальных плоскостях, разнесенных на 20°.

Масса ИСЗ (рис. 2.25) 600 кг, размеры 2×1,4×1,3 м.

Спутники должны оборудоваться приемопередающей системой Ku-диапазона частот с активной многолучевой ФАР с цифровым диаграммообразованием и широким углом сканирования.

В радиоканалах системы предусмотрена компенсация эффекта Доплера, поддержка изменяемых ширины каналов, схем кодирования и видов модуляции, возможность работы с отраженным сигналом. Каждый спутник сможет ретранслировать данные со скоростью не менее 100 Мбит/с, а скорость соединения между спутниками будет не менее 300 Мбит/с. Абоненты системы получают возможность доступа в Интернет со скоростью до 2 Мбит/с при задержке сигнала не более 400 мс. В системе будет использоваться оптическая межспутниковая связь.

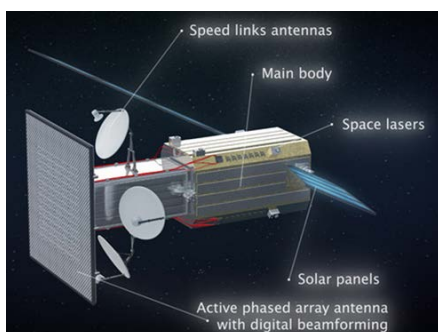


Рис. 2.25. Возможная конструктивная схема ИСЗ системы Yaliny

До 2017 г. компания планировала запустить на орбиту два тестовых космических аппарата. В полном объеме система должна была начать функционировать в 1 кв. 2020 г. Однако инвестор не был найден.

Наземный сегмент

В составе наземного сегмента планируется использовать центр управления полетом спутников системы и 40 региональных шлюзовых станций для обеспечения сопряжения с наземными сетями связи.

Абонентские терминалы

Для связи через спутники системы абонентам предлагалось использовать спутниковый модем Yaliny Point, к которому по Wi-Fi- или Bluetooth-каналу будет подключаться смартфон абонента с установленным специальным мобильным приложением. Планировалось, что стоимость терминала не будет превышать 200 долл. США, а размер абонентской платы за безлимитную связь – 10 долл. США независимо от места и направления вызова. В течение первых 10 лет работы компания Yaliny обещала привлечь 500 млн абонентов.

2.1.2.10. Проект системы Xinwei (Китай)

Спутниковая система Xinwei предназначена для организации подвижной голосовой связи и передачи данных в глобальном масштабе. Помимо обслуживания наземных абонентов система позволит обеспечить связь с воздушными летательными аппаратами.

Разработку системы ведут компания Beiling Xinwei Telecom Technology Group Co., Ltd. (Xinwei Group) (входит в группу компаний Xinwei Technology Group)

⇒ **Beiling Xinwei Telecom Technology:** www.xinweigroup.com.cn/

и пекинский политехнический университет Цинхуа (Tsinghua University).

В интересах развития спутникового бизнеса компания Xinwei Technology Group в 2016...2017 гг. вела переговоры о покупке за 285 млн долл. США израильского оператора Spacecom Satellite Communications (является дочерней компанией Eurocom Group, принадлежащей Bezeq Israeli Telecommunication). Но сделка в итоге не состоялась.

Космический сегмент

В состав системы могли войти 32...64 ИСЗ на низких орбитах. Система функционирует в S- (командная и телеметрическая радиолонии, абонентская радиолония) и C- (фидерная радиолония) диапазонах частот. Скорости передачи данных в командной и телеметрической радиолониях S-диапазона частот составят 2 и 5 кбит/с соответственно, в абонентской радиолонии S-диапазона частот – от 8 Мбит/с (голосовая связь) до 1 Мбит/с (передача данных), в фидерной радиолонии – 1 Мбит/с («Земля – ИСЗ») и 2 Мбит/с («ИСЗ – Земля»).

В сентябре 2014 г. состоялся запуск экспериментального миниспутника, получившего название LINGQIAO и предназначенного для отработки технологий в интересах создания системы. Спутник массой 135 кг выведен на орбиту с высотой около 800 км и наклоном 98,5°. Испытания спутника завершены в октябре 2014 г. и признаны разработчиками успешными.

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

Приемопередающая система ИСЗ обеспечивает формирование многолучевой диаграммы направленности (до 15 главных лучей) с динамическим управлением положением лучей. Диаметр зоны обслуживания ИСЗ – 2400 км. Для многостанционного доступа в радиолинии «спутник – Земля» используется временное разделение каналов в режиме GMSK-TDM, в радиолинии «Земля – спутник» – разделение каналов в режиме со многими несущими MS-SCDMA. Вид канального помехоустойчивого кодирования – LDPC-коды. Одной из особенностей компоновки радиотехнической системы спутника является использование блока мониторинга электромагнитной обстановки с целью выбора оптимальных характеристик рабочих радиолиний в условиях высокой загрузки S-диапазона частот.

Развертывание системы планировалось завершить к 2020 г., осуществляя запуски по четыре ИСЗ в каждом. С сентября 2016 г. сведений о работах по созданию системы нет.

Наземный сегмент

В системе предполагается использование наземных узловых станций, обеспечивающих сопряжение с наземными беспроводными сетями связи, в частности разработанного на основе стандарта McWill, входящего в рекомендацию МСЭ М.180.

2.1.2.11. Проект системы компании KLEO Connect (Германия)

Система компании KLEO Connect предназначена для работы на рынке предоставления спутниковых услуг по сбору данных от промышленных систем IoT, предполагается обслуживать в реальном времени около 80 млрд устройств.

Подтверждение концепции системы с конца 2017 г. выполняется компанией KLEO Connect GmbH (Berlin, Германия).

⇒ KLEO Connect GmbH: kleo-connect.com

Проект перешел от стартапа и среднего семейного предприятия к крупной германо-китайской компании, причем подтверждение концепции системы выполняется компанией KLEO Connect GmbH и дочерней компанией KLEO AG (Лихтенштейн).

В системе могут использоваться частотные присвоения, а также концепция построения и технологии, ранее предназначенные для системы Leo Sat Courier.

В сентябре 2017 г. компания Trion Space AG и компания KLEO AG заключили соглашение, по которому первая получила права на использование частотных присвоений МСЭ.

В октябре 2017 г. германская компания ELO (eightyLEO Holding GmbH) и китайская компания CED (China Everbest Development Co., Ltd) подписали соглашение о сотрудничестве.

С ноября 2017 г. компания KLEO Connect GmbH начала получать финансирование от компании CED.

В январе 2018 г. отдел средств связи Лихтенштейна передал частотные присвоения МСЭ компании Trion Space AG.

В ноябре 2018 г. инвесторы компании KLEO Connect GmbH – компания SSST (Shanghai Spacecom Satellite Technology Ltd) и компания CED AG – получили соответствующие сертификаты министерства экономики Германии.

Всего в проект инвестировано 120 млн евро, причем компания KLEO Connect GmbH получила 45 млн евро, компания ELO – 5 млн евро и компания Celeste Holding AG – 3 млн евро.

В системе компании KLEO Connect планируется использовать более 300 ИСЗ на околополярных орбитах высотой около 1000 км в 12 орбитальных плоскостях (по 25 спутников (24 основных и один резервный) в каждой плоскости). Для связи с абонентами и фидерных линий выбраны те же участки L-, S-, K- и Ka-диапазонов частот, что и в проекте системы Leo Sat Courier. Дополнительно каждый ИСЗ оборудуется аппаратурой межспутниковой оптической связи со скоростью передачи в каждом канале до 10 Гбит/с. Для осуществления связи устройств наземных промышленных систем IoT со спутниками предполагается использовать радиолинии Ka-диапазона частот и ботовые ФАР. Время задержки передачи сигналов составит менее 100 мс.

В наземном сегменте планируется иметь центр управления.

Ввод системы в эксплуатацию намечен на 2028 г.

2.1.3. Системы высокоскоростной передачи данных

2.1.3.4. Проект системы Hongyun (Китай)

Система Hongyun («радужное облако») предназначена для глобального предоставления услуг высокоскоростной передачи данных.

Разработку системы осуществляет компания CASI (China Aerospace Science and Industry corporation).

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

В системе Hongyun намечалось использовать 156 спутников. Спутники системы предполагалось размещать на орбитах высотой около 1000 км и наклоном 80°.

Космический сегмент

В системе Hongyun использовался один спутник (табл. 2.23).

Таблица 2.23

Наименование ИСЗ	Дата запуска	Ракета-носитель	Номер NORAD	Параметры орбиты	
				высота в апогее/перигее, км	наклонение, град.
HONGYUN-1	21.12.18	LONG MARCH-11	43871	1086/1069	99,9

Первый экспериментальный спутник **HONGYUN-1** массой 247 кг был выведен на орбиту с наклоном около 100° в декабре 2018 г. На ИСЗ установлен ретранслятор Ka-диапазона частот.

Спутники имеют форму четырехугольной призмы. Расчетный срок функционирования ИСЗ – не менее 5 лет. Полезная нагрузка спутников содержит ретрансляторы и многолучевую ФАР Ka-диапазона частот, оборудование межспутниковой связи. Радиус зоны обслуживания одного спутника системы составит около 1800 км, количество лучей диаграммы направленности бортовой антенны – 54. Максимальная скорость передачи данных в абонентской радиолинии составит 40 Мбит/с.

Типовой абонентский терминал будет оснащаться антенной системой в виде ФАР или параболаида диаметром 0,6 м. Предусмотрено использование стационарных, подвижных и переносных терминалов.

В 2019...2020 гг. планировалось запустить еще четыре ИСЗ для проверки концепции функционирования системы. Завершить формирование космического сегмента системы в полном объеме намечалось в 2022 г.

Завод по производству спутников системы Hongyun с января 2019 г. создавала компания Spacety в провинции Hunan. В апреле 2019 г. в Wuhan (провинция Hubei) компания CASI (China Aerospace Science and Industry corporation) начала строительство второго завода по производству спутников системы Hongyun. Каждый завод рассчитан на производство около 100 ИСЗ в год.

В декабре 2019 г. рассматривался вариант, при котором в системе Hongyun намечалось использовать 864 спутника на орбитах высотой 1175 км с общей пропускной способностью 8 Тбайт/с. Предполагалось, что в системе будет 2 млн абонентов сетей 5G, 200 тыс. абонентов с широкополосным доступом и 10 млн IoT-систем.

В декабре 2019 г. компания CASI объявила о завершении испытаний связанных технологий.

В 2020 г. планировалось провести запуски более четырех демонстрационных ИСЗ.

В системе в 2021...2025 гг. намечалось использовать 156 спутников.

Компания SED (Space Engineering Development) – дочерняя у компании CASI, планировала в марте 2021 г. на своем заводе начать производство спутников для системы Hongyun с производительностью до 240 ИСЗ в год.

2.1.3.5. Проект системы Lightspeed (Канада)

Система Lightspeed (ранее имела наименование LEO Vantage) предназначена для предоставления услуг широкополосной спутниковой связи в глобальном масштабе в национальных интересах Канады.

Проект реализует канадская компания Telesat.

⇒ Telesat Canada: www.telesat.com/leo-satellites

Космический сегмент

В системе LEO Vantage использовался один спутник (табл. 2.24).

Таблица 2.24

Наименование ИСЗ	Дата запуска	Ракета-носитель	Номер NORAD	Параметры орбиты	
				высота в апогее/перигее, км	наклонение, град.
LEO VANTAGE-1 (LEO-1)	12.01.18	PSLV-XL	43113	1005/435	99,1

В мае 2016 г. компания Telesat заказала два экспериментальных прототипа спутника системы у компаний Space Systems Loral и Surrey Satellite Technology Limited (входит в группу компаний Airbus Defence & Space) – LEO VANTAGE-2 и LEO VANTAGE-1 соответственно. В создании спутника LEO VANTAGE-2 принимал участие университет Toronto (Канада). Оба прототипа оснащались приемопередающим оборудованием Ka-диапазона частот и должны были запускаться на орбиты высотой около 1000 км в середине 2017 г.

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

Запуск первого спутника (LEO VANTAGE-2), разработанного на основе платформы SSL-100 (масса около 70 кг), состоялся в ноябре 2017 г. В результате аварии PH аппарат был утерян.

Запуск второго прототипа (LEO VANTAGE-1, PHASE 1 LEO) с помощью PH PSLV осуществлен в январе 2018 г. Спутник был размещен на начальной орбите высотой 506/494 км, после чего в течение четырех месяцев осуществлялся его перевод на рабочую орбиту высотой 1000/996 км. Однако высота орбиты ИСЗ в перигее осталась начальной. ИСЗ создан на основе платформы SSSL-42 и имеет массу около 168 кг.

Для проведения экспериментов со спутником используется наземное оборудование Telesat, установленное на территории телепорта в Allan Park (пров. Онтарио, Канада).

Компанией рассматривались два возможных варианта построения системы, нашедшие отражение в проектах систем Commstellation и Canpol-2.

В соответствии с проектом системы Commstellation космический сегмент должен насчитывать 794 ИСЗ в 12 орбитальных плоскостях. На начальном этапе возможно развертывание космического сегмента из 45 ИСЗ – по 9 ИСЗ в пяти орбитальных плоскостях с разнесом 36° между ними. Орбиты спутников – круговые с высотой около 1250 км. Для радиолиний «Земля-ИСЗ» планируется использовать диапазоны частот 27,5...28,35, 28,35...28,6, 28,6...29,1, 29,5...30 ГГц, для радиолиний «ИСЗ-Земля» – 17,8...18,3, 18,3...18,8, 18,8...19,3, 19,7...20,2 ГГц.

В 2011 г. с проектом создания одноименной системы – COMMStellation – выступала компания Microsat Systems Canada. Система должна была состоять из 84 спутников, функционирующих на орбитах высотой 1000 км в 6 орбитальных плоскостях (с разнесом между плоскостями – 30°) – по 13 основных и одному резервному спутнику в каждой плоскости. Предполагалось, что при массе 150 кг спутники смогут обеспечить пропускную способность до 12 Гбит/с и будут иметь расчетный срок функционирования 10 лет.

Проект системы Canpol-2 предусматривает развертывание системы из 72 ИСЗ в 8 орбитальных плоскостях на низких и высокоэллиптических орбитах. На спутниках будет устанавливаться радиосистемы VHF-, UHF-, X- и Ka-диапазонов частот. На начальном этапе возможно развертывание космического сегмента из 45 ИСЗ на низких круговых орбитах высотой 1250 км (по 9 ИСЗ в пяти орбитальных плоскостях с разнесом 36° между ними) и 6 ИСЗ в трех орбитальных плоскостях на эллиптических орбитах высотой в апогее/перигее 48400/23100 км (по два спутника в каждой плоскости). В Ka-диапазоне частот в системе Canpol-2 предполагается использовать те же диапазоны частот, что предусмотрены в системе Commstellation.

Наиболее вероятным являлось развертывание системы LEO Vantage в составе 117 низкоорбитальных КА на двух типах орбит – полярных (наклонение $99,5^\circ$) высотой 1000 км и неполярных (наклонение $37,4^\circ$) высотой 1248 км. На полярных орбитах будут размещены 72 ИСЗ (по 12 спутников в 6 плоскостях), на наклонных – 45 (по 9 спутников в 5 плоскостях). Контракт на производство спутников планировалось заключить в 2017 г. Не менее трети спутников системы должны быть запущены к 1 июля 2021 г.

В 2018 г. компания Telesat заключила два предварительных контракта на разработку проектных предложений по будущей системе с разработчиками двух экспериментальных спутников серии LEO VANTAGE – компанией Airbus и группой из компаний Thales Alenia Space и Maxar Technologies.

Решение о выборе проекта системы для дальнейшей реализации планировалось принять в середине 2019 г. По заявлениям представителей компании Telesat, на начальном этапе создания в системе будет использоваться 117 ИСЗ. В дальнейшем количество спутников будет увеличено минимум до 292, но, возможно, и до 512. Сроки начала использования системы были перенесены на 2022 г.

По заявлениям представителей компании Telesat в апреле 2020 г., система для обеспечения функционирования сети Telesat Lightspeed будет насчитывать 298 ИСЗ. Общая пропускная способность системы составит 15 Тбайт/с. Задержка сигналов составит 30...50 мс.

Начало развертывания спутников системы – 2022 г. Планировалось иметь 78 ИСЗ на полярных орбитах высотой 1015 км (по 13 спутников в шести плоскостях). Остальные 220 ИСЗ предполагалось вывести на неполярные орбиты высотой 1325 км (по 11 спутников в 20 плоскостях) до конца 2023 г.

Выбор подрядчика был намечен на середину 2020 г. В итоге конкурса победила компания Thales Alenia Space, которая изготовит спутники серии LIGHTSPEED (рис. 2.26), масса каждого ИСЗ с расчетным сроком функционирования 12 лет составит 700...750 кг (мощность системы электропитания – около 4 кВт).

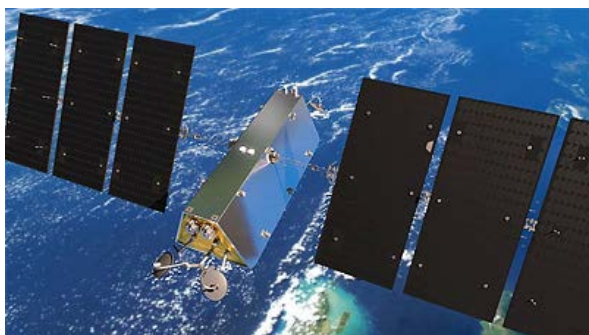


Рис. 2.26. Конструктивная схема ИСЗ серии LIGHTSPEED

На спутниках будут использоваться газовые (криптоновые) и электрические двигатели. Совокупность ФАР Кадиапазона частот всех спутников системы обеспечит формирование около 135 тыс. узких лучей диаграмм направленности для глобального охвата земной поверхности. Межспутниковая оптическая связь с высокой пропускной способностью будет содержать около 1200 каналов. Обработка сигналов (модуляция, демодуляция и маршрутизация) будет осуществляться на борту ИСЗ.

В феврале 2021 г. компания Telesat заключила с компанией Thales Alenia Space контракт на изготовление 298 спутников серии LIGHTSPEED.

В апреле 2021 г. компания Telesat объявила о планах привлечь 500 млн долл. США в долг с тем, чтобы развивать проект системы Lightspeed и в 2022 г. начать запуски спутников.

В конце 2021 г. планировалось начать сведение с орбиты ИСЗ LEO VANTAGE-1 (LEO-1), но этого не произошло.

Наземный сегмент

В составе наземного сегмента предполагалось использовать 50 шлюзовых станций. Первая шлюзовая станция развернута в Allan Park (Ontario, Toronto).

Абонентские терминалы

Одиночный наземный абонентский терминал обеспечит приемопередачу данных со скоростями до 7,5 Гбит/с, а групповой наземный абонентский терминал (удаленных абонентских сообществ, в аэропортах и морских портах) обеспечит приемопередачу данных со скоростями до 20 Гбит/с.

2.1.3.6. Проект системы LeoSat (США)

Система LeoSat предназначена для предоставления услуг высокоскоростного доступа в сеть Интернет как стационарным так и подвижным пользователям в нефтегазовой отрасли, операторам связи, судоходным компаниям, компаниям, использующим VSAT-сети, и пр.

Работы по созданию системы ведет компания LeoSat (штаб-квартира – Arlington, шт. Вирджиния). Компания образована бывшими руководителями компании Schlumberger Cliff Anders и Phil Marlar.

В 2014 г. началась разработка эскизного проекта системы. К июлю 2015 г. при участии Thales Alenia Space планировалось завершить технико-экономическое обоснование будущей системы, включая наземный сегмент. Стоимость проекта оценивалась в 3,6 млрд долл. США. Несмотря на то, что первоначально система была ориентирована на предоставление услуг фиксированной связи, спектр услуг системы планируется расширить, включив в него также обслуживание подвижных пользователей.

⇒LeoSat: www.leosat.us

В 2017 г. о намерении инвестировать в проект создания системы около 100 млн долл. США заявила японская компания SKY Perfect JSAT.

В 2018 г. о готовности инвестировать в проект заявила компания Hispasat. Также компания LeoSat заключила соглашение с ESA об объединении усилий по демонстрации возможностей использования спутниковых систем для передачи данных в 5G-сетях.

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

В ноябре 2019 г. компания LeoSat объявила о завершении поиска инвесторов и прекращении работ по проекту.

Космический сегмент

Проект системы предусматривает использование 80...140 низкоорбитальных спутников, оснащенных ретрансляторами Ka-диапазона частот. Спутники предполагается размещать в 6 орбитальных плоскостях. Спутники планируется выводить на полярные орбиты с наклоном 90° и высотой 1400...1800 км. На начальном этапе эксплуатации космический сегмент может насчитывать 84 (13 основных и один резервный ИСЗ в каждой плоскости) или 108 спутников (18 ИСЗ в каждой плоскости). Начать предоставление услуг связи в глобальном масштабе компания планирует после запуска 54 ИСЗ.

Рабочие диапазоны частот системы: 17,8...18,6 и 18,8...20,2 ГГц (радиолинии «спутник-Земля»), 27,5...29,1 и 29,5...30,0 ГГц (радиолинии «Земля-спутник»), 18,8...18,81 ГГц (служебная радиолиния «спутник-Земля») и 28,6...28,61 ГГц (служебная радиолиния «Земля-спутник»).

Спутники будут оснащаться антеннами Ka-диапазона частот – 10 перенацеливаемыми, обеспечивающими двустороннюю передачу данных со скоростью до 1,6 Гбит/с, и двумя перенацеливаемыми для двусторонней передачи данных со скоростью до 5,2 Гбит/с.

Для снижения затрат на наземный сегмент и задержки передачи в системе будет использована межспутниковая связь в оптическом участке электромагнитного спектра (четыре комплекта на каждом ИСЗ).

ИСЗ планируется создавать на основе платформы ELiTeBUS-2000 Plus компании Thales Alenia Space (рис. 2.27).



Рис. 2.27. Возможная конструктивная схема ИСЗ системы LeoSat

Масса спутников составит 1250 кг, масса полезной нагрузки – 430 кг, масса топлива – 150 кг. На спутниках будет устанавливаться система электропитания мощностью 2,5 кВт. Планируется обеспечить полную совместимость с протоколами стандарта LTE для обеспечения бесшовной передачи через спутники системы трафика LTE-сетей.

На 2019 г. был запланирован запуск двух демонстрационных ИСЗ системы, которые будут осуществлять ретрансляцию данных в режиме «store-and-forward». Начало предоставления услуг системы в полном объеме ожидалось в 2022 г.

Наземный сегмент

В составе наземного сегмента предполагалось использовать 6...12 шлюзовых станций.

Абонентские терминалы

Абонентские терминалы системы планируется оснащать антенными системами диаметром 0,6...1 м. Также ведется работа по уменьшению массогабаритных характеристик терминалов за счет использования твердотельных компонентов и системы электронного сканирования. Стоимость терминалов верхнего уровня будет начинаться от 50 тыс. долл. США, а упрощенных терминалов нижнего ценового сегмента составит около 10 тыс. долл. США.

2.1.3.7. Проект системы MCSat (Франция)

Система предназначена для организации доступа к широкополосным спутниковым каналам связи в любой точке Земли, а также обеспечения резервирования наземных сетей связи и создания надежной и защищенной космической телекоммуникационной инфраструктуры различного назначения.

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

В проекте планировала принять участие компания Thales, подавшая в национальное агентство Франции по частотам заявку на создание системы MCSat.

Космический сегмент

Концепция системы предусматривает использование ИСЗ, работающих в Ku- (12...18 ГГц) и Ka- (26,5...40 ГГц) диапазонах частот. Планируется гибридное построение системы с использованием трех типов орбит – низких, средних и высоких эллиптических. Общее число спутников системы может составить 800...4000. Кроме того, возможно дополнение системы геостационарной компонентой, для чего Францией поданы заявки на координацию использования системой MCSat следующих позиций геостационарной орбиты: 36, 42, 48, 54, 60, 66, 72, 78, 84, 90, 96, 102, 108, 114, 150, 156, 162, 168, 174, 180° в.д.

2.1.3.8. Проект системы компании Boeing (США)

Система предназначена для предоставления услуг фиксированной связи для высокоскоростного доступа в сеть Интернет с низкой задержкой сигнала в труднодоступных и малонаселенных районах.

Для организации связи планировалось использовать Ka- и V-диапазоны частот.

В системе могут быть использованы наработки и результаты исследований, выполнявшихся в рамках подготовки в начале 2000-х годов проекта геостационарной системы Expressway, предназначенной для предоставления услуг фиксированной связи в глобальном масштабе.

Космический сегмент

На спутниках системы будут предусмотрены резервирование критически важных бортовых подсистем и защита от столкновения с космическим мусором.

На начальном этапе планируется использовать 1396 ИСЗ. Спутники будут размещаться на околокруговых орбитах высотой 1030...1082 км в 35 основных орбитальных плоскостях (по 32 ИСЗ в плоскости) с наклоном 45° и 6 дополнительных орбитальных плоскостях (по 46 ИСЗ в плоскости) с наклоном 55°. На последующем этапе развития системы число спутников будет доведено до 2956 за счет запуска спутников в 12 новых орбитальных плоскостях (по 46 ИСЗ в плоскости) с высотой орбиты 1082 км и наклоном 55° и 21 орбитальную плоскость (по 48 ИСЗ в плоскости) с высотой орбиты 970 км и наклоном 88°.

Также существуют планы использования спутников на средних или высоких эллиптических (высота апогея/перигея – 44221/27355 км, наклонение – 63,4°) орбитах (до 60 ИСЗ – по 20 в трех плоскостях), работающих в диапазонах частот 27,6...29,1, 29,5...30 ГГц (радиолинии «Земля-ИСЗ») и 17,8...19,3, 19,3...19,7, 19,7...20,2 ГГц (радиолинии «ИСЗ-Земля»), или комбинации спутников на низких (до 132 спутников, высота орбиты 1056 км) и высоких эллиптических (до 15 спутников, высота орбиты 27355...44221 км) орбитах, использующих диапазоны частот 51,15...51,4 ГГц (радиолинии «Земля-ИСЗ») и 37,5...42 ГГц (радиолинии «ИСЗ-Земля»).

В 2017 г. компания Boeing известила федеральную комиссию по связи США о намерении переформировать одну из сделанных заявок на компанию SOM1101, образованную Greg Wylar – исполнительным директором WorldVu Satellites (разработчик системы OneWeb). Спутниковая система, которую планирует создавать SOM1101, может выступать в качестве альтернативы или дополнения к системе OneWeb.

Наземный сегмент

Наземный сегмент системы будет содержать сеть наземных шлюзовых станций, соединенных оптоволоконными линиями связи. Управление работой системы обеспечат главный и несколько региональных центров управления.

2.1.3.9. Проект системы Fuxing (Китай)

Проект системы Fuxing предложен китайской компанией CASI (China Aerospace Science and Industry Corporation) аэрокосмической науки и промышленности и предусматривает создание группировки низкоорбитальных спутников для предоставления в глобальном масштабе услуг связи и широкополосного доступа в сеть Интернет.

В системе может использоваться до 156 спутников, расположенных на орбитах высотой около 1000 км.

Велся поиск источников финансирования и формирование кооперации разработчиков. С этой целью в 2015 г. представителями компании CASI проведено несколько консультационных встреч с представителями АО «ИИС».

2.1.3.10. Проект системы компании Karousel (США)

Система создается компанией Karousel LLC (Alexandria, штат Вирджиния) и предназначена для организации передачи видеоконтента и других данных по технологии IP-вещания OTT (Over the Top) на территории Северной и Южной Америки, Европы, Африки, Австралии и Юго-Восточной Азии. С помощью системы планируется обеспечить дополнительные возможности и удобство доступа к разнообразному видеоконтенту для жителей населенных пунктов, удаленных от крупных городов и мегаполисов.

Особенностью системы должно стать использование кэширования наиболее популярных видеотрансляций в наземном центре для последующей передачи абонентам системы. По мнению разработчиков это позволит избежать проблем с задержкой сигнала и доступностью сервисов, характерных для систем доставки контента на основе облачных и CDN-технологий. Основу видеоконтента составят художественные и документальные фильмы, телевизионные шоу, выпуски новостей, ранжированные в соответствии с предпочтениями пользователей. Скорость передаваемых со спутников потоков видеоданных будет достигать 8 Гбит/с.

Космический сегмент

Предполагается использовать 12 ИСЗ на геосинхронных эллиптических орбитах с наклоном 63,4° и высотой в апогее/перигее 40002/31570 км. Спутники разделены на три группы по четыре ИСЗ в каждой, обеспечивающие предоставление услуг системы в трех географических районах с центральными долготами 85° з.д., 25° и 135° в.д.

Рабочие диапазоны частот системы – 10,7...12,7; 17,8...19,3; 19,7...20,2 ГГц (радиолинии «ИСЗ-Земля») и 14...14,5; 27,5...30 ГГц (радиолинии «Земля-ИСЗ»). С целью исключения создания помех геостационарным спутникам систем связи в создаваемой системе предусмотрена организация защитной нерабочей зоны в пределах 35° ю.ш. и 35° в.д.

