

УДК 629.78+004.65

URL: <https://ptsj.bmstu.ru/catalog/arise/nateeu/1085.html>

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА АКТИВНЫХ ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ СПУТНИКОВ СВЯЗИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЗОН ПОКРЫТИЯ

П.М. Григорьев

petr.peter03@yandex.ru

Е.Д. Скоморохов

egorskomorokhov7777@gmail.com

И.Ю. Шайда

ivanschaida@yandex.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Разработана информационно-аналитическая система учета активных геостационарных спутников связи с применением технологии визуализации зон покрытия в MS Access. Актуальность работы обусловлена ростом количества геостационарных спутников связи и разнообразия типов связи, неэффективностью существующих инструментов для обработки больших массивов данных, таких как MS Excel, а также отсутствием открытых российских систем учета на мировом рынке. Система включает в себя нормализованную базу данных, визуализацию зон покрытия, аналитические инструменты и оптимизированный поиск. Реализованы функции добавления новых спутников, статистического анализа и детализации технических характеристик. Результаты демонстрируют возможность создания адаптивного и масштабируемого решения для телекоммуникационной отрасли России и остальных стран мира.

Ключевые слова: геостационарные спутники, база данных, космические аппараты, телекоммуникации, зоны покрытия, информационно-аналитическая система, статистический анализ

Введение. Современная телекоммуникационная отрасль переживает бурное развитие, во многом обусловленное активным использованием геостационарных спутников связи [1]. Эти космические аппараты, расположенные на орбите высотой 35 786 км над экватором Земли, играют ключевую роль в глобальном обеспечении интернетом, телевещанием, навигационными и метеорологическими услугами.

По данным из открытых источников, на орбите находится более 300 активных геостационарных спутников связи с различными параметрами и характеристиками. Для работы с такой распределенной инфраструктурой требуются эффективные инструменты учета и анализа. Зарубежные открытые решения, представленные на рынке, обладают высокой стоимостью и избыточной функциональностью для базового мониторинга, а российские систе-

мы не находятся в общем доступе. В то же время традиционные методы ведения учета данных в MS Excel становятся неэффективными при работе с такими объемами данных. Они не обеспечивают централизованного хранения информации, возможностей сложного анализа, визуализации данных. В таком случае разработка российской специализированной информационной системы становится критически важной задачей. Решение этой проблемы с помощью системы учета и анализа геостационарных спутников связи на базе MS Access предлагает комплексный подход, сочетая в себе нормализованную базу данных [2], удобный пользовательский интерфейс, гибкие инструменты поиска и анализа, статистические данные, визуализацию информации.

Цель работы — создание российской специализированной системы для автоматизированного учета и анализа геостационарных спутников связи с возможностью визуализации зон покрытия и аналитической обработки данных.

Предметная область. Геостационарная орбита (ГСО) — это круговая орбита, расположенная в плоскости экватора Земли на высоте около 35 786 км над уровнем моря — рис. 1 [3]. Геостационарный спутник вращается с угловой скоростью, равной скорости вращения Земли, и постоянно находится над одной и той же точкой экватора [4]. Это обеспечивает стабильность связи без необходимости постоянного перенацеливания антенн наземных станций и упрощение инфраструктуры (наземные приемопередающие устройства могут быть жестко зафиксированы), непрерывную видимость в пределах 40 % поверхности Земли, охватывая целые континенты или крупные регионы. Ширина орбитальной позиции не превышает $\pm 0,1^\circ$ для предотвращения помех.

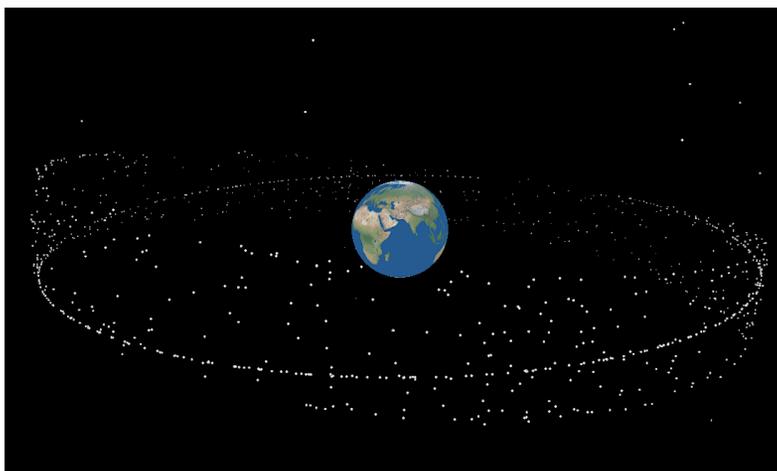


Рис. 1. Визуализация всех геостационарных спутников на орбите

Диапазоны частот транспондеров геостационарных спутников [5]