Абонентские терминалы

Абонентское оборудование системы будет представлять собой недорогой спутниковый терминал с планарной или параболической антенной диаметром 45...75 см, упрощенным приемо-передающим устройством и HDD- или SSD-накопителем для записи видеоданных. Предполагается выпуск различных модификаций терминала, отличающихся характеристиками используемых устройств. Для просмотра видеоконтента абонент сможет воспользоваться установленным на терминале приложением или сторонними внешними устройствами, такими как медиапроигрыватели, смартфоны и планшеты.

2.1.3.11. Проект системы компании ViaSat (США)

Компания ViaSat разрабатывает систему высокоскоростной связи со спутниками на средних орбитах, которая должна расширить возможности существующей системы на основе геостационарных спутников серии VIASAT.

Ожидается, что система будет содержать 24 основных спутника на круговых орбитах высотой 8200 км и наклоном 87°. Спутники предполагается разместить в 8 орбитальных плоскостях по 3 ИСЗ в каждой (первоначально заявлялось использование трех плоскостей по 8 основных и одному резервному ИСЗ в каждой).

В системе предусматривается возможность межспутниковой ретрансляции данных с использованием геостационарных ИСЗ. Для организации связи планируется использовать диапазоны частот 27,5...29,1, 29,5...30 ГГц (радиолинии «Земля-спутник» и «среднеорбитальный спутник – геостационарный спутник»), 17,8...19,3, 19,7...20,2 ГГц (радиолинии «спутник-Земля» и «геостационарный спутник – среднеорбитальный спутник»).

Кроме того, компания ViaSat рассматривает возможность использования V-диапазона частот, в частности поддиапазонов 37,5...42 ГГц (радиолиния «спутник-Земля»), 47,2...50,2 и 50,4...51,4 ГГц (радиолинии «Земля-спутник»). Служебные радиолинии будут функционировать в диапазонах частот 18,801...18,803 (передача на Землю) и 28,601...29,199 ГГц (передача на спутник).

Антенная система спутников сможет формировать 32 перенацеливаемых луча в V-диапазоне частот и 8 лучей в Ka-диапазоне частот (правая и левая круговая поляризации сигнала). Задержка передачи и подтверждения получения данных не будет превышать 150 мс.

В конце 2018 г. компания ViaSat заявила о сокращении количества ИСЗ в системе с 24 до 20. Они будут размещаться не в восьми, а в четырех орбитальных плоскостях.

Абонентские станции сети будут оснащаться ФАР размерами 30 или 60 см, шлюзовые станции – антенными системами с зеркалами диаметром 1 м.

2.1.3.12. Проект системы «Скиф» (Российская Федерация)

Система «Скиф» предназначена для обеспечения высокоскоростной передачи данных и доступа в Интернет на территории Российской Федерации, начиная 48° с.ш.

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

Заявка на орбитально-частотный ресурс системы была подана от Российской Федерации в 2015 г.

Проект системы «Скиф» высокоскоростной передачи данных со спутниками на средних орбитах разработан ООО «Д.К. Орбитал», основанной в 2016 г. Финансовую поддержку работам по проекту осуществляет фонд «Сколково».

Компания «Д.К. Орбитал» совместно со своими партнерами – компаниями «Зонд-Холдинг» (АО Zond-Holding (Москва)) и «ИСС им. академика М. Ф. Решетнева» проводит в рамках НИОКР исследование проектного облика системы и возможности изготовления демонстрационного образца спутника и его полутного выведения на рабочую орбиту.

В системе «Скиф» планировалось использовать 4...12 спутников на средних орбитах высотой 8070 км с наклоном 89°. Спутники будут оснащаться многолучевыми ФАР Ka-диапазона частот. Диаметр зоны обслуживания одного луча – 40 км. Обслуживание пользователей на территории Российской Федерации, начиная 48° с.ш., предполагалось обеспечивать четырьмя ИСЗ. Для глобального охвата состав системы потребует увеличение группировки до 12 спутников (по четыре ИСЗ в трех плоскостях).

Наземный сегмент системы содержит сеть шлюзовых станций в местах, в которых обеспечивается доступ к ресурсам сети Интернет, а также сеть абонентских терминалов для подключения операторов фиксированной и мобильной связи в населенных пунктах с большим числом абонентов, в которых отсутствует развитая наземная инфраструктура связи, и подключения отдельных базовых станций операторов или других подобных применений.

Компания «Д.К. Орбитал» рассчитывала, что в случае запуска в 2019 г. первых прототипов системы с механически перенацеливаемыми антеннами, запуски ИСЗ с ФАР могут начаться в 2020 г., а полное развертывание системы с ИСЗ, оснащенными ФАР, произошло бы после 2022 г.

В августе 2021 г. компания «Зонд-Холдинг» получило разрешение ГКРЧ на выделение полос частот 10,95...11,2; 11,45...11,7; 12,5...12,75/13,75...14,5 ГГц для использования на ИСЗ SKY-F-KU на геостационарной орбите (157° в.д.) и земных станциях.

Предоставление услуг по доступу в сеть Интернет планируется осуществлять с суммарной пропускной способностью 1,8 Тбит/с и 130 мс круговой задержкой и со скоростями до 15 Гбит/с для абонентов.

Спутники серии СКИФ создаются на основе платформы ЭКСПРЕСС-1000 компании «ИСС имени академика М. Ф. Решетнева».

В сентябре 2021 г. компания «ИСС имени академика М. Ф. Решетнева» приступила к изготовлению демонстрационного спутника СКИФ-Д (рис. 2.28).



Рис. 2.28. Конструктивное исполнение ИСЗ СКИФ-Д

Запуск первого демонстрационного спутника СКИФ-Д планировался на октябрь 2022 г.

Запуски 12 ИСЗ серии СКИФ намечены на 2024 г. (два ИСЗ), 2026 г. (шесть) и 2028 г. (четыре).

2.1.3.13. Проект системы «Сфера» (Российская Федерация)

Проект создания многофункциональной системы «Сфера» планируется реализовывать в рамках одноименной федеральной целевой программы.

Разработка проекта системы осуществлялась при участии АО «Российские космические системы» и Ракетно-космической корпорации «Энергия» имени С.П. Королева.

Система может состоять из нескольких орбитальных сегментов, ориентированных на выполнение различных задач – спутниковая связь, съемка Земли, навигационное обеспечение и т.д. Сегмент, предназначенный для обеспечения подвижной связи, доступа в Интернет, передачи IoT- и M2M-данных, транспортного мониторинга и управления беспилотными летательными аппаратами изначально проектировался как система «Эфир», содержащая 288 спутников на орбитах высотой 870 км. За основу для создания ИСЗ этого сегмента могут быть взяты спутники системы «Гонец». Общее количество спутников в системе «Сфера» предполагается довести до 640. Развертывание системы планировалось начать в 2022 г. Для запусков ИСЗ намечалось использовать РН АНГАРА-А5.

Развертывание связанного сегмента планировалось завершить в 2025...2028 гг. Затраты на его создание оценивались в 300 млрд руб.

В марте 2022 г. по причине экономических ограничений, введенных Соединенным Королевством, и в связи с завершением сотрудничества госкорпорации «Роскосмос» и компании OneWeb (Соединенное Королевство) в результате реорганизации ООО «Уанвеб» и на базе компании «Гонец» в РФ был создан новый спутниковый оператор – компания «Сфера» – космические информационные технологии». Новый спутниковый оператор займется эксплуатацией и предоставлением услуг на базе систем, входящих в федеральный проект «Сфера».

В апреле 2022 г. был утвержден федеральный проект «Сфера» на период до 2030 г. В бюджете на плановый период с 2022 по 2024 гг. предусмотрено финансирование основных мероприятий в размере 21 млрд руб., а после 2024 г. по 10 млрд руб. ежегодно.

К середине 2022 г. в космический сегмент системы «Сфера» входили:

- семь ИСЗ связи семейства ЭКСПРЕСС;
- четыре ИСЗ связи серии ЭКСПРЕСС-РВ (для широкополосного доступа в сеть Интернет);
- 12 ИСЗ связи серии СКИФ (для широкополосного доступа в сеть Интернет);
- 264 спутника связи серии МАРАФОН (для обеспечения передачи IoT-данных);
- два спутника связи семейства ЯМАЛ,

а также три спутника дистанционного зондирования Земли серии СМОТР, 84 ИСЗ оптоэлектронной съемки серий БЕРКУТ-О (СФЕРА-МКА) и БЕРКУТ-ВД (СФЕРА-СМКА) и 12 ИСЗ радиолокационной съемки серий БЕРКУТ-Х (СФЕРА-Х) и БЕРКУТ-ХЛР (СФЕРА-ХЛР).

2.1.3.14. Проект системы Halo (США)

Проект создания средневысотной системы оптической ретрансляции данных Halo (High Articulation Laser Optics) реализуется с 2012 г. компания Laser Light Communications (Reston, штат Вирджиния, США). Основными преимуществами системы должны стать снижение на 75% времени прохождения сигнала, меньшая стоимость по сравнению с геостационарной системой и затратами на прокладывание волоконно-оптических линий связи в удаленные районы, высокая защищенность от несанкционированного доступа к информации с исключением промежуточных наземных линий и узлов связи, высокая гибкость предоставления услуг при изменении требований потребителей.

Среди потенциальных потребителей системы называются центры обработки данных, крупнейшие компании мира, сети распространения контента, финансовые и государственные структуры.

⇒ Laser Light Communications: www.laserlightcomms.com

В системе Halo планируется использовать 8...12 спутников на средних орбитах, размещенных в приэкваториальной орбитальной плоскости. Расчетный срок функционирования ИСЗ составит 10...15 лет. Каждый ИСЗ будет оснащен 6 комплектами оборудования для организации оптических фидерных линий связи с пропускной способностью 100 Гбит/с каждая, а также 4 комплектами оборудования межспутниковой связи. Пропускная способность каждой из межспутниковых линий связи – 200 Гбит/с. Рабочий участок спектра оптической системы спутников – 1,525...1,565 мкм. Ее разработку осуществит компания Ball Aerospace.

В системе предполагается использовать защищенные линии связи типа «точка-точка» и исключить агрегирование трафика на одном или нескольких спутниках. В зоне видимости наземной станции, устанавливаемой у пользователя системы, всегда будет находиться два спутника для обеспечения непрерывности доступа к системе. Станции подключены к наземным оптоволоконным сетям и могут резервировать другие станции в своем регионе (Европейском, Азиатско-Тихоокеанском, Африканском и т.д.). Пользовательские станции соединены оптическими линиями с региональными узловыми станциями. Всего планируется развернуть 20...25 региональных станций. Работы по созданию наземных станций ведет компания L-3 Communications.

Наземные узлы системы планируется размещать в узлах магистральных наземных и подводных оптических сетей для обеспечения сетевого доступа в случае недоступности региональных станций сети из-за атмосферных условий. При получении неблагоприятного метеорологического прогноза для определенных наземных станций они будут временно (за несколько часов до наступления прогнозируемых метеоусловий) отключаться от сети, а маршрутизация трафика пользователей планироваться с учетом новой конфигурации.

Функционал системы управления сетью, получившей наименование StarBeam (разработка компании CloudSmartz), обеспечивает динамическое предоставление услуг, гибкую маршрутизацию трафика без использования

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

выделенных узлов с использованием принципов и технологий программно-коммутируемых сетей и виртуализированных сетевых функций, возможность самовосстановления сети.

Развертывание системы планировалось осуществить в 2020 фин. г.

В 2020 г. рассматривался вариант состава космического сегмента системы из 12 ИСЗ на средних орбитах. Общая пропускная способность системы составит 33 Тбайт/с. В системе предполагалось использовать 48 оптических каналов межспутниковой связи со скоростями по 200 Гбит/с и 72 оптических фидерных двухсторонних канала со скоростями до 100 Гбит/с.

2.1.3.15. Проект системы Astrome (Индия)

Индийский стартап Astrome Technologies планирует реализовать проект создания низкоорбитальной многоспутниковой системы высокоскоростной передачи данных. Система рассчитана на предоставление услуг высокоскоростного доступа в сеть Интернет и передачи данных для населения, проживающего в пределах 40° с.ш. и 40° ю.ш.

Проект был предложен в рамках грантового исследования Neha Satak и Prasad Bhat, выполненного в 2015... 2016 гг. при поддержке компании Cisco.

⇒ Astrome Technologies: www.astrome.co

По замыслу разработчиков система Astrome должна включать 200 спутников (первоначально называвшееся количество ИСЗ – 150) на экваториальных орбитах высотой 1400 км. Предполагается, что это будут ИСЗ класса «микроспутник». Они будут оснащаться ретрансляторами КВЧ-диапазона частот с пропускной способностью до 100 Гбит/с и многолучевыми антенными системами.

В 2019 г. планировался запуск экспериментального ИСЗ системы.

Развертывание системы в полном объеме предполагалось осуществить в 2020 г.

2.1.3.16. Проект системы компаний Spacety и LaserFleet (Китай)

Система предназначена для обеспечения глобальной высокоскоростной связи с воздушными и космическими аппаратами, а также предоставления доступа в сеть Интернет для авиапассажиров.

Система создается компанией LaserFleet совместно с компанией Spacety Aerospace Co., которая также выступает соучредителем LaserFleet. Компания Spacety выступает разработчиком ИСЗ системы, а оператором системы станет компания LaserFleet.

Компания LaserFleet также известна под названием Shenzhen Guangwang Space Technology Co., Ltd. Главный офис компании расположен в Пекине, площадка для исследований и разработок находится в Шанхае.

Компания Spacety Aerospace создана на основе института Tianyi Research Institute (Changsha, провинция Hunan) космических исследований и специализируется на создании малоразмерных ИСЗ различного назначения.

⇒ Spacety: en.spacety.com

⇒ LaserFleet: www.lf.link

В составе системы планируется использовать 288 ИСЗ, размещенных в 12 орбитальных плоскостях по 24 спутника в плоскости на орбитах высотой около 1000 км. С помощью спутников системы предполагается обеспечить глобальный охват Земли для предоставления услуг связи в любой точке воздушного пространства. С помощью спутников системы планируется предоставлять каналы связи с пропускной способностью до 1 Гбит/с.

В течение 2019...2020 гг. намечалось осуществить разработку технических решений превосходящие по эффективности передачи данных и стоимости лучшие образцы оборудования спутниковой связи в Ku-, Ka- и V-диапазонах частот, использование которых планировалось начать к 2022 г. В работах по созданию оборудования оптической связи участвует шанхайский институт (Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics) оптических и точных механических средств китайской академии наук.

Космический сегмент

В системе использовался один спутник (табл. 2.25).

Таблица 2.25

Наименование ИСЗ	Дата запуска	Ракета-носитель	Номер NORAD	Параметры орбиты	
				высота в апогее/перигее, км	наклонение, град.
XIAOXIANG-1-02 (TY 1-02)	29.10.18	LONG MARCH-2C	43155	536/515	97,3

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

Для отработки технологий межспутниковой связи, которые планируется использовать в системе, в октябре 2018 г. на орбиту был выведен технологический ИСЗ **XIAOXIANG-1-02** (TY 1-02).

На спутнике установлено экспериментальное оборудование оптической связи. Спутник выполнен в форм-факторе 6U и имеет массу 8 кг. Используются приемопередатчики на частотах 435,5; 2403 и 5833/5653 МГц. Поставку комплектов для сборки ИСЗ осуществила компания GomSpace. Разработка полезной нагрузки осуществлялась совместно с компанией Shenzhen Hangxing Optical Network Space Technology.

2.1.3.17. Проект системы Galaxy Space (Китай)

Проект системы Galaxy Space предложен основанной в 2016 г. китайской компанией-стартапом Galaxy Space (Beijing) и предусматривает создание группировки низкоорбитальных спутников для предоставления в глобальном масштабе услуг связи и широкополосного доступа в сеть Интернет (5G) со скоростями до 10 Гбит/с через каждый спутник в Ka- и Q-/V-диапазонах частот.

⇒ Galaxy Space: yinhe.ht/newsEn.html

Партнерами компании Galaxy Space являются корпорации China aerospace science and technology, China aerospace science and industry и China electronics technology group.

В системе предполагается использовать 144 спутника, расположенных на орбитах высотой в апогее/перигее около 638/621 км с наклоном 86,4°.

В октябре 2018 г. компания Galaxy Space в составе небольшой полезной нагрузки TANGGUO GUAN (CANDY TIN (JAR)), предназначенной для передачи сообщений покупателям китайской компании Alibaba, установленной на верхней ступени PH LONG MARCH-4B, успешно вывела на орбиту высотой в апогее/перигее 940/641 км и наклоном 99,5° экспериментальную полезную нагрузку YUQUAN-1, предназначенную для отработки технологий высокоскоростных вычислений, получения оптоэлектронных изображений и линий связи.

В ноябре 2018 г. компания Galaxy Space получила финансирование от компаний Shunwei Capital Partners, Morningstar Venture Capital, IDG Capital, Gaorong Capital и Source Code Capital. К сентябрю 2019 г. стоимость компании составила 710 млн долл. США.

Космический сегмент

В системе Galaxy Space использовались следующие спутники (табл. 2.26).

Таблица 2.26

Наименование ИСЗ	Дата запуска	Ракета-носитель	Номер NORAD	Параметры орбиты	
				высота в апогее/перигее, км	наклонение, град.
YINHE-1	16.01.20	KUAIZHOU-1A	45024	659/642	86,4
YINHE-2-01 (NANTONG-1)			51946	528/481	
YINHE-2-02 (YITUHAO XINGYUAN)			51947	528/482	
YINHE-2-03 (XUANCHENG-1)	05.03.22	LONG MARCH-2C	51948	527/483	63,4
YINHE-2-04 (BEIJING YOU-YINHE)			51949	527/483	
YINHE-2-05			51950	526/484	
YINHE-2-06			51951	526/483	

Для отработки технологий связи, которые планируется использовать в системе, в январе 2020 г. на орбиту был выведен технологический ИСЗ **YINHE-1**. Спутник, созданный на платформе GALAXY-1, имеет электрический двигатель, работа которого основана на эффекте Холла.

На спутнике (рис. 2.29) массой 227 кг установлено экспериментальное оборудование связи Ka-диапазона частот, которое может обеспечить пропускную способность до 10 Гбит/с.



Рис. 2.29. Внешний вид технологического ИСЗ YINHE-1

В марте 2022 г. на орбиты были выведены шесть ИСЗ серии YINHE-2 для проведения демонстрации концепции системы.

По конструкции имеется три типа ИСЗ серии YINHE-2 – первый (YINHE-2-05 и -2-06, с оптоэлектронными камерами и с двухсекционной панелью солнечных батарей), второй (YINHE-2-02, -2-03 и -2-04, без оптоэлектронных камер и с двухсекционной панелью солнечных батарей) и третий (YINHE-2-01, без оптоэлектронных камер с трехсекционной панелью солнечных батарей).

По оснащению все они аналогичны спутнику YINHE-1. На каждом спутнике массой 190 кг установлено экспериментальное оборудование связи Ka-диапазона частот, которое может обеспечить пропускную способность до 48 Гбит/с (в антенной системе используются по две параболические антенны).

Начальные орбиты имели высоты в апогее/перигее около 500/478 км. В дальнейшем предполагалось, что шесть спутников с помощью собственных электрических двигателей будут переведены на орбиты со средней высотой более 500 км и образуют равноудаленную систему спутников с разномом на 15...16 градусов для обеспечения бесшовной передачи данных.

В наземных шлюзовых станциях используется экспериментальное оборудование связи Q-/V-диапазонов частот.

2.1.3.18. Проект Kuiper системы компании Kuiper Systems (США)

В 2018 г. Mark Krebs был уволен из компании SpaceX и стал работать в компании Amazon по проекту Kuiper спутникового широкополосного доступа в сеть Интернет (в составе 3236 ИСЗ на орбитах в трех оболочках с высотами 590, 610 и 630 км, с использованием Ka-диапазона частот).

Для работ по проекту Kuiper компания Amazon создала компанию Kuiper Systems LLC (Seattle, штат Вашингтон, США).

⇒ Kuiper Systems LLC: <https://www.amazon.jobs/en/teams/projectkuiper>

Президентом компании Kuiper Systems стал Rajeev Badyal, который был уволен в 2018 г. из проекта Starlink компании SpaceX с должности вице-президента.

Космический сегмент

В апреле 2019 г. компания Amazon объявила о намерении финансировать и развернуть спутниковую систему по проекту Kuiper широкополосного доступа в сеть Интернет. В течение 10 лет компания Amazon предполагала развернуть все 3236 ИСЗ.

В апреле 2019 г. компания Amazon представила заявочные документы в федеральную комиссию по связи США.

В декабре 2019 г. стало известно, что компания Amazon обращалась в федеральную комиссию по связи США с тем, чтобы последняя отказалась от требований (например, подать заявку до 2016 г.), которым компании SpaceX и OneWeb должны были следовать, чтобы получить лицензии на свои многоспутниковые системы широкополосного доступа в сеть Интернет. К декабрю 2019 г. федеральная комиссия по связи США не приняла решения по этому запросу компании Amazon. При этом стало известно, что компания SpaceX просила федеральную комиссию по связи отклонить запрос компании Amazon.

В декабре 2019 г. компания Amazon планировала в 2020 г. перевести офис компании Kuiper Systems LLC в Redmond (штат Вашингтон).

В конце июля 2020 г. компания Amazon объявила об инвестировании более 10 млрд долл. США в проект Kuiper после получения разрешения федеральной комиссии по связи на создание своей многоспутниковой системы для обеспечения широкополосного доступа в сеть Интернет для абонентов в глобальном масштабе. Условием федеральной комиссии по связи для развертывания системы из 3236 ИСЗ являлось только то, чтобы они не создавали радиопомех

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

спутникам ранее разрешенных систем. К июлю 2026 г. должна быть развернута половина спутников системы, а полный состав космического сегмента – к июлю 2029 г.

В апреле 2021 г. в составе космического сегмента системы проекта Kuiper планировалось использовать 3236 ИСЗ, расположенных в 98 плоскостях орбит в трех оболочках с высотами 590, 610 и 630 км.

Вывод спутников на орбиты планируется РН различных компаний, поскольку ИСЗ и система их разведения спроектированы для использования нескольких типов РН.

В апреле 2021 г. компания Amazon заключила контракт на запуски ИСЗ девятью РН ATLAS-5.

На первом этапе предполагается вывести 578 ИСЗ на орбиты высотой 630 км и наклоном 51,9°.

В апреле 2022 г. компания Amazon объявила о заключении ряда контрактов на 83 запуска ИСЗ в течение 10 лет, в том числе 18 запусков с помощью РН ARIANE-6, 12 запусков с помощью РН NEW GLENN (с опционом еще на 15 запусков) и 38 запусков с помощью РН VULCANE.

Наземный сегмент

В ноябре 2018 г. компания Amazon объявила, что в наземном сегменте системы проекта Kuiper предполагается использовать сеть AWS Ground Station unit из наземных станций, расположенных в составе 12 комплексов компании Amazon.

Абонентские терминалы

В декабре 2020 г. компания Amazon представила общие характеристики недорогой плоской ФАР Ka-диапазона частот диаметром 0,3 м, которую она планирует использовать в абонентских терминалах системы проекта Kuiper. Такая ФАР должна обеспечивать абонентскому терминалу приемопередачу данных на скоростях до 400 Мбит/с в Ka-диапазоне частот (17,7...19,3/28,5...29,1 ГГц).

2.1.3.19. Проект системы компании Inmarsat

С июля 2021 г. компания Inmarsat начала создавать сеть Orchestra, в которую войдут сети на основе спутников на низких орбитах (около 200 спутников, намеченных к выводу на орбиты в 2025...2030 гг.), сети на основе спутников геостационарных орбитах (в том числе узкополосную сеть Elera L-диапазона частот для оказания услуг ретрансляции данных систем IoT) и наземные сети подвижной связи 5G. В период до 2026 г. компания Inmarsat инвестирует 100 млн долл. США в этот проект.

В декабре 2021 г. компании Inmarsat и Viasat объявили о плане создания во второй половине 2022 г. новой совместной компании, направленной на развитие глобальной спутниковой фиксированной и подвижной связи как широкополосной, так и узкополосной.

2.1.3.20. Проект системы Xiangyun-2 (Китай)

Низкоорбитальная спутниковая система Xiangyun предназначена для обеспечения высокоскоростного доступа в сеть Интернет, ретрансляции данных IoT-сетей и межмашинного обмена (M2M) в глобальном масштабе.

В 2017 г. в начале работ по системе Xiangyun предполагалось, что система Xiangyun будет обеспечивать ретрансляцию данных IoT-сетей в глобальном масштабе. Работы по созданию системы вела компания Shanghai Ok Space Ltd. (Space OK). В составе системы планировалось использовать 28...40 ИСЗ. Завершить развертывание системы намечалось в 2020 г.

В 2020 г. работы по системе Xiangyun были переориентированы на обеспечение абонентам высокоскоростного доступа в сеть Интернет.

Космический сегмент

В системе Xiangyun использовался один спутник (табл. 2.27).

Таблица 2.27

Наименование ИСЗ	Дата запуска	Ракета-носитель	Номер NORAD	Параметры орбиты	
				высота в апогее/перигее, км	наклонение, град.
JIADING-1 (OKW-01)*	19.11.18	LONG MARCH-2D	43713	499/481	97,4

* - не используется

Малый спутник **JIADING-1** (рис. 2.30) разработан на основе платформы OKW-SAT-50.



Рис. 2.30. Внешний вид ИСЗ JIADING-1

Масса ИСЗ 45 кг, размеры корпуса 60×40×50 см, мощность бортовой системы энергоснабжения – 75 Вт.

Радиосистема спутника работает в UHF-диапазоне частот.

Стоимость спутника – около 1,44 млн долл. США, расчетный срок функционирования – 3 года.

С 2020 г. работы по созданию системы на трех этапах (Xiangyun-1, -2 и -3) под руководством компании CASI ведет компания Shanghai Ok Space Ltd. (Space OK). В составе системы второго этапа планировалось использовать 12 малых ИСЗ, каждый из которых сможет обслуживать 320 тыс. абонентских терминалов. Завершить развертывание системы намечалось в 2023 г.

В 2021 г. планировалось вывести на орбиты 12 ИСЗ, однако позже ограничились шестью, но запусков не было.

В 2021 г. предполагалось, что спутники третьего этапа будут более совершенными, и каждый из них сможет обслуживать 750 тыс. абонентских терминалов. В составе системы третьего этапа планировалось использовать 80 малых ИСЗ. Завершить развертывание системы намечалось в 2025 г.

2.2. Системы с ИСЗ на геостационарных орбитах

2.2.3. Национальные системы

2.2.3.2. Индонезия

2.2.3.2.2. Проект спутника SATKOMHAN-1

Министерство обороны Индонезии с 2012 г. планировало развертывание национальной системы SatKomHan (англ. Military Satellite Communications) подвижной связи с использованием подспутниковой точки 123° в.д.

Точку 123° в.д. до 2015 г. занимал ИСЗ GARUDA-1.

Для сохранения прав на выделенные подспутниковую точку (123° в.д.) и участок L-диапазона частот (1525...1559 и 1517...1525 МГц), а также отработки технологий подвижной связи с 2015 г. у компании Avanti Communications Group арендовался выработавший ресурс спутник ARTEMIS. В 2016 г. спутник ARTEMIS находился в дрейфе в западном направлении и в декабре 2016 г. был остановлен в точке 123,5° в.д. В ноябре 2017 г. спутник ARTEMIS был переведен на орбиту захоронения.

В 2015 г. был объявлен конкурс на создание системы SatKomHan, в котором приняли участие семь компаний.

Контракт на создание спутника SATKOMHAN-1 (рис. 2.31) получила в 2016 г. компания Airbus Defence and Space.



Рис. 2.31. Конструктивная схема ИСЗ SATKOMHAN-1

В соответствии с контрактом ИСЗ SATKOMHAN-1 оснащался ретрансляторами L-диапазона частот, антенная система формировала 84 приемопередающих лучей диаграммы направленности, а мощность излучения в каждом луче составляла 26 Вт.

Основные технические характеристики ИСЗ SATKOMHAN-1

Платформа	EUROSTAR-3000GM
Стартовая масса, кг	5800
Сухая масса, кг	2900
Расчетный срок функционирования, лет.....	17+
Мощность, потребляемая полезной нагрузкой, кВт	7

Запуск ИСЗ SATKOMHAN-1 (123° в.д.) намечался на 2020 г., но был отложен на 2021 г.

В составе наземного элемента создавались два комплекса шлюзовых станций (компании Airbus и Hughes), два центра управления спутниками (компания Airbus) и два сетевых центра управления (компания Hughes), центр передачи команд и приема телеметрии (компании Navayo, Hughes и LEN).

Терминалы потребителей разрабатывались компаниями Navayo и Hughes.

В 2021 г. работы по проекту были прекращены.