Диапазон	Частота, ГГц	Основное применение
C-band	3,4–8,0	ТВ-вещание, фиксированная связь
L-band	1–2	Морская связь, навигация
S-band	2–4	Универсальный диапазон
X-band	7–12	Военные и правительственные коммуникации
Ka-band	26,5–40,0	Широкополосный интернет
Ku-band	18,0–31,5	Спутниковое ТВ, интернет

Основная полезная нагрузка геостационарных спутников — ретрансляционная аппаратура, включающая в себя транспондеры и антенны. Основные диапазоны частот транспондеров современных геостационарных спутников представлены в таблице.

Антенны могут быть нескольких видов: глобальные — с широким покрытием, зональные — с региональным покрытием, лучевые — с точечным покрытием.

Критерии, определяющие структуру базы данных. В ходе разработки базы данных в программе MS Access была создана общая таблица активных геостационарных спутников связи, запущенных за период 2000–2024 гг., с названием «Космические аппараты», на основе которой будет строиться вся база данных. Таблица «Космические аппараты» включает в себя следующие поля: «Международный код» [6], «Название космического аппарата», «NORAD ID» [7], «Дата запуска», «Страна», «Количество зон покрытия» (рис. 2). Тип данных каждого поля задан в соответствии с содержанием.

Международный код	Название КА	NORAD ID	Дата запуска	Страна	Кол-во зон покрыт.
2000-043A	INTELSAT 9 (PAS 9)	26451	July 28, 2000	US	1
2000-059A	NSS 11 (AAP-1)	26554	October 1, 2000	SES	3
2002-007A	INTELSAT 904	27380	February 23, 2002	ITSO	8
2002-027A	INTELSAT 905	27438	June 5, 2002	ITSO	9
2002-041A	INTELSAT 906	27513	September 6, 2002	ITSO	9
2003-020A	HELLAS-SAT 2	27811	May 13, 2003	GREC	1
2003-028B	OPTUS C1	27831	June 11, 2003	AUS	4
2003-034A	GALAXY 23 (TELSTAR 13)	27854	August 8, 2003	US	4
2003-044A	HORIZONS 1 (GALAXY 13)	27954	October 1, 2003	US	1
2003-053A	YAMAL 202	28089	November 24, 2003	CIS	1
2004-008A	EUTE 7A (EUTE W3A)	28187	March 15, 2004	EUTE	2
2004-017A	AMC-11 (SE-11)	28252	May 19, 2004	SES	2
2004-027A	ANIK F2	28378	July 18, 2004	CA	44
2004-041A	AMC-15	28446	October 14, 2004	SES	14
2005-003A	NSS 10 (AMC-12)	28526	February 3, 2005	SES	3
2005-005A	XTAR-EUR	28542	February 12, 2005	US	5
2005-008A	XM-3	28626	March 1, 2005	US	1
2005-009A	INMARSAT 4-F1	28629	March 11, 2005	IM	212
2005-019A	DIRECTV 8	28659	May 22, 2005	US	1
2005-022A	GALAXY 28 (IA 8)	28702	June 23, 2005	ITSO	4
2005-028A	IPSTAR 1	28786	August 11, 2005	THAI	94
2005-036A	ANIK F1-R	28868	September 8, 2005	CA	2
2005-044A	INMARSAT 4-F2	28899	November 8, 2005	IM	212
2006-003A	ECHOSTAR 10	29335	February 15, 2006	US	49
2006-007A	SPANSAT	28945	March 11, 2006	SPN	5
2006-010A	JCSAT 9	29045	April 12, 2006	JPN	2
2006-012A	ASTRA 1KR	29055	April 20, 2006	SES	2
2006-023A	GALAXY 16	29236	June 18, 2006	US	2
2006-032A	EUTE HOT BRD 13B (HB 8)	29270	August 4, 2006	EUTE	1
2006-033A	JCSAT 10	29272	August 11, 2006	JPN	3
2006-034A	KOREASAT 5	29349	August 22, 2006	SKOR	2

Рис. 2. Экранная копия табличного режима таблицы «Космические аппараты»