2.4. Системы с ИСЗ на высоких эллиптических орбитах

2.4.2. Проект системы Arctic Satellite Broadband Mission (Норвегия, США и компания Inmarsat)

В 1995 г. при норвежском космическом центре NSC (Norwegian Space Centre) была образована государственная компания NRSE (Norsk Romsenter Eiendom AS), целью которой являлось обеспечение деятельности центра NSC в Арктике. Для этого компания NRSE располагает в собственности и арендует инфраструктуры, имеющие отношение к космической деятельности.

В частности, компании NRSE принадлежит оптоволоконный кабель между Норвегией и группой островов Свалбард (норв. Svalbard («холодный край»), нем. Spitzbergen, др.-рус. Грумант).

В 2001 г. для обслуживания орбитальных ИСЗ и приема данных от них на плато Berget (78°13' с.ш.) компанией KSAT (Kongsberg Satellite Services), являющейся совместным предприятием центра NSC и компаний NRSE (50% акций) и Kongsberg Defence and Aerospace, создана станция спутниковой связи SvalSat (Svalbard Satellite Station, к декабрю 2019 г. использовалось почти 100 антенных систем, работающих в L-, S-, C-, X- и K-диапазонах частот).

В 2013 г. госкомпания NRSE была переименована в госкомпанию Space Norway AS.

⇒ Space Norway AS: spacenorway.no

С 2014 г. компания Space Norway работает по проекту HEO Communication Satellites, по которому намечено вывести на высокие эллиптические орбиты (в одну плоскость с разнесением в плоскости с высотой 43509/8089 км, наклоном 63,4° и периодом обращения около 16 ч) два ИСЗ серии ASBM (Arctic Satellite Broadband Mission) для обеспечения широкополосной связи в Арктике для наземных и воздушных (выше 55° с.ш.) и морских (выше 70° с.ш.) гражданских и военных абонентов. Спутники будут размещены в одной орбитальной плоскости и сфазированы между собой с разнесом 180°. Долготы подполюсных точек орбит спутников – 19° и 139° в.д., 101° з.д.

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

Система первоначально предназначалась для обеспечения широкополосной связи в интересах норвежских государственных абонентов, прежде всего министерства обороны Норвегии, в арктическом регионе и на широтах выше 55° с.ш.

Предполагалось, что ИСЗ будут оборудоваться ретрансляторами Ku- и Ka-диапазонов частот 28...29 ГГц (фидерная радиолиния «Земля-спутник»), 18,2...19,2 ГГц (фидерная линия «спутник-Земля»), 10,7...12,7 и 19,7...20,2 ГГц (абонентские радиолинии «спутник-Земля»), 14...14,5 и 29,5...30 ГГц (абонентские радиолинии «Земля-спутник»). Бортовая антенная система Ka-диапазона частот обеспечит формирование двух перенацеливаемых зональных лучей (основной и резервной с шириной диаграммы направленности 2°) для связи с наземными шлюзовыми станциями (центр лучей – норвежский остров Vjornøya). Всего ИСЗ смогут формировать в каждом из Ku- и Ka-диапазонов частот семь перекрывающихся рабочих зон для обслуживания абонентов системы (семь лучей с шириной диаграммы направленности 3°).

Кроме того, изучался вопрос размещения на спутниках приемопередающего оборудования военной связи, работающего в диапазонах частот 7,9...8,15/7,25...7,5 ГГц (линия «вверх»/«вниз») и UHF (шесть каналов по 25 кГц сопрягаемых с системой тактической связи организации НАТО).

На спутниках системы намечалось установить две полезные нагрузки министерства обороны США для организации скрытных высокоскоростных каналов типа XDR, используемых в системе АЕНФ.

Продолжительность функционирования спутников на каждом витке составит 8 ч (4 ч до апогея и 4 ч после апогея). При пролете широт менее 35° с.ш. мощность передатчиков спутников будет автоматически уменьшаться, а в перигейной части витка ретрансляторы спутников будут выключаться. Организация связи будет осуществляться на основе звездообразной топологии с использованием технологий многостанционного доступа TDM/TDMA, SCPC и CDMA.

В 2017 г. компания Space Norway получила лицензию федеральной комиссии США по связи для предоставления услуг спутниковой подвижной связи на территории США.

В итоге работы по проекту HEO Communication Satellites проводятся компанией Space Norway в кооперации с министерством обороны США, министерством обороны Норвегии и компанией Inmarsat.

Министерство обороны США разместит на ИСЗ серии ASBM полезные нагрузки КВЧ-диапазона частот (Extremely High Frequency eXtended Data Rate (EHF XDR)) для обеспечения защищенной связи абонентам в Арктике. В феврале 2018 г. отделение Aerospace Systems компании Northrop Grumman получило контракт на 429 млн долл. США центра SMC космических и ракетных систем (директорат средств военной спутниковой связи) министерства ВВС на создание двух полезных нагрузок системы EPS-R для министерства обороны США. Работы по контракту отделение Aerospace Systems планирует завершить в декабре 2022 г.

Компания Space Norway для абонентов министерства обороны Норвегии в Арктике создает две полезные нагрузки X-диапазона частот, совместимые с американской системой WGS, и разместит их на ИСЗ серии ASBM.

Компания Inmarsat в рамках развития системы Global Xpress для подвижных абонентов в Арктике при сотрудничестве с компанией Space Norway (норвежская государственная компания, работающая по проекту HEO Communication Satellites) и ее дочерней компанией Space Norway HEOSAT создает две полезные нагрузки GX10A и GX10B коммерческого Ka-диапазона частот для их размещения на двух ИСЗ на высоких эллиптических орбитах. Управление полезными нагрузками обеспечит компания Space Norway.

Для проведения работ по проекту и последующего управления двумя спутниками создана компания-оператор Space Norway HEOSAT AS.

В июле 2019 г. компания Northrop Grumman в результате конкурса получила контракт компании Space Norway на проектирование, производство и интеграцию двух спутников серии ASBM (рис. 2.32) на основе платформы GEOSTAR-3 и на создание соответствующей критически важной наземной инфраструктуры.



Рис. 2.32. Конструктивная схема ИСЗ серии ASBM

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

Каждый спутник будет иметь расчетный срок функционирования 15 лет, массу около 2 т и с помощью солнечных батарей обеспечит мощность электропитания 6 кВт.

По окончании срока функционирования ИСЗ планируется переводить на орбиты, обеспечивающие прекращение их существования в течение 13 лет.

Главная наземная станция управления спутниками и сетями связи системы будет располагаться в Tromsø (Норвегия), резервная в Bardufoss (Норвегия). В Tromsø компанией KSAT построены четыре станции для управления спутниками. Оборудование и программное обеспечение центра управления спутниками для станций по контракту компании Northrop Grumman создала компания GMV.

Запуск спутников ASBM-1 и -2 планировался с помощью PH FALCON-9 v1.2 на конец 2022 г.

Ввод системы Arctic Satellite Broadband Mission в эксплуатацию намечался на вторую половину 2023 г.

2.4.3. Проект системы «Экспресс-РВ» (Российская Федерация)

В рамках федеральной космической программы РФ предусматривалось создание новой российской спутниковой группировки широкополосного доступа в сеть Интернет с развертыванием трех спутников серии ЭКСПРЕСС-RV на высоких эллиптических орбитах. Запуски спутников планировались на 2009 г.

В апреле 2008 г. компании ИСС и Thales Alenia Space подписали меморандум о совместном создании спутников серии ЭКСПРЕСС-РВ для высоких эллиптических орбит на основе платформы ЭКСПРЕСС-4000. Однако контракт на создание спутников не был заключен.

ФГУП «Космическая связь» с 2008 г. прорабатывало проект «Экспресс-РВ» вместе с компанией ИСС им. академика М.Ф. Решетнева в инициативном порядке.

В 2013 г. в министерстве связи и массовых коммуникаций были намерены возобновить работу по созданию многофункциональной системы спутниковой связи «Экспресс-РВ». Теперь система «Экспресс-РВ» входила в федеральную целевую программу (ФЦП) развития орбитальной группировки космических аппаратов гражданского назначения на 2017..2025 годы.

Спутники серии ЭКСПРЕСС-РВ массой по 3200 кг (масса топлива – 253 кг) намечалось использовать на высоких эллиптических орбитах типа «Тундра» с высотой в апогее/перигее 47200/24400 км и наклоном 63,4°.

Расчетный срок функционирования ИСЗ серии ЭКСПРЕСС-РВ составляет 15 (по другим данным, 10) лет, мощность системы электропитания в конце расчетного срока службы – 12,75 кВт. Каждый спутник серии ЭКСПРЕСС-РВ планировалось оснастить ретрансляторами L- (3), С- (10) и Ku- (12) диапазонов частот.

В Ku-диапазоне частот (10,97...11,7 ГГц) планировалось обеспечивать фиксированную спутниковую связь и связь с подвижными абонентами на всей территории РФ, в том числе в арктической зоне, в 12 лучах диаграмм направленности антенн с ЭИИМ на краю каждого луча 54 дБ·Вт и общей пропускной способностью системы из четырех ИСЗ до 4,4 Гбит/с. При этом предусматривалась возможность работы абонентских терминалов с антеннами диаметром 60...70 см со скоростями до 80 Мбит/с на прием.

Теперь запуски четырех спутников этой серии планировались в 2023...2024 гг.

В январе 2018 г. ГКРЧ отказалась выделять радиочастоты для системы OneWeb.

В январе 2019 г. ГКРЧ были завершены работы по радиочастотному обеспечению системы «Экспресс-РВ» для ФГУП «Космическая связь».

В апреле 2019 г. на финансирование проекта требовалось 58,8 млрд руб. из бюджета – на создание и запуски четырех ИСЗ и 46,6 млрд руб. внебюджетных вложений (в том числе 16,6 млрд руб. ФГУП «Космическая связь») – на создание наземного сегмента. Еще 30 млрд руб. требовалось от частных инвесторов на создание абонентского оборудования. Планировалось, что с июля 2019 г. начнутся работы по созданию пяти спутников (один резервный) и абонентского оборудования.

В 2019 г. государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос» (госкорпорация «Роскосмос») отказалась от участия в проекте «Экспресс-РВ» в связи с огромными расходами и отсутствием инвесторов.

В октябре 2019 г. предполагалось, что работы по проекту системы «Экспресс-РВ» будут начаты в рамках национального проекта «Цифровая экономика», но по этому проекту финансирование начинается только с 2022 г. Поэтому рассматривалось развитие проекта системы «Экспресс-РВ» в рамках реализации ФЦП «Сфера». Предполагалось, что запуски первых двух спутников серии ЭКСПРЕСС-РВ состоятся в 2022 г., а третьего и четвертого – в 2023 г.

В марте 2020 г. федеральное агентство связи РФ объявило, что спутники для системы «Экспресс-РВ» планировалось заказать во втором полугодии 2020 г., а запуски их намечалось осуществить в 2023 г.

В марте 2020 г. в федеральном проекте «Информационная инфраструктура» национальной программы «Цифровая экономика РФ» создание системы с ИСЗ серии ЭКСПРЕСС-РВ оценивалось в 42 млрд руб.

В мае 2020 г. ФГУП «Космическая связь» подтвердила планы обеспечить к 2024 г. предоставление услуг спутниковой связи в Ku-диапазоне частот на территории северных регионов России с помощью четырех ИСЗ серии ЭКСПРЕСС-РВ.

В июле 2020 г. представитель Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций (Минцифры) сообщил, что инвестиции в проект «Экспресс-РВ» должны составить 40 млрд руб. Запуски спутников намечались на 2024 г.

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

В июле 2020 г. ФГУП «Космическая связь» представило проект многофункциональной системы спутниковой связи «Экспресс-РВ», создание которой предусмотрено федеральным проектом «Информационная инфраструктура» национальной программы «Цифровая экономика» со сроком реализации в 2024 г. Проект «Экспресс-РВ» стал составным элементом ФЦП «Сфера». ФГУП «Космическая связь» и разработчик совместно определяли технический облик спутников серии ЭКСПРЕСС-РВ. Финансирование создания спутников будет по бюджету национальной программы «Цифровая экономика», а их запуск по бюджету ФЦП «Сфера». Предполагалось, что в 2020 г. будет объявлен конкурс на создание системы, в 2023 г. будет выведен четырех спутников системы на орбиту, а в 2024 г. будет начата ее эксплуатация.

В октябре 2020 г. правительство РФ предусмотрело на создание системы со спутниками серии ЭКСПРЕСС-РВ на ближайшие три года более 30 млрд руб.

Для абонентского терминала потребуется либо неподвижная антенна с широкой диаграммой направленности, либо антенна с простой и дешевой системой наведения. Предполагалось, что в 2021 г. будет создан макет абонентского терминала для системы «Экспресс-РВ», поддерживающего скорость 80 Мбит/с на линии «вниз» и 5 Мбит/с на линии «вверх».

В апреле 2021 г. представитель Минцифры сообщил о наличии плана создания системы «Экспресс-РВ», в соответствии с которым развертывание системы намечалось к 2030 г.

Однако к апрелю 2022 г. подрядчик по спутникам серии ЭКСПРЕСС-РВ все еще не был выбран.

Поскольку основным исполнителем по системе «Экспресс-РВ», а впоследствии ее эксплуатантом является госкорпорация «Роскосмос», то в апреле 2022 г. проект «Экспресс-РВ» был выведен из зоны ответственности Минцифры и переведен в бюджет госкорпорации «Роскосмос».

Гендиректор госкорпорации «Роскосмос» сообщил, что уже в конце марта 2022 г. развернуты работы по созданию системы «Экспресс-РВ», в том числе в конце апреля планируется заключить контракт на изготовление четырех спутников с компанией ИСС им. академика М.Ф. Решетнева.

Запуск первого спутника системы «Экспресс-РВ» планировался на 2025 г., а еще трех ИСЗ – на 2026 г.

2.4.4. Проект системы Enhanced Satellite Communication Project – Polar (Канада)

В 2008 г. канадское космическое агентство завершило исследования по возможности осуществления проекта системы Pcw (Polar Communications and Weather) из двух ИСЗ на высоких эллиптических 12-часовых орбитах (наклонение 63,4°, высота в апогее/перигее 39500/600 км), предназначенных для обеспечения связи в северном полярном регионе, а также сбора метеорологических данных. Проект направлен на обеспечение большего присутствия Канады в Арктике.

В июле 2009 г. контракт на разработку концепции этой системы на 4,3 млн канадских долл. получила компания MDA (MacDonald, Dettwiler and Associates, Richmond, пров. Британская Колумбия). ИСЗ будут иметь массу 1...1,5 т.

В апреле 2010 г. были выданы контракты на создание критически важных технологий. Спутники массой 1319 кг планировалось оснастить ретрансляторами X- и Ka-диапазонов частот. В феврале 2011 г. выданы контракты на создание спутников и полезных нагрузок. Запуск первого спутника намечался на август 2016 г., второго – на ноябрь 2016 г., а ввод системы в эксплуатацию – на январь 2017 г.

В 2015 г. концепция системы была пересмотрена.

В 2017 г. был определен окончательный перечень требований к перспективной системе, название которой было изменено на Enhanced Satellite Communications Project – Polar (ESCP-P). Ключевым требованием к системе является гарантированное обеспечение возможности голосовой связи и передачи данных ретрансляторами UHF-, X- и Ka-диапазонов частот на всех широтах севернее 65° с.ш. (среднегодовой коэффициент доступности системы – 0,97). Каналы системы должны обеспечить передачу потокового видео и других данных систем наблюдения и разведки, а также данных пользователей тактического звена со скоростью не менее 648 кбит/с, стратегического – до 1819,32 Мбит/с.

В 2018 г. планировалось запросить предложения от потенциальных подрядчиков. В 2019 г. намечалась выдача контракта на создание системы в интересах правительства Канады, но была перенесена на 2020 г.

Запуски спутников с расчётными сроками функционирования 7 лет намечались на 2022 г.

Завершение работ по созданию системы намечалось на 2025 г. Оценочная стоимость работ по проекту составляла более 1,5 млрд долл. США.

Однако к началу 2019 г. был завершён только анализ возможных концепций и начало определения концепции системы было перенесено на 2020...2021 гг., а начало работ реализации программы – на 2023...2024 гг. Поставка первого спутника намечалась на 2028...2029 гг., а второго – на 2030...2031 гг. Оценочная стоимость работ по проекту составляла 1...5 млрд долл. США.

Раздел 3

Спутниковые системы передачи данных и управления космическими аппаратами

3.8. Проект системы ретрансляции данных компании Analytical Space (США)

Американская компания-стартап Analytical Space Inc. (Boston) вела разработку системы наноспутников, предназначенной для ретрансляции данных пользователей, включая потоковое видео и M2M/IoT-данные, как от наземных средств, так и с борта других космических аппаратов. Спутники системы будут вести радиоприем данных и их последующую ретрансляцию через смежные ИСЗ и непосредственную передачу на Землю по оптическим линиям связи.

⇒ Analytical Space: www.analyticalspace.com

В 2017 г. внешние инвестиции в проект компании составили 3,5 млн долл. США. Спутники системы будут относиться к классу «кубсатов» и изготавливаться в форм-факторе 6U.

Запуск первого экспериментального спутника RADIX системы состоялся в мае 2018 г. ИСЗ был доставлен на борт международной космической станции. Вывод его на орбиту осуществлен в июне 2018 г.

Спутник массой около 10 кг (рис. 3.1) обеспечивал прием и ретрансляцию радиосигналов в диапазоне частот 0,7...7 ГГц с помощью антенны с низким коэффициентом усиления и в диапазоне частот 2...2,8 ГГц с помощью антенны с высоким коэффициентом усиления.

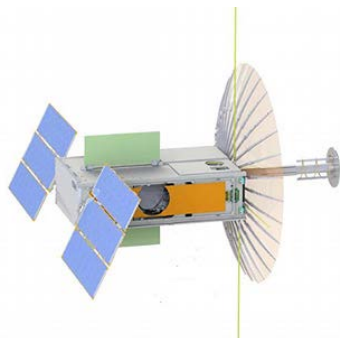


Рис. 3.1. Конструктивная схема ИСЗ RADIX

Приемопередающая система ИСЗ реализована на принципах программно-определяемого радио. Также в ход полета планируется провести тестирование оптической фидерной радиолинии связи и бортовой аппаратуры оптической передачи данных. Расчетный срок функционирования спутника 6 мес. (ИСЗ был сведен с орбиты 07.04.20).

В июле 2019 г. предполагалось, что будет создан второй ИСЗ для проведения испытаний экспериментальной антенны межспутниковой связи (планируется осуществлять прием данных от спутников радиолокационной и гиперспектральной съемки земной поверхности).

3.9. Проект системы ретрансляции данных компании Audacy (США)

Американская компания-стартап Audacy (Huntsville, Alabama) вела работы по созданию спутниковой системы ретрансляции данных.

⇒ Audacy: audacy.space

В системе планируется использовать ИСЗ на средних орбитах с наклоном 25°, высотой 13890 км и периодом обращения 8 ч. Спутники будут размещены в трех орбитальных плоскостях.

Основными преимуществами системы должно стать предоставление на коммерческой основе услуг ретрансляции данных, позволяющих пользователям избежать необходимости создания, лицензирования и регистрации наземного комплекса

для обслуживания своих космических систем, а также гарантирующих возможность получения данных в масштабе времени близком к реальному.

Глобальный охват системы и высокую связность сети планируется обеспечить за счет организации межспутниковых линий связи (отмечалась возможность использования диапазонов частот 22,55...23,55, 24,45...24,75, 32,30...33, 54,25...56,90, 57...58,20 и 65...71 ГГц). Обмен данными с наземными станциями будет осуществляться в диапазонах частот 19,70...20,20 и 37,50...42 ГГц (радиолиния «ИСЗ-Земля»), 29,50...30, 47,20...50,20 и 50,40...51,40 ГГц (радиолиния «Земля-ИСЗ»). Также возможно использование более низких (S и X) диапазонов частот для связи с обслуживаемыми ИСЗ. Ожидается, что задержка в получении наземными средствами обработки данных с борта ИСЗ не превысит 1 с, а практически полная непрерывность наблюдения обслуживаемых ИСЗ будет достигнута для орбит с любыми наклонениями и высотами, начиная с примерно 200 км.

Ввод системы в эксплуатацию на основе трех спутников первого поколения с суммарной пропускной способностью 400 Мбит/с намечался на вторую половину 2019 г. (на основе трех ИСЗ второго поколения с суммарной пропускной способностью 15 Гбит/с – на 2021 г.).

В декабре 2018 г. был осуществлен запуск первого экспериментального спутника AUDACY ZERO (AUDACY-0) системы Audacy Zero.

ИСЗ разработан компанией Clyde Space на основе платформы типа «кубсат» в форм-факторе 3U. Масса ИСЗ – 4 кг.

Начало использования наземного комплекса в составе трех наземных станций на территории США (Сан-Франциско, шт. Калифорния) возможно в конце 2017 г. В 2018 г. планировалось осуществить развертывание станций в Сингапуре и в случае необходимости в 2021 г. – в Люксембурге.

Для обеспечения сопряжения со спутниками-ретрансляторами системы на пользовательских ИСЗ (в том числе класса «кубсат») предлагается устанавливать малогабаритный связной терминал, работающий в Ka- и S-диапазонах частот (масса терминала – 0,8 кг, интерфейс подключения – SpaceWare, потребляемая мощность в режиме ожидания – 0,5 Вт, пиковая потребляемая мощность в режиме передачи – 25 Вт, максимальная скорость передачи – 5 Мбит/с), а также осуществлять изначальное проектирование радиотехнической подсистемы планируемых к запуску ИСЗ или перепрограммирование аппаратно-программного обеспечения радиотехнической подсистемы уже запущенных ИСЗ с учетом требований системы ретрансляции данных компании Audacy.

Стоимость услуг ретрансляции данных с помощью наземного комплекса составит около 4 долл. США за минуту. Стоимость ретрансляции данных будет определяться, исходя из числа обслуживаемых ИСЗ, объема данных, генерируемых полезной нагрузкой ИСЗ (около 19 долл. США за 1 Гбайт данных для одного ИСЗ), или пропускной способности каналов системы управления и передачи телеметрии (около 75 долл. США за сутки для одного ИСЗ).

В начале 2019 г. проект прекращен, в мае 2019 г. закрыты офисы в Mountain View (California) и Сингапуре (Singapore). Однако предполагалось, что компания EOS Defense Systems USA (дочерняя у австралийской компании Electro Optic Systems Holdings Ltd.) планирует приобрести лицензию на использование диапазонов частот федеральной комиссии США по связи, принадлежащую компании Audacy.

3.10. Проект системы Idrss ретрансляции данных (Индия)

В Индии ведутся работы по созданию спутниковой системы Idrss (Indian Data Relay Satellite System) ретрансляции данных. Основными задачами системы Idrss являются:

- организация радиолиний передачи командно-программной и телеметрической информации, данных, аудио- и видеоданных для пилотируемого космического корабля GAGANYAAN;
- организация радиолиний передачи командно-программной и телеметрической информации для спутников на низких орбитах;
- передача данных от антарктических наземных станций.

Первые два спутника CMS-04 (IDRSS-1) и IDRSS-2 системы Idrss создаются на основе платформы I-2K и оснащаются ретрансляторами S-, Ku- и Ka-диапазонов частот. Для этого ИСЗ оснащаются двумя антенными системами каскадно-гребенчатого типа с диаметрами зеркал 2,5 и 1,5 м, работающими в S- и Ka-диапазонах частот и в Ku- и Ka-диапазонах частот.

Запуски спутников CMS-04 (IDRSS-1) и IDRSS-2 планировались с помощью PH GSVL на 2023 г.

Раздел 4

Спутниковые платформы

Спутниковая платформа составляет основу конструкции ИСЗ связи, вещания и передачи данных. От типа платформы зависят габариты и масса спутника, влияющие на выбор ракеты-носителя и стоимость вывода космического аппарата на орбиту, полнота реализации возможностей полезной нагрузки ИСЗ и продолжительность функционирования спутника на орбите.

Спутники связи, вещания и передачи данных, на долю которых в среднем приходится почти треть от общего числа запускаемых космических аппаратов, создаются, как правило, на основе серийных платформ, различающихся своими параметрами и рассчитанных на установку различного ретрансляционного оборудования.

Крупнейшими мировыми производителями спутниковых платформ являются компании Lockheed Martin, Boeing Satellite Systems, Maxar Technologies (ранее – MDA), Airbus Defence and Space, Thales Alenia Space, Northrop Grumman (ранее – Orbital ATK) и другие.

Существует несколько классификаций спутниковых платформ. Согласно одной из них платформы делятся на три категории: легкие – массой до 2 т, с мощностью полезной нагрузки до 6 кВт; средние – массой до 5 т, с мощностью до 14 кВт; тяжелые – массой более 5 т, мощностью более 15...20 кВт и более. Другая классификация предусматривает выделение большего числа классов платформ: средние – массой до 2,5 т, промежуточные между средними и тяжелыми – массой от 2,5 до 4,2 т, тяжелые – массой от 4,2 до 5,4 т, а также сверхтяжелые – массой более 5,4 т.

Одним из важнейших параметров является отношение массы ПН к общей массе КА. В настоящее время это отношение составляет примерно 18...19 % для современных тяжелых телекоммуникационных платформ.

До недавнего времени при создании спутников связи предпочтение отдавалось преимущественно тяжелым платформам, так как установка большого количества ретрансляторов позволяет минимизировать затраты в пересчете на канал связи. Поэтому большинство компаний-производителей ставили своей целью разработку более мощных платформ с повышенной «грузоподъемностью» и энерговооруженностью.

Сложный и зачастую трудно предсказуемый характер развития ситуации на рынке телекоммуникационных услуг в последние годы во многом предопределил формирование тенденции к более широкому использованию при производстве ИСЗ платформ среднего и малого класса.

С середины 1990-х гг. осуществляется переход на использование платформ с исключительно электрическими ракетными двигателями и платформ с программно-определяемым составом и структурой многодиапазонного ретрансляционного оборудования.

4.1. Платформы компании Lockheed Martin

Компания Lockheed Martin образовалась в 1995 г. в результате слияния компаний Lockheed и Martin Marietta. Два года ранее в состав компании Martin Marietta вошло отделение Aero Space Division компании General Electric, занимавшееся производством спутниковых платформ серии SATCOM и до 1986 г. принадлежавшее компании RCA Aerospace & Defense. Штаб-квартира компании Lockheed Martin находится в Bethesda (штат Мэриленд).

⇒ Lockheed Martin: www.lockheedmartin.com

С 1995 г. разработкой космических аппаратов занималось отделение Lockheed Martin Missile & Space (LMMS), головной офис и основные сборочные цеха которого размещались в Sunnyvale (штат Калифорния). Специально для решения вопросов, связанных с созданием коммерческих спутников связи в составе отделения LMMS была образована компания Lockheed Martin Commercial Space Systems (LMCSS), также располагавшаяся в Sunnyvale. После ряда организационных изменений, проведенных в 2000...2001 гг., компания LMCSS стала подразделением компании Lockheed Martin Space Systems (Denver, штат Колорадо), а главный центр по производству платформ для коммерческих ИСЗ связи переместился в Newtown (штат Пенсильвания). Окончательная же сборка спутников по-прежнему производится в центре по производству коммерческих ИСЗ в Sunnyvale. В 2015 г. в рамках программы консолидации производственных мощностей компании Lockheed Martin производства в Newtown было закрыто с переносом выполнявшихся там работ в Denver.

⇒ Lockheed Martin Commercial Space Systems: www.lockheedmartin.com

Компания изготавливает платформы не только для геостационарных ИСЗ связи, и для спутников, предназначенных для использования на низких орбитах.

В 2017 г. компания обновила линейку спутниковых платформ, которая теперь содержит четыре базовые версии платформ – LM 50, LM 400, LM 1000, LM 2100. Каждая из платформ ориентирована на создание ИСЗ определенного

класса – от наноспутников до тяжелых ИСЗ. Несмотря на позиционирование всех платформ как универсальных, основной платформой для производства спутников связи является LM 2100 и в перспективе – LM 50.

Основные технические характеристики платформ компании Lockheed Martin

Платформа.....	LM 50	LM 400	LM 1000	LM 2100
Масса, кг.....	10...100	140...800	275...2200	2300...6500
Габариты, м.....	0,2х0,3х0,3	1,6х1,1х1,1	5,3х1,8х1,8	3,7х1,8х1,8
Мощность бортовой системы электропитания, кВт..	0,025...0,25	0,75...1,50	1,5...10,0	20
Расчетный срок функционирования, лет.....	0,4...0,5	5...7	10	15

4.1.1. Платформа LM 50

Разработку ИСЗ на основе платформы LM 50 осуществляется совместно с компанией Terran Orbital, которая производит сборку платформы для компании Lockheed Martin.

Платформа LM 50 имеет форму прямоугольной призмы. На платформе размером 12U может размещаться полезная нагрузка массой 10 кг и с энергопотреблением 15 Вт. При размере ИСЗ 12U объем, выделяемый под полезную нагрузку, соответствует 4...6U. Для подключения полезной нагрузки к бортовой шине данных используются интерфейсы RS-422, Ethernet, SPI, I2C, USB. Напряжение в бортовой сети электропитания – 12 В (регулируется в пределах 9,6...14,0 В). Обеспечиваемая радиационная стойкость – 20 крад (Si). Скорость передачи данных полезной нагрузки в радиолинии «спутник-Земля» – 10 кбит/с...10 Мбит/с.