Далее была создана таблица «Характеристики КА», включающая в себя следующие поля: «Международный код», «Долгота», «Период», «Стартовая площадка», «Ракета-носитель», «Стартовая масса», «Производитель», «Модель», «Ожидаемый срок службы», «Оставшийся срок службы», «Подробности» (рис. 3). Данная таблица содержит основные технические сведения о спутнике и предоставляет объем информации для дальнейшего статистического анализа. Связь с основной таблицей происходит с помощью поля «Международный код». Тип данных каждого поля задан в соответствии с содержанием. Поле «Подробности» содержит описательную информацию о спутнике и типе связи из открытых источников, на основании которой устроен поиск спутников в других устаревших базах данных в MS Excel. Всего таблица включает 339 строк с информацией.

Международный код	Долгота	Период	Стартовая площадка	Ракета-носитель	Стартовая масса	Производитель	Модель
2000-043A	66.6° E	1436.1	Sea Launch (Odyssey platform)	Zenit 3SL	3659	Boeing (Hughes)	HS-601HP
2000-059A	176° E	1436.1	Baikour Cosmodrome	Proton K	3582	Lockheed Martin	A2100AX
2002-007A	29.6° W	1436.1	Baikour Cosmodrome	Proton K	4680	Maxar Technologies (SSLMDA)	LS-1300
2002-027A	36.6° W	1440.7	Guiana Space Center	Ariane 44L	4723	Maxar Technologies (SSLMDA)	LS-1300
2002-041A	64.2° E	1436.1	Guiana Space Center	Ariane 44L	4723	Maxar Technologies (SSLMDA)	LS-1300
2003-020A	10° W	1436.1	Cape Canaveral SFS	Atlas 5 (Atlas V)	3300	Airbus Defence and Space	Eurostar-2000+
2003-028B	155.6° E	1436.1	Guiana Space Center	Ariane 5 G	4725	Maxar Technologies (SSLMDA)	LS-1300
2003-034A	120.8° W	1436.1	Sea Launch (Odyssey platform)	Zenit 3SL	4737	Maxar Technologies (SSLMDA)	LS-1300
2003-044A	150° W	1436.1	Sea Launch (Odyssey platform)	Zenit 3SL	4060	Boeing (Hughes)	BSS-601HP
2003-053A	163.4° E	1436.1	Baikour Cosmodrome	Proton K	1320	RKK Energia	USP Bus
2004-008A	139.1° W	1436.1	Baikour Cosmodrome	Proton M	4300	Airbus Defence and Space	Eurostar-3000S
2004-017A	111.1° W	1436.1	Cape Canaveral SFS	Atlas 2AS (Atlas IAS)	2340	Lockheed Martin	A2100A
2004-027A	111.1° W	1436.1	Guiana Space Center	Ariane 5 G+	5950	Boeing (Hughes)	BSS-702
2004-041A	195° W	1436.1	Baikour Cosmodrome	Proton M	4021	Lockheed Martin	A2100AXS
2005-003A	37.5° W	1436.1	Baikour Cosmodrome	Proton M	4953	Thales Group	Spacebus-4000C3
2005-006A	29° E	1436.1	Guiana Space Center	Ariane 5 ECA	3640	Maxar Technologies (SSLMDA)	LS-1300
2005-008A	86.3° W	1436.1	Sea Launch (Odyssey platform)	Zenit 3SL	4703	Boeing (Hughes)	BSS-702
2005-009A	178.2° E	1436.1	Cape Canaveral SFS	Atlas 5 (Atlas V)	5959	Airbus Defence and Space	Eurostar-3000GM
2005-019A	118° W	1436.1	Baikour Cosmodrome	Proton M	3711	Maxar Technologies (SSLMDA)	LS-1300
2005-022A	89° W	1436.1	Sea Launch (Odyssey platform)	Zenit 3SL	5493	Maxar Technologies (SSLMDA)	LS-1300S
2005-028A	119.5° E	1436.1	Guiana Space Center	Ariane 5 G	6505	Maxar Technologies (SSLMDA)	LS-1300SX
2005-036A	107.2° W	1436.1	Baikour Cosmodrome	Proton M	4500	Airbus Defence and Space	Eurostar-3000S
2005-044A	143.4° E	1436.1	Sea Launch (Odyssey platform)	Zenit 3SL	5958	Airbus Defence and Space	Eurostar-3000GM
2006-003A	110.2° W	1436.1	Sea Launch (Odyssey platform)	Zenit 3SL	4333	Lockheed Martin	A2100AXS
2006-007A	30° W	1436.1	Guiana Space Center	Ariane 5 ECA	3408	Maxar Technologies (SSLMDA)	LS-1300
2006-010A	132° E	1436.1	Sea Launch (Odyssey platform)	Zenit 3SL	4400	Lockheed Martin	A2100AXS
2006-012A	19.1° E	1436.1	Cape Canaveral SFS	Atlas 5 (Atlas V)	4332	Lockheed Martin	A2100AXS
2006-023A	99° W	1436.1	Sea Launch (Odyssey platform)	Zenit 3SL	4640	Maxar Technologies (SSLMDA)	LS-1300
2006-032A	33.1° E	1436.1	Baikour Cosmodrome	Proton M	4875	Airbus Defence and Space	Eurostar-3000
2006-033A	128° E	1436.1	Guiana Space Center	Ariane 5 ECA	4050	Lockheed Martin	A2100AXS
2006-034A	113° E	1436.1	Sea Launch (Odyssey platform)	Zenit 3SL	4465	Thales Group	Spacebus-4000C1