Управление ориентацией спутника на орбите осуществляется с помощью микродвигателей орбитального маневрирования и маховиков. Точность наведения – не хуже 0,25° по каждой из осей.

Спутники на основе платформы LM 50 могут выводиться на низкие и геостационарные орбиты. Расчетный срок использования ИСЗ составит 3...6 мес. На изготовление спутника на платформе LM 50 требуется 12...18 мес.

4.1.2. Платформа LM 400

Платформа серии LM 400 (рис. 4.1) предназначена для создания малых спутников массой 140...800 кг.

Платформа имеет форму прямоугольной призмы. Масса устанавливаемой на платформе полезной нагрузки – до 175 кг, размер – около 1 м³. Допустимое пиковое энергопотребление полезной нагрузки – 500 Вт, среднее – 250 Вт. Ориентация и стабилизация платформы на орбите осуществляется оп трем осям. Точность наведения – не хуже 0,01° по каждой из осей. В платформе реализована шина передачи данных в соответствии со стандартом MIL-STD-1553B, также возможно использование интерфейса RS-422. Напряжение в бортовой сети электропитания – 28±6 В. Система электропитания содержит солнечные батареи мощностью 1,5 кВт в конце срока функционирования. Для передачи данных на Землю используются радиолинии X- и Ka-диапазонов частот.

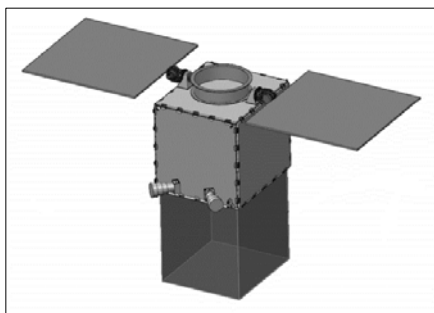


Рис. 4.1. Конструкция платформы LM 400 (полезная нагрузка размещается в нижней части платформы)

Спутники на основе платформы LM 50 могут выводиться на низкие и геостационарные орбиты. Расчетный срок использования ИСЗ составит 5...7 лет. На изготовление спутника на платформе LM 50 требуется 1...1,5 года.

4.1.3. Платформа LM 1000

Платформа LM 1000 является новой в линейке платформ компании и предназначена для ИСЗ среднего класса. На основе LM 1000 создаются спутники массой 275...2200 кг. Платформа имеет форму шестиугольной призмы высотой 1,8 м. Мощность бортовой системы электропитания – 1,5...10 кВт в конце срока функционирования. На платформе устанавливаются четыре панели солнечных батарей.

Платформа использовалась при создании ИСЗ ДЗЗ WORLDVIEW-4.

4.1.4. Платформа LM 2100

Платформа является улучшенной версией платформы LM A2100, созданной еще в середине 1990-х гг. На ее основе могут создаваться тяжелые спутники массой 2,3 т и более.

Платформа имеет форму прямоугольной призмы и модульную конструкцию, основными компонентами которой являются служебный модуль космического аппарата и модуль полезной нагрузки. Выполнена она почти целиком из композиционных материалов, что придает ей дополнительную прочность, легкость и устойчивость к температурным деформациям.

Разработка платформы A2100A велась с 1992 по 1994 гг. и первым космическим аппаратом, созданным на основе этой платформы, был ИСЗ AMC-1(GE-1), запущенный в сентябре 1996 г. Платформа оборудуется двумя многосекционными (от четырех до восьми секций) солнечными батареями с фотоэлементами на основе кремния или арсенида галлия, обеспечивающими мощность 1...6 кВт, и двумя аккумуляторными батареями. Максимальная масса такой платформы – 2,8 т.

Платформы A2100AX и A2100AXX разрабатывались соответственно в период 1994...1995 гг. и 1995...1997 гг. Первый ИСЗ, созданный на основе платформы A2100AX, был запущен в октябре 1997 г, а запуск первого спутника с платформой A2100AXX состоялся в 1999 г. Платформы в отличие от исходной модификации имеют измененную конструкцию, которая допускает размещение полезной нагрузки большей массы, усовершенствованные апогейную жидкостную двигательную установку, аккумуляторные батареи и радиаторы бортовой системы терморегулирования. На платформе могут устанавливаться 12-секционные солнечные батареи и до трех аккумуляторных батарей, при этом мощность системы электропитания составляет 6...13 кВт. Между собой платформы отличаются по размеру и по массе. Максимальная масса платформы A2100AX – 4,4 т, а платформы A2100AXX – 5,5 т. Для сравнения на рис. 4.2 изображены все три модификации платформы A2100.

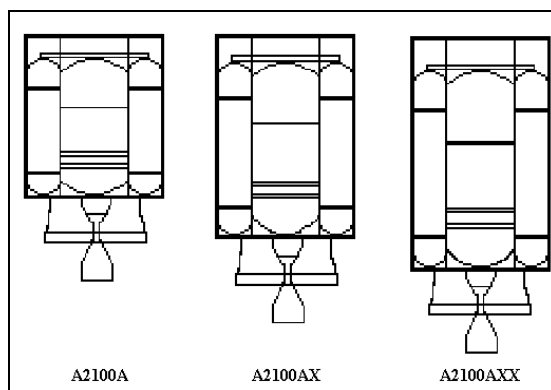


Рис. 4.2. Сравнительные размеры различных модификаций платформы A2100

Отличительными особенностями платформы Advanced A2100 являются использование более совершенных солнечных батарей, обеспечивающих суммарную мощность 12...22 кВт, четырех аккумуляторных батарей, гарантирующих бесперебойное электропитание бортовых систем и оборудования спутника.

Компания обладает собственной наземной сетью управления ИСЗ, созданными на основе платформ серии A2100 (ASCN – A2100 Satellite Control Network). В состав сети входит главный центр управления (ASOC – A2100 Satellite Control Center) в Sunnysvale и две командно-телеметрические станции с условными наименованиями «Альфа» (ALPHA) и «Юралла» (Uralla). Первая из них расположена в Carpenterville (штат Нью-Джерси), а вторая – в Uralla в Австралии.

Новая версия платформы имеет длину 3,7 м и предусматривает установку полезной нагрузки увеличенной массы и содержит свыше 26 различных технологических усовершенствований, позволяющих повысить ее эксплуатационные характеристики и снизить удельную стоимость. Одними из таких усовершенствований являются использование дистанционно перепрограммируемого центрального бортового процессора, двигательных установок любого типа (жидкостных, электрических или комбинированных), относительно небольших гибких солнечных батарей. Солнечные батареи новой платформы обладают гибкой модульной конструкцией и на 30% меньшей массой по сравнению с ранее использовавшимися на платформе LM A2100, обеспечивая на 50% большую энергоэффективность. Толщина полимерного слоя батарей LM 21000 – около 50,8 мкм, платформы LM A2100 – 1,9 см и более. Еще одним новшеством является использование технологии аддитивной печати при изготовлении титанового топливного бака.

Первым ИСЗ, созданным на основе платформы LM 2100, стал спутник HELLAS-SAT-4/SAUDIGEOSAT-1.

4.2. Платформы компании Boeing

Один из лидеров в области создания спутников связи – компания Boeing. Выйти на первые позиции в мировой космической индустрии компания смогла после приобретения в октябре 2000 г. нескольких отделений компании Hughes Electronics, среди них такие компании как Hughes Space and Communications, являвшаяся крупнейшим производителем ИСЗ связи, Hughes Electron Dynamics, продукцию которой составляло радиоэлектронное оборудование для спутников, а также Spectrolab, специализировавшаяся на производстве солнечных батарей.

На основе этих компаний в качестве одного из подразделений промышленной группы Boeing Space and Communications (Seal Beach, штат Калифорния) была образована компания Boeing Satellite Systems со штаб-квартирой в El Segundo (штат Калифорния), занимающаяся в настоящее время производством связанных ИСЗ и платформ для них.

⇒ Boeing: www.boeing.com

⇒ Boeing Space and Communications: www.boeing.com

Спутниковые платформы компании Boeing предназначены для создания геостационарных ИСЗ и спутников на средних орбитах. Всего существует более 20 различных платформ этой компании, из них для создания спутников связи в настоящее время используются платформы серии Boeing (или BSS по первым буквам названия компании Boeing Satellite Systems) 702.

Основные технические характеристики платформ компании Boeing

Платформа.....	BSS 502	BSS 702HP	BSS 702HP-GEM	BSS 702MP	BSS 702SP
Масса платформы, кг.....	500...1000	5400...5900	5100...5900	5800...6100	2300...6500
Масса полезной нагрузки, кг..	До 250	600...1620	1250...1480	300...650	200...680
Мощность бортовой системы электропитания, кВт..	1,5	12 и более	8...10	6...12	3,5...7,5
Расчетный срок функционирования, лет.....	7	15	15	15	15
Год начала эксплуатации базовой модели.....	2014	1999	2000	2012	2015

4.2.1. Платформа BSS 502

Платформа BSS 502 (другое наименование – 502 Phoenix) разработана подразделением Boeing Phantom Works, специализирующимся на перспективных разработках в области обороны и безопасности.

Платформа предназначена для создания малых спутников оптоэлектронной съемки Земли, контроля космического пространства и связи массой до 1000 кг. Платформа имеет форму восьмиугольной призмы. На платформе может быть установлена полезная нагрузка массой до 250 кг со средним энергопотреблением 280 Вт и пиковым энергопотреблением 700 Вт и более. Мощность бортовой системы электропитания – 1,5 кВт. В ее составе используются две двухсекционные раскладывающиеся панели солнечных батарей. Внешний вид платформы приведен на рис. 4.3.



Рис. 4.3. Геостационарный ИСЗ на основе платформы BSS GEM (со сложенными и развернутыми солнечными батареями и антеннами)

В 2014 г. компания Boeing получила заказ на изготовление на основе платформы BSS 502 двух спутников гипер-спектральной съемки для компании HySpecIQ. Но в 2015 г. заказ был отменен.

4.2.2. Платформа BSS 702

Платформа была разработана в середине 1990-х гг. Первый спутник с платформой BSS 702 (ИСЗ GALAXY-11) был выведен на орбиту в 1999 г. Компания Boeing Satellite Systems изготовила почти полтора десятка спутников на основе платформы этой серии. Платформа (рис. 4.4) представляет собой стандартную конструкцию, не требующую внесения каких-либо изменений в зависимости от состава полезной нагрузки.

Процессы сборки полезной нагрузки и платформы выполняются независимо друг от друга, что значительно сокращает производственный цикл и удешевляет стоимость ИСЗ. На заключительном этапе изготовления спутника полезная нагрузка просто крепится к платформе с минимальным количеством электрических соединений между ними (не более шести). Подобная компоновка ИСЗ, помимо всего прочего, позволила повысить эффективность системы терморегулирования за счет отдельного регулирования температурных режимов в модулях полезной нагрузки и платформы. В составе бортовой системы терморегулирования применяются усовершенствованные радиаторы с гибкими трубопроводами.

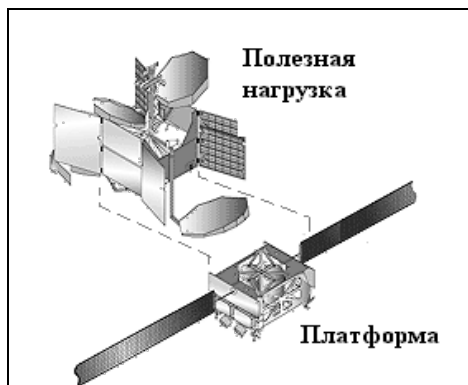


Рис. 4.4. Внешний вид платформы BSS 702 и размещение на ней полезной нагрузки

Важное преимущество платформы BSS 702 – большая мощность солнечных батарей (до 18 кВт, изготовитель – компания Spectrolab), что достаточно для установки на ИСЗ более 100 ретрансляторов с выходной мощностью каждого не менее 100 Вт. Обеспечить такую мощность предполагалось за счет применения специальных концентраторов. Однако, несмотря на заявленную высокую мощность, на практике батареи продемонстрировали низкую надежность. Через некоторое время после начала эксплуатации ИСЗ мощность батарей падала значительно ниже расчетных значений, что непосредственно отражалось на работе бортового ретрансляционного оборудования. По мнению

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

специалистов компаний Boeing и Spectrolab, одна из возможных причин этого заключается в чрезмерном нагреве концентраторов, что вызывает интенсивные газовые выбросы материалов конструкции КА и загрязнению солнечных батарей. Подобные проблемы отмечались на ИСЗ THURAYA (платформа BSS GEM), GALAXY-11, PAS-1R, ANIK-F1, XM ROCK, XM ROLL.

В последующем конструкция солнечных батарей была доработана, и вместо концентраторов стали использоваться элементы на основе трехпереходных GaAs-фотопреобразователей с более высоким КПД.

Платформы модели BSS 702 могут оборудоваться электродвигательной установкой XIPS. Ее характеристики: диаметр сопла двигательной установки XIPS – 25 см, тяга – 165 мН, потребляемая мощность – 4,5 кВт, среднесуточная продолжительность работы – 30 мин. Платформа BSS 702 оборудуется четырьмя микродвигателями XIPS (два основных и два резервных).

После появления новой модификации платформы – BSS 702MP (MP – Medium Power), – рассчитанной на более низкий (средний) уровень энергопотребления первоначальная версия платформы была переименована в BSS 702HP, а версия, оснащенная исключительно электродвигательной установкой XIPS (отсутствует традиционный топливный бак) и еще меньшей мощностью системы электропитания, – в BSS 702SP (SP – Small Power). Таким образом, все наиболее востребованные в настоящее время версии платформы компании Boeing Satellite Systems были объединены в рамках единой линейки, куда также под новым индексом – BSS 702HP-GEO – вошла доработанная платформа BSS-GEM.

Сравнительные технические характеристики модификаций платформы BSS-702

Платформа.....	BSS 702HP	BSS 702HP-GEM	BSS 702MP	BSS 702SP
Год завершения Разработки.....	1997	1997	2009	2012
Первый запуск (полезная нагрузка).....	1999 (INTELSAT-1R)	2000 (THURAYA-1)	2012 (INTELSAT-22)	2015 (EUTELSAT-115 и ABS-3A)
Масса полезной нагрузки, т.....	0,60...1,62	1,25...1,48	0,30...0,65	0,20...0,68
Мощность системы электропитания, кВт.....	более 12	8...10	6...12	3...8
Масса ИСЗ, т.....	5,4...5,9	5,1...5,9	5,8...6,1	1,5...2,3

4.3. Платформы компании Airbus Defence and Space

Третье место среди мировых производителей космической техники занимает европейская компания Airbus Defence and Space, являющаяся подразделением Airbus Group. В состав компании Airbus Defence and Space в результате слияния в 2014 г. вошла компания EADS Astrium, являвшаяся космическим отделением холдинговой компании EADS. Основной акционерный капитал EADS Astrium контролировался 30% французским правительством через компанию Sogegade, 30% правительством Германии через концерн Daimler, 5,5% испанской группой SEP1, остальные акции котировались на бирже.

В 2008 г. EADS Astrium приобрела контрольный пакет акций компании – разработчика малоразмерных космических аппаратов Surrey Satellite Technology Ltd (SSTL).

⇒ **Airbus Defence and Space: airbusdefenceandspace.com**

К первым спутникам связи, созданным в начале 1980-х гг. компанией Astrium (тогда это была компания British Aerospace Space Systems), относятся три ИСЗ серии MARECS и пять ИСЗ серии ECS. В качестве прототипа платформы для этих спутников использовалась конструкция европейского экспериментального ИСЗ OTS. Спутники имели систему стабилизации по трем осям, массу на старте около 700 кг. Система электропитания ИСЗ обеспечивала мощность 1,3 кВт.

В последующем были разработаны платформы для военных спутников связи серий SKYNET-4 и NATO-IV, а также семейство платформ для коммерческих спутников связи, получившее наименование EUROSTAR и включающее платформы пяти базовых модификаций – EUROSTAR 1000, 2000, 2000+, 3000 и 3000+. Всего компанией получены контракты на создание на основе платформ EUROSTAR более 30 ИСЗ, из них более 20 уже запущены.

Основные технические характеристики платформ компании Airbus Defence and Space

Платформа.....	SKYNET	EUROSTAR 1000	EUROSTAR 2000	EUROSTAR 2000+	EUROSTAR 3000	EUROSTAR 3000+
Срок службы, лет....	7	14	15	15	15	15
Масса, т: на старте.....	1,4...1,5	1,4	2,3	3,4	5,7	6,4

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

на орбите.....	0,8..0,9	0,8	1,1..1,5	1,6..2,1	-	-
Габариты, м.....	2,1×1,9×1,4	2,6×1,6×1,5	2,3×2,4×1,7	4,8×2,6×3,4	-	-
Солнечные батареи:						
мощность, кВт.	1,2	1,2	2...4	4...8	8...14	14...20
размах, м.....	16	15,2	21,6	32	-	-

4.3.1. Платформа SKYNET

Платформа серии SKYNET использовалась при создании шести военных спутников SKYNET-4 (запускались с 1988 по 2001 гг.) и двух спутников NATO-IV (запускались в 1991 и 1993 гг.). Первые три ИСЗ SKYNET-4 (SKYNET-4A, -4B, -4C) и оба ИСЗ NATO-IV (NATO-IVA, -IVB) были созданы на основе платформы модификации SKYNET-1, а последние три ИСЗ SKYNET-4 (SKYNET-4D, -4E, -4F) – на основе платформы модификации SKYNET-2, которую отличают от платформы SKYNET-1 более совершенные командно-телеметрическая система и система электропитания. Спутники имеют разную массу: SKYNET-4A, -4B, -4C, NATO-IVA и -IVB – 1,4 т на старте (0,77 т на орбите), SKYNET-4D, -4E и -4F – 1,5 т на старте (0,85 т на орбите).

Габариты платформы – 2,1×1,9×1,4 м. Бортовая система электропитания содержит две трехсекционные солнечные батареи на кремниевых фотоэлементах мощностью 1,2 кВт в начале срока активного функционирования, а также два NiCd-аккумулятора емкостью 35 А·ч каждый (на ИСЗ SKYNET-4D, -4E и -4F – два NiCd-аккумулятора емкостью 29 А·ч каждый). Ориентация и стабилизация ИСЗ на орбите осуществляется по трем осям. Точность ориентации спутника – 0,07° по углам крена и тангажа и 0,35° по углу рыскания.

Платформа оборудована 20 реактивными двигателями ориентации. В качестве топлива для двигателей используется гидразин, бортовые запасы которого составляют около 70 кг. Вывод ИСЗ на геостационарную орбиту осуществляется с помощью твердотопливной апогейной двигательной установки STAR-30E компании Thiokol.

4.3.2. Платформы EUROSTAR

Платформы серии EUROSTAR были разработаны в 1983...1986 гг. и первоначально включали модели EUROSTAR 1000, 2000 и 3000. Позднее появились еще две модификации – EUROSTAR 2000+ и 3000+.

Платформа модели EUROSTAR 1000 использовалась при создании четырех ИСЗ серии INMARSAT-2. Ее габариты – 2,6×1,6×1,5 м.

Бортовая система электропитания содержит две трехсекционные солнечные батареи на кремниевых фотоэлементах мощностью 1,2 кВт в начале и 1,1 кВт срока активного функционирования, а также два NiCd-аккумулятора.

Вывод спутников на геостационарную орбиту осуществлялся с помощью жидкостной двигательной установки серии R-4D компании Marquardt с тягой 490 Н, а управление пространственным положением ИСЗ в процессе эксплуатации – с помощью 12 двигателей малой тяги (10 Н).

На основе платформы EUROSTAR 2000 были созданы ИСЗ HISPASAT-1A, -1B, TELECOM-2A, -2B, -2C, -2D, TELSTAR-11, NILESAT-101, -102, ST-1. Усовершенствованная версия этой платформы EUROSTAR 2000+, позволяющая устанавливать полезную нагрузку массой 550 кг (для платформы EUROSTAR 2000 этот показатель составляет 400 кг), использовалась при изготовлении ИСЗ TELSTAR-12, AFRISTAR, ASIASTAR, AMERISTAR, HOT BIRD-2, -3, -4, -5, ASTRA-2B, INTELSAT-K-TV, EUTELSAT-W1R, -W3A. Кроме того, платформа EUROSTAR 2000+ помимо обычных химических двигателей может дополнительно оборудоваться электрической двигательной установкой.

К платформам третьего поколения относится EUROSTAR 3000 (рис. 4.5). Платформа создана в середине 1990-х гг. Она рассчитана на установку полезной нагрузки массой около 850 кг.

Последняя разработка компании – платформа EUROSTAR 3000+. Допустимая масса полезной нагрузки для той платформы – 1200 кг, и она оборудована более мощной системой электропитания (14...20 кВт, вместо 8...14 кВт у EUROSTAR 3000). В последующем вместо EUROSTAR 3000+ в модельном ряду платформ Airbus Defence and Space были выделены несколько модификаций платформы EUROSTAR 3000 с буквенными индексами - EUROSTAR 3000EOR (EOR – Electric Orbit Rising) – оснащена электрическими двигателями орбитального маневрирования, EUROSTAR 3000S, EUROSTAR 3000LLX, EUROSTAR 3000GM.

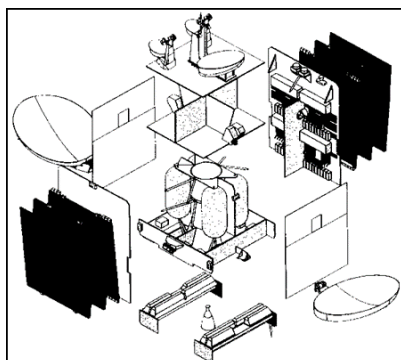


Рис. 4.5. Конструктивная схема платформы EUROSTAR 3000

Все платформы имеют систему ориентации и стабилизации на орбите по трем осям. Расчетный срок функционирования составляет 12...15 лет.

В рамках программы ESA под названием NEOSAT (Next Generation Platform element) компания Airbus Defence and Space ведет работы по созданию новой платформы, предназначенной для создания спутников массой 3...6 т. Платформа получила название EUROSTAR NEO (рис. 4.6). Платформа может оснащаться тремя типами двигательных установок – химической, электрической и гибридной. Мощность бортовой системы электропитания – 7...25 кВт.

В ноябре 2015 г. ESA заключила с Airbus Defence and Space контракт на разработку и квалификационные испытания платформы EUROSTAR NEO. Запуск спутника, созданного на ее основе, должен состояться в 2019 г., однако первый заказ на использование платформы был получен в 2018 г. с запуском в 2021 г.

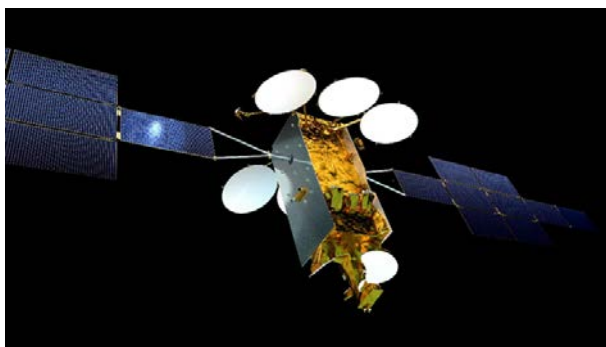


Рис. 4.6. ИСЗ на основе платформы EUROSTAR NEO

4.3.3. Платформа GMP-T

Универсальная платформа GMP-T (GMP – Geostationary Minisatellite Platform, T – Telecommunications) разработана компанией Surrey Satellite Technology Ltd. в рамках европейской программы ARTES 3-4 (начало работ – 2010 г.) и предназначена для создания геостационарных спутников массой до 3,4 т.

На платформе (рис. 4.7) может устанавливаться до 46 ретрансляторов UHF, L-, S-, C-, X-, Ku-, Ka-диапазонов частот.

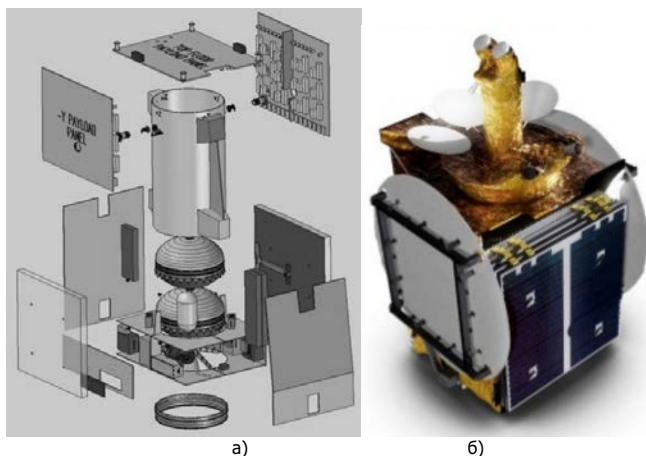


Рис. 4.7. Конструктивная схема (а) и внешний вид (б) платформы GMP-T

Основные технические характеристики версий платформы GMP-T

Платформа.....	GMP-TS	GMP-TM	GMP-TL	GMP-TST
Срок службы, лет.....	15	15	15	15
Масса платформы, т.....	-	-	-	1,8
Масса полезной нагрузки, т.....	до 450	350...450	450...700	200
Максимальная потребляемая мощность полезной нагрузки, кВт.....	1,2	3,5...4,0	5...7	3,2
Максимальное количество ретрансляторов.....	21	21	40...50	21
Количество и диаметр антенных систем.....	2 x 2,2 м; 1 x 2,6 м	2 x 2,2 м; 1 x 2,6 м	2 x 2,6 м 1 x 2,6 м	4 x 1,2 м 1 x 0,6 м
Размеры солнечных батарей (с расширением), м.....	2 x 0,6 (2 x 1,3)	2 x 1,1 (2 x 1,8)	2 x 1,9 (2 x 2,6)	2 x 1,1 (2 x 1,8)
Тип двигательной установки.....	Однокомпонентные ЖРД (700...1080 л); ЭРД	Однокомпонентные ЖРД (700...1080 л); гибридный; ЭРД	Двухкомпонентный ЖРД (815 л); гибридный	Однокомпонентные ЖРД; ЭРД

Платформа оснащена системой ориентации и стабилизации на орбите по трем осям. Точность наведения – 0,1°. Размеры платформы в сложенном состоянии – 2,8×2,6×3,2 м, с развернутыми антеннами и панелями солнечных батарей – 7,7×21,6×2,6 м. Базовое напряжение питания в электросети платформы – 50 или 28 В постоянного тока.

Срок производства платформы с момента заказа – 24...36 мес. Запуск ИСЗ на основе платформы GMP-T возможен с помощью РН типа ARIANE-5, ZENIT, FALCON-9, SOYUZ, ПРОТОН.

Платформа представлена в нескольких версиях – GMP-TS (уменьшенная), GMP-TM (среднеразмерная), GMP-TL (увеличенная), GMP-TST (стекируемая).

Одним из спутников, в котором будет использована платформа GMP-T, станет европейский ИСЗ EUTELSAT-QUANTUM. Спутник создан в рамках государственно-частного партнерства между ESA и компаниями Eutelsat и Airbus Defence and Space и его планируется вывести на орбиту в 2020 г. Масса ИСЗ – 3,5 т, расчетный срок эксплуатации – 15 лет. Масса установленной на ИСЗ полезной нагрузки составит 450 кг, мощность, потребляемая полезной нагрузкой – 5 кВт. Эксплуатацию спутника обеспечит компания Eutelsat.

4.4. Платформы компании Thales Alenia Space

Компания Thales Alenia Space является совместным предприятием Thales (67%) и Finmeccanica (33%) и вместе с компанией Telespazio является частью «Космического альянса» (Space Alliance) этих двух промышленных групп.

Компания Thales Alenia Space представлена на российском рынке с 1992 г. При участии компании создавались российские спутники SESAT, ЭКСПРЕСС-A1, -A1R, -A2, -A3, -A11, -A22 и ЯМАЛ-200. Общее число систем полезной

нагрузки, которые были произведены компанией для российской космической промышленности и находятся в производстве в настоящее время, превысило 25.

Создание ИСЗ связи ведется на основе платформ серии SPACEBUS четырех поколений (SPACEBUS 1000, 2000, 3000, 4000) и их многочисленных модификаций, новейшими из которых являются SPACEBUS 3100 и 4100.

Основные технические характеристики платформ компании Thales Alenia Space

Платформа.....	SPACEBUS 1000	SPACEBUS 2000	SPACEBUS 3000	SPACEBUS 4000	ALPHABUS	SPACEBUS NEO
Срок службы, лет.....	10	12	15	15	15	15
Масса, т:						
на старте.....	0,9...1,5	1,5...2,5	2,5...4	3,5...6	6,6	3,5...6
на орбите.....	0,8...0,9	1,1	1,6	-	-	-
Габариты, м.....	2,3×1,6×1,5	2,7×2×2,4	5,4×2,5×3,5	-	5,4×2,8×2,5	-
Солнечные батареи:						
мощность, кВт.....	1,4...1,7	3,5	13	20	12...22	16...20
размах, м.....	15...21	22	29...37	-	-	-

В 2004 г. компания изменила название платформ серий SPACEBUS 3000 и SPACEBUS 4000, включив в него после цифрового индекса еще один – буквенно-цифровой, который содержит информацию о размерах КА – например, SPACEBUS 4000C1 (ИСЗ KOREASAT-5), 4000C2 (ИСЗ APSTAR-6, CHINASAT-9), 4000C3 (ИСЗ WORLDSAT-2, -3), 4000C4, 4000B2 (THOR-6, TURKSAT-3A), 4000B3 (ИСЗ SYRACUSE-3A, -3B, RASCOM-C1), 3000B3 (ИСЗ STAR ONE-C1, GALAXY-17).

Конструкция платформ SPACEBUS 3000B2, 3000B3 и 4000C изображена на рис. 4.8.

Платформа первого поколения SPACEBUS 1000 (ранее она имела наименование SPACEBUS 100) использовалась на ИСЗ серии ARABSAT-1 и DFS. Ориентация и стабилизация платформы осуществляется по трем осям с точностью 0,1...0,2°. Поддержание требуемого пространственного положения ИСЗ производится при помощи маховиков и реактивных микродвигателей.

На основе платформы SPACEBUS 2000 созданы пять спутников серии EUTELSAT-2, а также ИСЗ AMC-5 и NANUEL-1A. Спутники оборудованы системой ориентации и стабилизации по трем осям. Требуемое угловое пространственное положение ИСЗ поддерживается с точностью 0,05...1", для чего применяются маховики и реактивные микродвигатели.

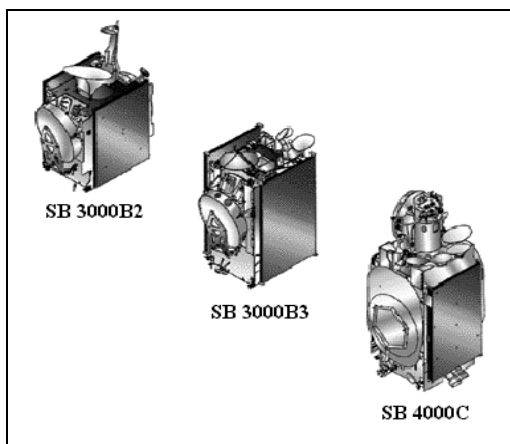


Рис. 4.8. Платформы серии SPACEBUS

Большое количество спутников связи разрабатывается на основе платформы серии SPACEBUS 3000 (например, ИСЗ серии ARABSAT-2, THAIKOM-3,-4, EUTELSAT-W5, INTELSAT-APR1, SINOSAT-1), которая имеет более совершенные систему электропитания с опорным напряжением 50 В, систему ориентации и стабилизации на орбите и командно-телеметрическую систему. Существует несколько модификаций платформ данной серии: SPACEBUS 3000A, 3000B2, 3000B3, 3000BS. Платформы различаются по мощности бортовых систем электропитания, количеству устанавливаемых на них ретрансляторов. Так, например, масса платформы модификации SPACEBUS 3000B2 (ИСЗ SIRIUS-2, EUTELSAT-W1,-W2,-W3,-W4, HISPASAT-1C,-1D, ATLANTIC BIRD-2, EUROBIRD, ARABSAT-3) составляет 2,5...3,2 т, мощность системы электропитания – 4,8...6,3 кВт, на ней может быть размещено 30...40 ретрансляторов. Значения аналогичных

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

параметров платформы модификации SPACEBUS 3000B3 (EURASIASAT-1, STELLAT-5, SYRACUSE-3, HOT BIRD-6) – 3,2...4,1 т, 6,5...8,6 кВт и 40...50 ретрансляторов соответственно.

Платформа SPACEBUS 4000 (ИСЗ AMC-12) предназначена преимущественно для создания мощных спутников непосредственного вещания и широкополосной связи в Ku- и Ka-диапазонах частот. Платформа выпускается в модификациях SPACEBUS 4000B2, 4000B3, 4000C1, 4000C2, 4000C3, 4000C4. Масса платформы – 4...5,9 т, масса полезной нагрузки – до 1,1 т, мощность системы электропитания – 12...16 кВт. Напряжение в системе электропитания платформы – 100 В. На платформе данной модификации может быть установлено до 110 ретрансляторов.

Сравнительные технические характеристики модификаций платформы серии SPACEBUS 4000

Модификация платформы.....	SPACEBUS 4000B2	SPACEBUS 4000B3	SPACEBUS 4000C1	SPACEBUS 4000C2	SPACEBUS 4000C3	SPACEBUS 4000C4
Масса, т.....	2,9...3,5	4,1	4,5	4,9	5,3	5,9
Энергопотребление полезной нагрузки, кВт.....	4,7...5,5	6	6	8	10	12
Габариты, м.....	1,8×2,3×2,8	1,8×2,3×3,7	2,0×2,2×4,0	2,0×2,2×4,5	2,0×2,2×5,1	2,0×2,2×6,6

Новейшие разработки компании Thales Alenia Space – это платформы ALPHABUS и SPACEBUS NEO. Платформы созданы с использованием последних достижений в области космических технологий и оснащены современным служебным радиоэлектронным оборудованием, улучшенными системами электропитания и терморегулирования.

Платформа ALPHABUS создавалась совместно с EADS Astrium.

Работы по созданию платформы SPACEBUS NEO компания Thales Alenia Space ведет с 2014 г. в рамках программы ESA под названием NEOSAT (Next Generation Platform element). После завершения этапа эскизного проектирования платформы ESA заключила в сентябре 2015 г. с Thales Alenia Space контракт стоимостью 117,9 млн евро (133,5 млн долл. США) на полноценную разработку и квалификационные испытания новой платформы, предназначенной для создания спутников массой 3...6 т. Осенью 2015 г. о намерении использовать платформу SPACEBUS NEO для одного из своих спутников объявила компания Eutelsat. На основе платформы SPACEBUS NEO также будет создан один из двух военных спутников связи серии COMSAT NG (SYRACUSE-4A, рис. 4.9), заказанных в декабре 2015 г. министерством обороны Франции у консорциума, образованного компаниями Thales Alenia Space (доля в консорциуме – 65%) и Airbus Defence and Space (35%).



Рис. 4.9. ИСЗ на основе платформы SPACEBUS NEO

Ожидается, что применение в платформе новейших технологических достижений позволит сократить стоимость создания и эксплуатации геостационарного спутника связи на 30%. Платформа может оснащаться как гибридной, так и полностью электрической двигательной установкой с плазменными ракетными двигателями малой тяги типа PPS-500 (разработка компании Snesma). Мощность бортовой системы электропитания – до 20 кВт.

4.5. Платформы компаний Airbus Defence and Space и Thales Alenia Space

4.5.1. Платформа ALPHABUS

Платформа ALPHABUS является совместной разработкой компаний EADS Astrium (сейчас – Airbus Defence and Space) и Thales Alenia Space, которая велась в рамках совместного контракта Европейского космического агентства ESA и Космического агентства Франции CNES.

Основной целью этого проекта было создание тяжелой многоцелевой платформы, позволяющей устанавливать полезную нагрузку с высоким энергопотреблением и превосходящей возможности платформ серий EUROSTAR 3000 и SPACEBUS 4000.

Первоначально максимальная мощность системы электропитания платформы составляла 18 кВт, но в ходе программы ее модернизации (Alphabus Extension programme) была увеличена до 22 кВт, а масса устанавливаемой полезной нагрузки – с 1200 до 1400 кг (около 200 эквивалентных ретрансляторов). Платформа построена по модульному принципу (рис. 4.10), масштабируется в зависимости от состава полезной нагрузки и рассчитана на создание ИСЗ массой до 8,1 т. Конструктивно платформа состоит из трех основных модулей – служебного (Service Module), ретрансляционного (Repeater Module) и антенного (Antenna Module).

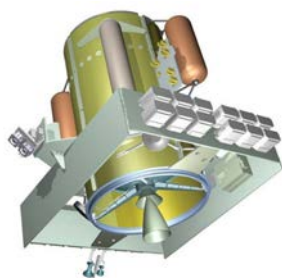


Рис. 4.10. Конструктивная схема космической платформы ALPHABUS

В системе электропитания используются две 4...6-секционные GaAs-солнечные панели и модульные литий-ионные аккумуляторы. Платформа оснащена комбинированной двигательной установкой, включающей химические и электрические двигатели. Первым спутником, созданным на основе платформы ALPHABUS, стал ИСЗ ALPHASAT (INMARSAT-4A-F4), выведенный на геостационарную орбиту в 2013 г.

4.6. Платформы компании Maxar Technologies

Еще одним крупным производителем ИСЗ связи долгое время являлась компания Loral Space & Communications. Ее отделение Space Systems/Loral со штаб-квартирой в Palo Alto (штат Калифорния) непосредственно занималось проектированием и производством спутниковых платформ. Отделение было образовано на основе одного из дочерних предприятий компании Ford, приобретенного компанией Loral.

В июне 2012 г. компания MacDonald, Dettwiler and Associates (с октября 2017 г. – Maxar Technologies) подписала соглашение о приобретении компании-производителя спутников Space Systems/Loral (SS/L) за 875 млн долл. США.

⇒ Maxar Technologies: www.maxar.com

⇒ Space Systems/Loral: www.loral.com

Наибольшей популярностью пользуется разработанная компанией в конце 1980-х гг. платформа серии LS 1300 (ранее в наименовании платформы использовалось буквенное обозначение «FS», отражающее ее историческую связь с компанией Ford). На основе этой платформы были созданы ИСЗ INTELSAT-7 и -9, TELSTAR-5, -6, -7, -8, -10, -13, EUROPE*STAR-1, ECHOSTAR-5, -6 и др. Компания изготавливает платформы не только для геостационарных ИСЗ связи, и для спутников, предназначенных для использования на низких орбитах.

Основные технические характеристики платформ компании Loral Space

Платформа.....	LS 400	LS 1300	LS 20.20
Срок службы, лет.....	7,5	15	15
Масса, т:			
на старте.....	0,45	5,5...6,7	8,5
на орбите.....	0,1	1,8...2,1	-
Габариты, м.....	1,8×1,5×1,3	2,7×2,6×2,4	-
Солнечные батареи:			
мощность, кВт.....	1,1	5...18	17...30
размах, м.....	11	27	-

4.6.1. Платформа LS 400

Компания Loral Space использовала платформу LS 400 при создании ИСЗ для системы связи GLOBALSTAR.

Платформа представляет собой модульную конструкцию и выполнена в виде трапецеидальной призмы с габаритами 1,8×1,5×1,3 м. Ориентация и стабилизация платформы на орбите осуществляется по трем осям. Спутник, кроме того, оборудован магнитометрами, установленными на выносной штанге, и приемниками навигационных сигналов, транслируемых ИСЗ серии NAVSTAR. Двигательная система платформы содержит пять микродвигателей тягой по 1 Н, работающих на гидразине. Внешний вид ИСЗ, созданного на основе платформы LS 400, представлен на рис. 4.11.

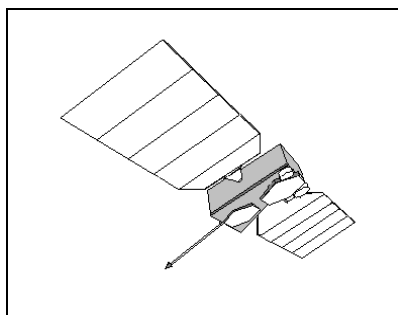


Рис. 4.11. Внешний вид ИСЗ на основе платформы LS 400

Связные антенны устанавливаются на внешней поверхности корпуса платформы, обращенной в ходе полета спутника к Земле, причем сразу в рабочем состоянии. Поэтому после вывода на орбиту разворачиванию подлежат только антенные системы и выносная штанга с магнитометрами. Еще несколько антенн, служащих для передачи на Землю телеметрии и приема команд управления и навигационных сигналов системы NAVSTAR, устанавливаются поверхности платформы, противоположной Земле.

Основные технические характеристики платформы LS 400

Масса при запуске, кг.....	450
Расчетный срок функционирования, лет.....	7,5
Число двигателей ориентации.....	5
Масса топлива (гидразин), кг.....	70
Солнечные батареи:	
тип фотоэлементов.....	GaAs
мощность (в начале эксплуатации), Вт.....	1200
Никель-водородные аккумуляторы:	
количество.....	1
емкость, А·ч.....	64
Тип стабилизации.....	по трем осям

Для запуска ИСЗ GLOBALSTAR, созданных на основе платформы LS 400, использовались ракеты-носители DELTA-2, ZENIT и СОЮЗ.

4.6.2. Платформа LS 1300

Платформа LS 1300 принадлежит к классу тяжелых платформ (масса на старте – 5...7 т) и является наиболее популярной из платформ, выпускаемых компанией Loral Space. Важное ее преимущество состоит в том, что она может быть адаптирована под самый широкий спектр полезной нагрузки. Базовая модель платформы массой около 5,5 т допускает установку до 70 ретрансляторов, суммарная мощность передатчиков которых превышает 5 кВт. Ориентация и стабилизация ИСЗ на орбите осуществляется по трем осям.

Специалистами компании Loral Space также разработаны усовершенствованные модели платформы данной серии (LS 1300S и LS 1300HL), обладающие увеличенными габаритами, массой (до 7 т) и мощностью бортовой системы энергоснабжения (12...18 кВт). На этих платформах уже могут быть установлены 90 ретрансляторов, суммарная мощность радиопередатчиков которых достигает 10 кВт.

Вывод спутников, созданных на основе платформы LS 1300, на орбиту осуществляется при помощи РН среднего класса серии ATLAS-2, ZENIT-3SL, ARIANE-4 (ИСЗ размещаются под обтекателем длиной 4 м).

4.6.3. Платформа LS 20.20

В 2001 г. компания Loral Space завершила разработку платформа серии LS 20.20. Это самая тяжелая из когда-либо созданных платформ для коммерческих спутников связи. Масса платформы – 8,5 т, а мощность ее бортовой системы электропитания – 17...30 кВт. На платформе могут быть размещены до 150 ретрансляторов, суммарная мощность радиопередающих устройств которых достигает 15 кВт.

Ориентация и стабилизация ИСЗ на орбите осуществляется по трем осям. В конструкции платформы широко использовались композиционные материалы. По сравнению с платформами предыдущей серии, она обладает усовершенствованными системами электропитания и терморегулирования, а также двигательной системой, в которой вместо обычных химических двигателей применяются электродвигатели. Для установки ИСЗ, созданных на основе платформы 20.20, на верхней ступени РН требуется обтекатель длиной 5 м.

4.7. Платформы компании Northrop Grumman

В 2018 г. компания Northrop Grumman приобрела производителя спутниковых платформ компанию Orbital ATK. Сумма сделки (с учетом погашения долгов компании Orbital ATK) составила 9,2 млрд долл. США. После приобретения компания Orbital ATK была преобразована в подразделение компании Northrop Grumman под названием Northrop Grumman Innovation Systems со штаб-квартирой в Dulles (штат Вирджиния).

⇒ Northrop Grumman: www.northropgrumman.com

Компания Orbital ATK была образована в 2015 г. в результате слияния Orbital Sciences Corporation и части компании Alliant Techsystems. Известность компании как производителю спутников связи принесла разработка и ввод в эксплуатацию системы передачи данных на основе низкоорбитальных микроспутников серии ORBCOMM. В 1997 г. состоялся запуск первого геостационарного спутника связи (ИСЗ INDOSTAR-1), созданного компанией Orbital Sciences.

В середине 2001 г. все производственные мощности были сконцентрированы в Dulles, в то время как раньше сборка космических аппаратов и их компонентов осуществлялась на предприятиях в Dulles (штат Вирджиния), Germantown (штат Мериленд), MacLean (штат Вирджиния). Для создания ИСЗ связи используются два основных типа платформ – MICROSTAR и GEOSTAR. Первая из них предназначена для низкоорбитальных ИСЗ, а вторая – для геостационарных. Платформы серии GEOSTAR объединяют платформы трех модификаций – GEOSTAR-1, GEOSTAR-2, GEOSTAR-3. Для создания коммерческих связанных ИСЗ используются платформы GEOSTAR-2 и -3.

В отличие от признанных лидеров-производителей спутников связи, стремящихся максимально диверсифицировать свою продукцию для удовлетворения различных требований заказчиков, компания Orbital Sciences ставила своей целью создание платформ «эконом-класса», обладающих достаточным уровнем технических возможностей и в тоже время не требующих больших затрат на их производство и запуск.

4.7.1. Платформа MICROSTAR

Платформа MICROSTAR использовалась при создании всех спутников серии ORBCOMM. Она имеет цилиндрическую форму и массу – около 42 кг. Габариты ИСЗ при запуске – 1,04×0,16 м. В состав системы электропитания спутников входят две солнечные дискообразные батареи антенной.

Поддержание требуемой ориентации ИСЗ на орбите достигается за счет использования гравитационной штанги, роль которой выполняет связанная антенна, и средств активной системы стабилизации – маховиков и магнитоприводов. На платформе может быть установлена полезная нагрузка массой 15...100 кг. Расчетный срок эксплуатации ИСЗ – 5 лет. Важные достоинства данной платформы – малые габариты и легкость. Вывод на орбиту ИСЗ, созданные на ее основе, возможен с помощью легких ракет-носителей (РН PEGASUS, TAURUS) по 7...8 ИСЗ одновременно или по 1...2 ИСЗ в качестве дополнительной полезной нагрузки, что существенно уменьшает расходы на запуск.

4.7.2. Платформа GEOSTAR-2

Платформа рассчитана на установку полезной нагрузки с потребляемой мощностью 1...5,5 кВт, оснащена системой ориентации и стабилизации по трем осям и позволяет устанавливать до 42 ретрансляторов, работающих в различных диапазонах частот. Расчетный срок эксплуатации – не менее 15 лет.

Платформа имеет модульную конструкцию и укороченный производственный цикл – 22...24 мес. Мощность бортовой системы питания ИСЗ может изменять в зависимости от требований заказчика в пределах до 5,5 кВт. Базовое напряжение в шине питания платформы регулируется в диапазоне 24...36 В постоянного тока. Двигательная система платформы содержит жидкостную апогейную двигательную установку на двухкомпонентном топливе и усовершенствованные гидразиновые ЖРД малой тяги IMPENT (Improved Electrothermal Hydrazine Thruster). На рис. 4.12 изображен внешний вид ИСЗ, созданного на основе платформы GEOSTAR-2 (ИСЗ SES-8).

На основе платформы GEOSTAR-2 создано более 35 ИСЗ. К их числу относятся ИСЗ BSAT-2, N-STAR, GALAXY-12, AMAZONAS-4A, THAICOM-6, SES-8, SKYM-1, INTELSAT-11, -15, -16, -23 и другие.



Рис. 4.12. ИСЗ на основе платформы GEOSTAR-2

Основные технические характеристики платформ серии GEOSTAR-2

Габариты, м	1,75x1,7x1,8
Масса платформы, кг	3325
Сухая масса платформы, кг	800...1500
Масса полезной нагрузки, кг	500
Мощность системы электропитания, кВт	-
Энергопотребление полезной нагрузки, кВт	5,5
Стабилизация	по трем осям
Расчетный срок функционирования, лет	15...18

4.7.3. Платформа GEOSTAR-3

Платформа GEOSTAR-3 обладает более широкими возможностями по установке полезной нагрузки, чем GEOSTAR-2. Так допустимая потребляемая мощность полезной нагрузки увеличена до 8 кВт (в конце срока эксплуатации), а масса полезной нагрузки – до 800 кг.

Платформа имеет модульную конструкцию и производственный цикл – 24...27 мес. Платформа оснащается солнечными батареями большей площади, а также литий-ионными аккумуляторами увеличенной емкости. На платформе может быть установлено до 72 ретрансляторов, работающих в различных диапазонах частот. Базовое напряжение в шине питания платформы – 36 В постоянного тока. Двигательная система платформы содержит жидкостную апогейную двигательную установку на двухкомпонентном топливе и гибридную двигательную установку из ЖРД и электро-ракетных двигателей малой тяги. Существует возможность замены гибридной двигательной установки на полностью электрическую. На рис. 4.13 изображена конструктивная схема ИСЗ, созданного на основе платформы GEOSTAR-3 (ИСЗ NYLAS-4).



Рис. 4.13. ИСЗ на основе платформы GEOSTAR-3

Основные технические характеристики платформ серии GEOSTAR-3

Габариты, м	3,0x2,1x2,3
Масса платформы, кг	-
Сухая масса платформы, кг	-
Масса полезной нагрузки, кг	800
Мощность системы электропитания, кВт	-
Энергопотребление полезной нагрузки, кВт	5..8
Стабилизация	по трем осям
Расчетный срок функционирования, лет.....	15..18

4.8. Платформы компании OHB SE

Компания OHB SE со штаб-квартирой в Bremen (Германия) специализируется на разработке высокотехнологичных устройств и систем для авиационных и космических применений. Штаб компании насчитывает около 2000 специалистов. Созданием космических аппаратов и спутниковых платформ для них занимается дочерняя компания – OHB System (штаб-квартира в Bremen), входящая в бизнес-структуру «Space Systems» OHB SE. Компания OHB System обладает опытом работ по созданию малых космических аппаратов, решению задач реализации пилотируемых космических полетов, а также развитию технологий обеспечения безопасности и систем наблюдения.

⇒ OHB System: www.ohb-system.de

В рамках программы перспективных исследований в области телекоммуникационных систем (Advanced Research in Telecommunications Systems, ARTES) Европейского космического агентства (ESA) компания ведет разработки платформ серии SmallGEO для перспективных спутников связи, призванных удовлетворить потребности операторов спутниковых систем в средних платформах, оптимизированных по стоимости и техническим характеристикам.

4.8.1. Платформы серии SmallGEO

Разработку платформы модульного типа SmallGEO компания OHB System начинала в инициативном порядке, впоследствии она была включена в программы ARTES-11 и ARTES-33. При этом компания ориентируется на потребности крупнейшего европейского оператора спутниковых систем компании SES, с которой у нее заключен соответствующий контракт. В свою очередь SES имеет соглашение о разработке платформы с ESA. Отличительными чертами платформы являются высокая гибкость и одновременно простота конфигурации, позволяющие обеспечить высокую ориентированность на потребности рынка, минимизировать капитальные затраты и гарантировать высокую надежность ИСЗ. Коммерческая реализация платформы осуществляется под названием LUXOR.

Платформа (рис. 4.14) предназначена для создания связанных ИСЗ массой менее 3 т с массой полезной нагрузки до 600 кг, имеет форму прямоугольной призмы и выполнена из алюминия и углепластика. Архитектура платформы содержит три основных модуля – базовый (Core Platform Module), двигательной установки (Propulsion Module), ретрансляционный (Repeater Module).

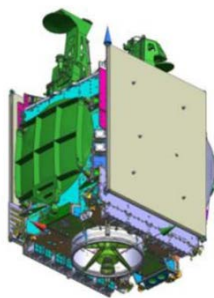


Рис. 4.14. Платформа SmallGEO

Платформа предусматривает несколько возможных конфигураций – SmallGEO-FAST и SmallGEO-FLEX. SmallGEO-FAST оснащается высокоэффективной гибридной двигательной установкой, SmallGEO-FLEX – системой электродвигателей.

Особенность платформы SmallGEO-FLEX в использовании усовершенствованной электродвигательной системы (ионные двигатели на ксеноне), предназначенной как для вывода спутника на геостационарную орбиту, так и обеспечения его последующей эксплуатации. Платформа допускает установку ретрансляторов различных диапазонов частот (число эквивалентных ретрансляторов – 60) и 4 антенных систем с крупногабаритными рефлекторами. Мощность солнечных батарей – 12 кВт в начале срока эксплуатации и 10 кВт в конце. Допустимая потребляемая мощность полезной нагрузки – 8 кВт (в конце срока эксплуатации). Система терморегулирования содержит пассивные и активные (программно-управляемые обогреватели и термостаты) компоненты. В случае использования полностью электрической двигательной установки вывод на геостационарную орбиту занимает 90...200 суток. Командно-телеметрическая радиолиния функционирует в Ku-диапазоне частот.

Все платформы линейки SmallGEO имеют высокоточную систему ориентации и стабилизации на орбите по трем осям, расчетный срок активного функционирования 15 лет, допускают установку ретрансляторов P-, L-, S-, C-, X-, Ku- и Ka-диапазонов частот (число эквивалентных ретрансляторов – 24...60), а также аппаратуры оптической связи. Платформа совместима с такими ракетами-носителями как ARIANE-5, ATLAS-5, ПРОТОН, FALCON-9 и другими.

На основе платформы версии SmallGEO-FAST создаются спутники EDRS-C, H2SAT, а SmallGEO-FLEX (HISPASAT-AG1, ELECTRA). Запуск первого ИСЗ на основе платформы SmallGEO (HISPASAT-AG1) планируется осуществить в 2016 г.

Основные технические характеристики платформ серии SmallGEO

Габариты, м	3,7x1,9x2,0
Масса платформы, кг	2150...3300
Масса полезной нагрузки, кг.....	130...650
Мощность системы электропитания, кВт.....	10...12
Энергопотребление полезной нагрузки, кВт	4...8
Стабилизация	по трем осям
Расчетный срок функционирования, лет.....	15

4.9. Платформы компании Israel Aircraft Industries

Компания Israel Aerospace Industries (IAI) – крупнейший израильский разработчик в области аэрокосмической, ракетной техники и вооружений. Созданием геостационарных спутников связи системы Amos на основе платформы собственной разработки занимается дочернее подразделение компании – MBT Space Division.

⇒ Israel Aerospace Industries: www.iai.co.il

4.9.1. Платформы серии AMOS

MBT Space Division использует две модификации спутниковой платформы серии AMOS (рис. 4.15) – AMOS (AMOS-1, -2, -3) и AMOS-HP (AMOS-4, -5), – относящиеся к классам легких и средних платформ. Запуски спутников были осуществлены в 1996 (AMOS-1), 2003 (AMOS-2), 2008 (AMOS-3) и 2011 (AMOS-5) гг.



Рис. 4.15. ИСЗ на основе платформ серии AMOS

Основные технические характеристики платформ серии AMOS

Модификация платформы	AMOS-1	AMOS-2	AMOS-3	AMOS-4	AMOS-5	AMOS-6
Габариты, м	2,4x2,1x2,3	2,4x2,3x2,5	2,4x2,3x2,7	-	-	-
Масса платформы, кг	988	1360	1263	3500	3379	5500
Сухая масса платформы, кг	471	640	837	-	1448	-
Масса полезной нагрузки, кг	-	-	250	-	-	-
Мощность бортовой системы электропитания:						
в начале срока активного существования, кВт	1,3	2,4	2,8	-	5,4	10,3
в конце срока активного существования, кВт	1,15	1,85	2,45	4	4	9
Число устанавливаемых ретрансляторов	9	14	14	12 (28)	33	45
Точность поддержания параметров орбиты по широте и долготе	± 0,1°	± 0,1° (по широте) и ± 0,08° (по долготе)	-	-	± 0,1°	-
Точность наведения антенны	-	0,12°	0,12°	-	0,2°	-
Стабилизация	по трем осям	по трем осям	по трем осям	по трем осям	по трем осям	по трем осям
Расчетный срок функционирования, лет	12	13	17	15	15	16

4.10. Платформы компании Turkish Aerospace Industries

Компания Turkish Aerospace Industries (TAI) является разработчиком национальной спутниковой платформы для спутников связи в Турции. Созданная для обеспечения нужд ВВС Турции, компания TAI со временем стала одной из ведущих компаний страны по развитию авиационно-космических систем.

Разработка велась в рамках проекта создания под руководством Совета по научно-техническим исследованиям Турции (TUBITAK) ИСЗ TURKSAT-6A, в котором Turkish Aerospace Industries участвовала в кооперации с турецкой государственной корпорацией Aselsan и частной компанией STech. В ходе реализации проекта Turkish Aerospace Industries создала спутниковую платформу, используя технологический задел, полученный ранее в ходе создания ИСЗ RASAT and GOKTURK-2.

⇒ Turkish Aerospace Industries: www.tai.com.tr

ИСЗ TURKSAT-6A (рис. 4.16) должен был стать первым связным спутником полностью турецкой разработки, включая необходимое бортовое программное обеспечение. Продолжительность работ по созданию спутника составит 5 лет, затраты – около 250 млн долл. США.



Рис. 4.16. ИСЗ TURKSAT-6A на основе платформы компании TAI

Спутник массой 3,5 т планируется оснастить ретрансляторами X- и Ku-диапазонов частот (3 и 20 ретрансляторов соответственно). Расчетный срок функционирования – 15 лет. Запуск спутника ожидался в 2017...2018 гг., но был отложен на 2022 г.

4.11. Платформы компании Mitsubishi Electric

Компания Mitsubishi Electric – ведущий разработчик спутниковых платформ для спутников связи и ретрансляции данных в Японии.