Рис. 3. Экранная копия табличного режима таблицы «Характеристики КА»

Третья таблица «Зоны покрытия спутников» несет в себе основную часть информации и включает поля «Международный код», «Код зоны покрытия», «Тип связи/передатчика», «Характеристика зоны покрытия», «Вложение с зоной покрытия» (рис. 4). Связь с основной таблицей осуществляется с помощью поля «Международный код». Тип данных каждого поля задан в соответствии с содержанием. В поле «Код зоны покрытия» присваивается уникальный код для каждой зоны у спутника, а поле «Характеристика зоны покрытия» состоит из текстовой расшифровки зоны покрытия. Таблица содержит рисунки с зонами покрытия спутников, относительно которых будет разрабатываться визуальная часть системы, — специализированные формы

с удобным интерфейсом для пользователей. Всего таблица включает более 5 500 строк.

После структуризации и заполнения таблиц была поставлена задача — разработать интуитивно понятный пользователям интерфейс, который предоставит широкий функционал для работы с информацией.

Была создана главная форма (рис. 5), представленная в виде навигатора по разделам с переходами к просмотру перечня всех спутников, перечня всех зон покрытия, возможностью добавления спутников и зон, прямого поиска спутника по его названию с выбором из выпадающего списка и переходом к статистическому блоку.

Международный код	Код зоны покрытия	Тип связи/передатчика	Зона покрытия
2000-043A	2000-043A-1	C-band	Общая
2000-059A	2000-059A-1	Ku-band	Россия, Северная Америка, Тихий океан
2000-059A	2000-059A-2	Ku-band	Северная Америка, Тихий океан
2000-059A	2000-059A-3	Ku-band	Восточная Азия, Тихий океан, Юго-Восточная Азия
2002-007A	2002-007A-1	C-band	Восточная Африка, Европа, Западная Азия, Северная Африка, Средняя Африка, Южная Африка
2002-007A	2002-007A-2	C-band	Атлантический океан, Гренландия, Европа
2002-007A	2002-007A-3	C-band	Северная Америка
2002-007A	2002-007A-4	C-band	Восточная Африка, Западная Азия, Северная Африка, Средняя Африка
2002-007A	2002-007A-5	C-band	Центральная Америка, Южная Америка
2002-007A	2002-007A-6	C-band	Атлантический океан, Гренландия, Карибы, Северная Америка, Центральная Америка, Южная Америка
2002-007A	2002-007A-7	Ku-band	Карибы, Северная Америка, Центральная Америка, Южная Америка
2002-007A	2002-007A-8	Ku-band	Карибы, Северная Америка, Центральная Америка, Южная Америка
2002-027A	2002-027A-1	C-band	Восточная Африка, Европа, Западная Азия, Западная Африка, Россия, Северная Африка, Средняя Африка
2002-027A	2002-027A-2	C-band	Общая
2002-027A	2002-027A-3	C-band	Атлантический океан, Гренландия, Европа, Россия
2002-027A	2002-027A-4	C-band	Северная Америка
2002-027A	2002-027A-5	C-band	Восточная Африка, Западная Азия, Западная Африка, Северная Африка, Средняя Африка, Южная Африка
2002-027A	2002-027A-6	C-band	Карибы, Центральная Америка, Южная Америка
2002-027A	2002-027A-7	C-band	Северная Америка, Центральная Америка, Южная Америка
2002-027A	2002-027A-8	Ku-band	Европа, Россия, Северная Африка
2002-027A	2002-027A-9	Ku-band	Европа, Россия, Северная Африка
2002-041A	2002-041A-1	C-band	Австралия, Восточная Азия, Россия, Юго-Восточная Азия, Южная Азия
2002-041A	2002-041A-2	C-band	Общая
2002-041A	2002-041A-3	C-band	Западная Азия, Россия, Центральная Азия, Южная Азия
2002-041A	2002-041A-4	C-band	Европа
2002-041A	2002-041A-5	C-band	Австралия, Восточная Азия, Юго-Восточная Азия, Южная Азия
2002-041A	2002-041A-6	C-band	Восточная Африка, Западная Африка, Средняя Африка, Южная Африка
2002-041A	2002-041A-7	C-band	Восточная Африка, Европа, Западная Азия, Западная Африка, Россия, Северная Африка, Средняя Африка
2002-041A	2002-041A-8	Ku-band	Южная Азия
2002-041A	2002-041A-9	Ku-band	Восточная Азия, Юго-Восточная Азия, Южная Азия
2003-020A	2003-020A-1	Ku-band	Общая