⇒ Mitsubishi Electric: www.mitsubishielectric.com

В качестве основной платформы для этого типа спутников используется платформа DS-2000. Первый запуск спутника (DRTS) на основе DS-2000 был осуществлен в 2002 г. Разработка коммерческой модификации платформы была осуществлена после получения заказа на изготовление спутника связи MTSAT-2 (запущен в 2006 г.) на основе разработок, сделанных при создании спутников ретрансляции данных DRTS и экспериментального ИСЗ ETS-VIII.

4.11.1. Платформа серии DS-2000

В составе системы электропитания платформы используются высокоэффективные арсенид-галлиевые солнечные батареи и никель-водородные или литий-ионные аккумуляторы. Двигательная система содержит интегрированную апогейную двигательную установку на основе двухкомпонентного топлива и систему микродвигателей системы управления положением КА. Кроме того, возможна установка ионной ДУ.

На основе DS-2000 (рис. 4.17) создавались спутники DRTS, ETS-VIII, MTSAT-2, QUASI-ZENITH, SUPERBIRD-C2, ST-2, TURKSAT-4A, -4B.



Рис. 4.17. ИСЗ на основе платформы DS-2000

Основные технические характеристики платформы серии DS-2000

Масса платформы, кг	5000
Мощность бортовой системы электропитания, кВт	15
Напряжение бортовой сети электропитания, Вт	100
Число устанавливаемых ретрансляторов	72
Стабилизация	по трем осям
Расчетный срок функционирования, лет.....	15

Запуск ИСЗ возможен с помощью РН типа ARIANE-5, Sea Launch, Land Launch, ATLAS-5, FALCON-9, H-2A.

4.12. Платформы Korea Aerospace Research Institute

Корейский институт аэрокосмических исследований (Korea Aerospace Research Institute, KARI) является основным институтом Республики Корея в области освоения космического пространства и выполняет функции национального космического агентства. Одно из направлений деятельности института KARI связано с разработкой спутниковых платформ, в том числе для спутников связи.

⇒ Korea Aerospace Research Institute: www.kari.re.kr

Институтом KARI разработаны три вида платформ, предназначенных для создания геостационарных спутников связи – KSP-2501, KSP-3001, KSP-3501. Срок производства любой из платформ составляет 48 месяцев с момента получения заказа.

4.12.1. Платформа серии KSP-2501

Платформа малого класса KSP-2501 (рис. 4.18) предназначена для создания спутников связи массой до 2500...2700 кг и совместима с PH ARIANE-5, FALCON-9, СОЮЗ и другими.



Рис. 4.18. Платформа KSP-2501 со сложенными солнечными батареями

Платформа выполнена из алюминия и пластика, армированного углеродным волокном, имеет форму прямоугольной призмы и оснащена пассивной системой терморегулирования, системой ориентации и стабилизации на орбите по трем осям. Точность наведения платформы – 0,05°. Расчетный срок активного функционирования – 8 лет. Базовое напряжение питания в бортовой сети – 50 В. Бортовая двигательная система содержит один апогейный двигатель с тягой 445 Н и 14 двигателей малой тяги по 10 Н каждый. В системе используется двухкомпонентное топливо (монометилгидразин и тетраоксид азота), хранящееся в двух топливных баках емкостью по 590 л каждый.

В состав бортовой системы электропитания входят две раскладывающиеся на орбите панели солнечных батарей, обеспечивающих генерируемую мощность 5 кВт, что позволяет устанавливать полезную нагрузку со средним энергопотреблением 2,8 кВт, а также литий-ионные аккумуляторы емкостью 273 А.ч. Бортовая командно-телеметрическая система работает в S-диапазоне частот.

Основные технические характеристики платформы серии KSP-2501

Габариты, м	2,4x2,8x3,2
Масса платформы, кг	2360
Сухая масса платформы, кг	1040
Масса полезной нагрузки, кг.....	320
Энергопотребление полезной нагрузки, кВт	2,8
Стабилизация	по трем осям
Расчетный срок функционирования, лет.....	8

4.12.2. Платформа серии KSP-3001

Платформа среднего класса KSP-3001 (рис. 4.19) предназначена для создания спутников связи массой до 3000...3200 кг и совместима с PH ARIANE-5, FALCON-9, СОЮЗ и другими.

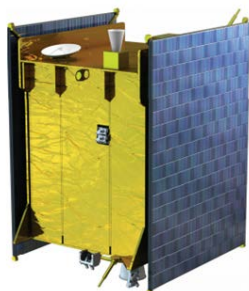


Рис. 4.19. Платформа KSP-3001 со сложенными солнечными батареями

Основное ее отличие от платформы KSP-2501 состоит в увеличенных топливных баках емкостью по 745 л каждый, что обеспечивает более высокий расчетный срок функционирования 12 лет. Две раскладывающиеся на орбите панели солнечных батареи мощностью 5 кВт, позволяют устанавливать полезную нагрузку со средним энергопотреблением 3,1 кВт.

Основные технические характеристики платформы серии KSP-3001

Габариты, м	2,4x2,8x3,2
Масса платформы, кг	2780
Сухая масса платформы, кг	1080
Масса полезной нагрузки, кг	390
Энергопотребление полезной нагрузки, кВт	3,1
Стабилизация	по трем осям
Расчетный срок функционирования, лет	12

4.12.3. Платформа серии KSP-3501

Платформа среднего класса KSP-3501 (рис. 4.20) предназначена для создания спутников связи массой до 3550...3750 кг и совместима с РН ARIANE-5, FALCON-9, СОЮЗ и другими.

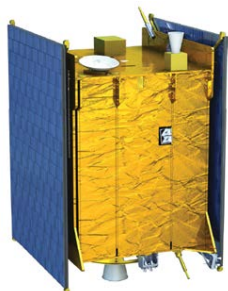


Рис. 4.20. Платформа KSP-3501 со сложенными солнечными батареями

В отличие от платформ KSP-2501 и KSP-3001 платформа KSP-3501 оборудована четырьмя топливными баками емкостью по 517 л каждый и литий-ионными аккумуляторами емкостью 400 А.ч. Расчетный срок функционирования платформы – 12 лет. Две раскладывающиеся на орбите панели солнечных батареи мощностью 7 кВт, позволяют устанавливать полезную нагрузку со средним энергопотреблением 5 кВт.

Основные технические характеристики платформы серии KSP-3501

Габариты, м	2,4x2,8x3,2
Масса платформы, кг	3250

Сухая масса платформы, кг	1250
Масса полезной нагрузки, кг.....	500
Энергопотребление полезной нагрузки, кВт.....	5
Стабилизация	по трем осям
Расчетный срок функционирования, лет.....	12

4.13. Платформы компании Antrix

Корпорация Antrix – коммерческое подразделение индийского космического агентства ISRO. Antrix организует запуски космических аппаратов других стран с помощью индийских ракет-носителей, занимается созданием спутников связи и ДЗЗ по заказам зарубежных компаний и организаций, а также продажей данных космической съемки, получаемых с помощью индийских спутников ДЗЗ.

⇒ Antrix: www.antrix.gov.in

На рынке спутниковых платформ Antrix предлагает несколько серий платформ разного класса массой от 1000 до 5000 кг, на основе которых могут быть созданы спутники связи.

Всего разработано четыре серии таких платформ – INSAT-1000 (I-1000, I-1K), INSAT-2000 (I-2000, I-2K), INSAT-3000 (I-3000, I-3K), INSAT-4000 (I-4000, I-4K). Ведется разработка еще одной платформы – INSAT-6000 (I-6000, I-6K), рассчитанной на создание спутников массой свыше 5 т. Платформы могут предлагаться вместе с поставкой полезной нагрузки, производимой Antrix в альянсе с компанией EADS Astrium (в настоящее время – Airbus Defence and Space).

4.13.1. Платформа серии I-1000

Платформа имеет форму куба (рис. 4.21). Ее конструкция выполнена на основе легких углепластиковых композиционных материалов. Для вывода спутника на геостационарную орбиту может использоваться апогейная двигательная установка на двухкомпонентном топливе тягой 440 Н и реактивные микродвигатели орбитального маневрирования тягой 22 Н. С учетом стандартизированной конструкции платформы производство КА на ее основе может быть осуществлено за 18 месяцев. Запуск спутника может быть осуществлен с помощью РН PSLV.

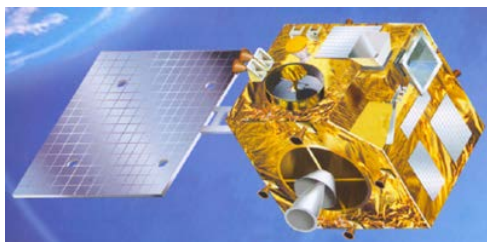


Рис. 4.21. ИСЗ на основе платформы I-1000

Основные технические характеристики платформы серии I-1000

Габариты, м	1,505x1,476x1,530
Масса платформы, кг	1050...1100
Сухая масса платформы, кг	500
Масса полезной нагрузки, кг.....	100
Энергопотребление полезной нагрузки, кВт.....	0,5...1
Стабилизация	по трем осям
Расчетный срок функционирования, лет.....	7...10

4.13.2. Платформа серии I-2000

Платформа I-2000 (рис. 4.22) предусматривает возможность изменения в пределах допустимых величин параметров системы электропитания и других характеристик, что позволяет устанавливать различные виды и конфигурации полезной нагрузки.

Допускается установка двух раскрываемых на орбите параболических рефлекторов антенной системы полезной нагрузки с диаметром зеркала до 2 м и двух панелей солнечных батарей размерами 2,54x1,53 м. Срок производства

КА на основе платформы I-2000 – 18...24 месяца. Для вывода спутника на орбиту может использоваться PH GSLV. Платформа использовалась при создании спутников GSAT-2, -3, -4, -5, -6, -7, INSAT-4CR, HYLAS и других.

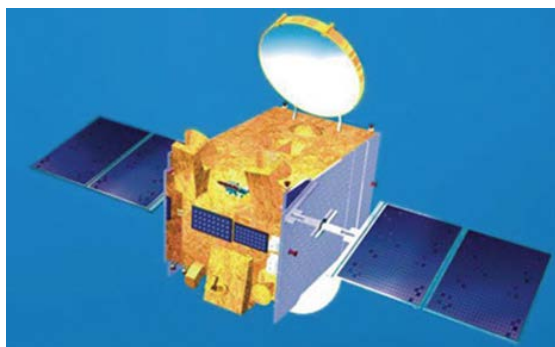


Рис. 4.22. ИСЗ на основе платформы I-2000

Основные технические характеристики платформы серии I-2000

Габариты, м	1,65x1,53x3,00
Масса платформы, кг	2200...2300
Сухая масса платформы, кг	800...950
Масса полезной нагрузки, кг	160...200
Мощность бортовой системы электропитания, кВт	2,8
Энергопотребление полезной нагрузки, кВт	2,4
Число устанавливаемых ретрансляторов	12...18
Стабилизация	по трем осям
Расчетный срок функционирования, лет	12...15

4.13.3. Платформа серии I-3000

Платформа I-3000 (рис. 4.23) имеет форму прямоугольного параллелепипеда и допускает установку двух раскрываемых на орбите параболических рефлекторов антенной системы полезной нагрузки с диаметром зеркала до 2,4 м и двух панелей солнечных батарей размерами 2,8x1,9 м. Срок производства КА на основе платформы I-3000 – 24...26 мес. Для вывода спутника на орбиту может использоваться PH GSLV Mk III. Платформа использовалась при создании спутников INSAT-4A, -4B, -4G, W2M и других.



Рис. 4.23. ИСЗ на основе платформы I-3000

Основные технические характеристики платформы серии I-3000

Габариты, м	2,00x1,77x3,10
Масса платформы, кг	3000...3400
Сухая масса платформы, кг	1300...1500
Масса полезной нагрузки, кг	400
Мощность бортовой системы электропитания, кВт	6,5
Энергопотребление полезной нагрузки, кВт	4,9
Число устанавливаемых ретрансляторов	24...36
Стабилизация	по трем осям
Расчетный срок функционирования, лет	12...15

4.13.4. Платформа серии I-4000

Платформа среднего класса I-4000 (рис. 4.24) предназначена для создания спутников массой 4...5 т. Бортовая система электропитания платформы имеет мощность 10...12 кВт, позволяющую устанавливать полезную нагрузку, обеспечивающую организацию 150...220 эквивалентных стволов ретрансляторов.

Первым спутником, созданным на основе платформы I-4000, является ИСЗ GSAT-11. Запуск спутника был запланирован на 2016 г., а осуществлен в 2018 г.

Основные технические характеристики платформы серии I-4000

Масса платформы, кг	4500
Сухая масса платформы, кг	2100
Мощность бортовой системы электропитания, кВт	10...12
Энергопотребление полезной нагрузки, кВт	8
Число устанавливаемых ретрансляторов	32...46
Стабилизация	по трем осям
Расчетный срок функционирования, лет	15



Рис. 4.24. ИСЗ на основе платформы I-4000

4.13.5. Платформа серии I-6000

Платформу I-6000 (рис. 4.25), которая относится к классу тяжелых платформ, планируется использовать при создании перспективных ИСЗ массой 6 т и более, оснащаемых ретрансляторами Ka- и Ku-диапазонов частот. Платформа будет иметь модульную конструкцию. Мощность бортовой системы электропитания платформы составит не менее 12 кВт.



Рис. 4.25. Платформа I-6000 в процессе сборки

Для запуска спутников на основе платформы I-6000 планируется использовать PH GSLV MkIII. Первыми такими ИСЗ могут стать GSAT-19E и GSAT-20.

4.14. Платформы компании CAST

Китайская академия космических технологий CAST (China Academy of Space Technology) является подразделением китайской корпорации аэрокосмических исследований и технологий CAST (China Aerospace Science and Technology corporation). Академия является одним из крупнейших разработчиков и производителей в области космических технологий в Китае. В общей сложности на орбиты выведено около полусотни спутников, разработанных научно-исследовательскими институтами и предприятиями академии.

⇒ China Academy of Space Technology: www.cast.cn

4.14.1. Платформы серии DFH-3

Платформы серии DFH-3 имеют несколько модификаций – DFH-3, DFH-3A, DFH-3B, – довольно значительно отличающихся по техническим характеристикам. Платформы серии DFH-3 по форме представляет собой прямоугольный параллелепипед и состоит из трех функциональных модулей: двигательной системы, служебного и модуля полезной нагрузки. На орбите платформы стабилизируются по трем осям.

Разработка платформы DFH-3 (рис. 4.26) была завершена в середине 1990-х гг. На основе платформы были созданы китайский спутник связи DFH-3 (запущен в 1997 г.) и другие аппараты.



Рис. 4.26. ИСЗ на основе платформы DFH-3

В результате последующей модификации была создана платформа DFH-3A (рис. 4.27) с расширенными возможностями по размещению более мощных полезных нагрузок. Платформа DFH-3B представляет собой промежуточный вариант между платформами среднего и тяжелого класса.

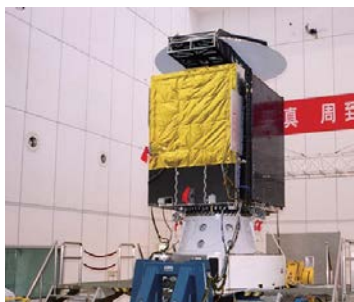


Рис. 4.27. ИСЗ на основе платформы DFH-3A

Основные технические характеристики платформ серии DFH-3

Тип платформы	DFH-3	DFH-3A	DFH-3B
Габариты, м	2,20x1,72x2,00	2,40x1,72x2,20	2,20x2,00x3,10
Масса платформы, кг	2320	2740	3800
Масса полезной нагрузки, кг	230	360	450
Энергопотребление полезной нагрузки, кВт	1	2,5	3...4
Мощность солнечных батарей, кВт	1,7	4	5,5
Точность поддержания параметров орбиты по широте и долготе	$\pm 0,1^\circ$	$\pm 0,1^\circ$	$\pm 0,05^\circ$
Точность наведения антенны: по углам тангажа и крена	0,15°;	0,15°;	0,06°;
по углу рыскания	0,5°	0,5°	0,2°
Стабилизация		по трем осям	
Расчетный срок функционирования, лет	8	12	12...15

4.14.2. Платформа DFH-4

Платформа DFH-4 (рис. 4.28) предназначена для размещения телекоммуникационной полезной нагрузки и конструктивно состоит из модулей двигательной системы и служебного модуля.

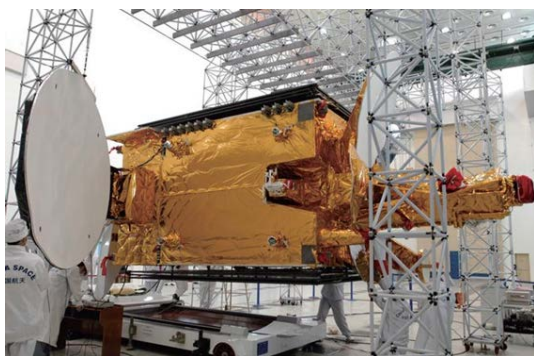


Рис. 4.28. ИСЗ на основе платформы DFH-4

Платформа оборудуется двумя четырехсекционными арсенид-галлиевыми панелями солнечных батарей. Ориентация и стабилизация на орбите осуществляется по трем осям. Работы по ее созданию начались в 2000...2001 гг. Первым спутником, произведенным на ее основе, стал SINOSAT-2 (запущен в 2006 г.).

Платформа активно предлагалась на развивающихся зарубежных рынках Азии, Африки и Южной Америки как более дешевая альтернатива продукции производителей спутниковых платформ из США, Европы и России, причем в виде пакетного предложения, включающего услуги по разработке на ее основе спутника связи и его запуска с помощью китайской PH Long March-3B.

Платформа использовалась при производстве таких спутников как NIGCOMSAT-1, SINOSAT-2, -4, -5, -6, VENESAT-1.

Основные технические платформы DFH-4

Габариты, м.....	2,36x2,10x3,60
Масса платформы, кг.....	5100
Масса полезной нагрузки, кг.....	600..800
Энергопотребление полезной нагрузки, Вт.....	800
Мощность солнечных батарей, кВт.....	6...10,5
Напряжение бортовой сети электропитания, Вт.....	100
Точность поддержания параметров орбиты по широте и долготе.....	± 0,05°
Точность наведения антенны.....	0,1°
Стабилизация.....	по трем осям
Расчетный срок функционирования, лет.....	15

4.15. Платформы компании INVAP

INVAP – аргентинская компания, образованная в 1976 г. и реализующая высокотехнологичные проекты в ядерной, космической, энергетической, медицинской отраслях промышленности. Компания поставляет оборудование более чем в 30 стран мира. Зарубежные офисы и дочерние предприятия компании работают в Австралии, Бразилии, Венесуэле, Египте и США. В космической отрасли INVAP начала деятельность в середине 1980-х гг., которая стала активно развиваться после образования космического агентства Аргентины CONAE. В последующем INVAP стала единственной латиноамериканской компанией, прошедшая сертификацию NASA на поставку космических технологий, а также единственной компанией в Южной Америке, способной обеспечить полный жизненный цикл спутника, от проектирования и сборки, включая создание полезной нагрузки, и до управления полётом.

⇒ INVAP: www.invap.com.ar

INVAP обеспечила создание таких спутников как SAC-A, -B, -C, -D (рис. 4.29). Ведутся работы по созданию геостационарного спутника связи ARSAT-1. В отличие от предыдущих низкоорбитальных ИСЗ, спутник ARSAT-1 будет построен на основе платформы среднего класса.

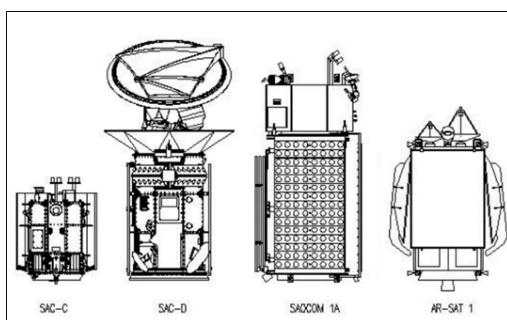


Рис. 4.29. Спутниковые платформы для ИСЗ различного назначения, разработанные INVAP

4.15.1. Платформа ИСЗ ARSAT

На основе платформы (рис. 4.30) планировалась создать три спутника серии ARSAT – ARSAT-1 (запущен в 2014 г.), -2 (запущен в 2015 г.) и -3 (запуск возможен в 2023 г.). Для запуска спутников используется РН ARIANE-5.

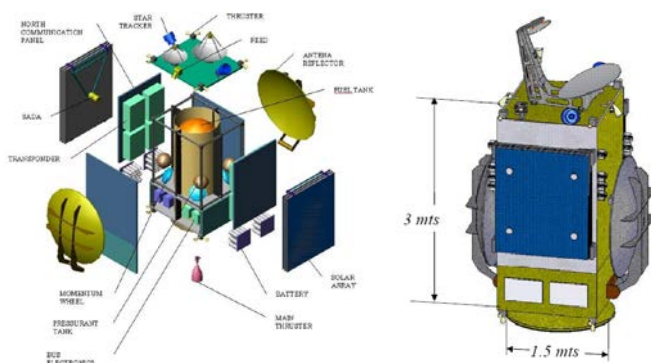


Рис. 4.30. Конструктивная схема спутниковой платформы ИСЗ серии ARSAT

Основные технические платформы ARSAT

Габариты, м	3x1,5
Масса платформы, кг	3000
Мощность бортовой системы электропитания, кВт	4,7
Энергопотребление полезной нагрузки, кВт	3,5
Число ретрансляторов	24
Стабилизация	По трем осям
Расчетный срок функционирования, лет	15

4.16. Платформы АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева»

АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева», головной офис которого расположен в Красноярском крае, занимает в России лидирующие позиции в области производства российских спутников связи.

⇒ «ИСС» имени академика М.Ф. Решетнева»: www.iss-reshetnev.ru

Предприятие (ранее – НПО ПМ им. М.Ф. Решетнева) создало свыше 30 космических систем и комплексов и в наше время остается ведущим предприятием России в области создания и эксплуатации спутниковых систем координатно-метрического и телекоммуникационного назначения на всех основных типах орбит. К настоящему времени осуществлены запуски и успешная эксплуатация на орбите свыше 1000 спутников, разработанных предприятием. В сборочных цехах предприятия создавались ИСЗ серий ЭКРАН, ГОРИЗОНТ, ЭКСПРЕСС, РАДУГА, ГАЛС, МОЛНИЯ, ПОТОК, ГОНЕЦ и ряд других космических аппаратов.

4.16.1. Платформы ИСЗ семейства ЭКСПРЕСС

На основе этой платформы изготовлены спутники серий ЭКСПРЕСС и ЭКСПРЕСС-А. Последние относятся к спутникам третьего поколения, занимая промежуточное положение между ИСЗ серии ЭКСПРЕСС и спутниками серии ЭКСПРЕСС-АМ. Платформа аналогична платформе ИСЗ серии ГОРИЗОНТ. Однако в отличие от последней оснащена двигателями коррекции орбиты ИСЗ, которые обеспечивают стабилизацию положения ИСЗ по широте и долготе в пределах $\pm 0,2^\circ$. Спутник ЭКСПРЕСС-12 удерживается на геостационарной орбите только по долготе с точностью не

хуже $\pm 0,5^\circ$. Масса ИСЗ на орбите – 2,5 т, мощность системы электропитания – 2,4 кВт. Спутники рассчитаны на 5...7-летний срок эксплуатации.

Усовершенствованный вариант платформы использовался при создании ИСЗ ЭКСПРЕСС-A1R. Спутник имеет массу 2,5 т и расчетный срок эксплуатации 7...10 лет. На орбите он ориентируется и стабилизируется по трем осям с точностью $\pm 0,2^\circ$. Мощность бортовой системы электропитания ИСЗ – 3,6 кВт. В январе 2002 г. НПО прикладной механики приступило к изготовлению пяти спутников новой серии ЭКСПРЕСС-AM, которые относятся к аппаратам четвертого поколения. Запуски первых трех спутников (ЭКСПРЕСС-AM22, -AM11, -AM1) состоялись в 2003 и 2004 гг. Платформа ИСЗ массой около 2,6 т выполнена на основе негерметизированного отсека, разработанного в НПО ПМ для спутника SESAT, и оборудована системой электропитания мощностью 7,3 кВт. Ее расчетный срок активного функционирования – 12 лет. На платформе может быть установлено до 600 кг полезной нагрузки. В системе управления используются бортовые компьютеры компании Astrium. Ориентация и стабилизация ИСЗ осуществляется по трем осям, при этом точность удержания спутника на орбите по долготе и по широте в течение расчетного срока функционирования – не хуже $\pm 0,05^\circ$.

В период 2003...2009 гг. было разработано новое семейство спутниковых платформ, в которое входили платформы серии ЭКСПРЕСС-1000 и ЭКСПРЕСС-2000.

Серия платформ ЭКСПРЕСС-1000 (рис. 4.31) содержит три модификации ЭКСПРЕСС-1000К, ЭКСПРЕСС-1000Н и ЭКСПРЕСС-1000НС. На основе платформ этой серии предполагалось создавать спутники ЭКСПРЕСС-AT1,-AT2, AM8, ЛУЧ-5А и 5В, TELKOM-3 и другие.

Основные технические характеристики платформ серии ЭКСПРЕСС-1000

Модификация платформы	ЭКСПРЕСС-1000К	ЭКСПРЕСС-1000Н	ЭКСПРЕСС-1000НС
Масса платформы, кг	1200	1700	2200
Масса полезной нагрузки, кг	250	500	700
Энергопотребление полезной нагрузки, кВт	3	5,6	8
Точность поддержания параметров орбиты по широте и долготе	$\pm 0,05^\circ$	$\pm 0,05^\circ$	$\pm 0,05^\circ$
Стабилизация		по трем осям	
Расчетный срок функционирования, лет	15	15	15

Платформа ЭКСПРЕСС-2000 предназначена для применения на российском рынке в интересах заказчиков, имеющих ограничения на применение в составе своих спутников нероссийского оборудования, а также зарубежного программного обеспечения. На основе платформы создаются такие спутники как ЭКСПРЕСС-AM5 и -AM6 (рис. 4.32).

Модификацией платформы ЭКСПРЕСС-2000 является платформа ЭКСПРЕСС-4000, предназначенная для использования на внешнем рынке для реализации коммерческих проектов. Контракт на её разработку с использованием технологий SPACEBUS-4000 был заключён в 2008 году между «ИСС» и Thales Alenia Space.

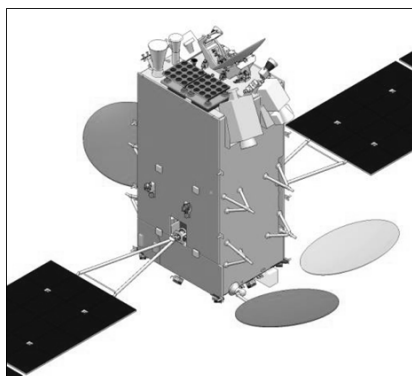


Рис. 4.31. Конструктивная схема космической платформы ИСЗ ЭКСПРЕСС-AM8

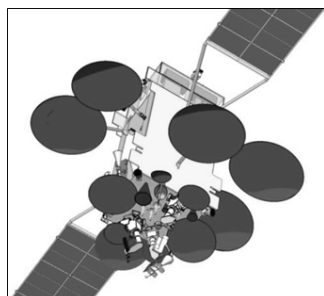


Рис. 4.32. Конструктивная схема спутниковой платформы ИСЗ ЭКСПРЕСС-АМ6

Основные технические платформы ЭКСПРЕСС-2000

Масса платформы, кг.....	3500
Масса полезной нагрузки, кг.....	1300
Мощность системы электропитания, кВт.....	14
Энергопотребление полезной нагрузки, кВт.....	7,5
Мощность солнечных батарей, кВт.....	6...10,5
Точность поддержания параметров орбиты по широте и долготе.....	$\pm 0,05^\circ$
Стабилизация.....	по трем осям
Расчетный срок функционирования, лет.....	15

4.16.2. Платформа ИСЗ серии ГОНЕЦ

Платформа космических аппаратов серии ГОНЕЦ (рис. 4.33) имеет форму цилиндра (длина 1,6 м, диаметр 0,8 м), наружная поверхность которого покрыта солнечными батареями суммарной мощностью 120 Вт.

На торце, обращенном к Земле, установлены две логопериодические спиральные антенны, на противоположной стороне – длинная выдвижная штанга гравитационной стабилизации. Масса ИСЗ – 240 кг, срок активного функционирования – два-три года. Спутники рассчитаны на групповой запуск с помощью РН ЦИКЛОН и КОСМОС (в перспективе РН РОКОТ).

Начиная с 2004 г., планируется осуществлять запуски усовершенствованных ИСЗ данной серии массой 250 кг. Они будут иметь срок активного существования 5...7 лет, более мощную систему электропитания (200 Вт), запоминающие устройства повышенной емкости (8 Мбайт вместо прежних 1,5 Мбайт). Кроме того, новые ИСЗ предполагается оборудовать двигателями коррекции орбиты.

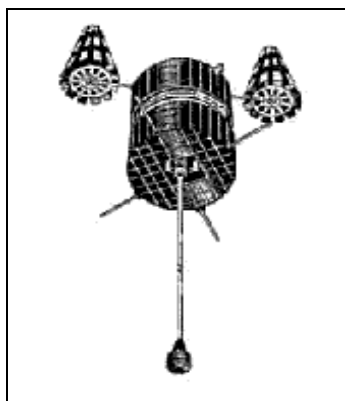


Рис. 4.33. Внешний вид ИСЗ серии ГОНЕЦ

4.17. Платформы ГКНПЦ им. М.В. Хруничева

Государственный космический научно-производственный центр имени М.В. Хруничева (ФГУП «ГКНПЦ имени М.В. Хруничева») образован Указом Президента Российской Федерации 7 июня 1993 г. на основе крупнейших производителей авиационной и ракетно-космической техники – завода им. М.В. Хруничева (основан в 1916 г.) и конструкторского бюро «Салют» (основано в 1951 г.).

⇒ **ГКНПЦ им. М.В. Хруничева:** www.khrunichev.ru

В ГКНПЦ им. М.В. Хруничева разработана малогабаритная универсальная платформа ЯХТА, предназначенная для создания на ее основе легких геостационарных ИСЗ связи и вещания, а также низкоорбитальных ИСЗ научного и специального назначения.

4.17.1. Унифицированная платформа ЯХТА

В основу платформы заложен комплекс бортового оборудования, который может быть адаптирован под решение различных целевых задач и в зависимости от функционального назначения ИСЗ может иметь различную конфигурацию. Структура платформы предусматривает низкоорбитальную и высокоорбитальную модификации ее бортового оборудования. Для высоких орбит, включая геостационарную, и длительных сроков функционирования платформа комплектуется оборудованием с повышенной радиационной стойкостью, а для низких – оснащается приемной аппаратурой навигационных систем NAVSTAR и ГЛОНАСС.

В конструктивном отношении платформа является законченным модулем и предусматривает два варианта размещения на ней целевой аппаратуры: непосредственная установка приборов целевой аппаратуры на конструкцию (верхнюю агрегатную панель) платформы и формирование самостоятельного модуля целевой аппаратуры, устанавливаемого на конструкцию платформы.

Платформа имеет форму прямоугольной призмы (см. рис. 4.34).

Ее габариты 1,2×1,2×0,6 м, а масса около 0,4 т.

Использование такой платформы, обладающей небольшими габаритами и массой по сравнению с аналогичными системами, создаваемыми в настоящее время в России, позволяет значительно сократить затраты связанные с выведением ИСЗ на орбиту.

Точность удержания орбиты геостационарного ИСЗ по наклонению и долготе – хуже 0,1°. Платформа допускает установку ретрансляторов и другой полезной нагрузки общей массой около 100 кг. На основе ЯХТЫ планируется разработать целый ряд космических аппаратов различного назначения, в том числе три ИСЗ связи и телевизионного вещания ДИАЛОГ-Э, ИНТЕРСПУТНИК-М1 и ИНТЕРСПУТНИК-М2.

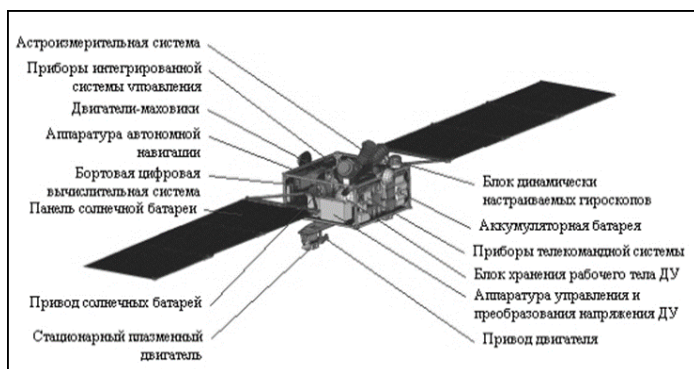


Рис. 4.34. Конструктивная схема спутниковой платформы ЯХТА

Основные технические характеристики платформы ЯХТА

Вариант исполнения	низкоорбитальная	высокоорбитальная
Расчетный срок функционирования, лет	5	10..12
Масса, кг	350	400..500
Максимальная масса полезной нагрузки, кг	500	600

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

Габариты, м.....	1,2×1,2×0,6	-
Мощность солнечных батарей, кВт.....	0,4	1,3...3,9
Точность ориентации, град.....	0,1	0,1
Точность стабилизации, град.....	0,001	0,001

Запускать спутники предполагалось с помощью ракет-носителей легкого класса серии РОКОТ. Ранее и в России, и за рубежом для запуска спутников на геостационарную орбиту применялись ракеты-носители среднего или тяжелого классов.

Изучается возможность создания утяжеленного варианта платформы ЯХТА, способного нести уже до 300 кг полезной нагрузки. В этом случае в качестве средства выведения предполагается использовать ракету-носитель серии АНГАРА. После отделения от верхней ступени ракеты-носителя рабочую орбиту ИСЗ предполагается сформировать в результате серии включений плазменной двигательной установки, которой оборудована платформа ЯХТА. Унифицированная платформа использовалась также при создании спутников серии ЭКСПРЕСС-МД и KAZSAT в модифицированной версии, получившей обозначение ЯХТА-М (рис. 4.35). Для выведения спутников на орбиту используется РН ПРОТОН-М с РБ БРИЗ-М.

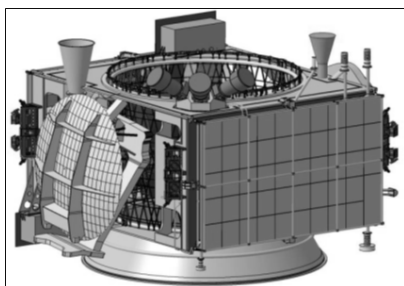


Рис. 4.35. Спутниковая платформа ЯХТА-М

Основные технические платформы ЯХТА-М

Масса платформы на орбите, кг.....	1140...1330
Масса полезной нагрузки, кг.....	215...230
Энергопотребление полезной нагрузки, Вт.....	1300...1800
Точность поддержания параметров орбиты	
по широте и долготе.....	± 0,05°
Точность наведения антенны.....	±0,21°
Точность ориентации.....	0,1°
Число ретрансляторов.....	9...12
Стабилизация.....	по трем осям
Расчетный срок функционирования, лет.....	10...12,5

4.18. Платформы РКК «Энергия» им. С.П. Королева

«Ракетно-космическая корпорация (РКК) «Энергия» имени С.П. Королева» является одним из ведущих российских ракетно-космических предприятий. В стенах этого предприятия, основанного в 1946 г., были созданы первые космические ракеты-носители, искусственные спутники Земли, лунные и межпланетные автоматические станции, пилотируемые космические корабли ВОСТОК, ВОСХОД, СОЮЗ, орбитальные станции САЛЮТ и МИР, автоматические транспортные грузовые корабли ПРОГРЕСС, сверхтяжелая ракета-носитель ЭНЕРГИЯ и транспортная космическая система ЭНЕРГИЯ-БУРАН. В настоящее время РКК «Энергия» реализует ряд проектов, среди которых создание совместно с компанией «Газком» спутников связи серии ЯМАЛ.

⇒ РКК «Энергия»: www.energia.ru

В настоящее время на орбиты уже выведены два ИСЗ связи серии ЯМАЛ-100 и два ИСЗ серии ЯМАЛ-200, разработанные на предприятии РКК «Энергия» с привлечением широкой российской кооперации и с использованием высокоэффективного радиотехнического оборудования ведущих зарубежных производителей – Space Systems/Loral, NEC, ComDev, Lockheed Martin. При их изготовлении применялись новые российские технологии, разработанные и

реализованные в рамках проекта «Ямал-100» (негерметичные отсеки, контурные антенны, линеаризованные транспондер и т.д.).

28 февраля 2013 г. было подписано соглашение между Россией и Францией о лицензионном взаимном использовании технологий РКК «Энергия», «Энергией – Спутниковые системы» и EADS Astrium. К концу 2014 года должно завершиться формирование совместного предприятия «Энергия – Спутниковые системы», которое будет производить спутники связи и дистанционного зондирования Земли. Предприятие будет располагаться на территории РКК «Энергия» в Королеве.

4.18.1. Универсальная платформа

Универсальная платформа была разработана РКК «Энергия» в рамках проекта «Ямал». На ее основе РКК «Энергия» по заказу ОАО «Газком» в рамках Федеральной космической программы России были созданы спутники серии ЯМАЛ-100 и ЯМАЛ-200.

Платформа (рис. 4.36) характеризуется отсутствием традиционных для спутников герметичных отсеков. Ее основная особенность – модульность конструкции, которая обеспечивает высокую технологичность сборки и испытания космических аппаратов, создаваемых на ее основе. Отсеки, панели солнечных батарей и бортовые антенны изготовлены из трехслойных сотовых конструкций на основе композиционных материалов. В состав системы электропитания входят две панели солнечных батарей и никель-водородные аккумуляторы. Система терморегулирования – пассивная, с тепловыми трубками. В качестве бортовой двигательной установки могут использоваться как обычные жидкостные или газовые двигатели орбитального маневрирования, так и электродвигатель, работающий на ксеноне.

Ориентация и стабилизация ИСЗ на орбите осуществляется по трем осям. Единый бортовой комплекс управления, базирующийся на современной вычислительной системе, при помощи соответствующего программного обеспечения адаптируется к различной конфигурации полезной нагрузки.

Основные технические характеристики универсальной платформы РКК «Энергия»

Вариант исполнения	для низких, средних, высокоэллиптических орбит	для геостационарной орбиты
Расчетный срок функционирования, лет.....	7...10	10...12,5
Сухая масса платформы, кг	950...1200	250...300
Масса полезной нагрузки, кг	500...1000	250...300
Мощность электропитания полезной нагрузки, кВт.....	до 3	2,2
Напряжение бортовой сети электропитания, Вт	28,5	
Ориентация	по трем осям	
Точность ориентации, угл. мин.....	3...6	
Точность стабилизации		
- по углу, угл. мин	1	
- по угловой скорости, угл.град./с.....	0,001 ... 0,002	

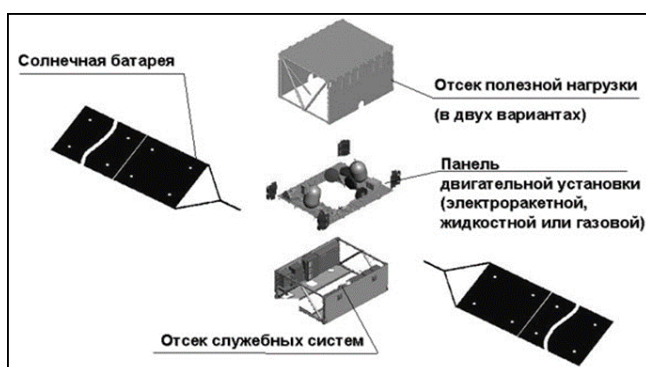


Рис. 4.36. Конструктивная схема универсальной спутниковой платформы ИСЗ серии ЯМАЛ

4.19. Платформы АО «ВПК «НПО машиностроения»

АО «ВПК «НПО машиностроения» расположено в Реутове (Московская область), является правопреемником ОАО «ВПК «НПО машиностроения» и одним из ведущих ракетно-космических предприятий России.

⇒ «ВПК «НПО машиностроения»: nptomash.ru

4.19.1. Платформа РУСЛАН-ММ

«НПО машиностроения» являлось главным разработчиком перспективной системы спутников системы связи «Руслан-РС», в космическом сегменте которой предполагалось использовать спутники серии РУСЛАН-ММ, размещаемые на геостационарных орбитах. Создавать спутники планировалось на основе платформы легкого класса.

Унифицированная платформа для ИСЗ серии РУСЛАН-ММ, конструктивная схема которого приведена на рис. 4.37, рассчитана на установку до 12 ретрансляторов с шириной полосы пропускания 36 МГц, максимально адаптированных к требованиям заказчика. Общая масса полезной нагрузки ИСЗ составит 125 кг.

Основные технические характеристики ИСЗ серии РУСЛАН-ММ

Масса спутника на орбите, кг	630
Масса полезной нагрузки, кг	125
Энергопотребление полезной нагрузки, кВт	0,95
Точность поддержания параметров орбиты по широте и долготе	$\pm 0,1^\circ$
Стабилизация	по трем осям
Длительность выведения на геостационарную орбиту при запуске ракетой-носителем СТРЕЛА, сут	160
Расчетный срок функционирования, лет	10...12

Выводить спутники серии РУСЛАН-ММ на орбиту предполагалось при помощи РН легкого класса серии СТРЕЛА, созданной на основе межконтинентальной баллистической ракеты РС-18 (SS-19).

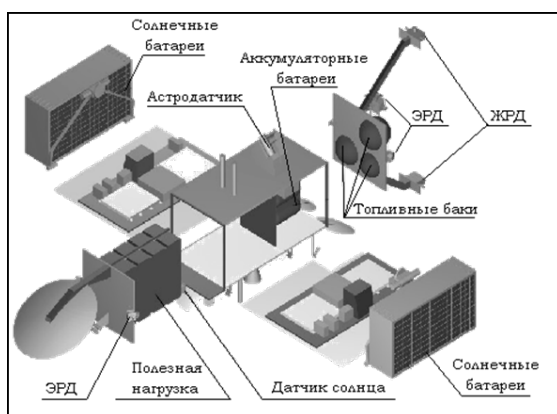


Рис. 4.37. Конструктивная схема ИСЗ серии РУСЛАН-ММ

4.20. Платформы связных наноспутников

Традиционно к категории наноспутников относятся космические аппараты массой до 10 кг включительно. Однако по мере популяризации использования малоразмерных космических аппаратов для решения широкого спектра прикладных задач граница между наноспутниками и микроспутниками перестала четко очерчиваться. К наноспутникам зачастую начали также относить космические аппараты массой до 16 кг, что примерно соответствует «кубсату» в форм-факторе 6U. Отнесение к наноспутникам космических аппаратов большей массы и размеров, например, около

20 кг и 12U соответственно, представляется противоречащим существу принятой градации космических аппаратов по величине массы, согласно которой наноспутники характеризуются очень небольшой массой.

Типовые размеры наноспутников – 1U, 1,5U, 2U, 3U, 6U. Наиболее часто используемые для изготовления связанных наноспутников платформы имеют типоразмеры 3U и 6U.

В разделе представлена информация по спутниковым платформам, используемым при создании наноспутников эксплуатируемых или планируемых систем связи, сведения по которым приведены в соответствующих разделах сборника, и предлагаемым компаниями-разработчиками в виде готового продукта различным категориям заказчиков.

Диапазоны значений основных характеристик наноспутников в форм-факторе 3U и 6U

Типоразмер ИСЗ	3U	6U
Масса ИСЗ, кг	3,5...8	12...17
Масса полезной нагрузки, кг	1...4	5...12
Объем полезной нагрузки, см ³	1000...2000	2500...5000
Пиковое энергопотребление, Вт	7...56	42...112
Среднее энергопотребление полезной нагрузки, Вт	2...12	5...45
Точность поддержания ориентации	0,004...10°	0,004...3°
Характеристическая скорость орбитального маневра, м/с	10	40
Скорость передачи данных с ИСЗ на Землю, Мбит/с	1...100	1...100

4.20.1. Платформы университета Toronto

Университетом Торонто разработано несколько линеек наноспутниковых платформ, которые используются для создания спутников связи – GRYPHON и NEMO.

Непосредственно изготовлением платформ занимается лаборатория космических полетов института аэрокосмических исследований (University of Toronto Institute for Aerospace Studies Space Flight Lab, UTIAS/SFL).

⇒ UTIAS/SFL: www.utias-sfl.net/

4.20.1.1. Платформа GRYPHON

Платформа GRYPHON предназначена для создания наноспутников массой до 7 кг. Спутник, выполненный на основе платформы GRYPHON, имеет форму куба с длиной грани 20 см. Масса устанавливаемой на ИСЗ полезной нагрузки – 2 кг, объем – 1700 см³. Максимальное энергопотребление полезной нагрузки – 6 Вт, среднее – 3...4 Вт. Точность поддержания ориентации ИСЗ на орбите – до 2° при использовании магнитометра, высокоточного солнечного датчика и трех маховиков и до 60" в случае использования звездного датчика и трех маховиков. Платформа оснащается двигательной установкой на холодном газе. Точность определения местоположения аппарата на орбите – 5...10 м по сигналам спутников GPS. Бортовая система передачи данных обеспечивает скорость передачи от 32 кбит/с до 2 Мбит/с.

Основные технические характеристики платформы GRYPHON

Габариты, см	20x20x20
Масса платформы, кг	5
Масса полезной нагрузки, кг	2
Объем полезной нагрузки, см ³	1700
Мощность бортовой системы электропитания, Вт	7...9
Среднее энергопотребление полезной нагрузки, Вт	3...4
Точность поддержания ориентации	до 60"

Для вывода спутника на орбиту может использоваться система размещения полезной нагрузки на орбите XPOD GNB разработки UTIAS/SFL.

На основе платформы были изготовлены ИСЗ серии AISSat, спутники exactView-0 (EV-0, CanX-6), exactView-9.

4.20.1.2. Платформа NEMO

Платформа NEMO служит для создания спутников с полезной нагрузкой большего размера и повышенным энергопотреблением. Масса таких наноспутников – 15 кг, размеры – 20 x 20 x 40 см. Максимальное энергопотребление полезной нагрузки – 65 Вт, масса полезной нагрузки – 6 кг. Точность поддержания ориентации ИСЗ на орбите – до 2° при использовании магнитометра, высокоточного солнечного датчика и трех маховиков и до 10" в случае использования звездного датчика и трех маховиков. Платформа может оснащаться двигательной установкой на холодном газе, однокомпонентным ЖРД, электротермической двигательной установкой. Точность определения местоположения аппарата на орбите – 5...10 м по сигналам спутников GPS. Бортовая система передачи данных обеспечивает скорость передачи от 32 кбит/с до 2 Мбит/с.

Основные технические характеристики платформы NEMO

Габариты, см	20x30x40
Масса платформы, кг	9
Масса полезной нагрузки, кг.....	6
Объем полезной нагрузки, см ³	8000
Мощность бортовой системы электропитания, Вт	50...100
Среднее энергопотребление полезной нагрузки, Вт	45
Точность поддержания ориентации	до 10°

Для вывода спутника на орбиту может использоваться система размещения полезной нагрузки на орбите XPOD Duo или XPOD Delta разработки UTIAS/SFL.

На основе платформы были изготовлены ИСЗ NORSAT-1 и -2.

4.20.2. Платформы компании Surrey Satellite Technology Limited

С целью развития направления бизнеса, связанного с изготовлением малоразмерных ИСЗ, в 2009 г. корпорация Airbus defence and Space приобрела компанию Surrey Satellite Technology Limited (SSTL) со штаб-квартирой в Соединенном Королевстве. В 2017 г. дочерняя структура компании SSTL – SSTL-US, – работающая с 2008 г. на территории США, была приобретена компанией General Atomics. Airbus defence and Space и General Atomics планируют использовать интеллектуальную собственность и экспертизу компании SSTL для создания малоразмерных ИСЗ, включая наноспутники. Разработкой наноспутников занимается недавно образованная в структуре компании лаборатория NanoLab инженерно-технической группы NanoSat Engineering Group (Guildford, Соединенное Королевство).

⇒ SSTL: www.sstl.co.uk

4.20.2.1. Платформа SSTL-12

Платформа SSTL-12 – новая серия платформ в продуктовой линейке компании SSTL. Платформа является масштабируемой и рассчитана на широкий диапазон массогабаритных характеристик спутников – от 10 до 75 кг. Ее основное назначение состоит в том, чтобы заполнить нишу между типовыми наноспутниками и микроспутниками. В конструкции платформы предусмотрено частичное резервирование основных подсистем. Платформа оснащена системой ориентации и стабилизации на орбите по трем осям. В системе энергообеспечения используются четыре раскладываемые на орбите панели солнечных батарей и литий-ионные аккумуляторы высокой емкости. Платформа может быть выполнена в форм-факторе 27U. Масса устанавливаемой полезной нагрузки – до 25 кг. Расчетный срок активного функционирования – 5 лет.

На основе платформы SSTL-12 создается демонстрационный ИСЗ VESTA для спутниковой системы exactView компании exactEarth. Типоразмер ИСЗ – 3U, масса – около 4 кг. Управление функционированием бортовых систем осуществляется с помощью операционной системы реального времени VxWorks компании Wind River Systems. Командная и телеметрическая радиолинии ИСЗ работают в S-диапазоне частот.

4.20.3. Платформы компании Clyde Space

Компания была образована бывшим руководителем отдела систем энергообеспечения компании SSTL. Компания занимается созданием стандартизированных и индивидуально проектируемых подсистем для наноспутников и предлагает полный спектр услуг по изготовлению и размещению на орбите малоразмерных ИСЗ. Компанией Clyde Space разработано несколько версий платформ для наноспутников, отличающихся типоразмером – 1U, 3U и 6U (рис. 4.38). В конце 2017 г. Clyde Space была приобретена шведской компанией ÅAC Microtec.

Производственные мощности компании позволяют осуществлять сборку до шести ИСЗ в месяц.

⇒ Clyde Space: www.clyde.space

Компания занимается самостоятельным изготовлением солнечных батарей для различных классов космических аппаратов. В основном используются трехпереходные фотоэлементы типа UTJ компании Spectrolab. Все модификации наноспутниковых платформ оснащаются разветвляемыми солнечными батареями.

На основе 3U-платформы компании Clyde Space изготовлены связанные наноспутники Audacy Zero (Audacy-0), KEPLER-1 (KIPP), KEPLER-2 (CASE). Для размещения ИСЗ на орбите использовались системы разведения компании ISIS QuadPack и ISIPod. Платформа в форм-факторе 6U использовалась при создании ИСЗ KEPLER-3 (TARS) и послужит основой для последующих ИСЗ системы компании Kepler Communications.

Характеристики платформ компании Clyde Space

Типоразмер	1U	3U	6U
Масса ИСЗ, кг			
Масса полезной нагрузки, кг			
Максимальный объем полезной нагрузки.....	0,2U	1,6U	4,4U
Пиковое энергопотребление, Вт	8	50	90
Среднее энергопотребление полезной нагрузки, Вт	2	12	24
Электрическая энергия аккумулятора, Вт·ч.....	10...20	40 (возможно уве- личение до 100 и более)	40 (возможно уве- личение до 100 и более)
Точность поддержания ориентации	5°	3,5 угл. мин	7 угл. мин
Точность определения местоположения на орбите, м.....	10	10	10
Точность определения скорости полета, м/с.....	1	1	1
Емкость бортового запоминающего устройства, Гбайт.....	4	4	4
Диапазоны частот бортовой радиотехнической системы...	VHF/UHF	VHF/UHF, S, X	VHF/UHF, S, X
Скорость передачи данных с ИСЗ на Землю.....	9,6 кбит/с	До 100 Мбит/с	До 100 Мбит/с
Расчетный срок функционирования, лет.....	5	5	5

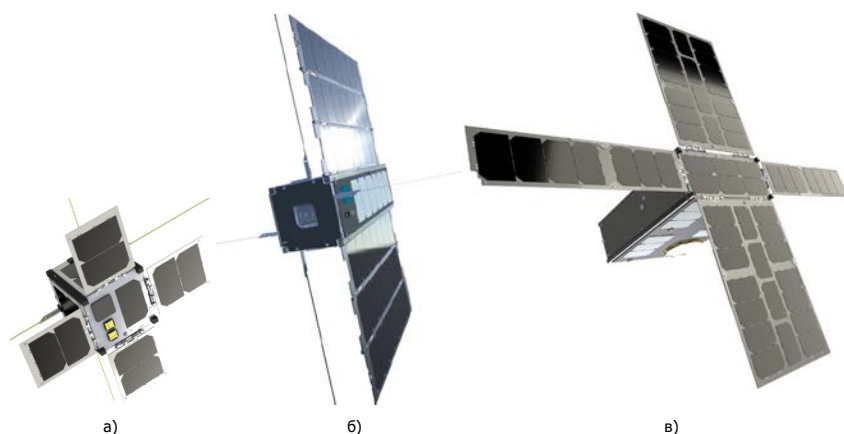


Рис. 4.38. Конструктивное исполнение ИСЗ на основе платформ компании Clyde Space типоразмеров 1U (а), 3U (б), 6U (в)

4.20.4. Платформы компании NanoAvionika

Литовская компания-стартап NanoAvionika (также используется англоязычное написание названия компании – NanoAvionics) образована в 2014 г. Компания предлагает европейским и североамериканским заказчикам услуги сборки наноспутников с использованием платформ общего назначения: M2P, M3P и M6P с типоразмерами 2U, 3U и 6U соответственно (рис.4.39).

В 2018 г. компания стала дочерней структурой американской компании Avellan Space Technology & Science (AST & Science).

⇒ NanoAvionika: n-avionics.com

Платформы имеют модульную конструкцию с предустановленным и протестированным программным и аппаратным обеспечением общего назначения. Для изготовления спутников связи компания рекомендует использовать платформу в форм-факторе 6U. Платформа оснащается монотопливной жидкостной двигательной установкой, обеспечивающей номинальную тягу 100 мН, удельный импульс 200 с и характеристическую скорость орбитального маневра 70...150 м/с. В двигательной установке используется нетоксичное топливо массой 350 г. На платформе типоразмера 3U двигательная установка размещается опционально. В случае отсутствия необходимости использования двигательной установки резервируемое пространство объемом 1U может задействоваться для размещения полезной нагрузки.

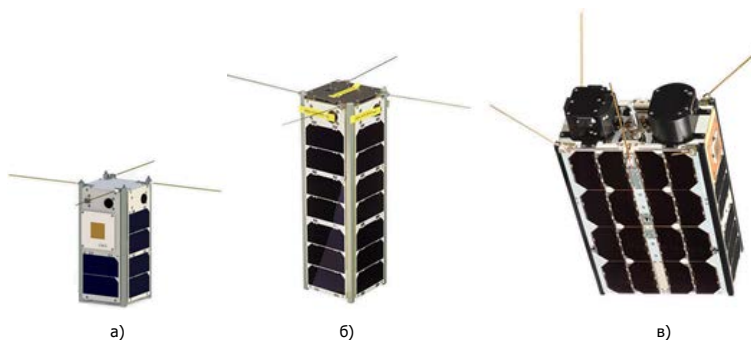


Рис. 4.39. Конструктивное исполнение ИСЗ на основе платформ компании NanoAvionika типоразмеров 2U (а), 3U (б), 6U (в)

Ориентация и стабилизация платформ на орбите осуществляются по трем осям, для чего используются инерциальные, магнитные и высокоточные солнечные датчики. Подсистема исполнительных элементов содержит маховики и интегрированные магнитные катушки. В качестве центрального процессора управления всех платформ используется 32-битный процессор ARM Cortex M7 с тактовой частотой до 400 МГц.

Характеристики платформ компании NanoAvionika

Название платформы	M2P (PLT2)	M3P (PLT3)	M6P
Типоразмер	2U	3U	6U
Масса ИСЗ, кг	3,2	5,5	12
Масса полезной нагрузки, кг	2	4	7,5
Максимальный объем полезной нагрузки	1,2U	2U	4U
Выходная мощность системы электропитания, Вт	20	20	20
Электрическая энергия аккумулятора, Вт·ч	23	23	92
Емкость аккумуляторов, мА·ч	3200	3200	12800
Точность поддержания ориентации	5°	5°	0,5...2,5°

В системе энергообеспечения платформы М6Р используются монтируемые на боковых гранях корпуса солнечные батареи с трехпереходными фотоэлементами на структурах GaInP/GaInAs/Ge, а также восьмизлементный аккумулятор емкостью 12,8 А·ч. При необходимости для повышения энергообеспечения полезной нагрузки (примерно в 3 раза) платформа может оснащаться раскладываемыми на орбите солнечными батареями. На платформе М3Р опционально может устанавливаться четырехэлементный аккумулятор емкостью 6,4 А·ч.

Платформа М6Р может оснащаться системой межспутниковой связи для передачи данных на Землю через геостационарный ИСЗ-ретранслятор со скоростью до 200 Мбит/с. Передача данных полезной нагрузки с наноспутника непосредственно на Землю осуществляется в S-диапазоне частот (2,20...2,29 ГГц) со скоростью до 200 кбит/с с помехоустойчивым кодированием. Опционально возможна установка передатчика X-диапазона частот (8,025...8,450 ГГц) для передачи данных со скоростью до 100 Мбит/с. Для передачи телеметрии и команд управления используется UHF-диапазон частот (430...440 МГц). Скорость передачи данных в этом диапазоне частот составляет 4,8...9,6 кбит/с.

На основе платформы М6Р планировалось создавать спутники связи для компаний Blink Astro и Lacuna Space.

4.20.5. Платформы компании Innovative Solutions In Space

Нидерландская компания Innovative Solutions In Space (ISISpace, ISIS) образована в 2006 г. и предлагает услуги проектирования, сборки, предпускового тестирования, размещения на орбите и обеспечения функционирования наноспутников. Компания также выступает брокером пусковых услуг. По состоянию на декабрь 2018 г. компания приняла участие в создании свыше 290 малоразмерных ИСЗ.

⇒ Innovative Solutions In Space: www.isispace.nl

Линейка платформ, разработанных компанией, содержит платформы трех типоразмеров – 1U, 3U и 6U (рис. 4.40). Большинство комплектующих бортовых систем компания производит самостоятельно. Компанией используются собственные станции контроля и управления полетом ИСЗ, работающие в UHF, VHF и S-диапазонах частот.

Платформа форм-фактора 6U имеет модульную конструкцию.

В платформах компании ISIS применяется центральный процессор управления ISIS OBC на основе архитектуры ARM9.

Платформы типоразмеров 3U и 6U могут выпускаться в усовершенствованных модификациях, в которых часть пространства полезной нагрузки используется для установки подсистем стабилизации и ориентации на орбите энергообеспечения и связи с повышенными возможностями. Так точность ориентации на орбите платформы усовершенствованной модификации может быть повышена с 10 до 1° для типоразмера 3U и с 3 до 0,1° для типоразмера 6U, а среднее энергопотребление – с 2 до 3,5 Вт и более и с 10 до 20 Вт соответственно. Повышенная точность ориентации и стабилизации на орбите платформ усовершенствованных модификаций достигается посредством установки маховиков и звездных датчиков. Радиотехническая система таких платформ в дополнение к приемопередатчикам UHF- и VHF-диапазонов частот содержит передатчик и полосковую антенну S-диапазона частот, обеспечивающие более высокую скорость передачи данных. 3U- и 6U-платформы оснащаются раскладываемыми на орбите солнечными батареями. Солнечные батареи крепятся к торцевой грани корпуса платформы.

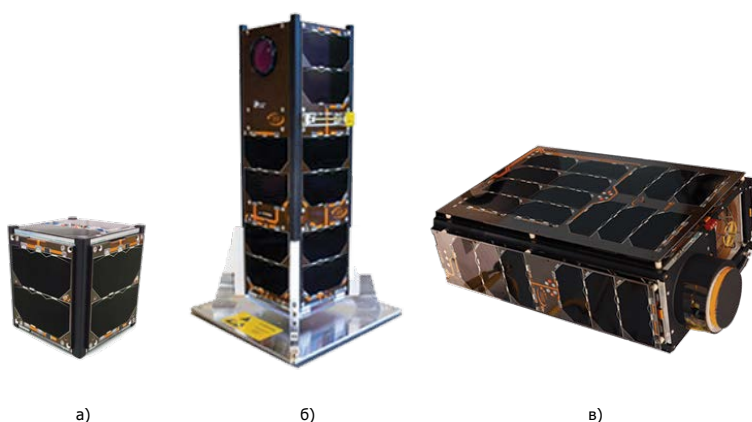


Рис. 4.40. Конструктивное исполнение ИСЗ на основе платформ компании Innovative Solutions In Space типоразмеров 1U (а), 3U (б), 6U (в)

Характеристики платформ компании Innovative Solutions In Space

Типоразмер	1U	3U	6U
Масса полезной нагрузки, кг	0,7	4	6
Максимальный объем полезной нагрузки	0,4U	2U	3U
Среднее энергопотребление полезной нагрузки, Вт	0,4	3,5	20
Точность ориентации на орбите	-	1°	0,1°
Емкость бортового запоминающего устройства, Гбайт	2x2	64	64
Диапазоны частот бортовой радиотехнической системы	UHF, VHF	UHF, VHF, S	UHF, VHF, S
Скорость передачи данных с ИСЗ на Землю	9,6 кбит/с	9,6 кбит/с, 3,4 Мбит/с	9,6 кбит/с, 3,4 Мбит/с

Для размещения ИСЗ на орбите компания разработала несколько видов систем разведения (ISIPOD, DuoPack, QuadPack), позволяющих обеспечить одиночный и множественный запуск наноспутников различной конфигурации вплоть до 16U и суммарной массой до 24 кг. Масса системы разведения era ISIPOD – 1,5...2 кг, DuoPack – 4...4,5 кг, QuadPack – 6...9 кг.

На основе 6U-платформы компании ISIS созданы демонстрационные спутники HIBER-1 и -2 для системы передачи данных компании Hiber Global. Для размещения спутников на орбитах использовалась система разведения QuadPack.

4.20.6. Платформы компании Pumpkin Space Systems

Компания Pumpkin Space Systems образована в 1995 г. Штаб-квартира компании находится в Сан-Франциско (США). Основное направление деятельности компании связано с разработкой и производством малоразмерных ИСЗ и продажей комплектующих для их сторонней сборки.

⇒ Pumpkin Space Systems: www.pumpkinspace.com

Компания предлагает комплекты монтажного, аппаратного и программного обеспечения CubeSat Kit и NanoLab Kit, предназначенные для сборки наноспутников класса кубсат и полезной нагрузки для использования на основе платформы NanoRacks соответственно, а также два типа платформ SUPERNOVA и MISC. Платформа MISC (Miniature Imaging SpaceCraft) предназначена для создания ИСЗ космической съемки Земли.

В платформах Pumpkin Space Systems применяются процессорные модули с колодками со штырьковыми разъемами для установки микроконтроллеров (Pluggable Socketed Processor Module). Процессорные модули устанавливаются на монтажной плате. Возможно использование 8-битных микроконтроллеров компании Silicon Labs, 16-битных – компаний Texas Instruments и Microchip. Также могут использоваться процессорные модули со встроенным микроконтроллером (Pluggable Processor Module). Для управления работой микроконтроллеров используется операционная система реального времени Salvo RTOS, разработанная компанией Pumpkin Space Systems.

4.20.6.1. Платформа CubeSat Kit

Платформа CubeSat Kit имеет конструкцию типа монокок и может быть выполнена в форм-факторах 0,5U, 1U, 1,5U, 2U и 3U. При типоразмере платформы 3U размер полезной нагрузки может составлять 1,5U (с установленной системой управления ориентацией и стабилизацией на орбите) или 2U.

Размещение ИСЗ на орбите может осуществляться с помощью системы разведения P-POD.

4.20.6.2. Платформа MISC

Разработка модификации платформы MISC-2 была завершена в 2008 г., MISC-3 – в 2012 г. Типоразмер платформы – 3U (рис. 4.41). Платформа имеет модульную конструкцию. В последней модификации платформы, MISC-3, для размещения полезной нагрузки выделяется пространство объемом от 1300 до 2300 см³.



Рис. 4.41. Вариант конструктивного исполнения платформы MISC

Платформа может оснащаться солнечными батареями в нескольких конфигурациях и в фиксированном или раскладываемом исполнении. В солнечных батареях применяются трехпереходные чувствительные элементы, обеспечивающие выходную мощность 21...56 Вт в зависимости от используемой конфигурации солнечных батарей. Электрическая энергия аккумулятора системы энергообеспечения – 40 Вт·ч. Потребляемая мощность полезной нагрузки – более 15 Вт. Платформа оснащается подсистемой ориентации и стабилизации MAI-400 компании Maryland Aerospace. Точность ориентации на орбите – лучше 0,2°. Установка приемника сигналов GPS является опциональной. Передача команд управления и прием телеметрии осуществляются в UHF-диапазоне частот с помощью развертываемых на орбите антенн. Возможно использование VHF- и S-диапазонов частот. Платформа может оснащаться двигательной установкой.

4.20.6.3. Платформа SUPERNOVA

Разработка новой архитектуры спутниковых платформ SUPERNOVA была завершена в 2014 г. В работах принимал участие технологический институт ВВС США (Air Force Institute of Technology).

Архитектура платформ SUPERNOVA реализует модульный принцип построения, высоко симметричную конструкцию и предусматривает создание ИСЗ в форм-факторах 6U или 12U.

Платформа размером 6U имеет 22 внешних порта и допускает установку полезной нагрузки различных форм-факторов (1U, 2U, 3U, 4U) и в различной ориентации. Максимальный объем полезной нагрузки 7000 см³, масса 10 кг. Масса платформы около 7,5 кг, из них масса шасси около 1,6 кг. Платформа оснащается раскрываемыми на орбите

панелями солнечных батарей, антенной и приемником навигационных сигналов GPS. Солнечные батареи крепятся к торцевой грани корпуса платформы (рис. 4.42). В солнечных батареях используются трехпереходные фотоэлементы типа UTJ и ХТJ компании Spectrolab. Средняя генерируемая мощность – около 64 Вт.

В платформе используется подсистема энергообеспечения собственной разработки вместо ранее применявшейся подсистемы компании Clyde Space. В составе подсистемы энергообеспечения используется 8-элементный литий-ионный аккумулятор (электрическая энергия аккумулятора – 72...100 Вт·ч. Подсистема ориентации и стабилизации - MAI-400 производства компании Maryland Aerospacе. В подсистеме используется три маховика, два ИК датчика горизонта, три магнитные катушки и может подключаться внешний магнитометра и звездный датчик.

В состав бортовой радиотехнической системы могут входить приемопередатчики UHF-диапазона частот, симплексный маячковый радиопередатчик системы Globalstar или другое оборудование.

Для размещения на орбите ИСЗ, созданного на основе платформы SUPERNOVA, может использоваться система разведения Canisterized Satellite Dispenser компании Planetary Systems.

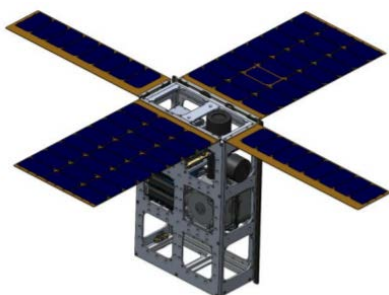


Рис. 4.42. Вариант конструктивного исполнения платформы SUPERNOVA с солнечными батареями, закрепленными на малой боковой грани корпуса платформы

На основе платформы CubeSat Kit типоразмера 1,5U были созданы демонстрационные ИСЗ Proxima-1 и -2 системы передачи данных компании Fleet Space. Размерность платформы была выбрана из условия доступности свободного места в предстоящем запуске, соответствующего 3U. При создании для системы компании Fleet Space двух следующих ИСЗ – Centauri-1 и -2 – использовалась платформа MISC. Размещение спутников на орбите осуществлено с помощью системы разведения QuadPack компании ISIS.

4.20.7. Платформы компании GomSpace

Компания GomSpace является головной структурой группы компаний GomSpace Group. Компания образована в 2007 г. Ее штаб-квартира расположена в Ольборг (Дания), проектный офис – в Люксембурге (Великое Герцогство Люксембург), офисы продаж – в Сингапуре (Республика Сингапур) и Вашингтоне (США). Количество сотрудников компании превышает 200 человек.

Компания специализируется на создании малоразмерных ИСЗ типоразмеров 1...27U и массой 1...30 кг, разработкой комплектующих и подсистем к таким ИСЗ, создании полезной нагрузки для различных приложений (узкополосные и широкополосные радиосистемы, радиолокационные системы с синтезированием апертуры), предоставлении услуг управления группировкой малоразмерных спутников.

⇒ GomSpace: gomspace.com

Для создания наноспутников компания использует платформы типоразмеров 1U/2U, 3U и 6U (рис. 4.43).

В составе системы энергообеспечения платформы типоразмера 1U используется два аккумулятора. Мощность системы энергообеспечения – 20 Вт. Платформа имеет систему ориентации и стабилизации на орбите начального уровня с магнитометрами, устанавливаемыми в панелях солнечных батарей.

Платформы в форм-факторе 3U оснащаются раскладываемыми на орбите панелями солнечных батарей, аккумулятором увеличенной емкости, радиосистемой с повышенной пропускной способностью, более точной системой ориентации и стабилизации на орбите, а также бортовой двигательной установкой. В системе ориентации и стабилизации на орбите используются приемник сигналов GPS, один маховик, шесть высокоточных солнечных датчиков и магнитометр.

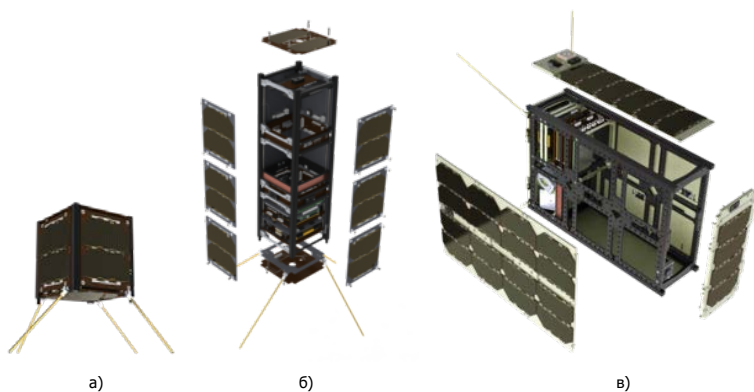


Рис. 4.43. Конструктивное исполнение ИСЗ на основе платформ компании GomSpace типоразмеров 1U (а), 3U (б), 6U (в)

Платформы в форм-факторе 6U обладают усовершенствованными системами ориентации и стабилизации на орбите и энергообеспечения. В состав системы ориентации и стабилизации на орбите входят приемник сигналов GPS, шесть высокоточных солнечных датчиков, четыре маховика, магнитометр и три магнитные катушки. Платформа может оснащаться двигательной установкой на холодном газе.

Все платформы поставляются с предустановленным программным обеспечением общего назначения и библиотекой программ для планирования целевого использования ИСЗ. Бортовая система связи работает в UHF-диапазоне частот.

Характеристики наноспутников платформ компании GomSpace

Типоразмер	1U	3U	6U
Масса ИСЗ, кг	1,95	3,8	11,6
Масса полезной нагрузки, кг	1	1,8	4...6
Максимальный объем полезной нагрузки	0,3U	1,8U	4U
Пиковое энергопотребление, Вт	3,4	8	12
Среднее энергопотребления обеспечивающих подсистем, Вт	-	3,5	6
Электрическая энергия аккумулятора, Вт·ч	20	38	77
Расчетный срок функционирования, лет	1	1...5	5

На основе платформ компании GomSpace создаются демонстрационные и эксплуатационные образцы ИСЗ системы передачи данных компаний Sky and Space Global и Aerial & Maritime.

4.21. Платформы с исключительно электрическими ракетными двигателями

С середины 1990-х гг. в отрасли спутниковой связи и вещания происходит переход на платформы, оснащаемые электрическими ракетными двигателями (ЭРД), которые используются как при довыводе ИСЗ с начальной на рабочую орбиту, так и при поддержании параметров этой орбиты. Начало этому процессу ранее положили работы по оснащению ЭРД спутников военного назначения (в том числе связных), сведений по ЭРД которых нет.

В рамках работ европейского космического агентства ESA и французского космического агентства CNES по программе НИОКР ARTES (Advanced Research in Telecommunications Systems) Next Generation Platform (другое наименование Neosat) были разработаны и прошли квалификационные испытания две линейки платформ – EUROSTAR-NEO и SPACEBUS-NEO, которые, как планировалось, позволят европейской космической промышленности производить коммерчески конкурентоспособные ИСЗ со стартовой массой от 3 до 6 т. Программа НИОКР Neosat также предусматривала проведение орбитального подтверждения характеристик обеих платформ.

При проектировании платформ программы Neosat основная цель состояла в существенном снижении стоимости орбитальных ИСЗ за счет:

- использования исключительно электрических двигательных установок, применяемых как при довыводе ИСЗ с начальной на рабочую орбиту, так и при поддержании параметров этой орбиты;
- уменьшения времени на сборку, интеграцию и испытания благодаря модульной конструкции;
- более простого приспособления платформы к большому диапазону вариантов полезных нагрузок;
- обеспечения совместимости со ступенями РН семейств ARIANE, ПРОТОН и FALCON.

Кроме того, важной целью программы Neosat являлось создание такой европейской цепочки поставщиков, которая позволила бы оптимизировать расходы и гарантировать своевременную поставку спутников заказчикам. Некоторые элементы, такие как баллоны с рабочим телом и электрические двигатели, разрабатывались для обеих линеек платформ.

В начале 2015 г. в выполнении программы НИОКР Neosat был пройден этап (Preliminary Design Review) предварительного проектирования, а этап В был завершен в 2015 г. Отдельные контракты на проведение этапов работ С и D были заключены в конце 2015 г. Эти работы привели к учреждению двух европейских консорциумов, возглавляемых компаниями Thales Alenia Space и Airbus Defence and Space (обе Франция).

4.21.1. Платформа SPACEBUS-NEO

Платформа SPACEBUS-NEO (рис. 4.44) создавалась консорциумом с главным подрядчиком – компанией Thales Alenia Space (Франция). Пока проявились три варианта платформы – с индексами -100, -200 и неизвестным индексом.



Рис. 4.44. Конструктивная схема платформы SPACEBUS-NEO

Компания Thales Alenia Space получила контракты:

- 1) по платформе SPACEBUS-NEO-100:
 - в октябре 2015 г. – по заданию Broadband for Africa (BB4A) на создание ИСЗ EUTELSAT KONNECT (сначала имел наименование AFRICAN BROADBAND SATELLITE) со стартовой массой более 3,6 т, который намечалось вывести на орбиту в 2019 г. (выведен на орбиту в январе 2020 г.); оснащен четырьмя ЭРД PPS-5000;
 - в декабре 2015 г. – на создание ИСЗ SYRACUSE-4A (сначала имел наименование COMSAT-NG-1) со стартовой массой 3,9 т, который намечалось вывести на орбиту в 2020 г., но запуск был отложен до 4 кв. 2021 г. (выведен на орбиту в октябре 2021 г.); оснащен четырьмя ЭРД PPS-5000;
- 2) по платформе SPACEBUS-NEO-200:
 - в сентябре 2016 г. – на создание ИСЗ SES-17 со стартовой массой более 6 т, который выведен на орбиту в октябре 2021 г.; оснащен четырьмя ЭРД PPS-5000;
 - в апреле 2018 г. – на создание ИСЗ EUTELSAT KONNECT VHNS со стартовой массой 6,3 т, который намечалось вывести на орбиту в сентябре 2022 г.; оснащается четырьмя ЭРД PPS-5000;
 - в начале 2019 г. – на создание ИСЗ SATRIA, который намечалось вывести на орбиту в 2023 г.;
 - в октябре 2019 г. – на создание ИСЗ EUTELSAT-10B, который намечалось вывести на орбиту в 2022 г., но запуск был отложен до 2023 г.;
 - в январе 2020 г. – на создание ИСЗ AMAZONAS NEXUS со стартовой массой 4,5 т, который намечалось вывести на орбиту в 3 кв. 2022 г.;
 - в ноябре 2021 г. – на создание ИСЗ ASTRA-1P;

- 3) по платформе SPACEBUS-NEO с неизвестным индексом:
- в июне 2021 г. – на создание ИСЗ SICRAL-3A и SICRAL-3B.

4.21.2. Платформа EUROSTAR-NEO

Платформа EUROSTAR-NEO (рис. 4.45) создавалась консорциумом с главным подрядчиком – компанией Airbus Defence and Space (Франция).

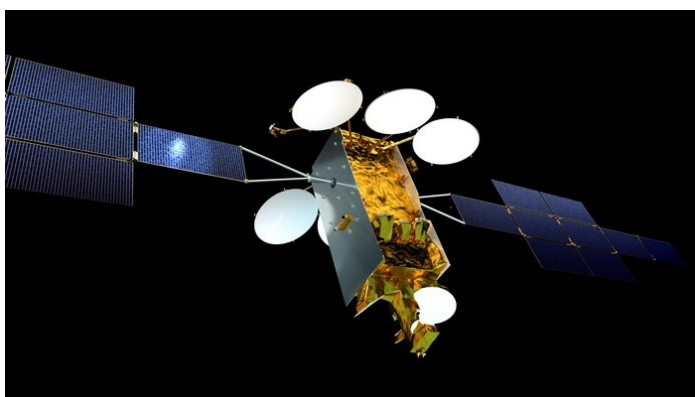


Рис. 4.45. Конструктивная схема платформы EUROSTAR-NEO

Компания Airbus Defence and Space получила контракты:

- в августе 2018 г. – на создание ИСЗ HOTBIRD-13F и HOTBIRD-13G со стартовыми массами по 4,5 т, которые намечалось вывести на орбиту в 2021 г. (запуск был отложен) и 2022 г. соответственно;
- в апреле 2019 г. – на создание ИСЗ SPAINSAT-NG-1 и SPAINSAT-NG-2, которые намечалось вывести на орбиту в 2023 и 2024 гг. соответственно;
- в июле 2020 г. – на создание ИСЗ SKYNET-6A, который намечалось вывести на орбиту в 2025 г.;
- в августе 2020 г. – на создание ИСЗ BADR-8 со стартовой массой 4,5 т, который намечалось вывести на орбиту в 2023 г.;
- в августе 2020 г. – на создание ИСЗ THURAYA-4 и THURAYA-5, которые намечалось вывести на орбиту в 2024 и 2025 гг. соответственно;
- в марте 2021 г. – на создание ИСЗ EUTELSAT-36D со стартовой массой около 5 т, который намечалось вывести на орбиту в 2024 г.

4.21.3. Платформа SSL-1300-140

Компания Space Systems/Loral (теперь Maxar Technologies) в марте 2016 г. получила контракт на создание спутника EUTELSAT-7C на основе исключительно электрического варианта платформы SSL-1300-140, оснащенного четырьмя ЭРД SPT-140D. ИСЗ EUTELSAT-7C со стартовой массой 3,4 т выведен на орбиту в июне 2019 г.

4.21.4. Платформа EUROSTAR-3000EOR

Платформа EUROSTAR-3000EOR (рис. 4.46) создавалась консорциумом с главным подрядчиком – компанией Airbus Defence and Space (Франция) с использованием четырех ЭРД SPT-140D.



Рис. 4.46. Конструктивная схема платформы EUROSTAR-3000EOR

Компания Airbus Defence and Space получила контракты:

- в 2014 г. – на создание ИСЗ EUTELSAT-172B со стартовой массой 3,35 т, который выведен на орбиту в июне 2017 г.;
- в 2014 г. – на создание ИСЗ SES-12 со стартовой массой 5,3 т, который выведен на орбиту в июне 2018 г.;
- в 2015 г. – на создание двух ИСЗ серии INMARSAT-6 (GX 6) со стартовыми массами по 5,47 т, первый из которых был выведен на орбиту в декабре 2021 г., а запуск второго намечен на 2022 г.;
- в 2015 г. – на создание ИСЗ SES-14 со стартовой массой 4,42 т, который выведен на орбиту в январе 2018 г.;
- в 2015 г. – на создание ИСЗ SYRACUSE-4B со стартовой массой 3,5 т, запуск которого намечен на 2022 г.;
- в 2017 г. – на создание двух ИСЗ серии TURKSAT-5 со стартовыми массами 3,5 и 4,5 т, первый из которых выведен на орбиту в январе 2021 г., а второй – в декабре 2021 г.

4.21.5. Платформа АТОМ

В феврале 2017 г. компании «Газпром космические системы» и «Даурия Аэроспейс» подписали соглашение о совместной разработке платформы АТОМ с ЭРД СПД-100 для геостационарного спутника массой около 1 т (габариты 0,21×0,24×0,206 м, масса полезной нагрузки – до 300 кг) с расчетным сроком функционирования 15 лет. Мощность системы электропитания составит до 3 кВт. Для перевода спутника с переходной на геостационарную орбиту потребуется около 6 мес. На 2020...2022 гг. планировался вывод на геостационарную орбиту спутника (рис. 4.47) для проведения летных испытаний.

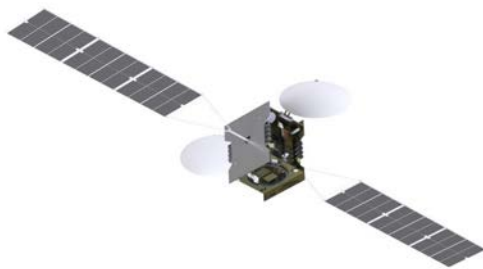


Рис. 4.47. Конструктивная схема платформы АТОМ

С июля 2014 г. по соглашению с индийской компанией Aniara Communications Pvt. Ltd. компания «Даурия Аэроспейс» на основе платформы АТОМ разрабатывает геостационарные спутники NEXSTAR-1 и NEXSTAR-2.

4.22. Платформы с программно-определяемыми составом и структурой многодиапазонного ретрансляционного оборудования

В отличие от платформ, которые ранее использовались для создания спутников связи с четко определенными задачами, платформы с программно-определяемыми (software defined) составом и структурой ретрансляционного оборудования, работающего во многих диапазонах частот, позволяют создавать спутники, состав и структура ретрансляционного оборудования могут быть изменены на орбитальном спутнике. Такие платформы еще с 1970-х гг. использовались на разведывательных ИСЗ США.

Благодаря программно-определяемому составу и структуре ретрансляционного оборудования, в частности, уже на работающем ИСЗ в соответствии с меняющимся сценарием использования спутника могут быть изменены рабочие зоны обслуживания абонентов, пропускная способность и диапазоны частот ретрансляционного оборудования. Для этого используются прорывные технологии в областях цифровой обработки сигналов и создания активных антенных систем.

4.22.1. Платформа ONESAT

В рамках работ европейского космического агентства ESA, французского космического агентства CNES и космического агентства UKSA (UK Space Agency) Соединенного Королевства по программе НИОКР ARTES (Advanced Research in Telecommunications Systems) была разработана платформа ONESAT для геостационарных ИСЗ связи с программно-определяемыми составом и структурой.

Платформа ONESAT (рис. 4.48) создана компанией Airbus Defence and Space (Франция).



Рис. 4.48. Конструктивная схема платформы ONESAT

Спутниковые системы связи и вещания 2022 выпуск 2

Компания Airbus Defence and Space получила контракты:

- в мае 2019 г. – на создание ИСЗ INMARSAT-7-1, INMARSAT-7-2 и INMARSAT-7-3 (GLOBAL XPRESS (GX-7, GX-8 и GX-9) со стартовыми массами по 3 т, которые намечалось вывести на орбиту в 2023, 2024 и 2025 гг. соответственно;
- в июне 2020 г. – на создание ИСЗ OPTUS-11 со стартовой массой около 3 т, который намечалось вывести на орбиту в 2023 г.;
- в декабре 2020 г. – на создание ИСЗ INTELSAT-42 и INTELSAT-43 (ранее имели наименования INTELSAT-SDS-1 и INTELSAT-SDS-2 (Software Defined Satellite (SDS))), которые намечалось вывести на орбиту в 2023 г. (два);
- в марте 2021 г. – на создание ИСЗ SUPERBIRD-9, который намечалось вывести на орбиту в 2024 г.

В апреле 2021 г. в выполнении программы НИОКР по платформе ONESAT пройден этап (Final Design Review) окончательного проектирования. Это событие позволяет перейти к этапам изготовления и проведения квалификационных испытаний ИСЗ на основе платформы ONESAT.

4.22.2. Платформа GMP-TL

Платформа GMP-TL (рис. 4.49) разработана компанией Surrey Satellite Technology Ltd. для геостационарных ИСЗ связи с программно-определяемым составом и структурой. Оснащена традиционными двигателями.



Рис. 4.49. Конструктивная схема платформы GMP-TL

Компания Surrey Satellite Technology Ltd. в июле 2015 г. получила контракт компании Airbus Defence and Space на создание этой платформы для ИСЗ EUTELSAT QUANTUM компании Eutelsat (запуск спутника состоялся в июле 2021 г.).

4.23. Платформы с исключительно электрическими ракетными двигателями и программно-определяемым составом и структурой многодиапазонного ретрансляционного оборудования

4.23.1. Платформа SPACE-INSPIRE

Платформа SPACE-INSPIRE (рис. 4.50) создана компанией Thales Alenia Space (Space-Inspire – INSTANT SPace In-orbit REconfiguration).

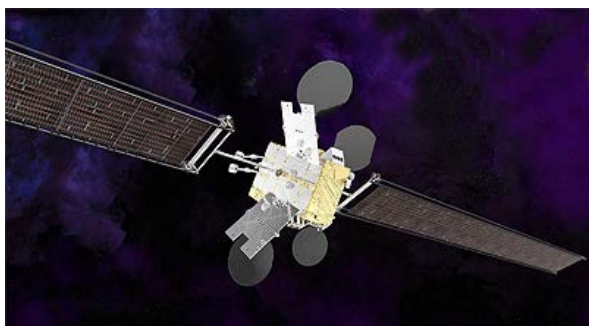


Рис. 4.50. Конструктивная схема платформы SPACE-INSPIRE

Компания Thales Alenia Space получила контракты:

- в ноябре 2021 г. – на создание ИСЗ ASTRA-1Q;
- в конце 2021 г. – на создание спутников INTELSAT-41 и INTELSAT-44, которые намечалось вывести на орбиты в 2025 г.;
- в конце апреля 2022 г. – на создание спутника ARABSAT-7A, который намечалось вывести на орбиту в 2026 г.