Рис. 4. Экранная копия табличного режима таблицы «Зоны покрытия спутников»

Перечень всех спутников

Перечень всех зон покрытия

Добавить спутник и зоны

Поиск спутника:

▼
🔍

Статистика

Рис. 5. Экранная копия главной формы с навигацией

После была создана форма «Перечень спутников» на основании таблицы «Характеристики КА» с переходом из главной формы по кнопке «Перечень всех спутников» (рис. 6). На ней представлена вся информация об открытом спутнике (из списка в 339 штук). Добавлены также возможность навигации (переход по кнопкам и гибкий поиск по ячейкам), кнопка помощи (знак вопроса), при нажатии которой открывается форма-памятка (рис. 7) с необходимой информацией для возможности работы с системой без привлечения сторонних ресурсов, и кнопка «Просмотр зон», позволяющая перейти к форме «Просмотр зон выбранного спутника» (рис. 8), на которой открывается информация по зонам для данного спутника из таблицы «Зоны покрытия» с рисунком зоны покрытия и навигацией.

The screenshot shows a web form titled 'Перечень спутников'. At the top, there are input fields for 'Название КА' (YAMAL 402) and 'Международный код' (2012-070A). To the right, there is a 'Количество зон' field with the value 4 and a 'Просмотр зон' button. Below these are several data fields arranged in a grid:

NORAD ID	38022	Ожидаемый срок службы	15 yrs.
Дата запуска	December 8, 2012	Стартовая масса (кг)	4463
Страна	CIS	Производитель	Thales Group
Долгота	54.9° E	Модель	Spacebus-4000C3
Стартовая площадка	Balkonur Cosmodrome	Подробности	46 Ku-band transponders. Due to partial launch failure the satellite was released at lower orbit than expected and the apogee motor fuel was used to boost it to the right orbit. Therefore the expected lifetime is reduced to 11 years.
Ракета-носитель	Proton M		

At the bottom of the form are navigation buttons: 'И', '<', '>', and 'И'.

Рис. 6. Экранная копия формы «Перечень спутников»

The screenshot shows a 'Руководство пользователя' (User Guide) form. It contains two main sections:

Основные определения:

- Название КА - название спутника.
- Международный код - это каталожный номер каждого летающего космического объекта, находящегося на орбите и зарегистрированного в COSPAR.
- NORAD ID - уникальный пятизначный идентификационный номер искусственных спутников Земли.
- Дата запуска - это дата старта ракеты с космодрома, в результате которого космический аппарат выводится на орбиту.
- Страна - аббревиатура страны (организации), который принадлежит спутник.
- Долгота - координата, определяющая положение точки на земной поверхности относительно Гринвичского меридиана.
- Период (мин) - время обращения спутника вокруг Земли
- Стартовая площадка - это наземное сооружение, с которого осуществляется вертикальный запуск ракеты или космического аппарата с ракетным двигателем.
- Ракета-носитель - ракета, предназначенная для выведения полезной нагрузки в космическое пространство.
- Ожидаемый срок службы - это срок службы спутника при ожидаемых конкретных условиях эксплуатации.
- Стартовая масса (кг) - это масса спутника, как масса полезной нагрузки, на момент подачи команды на старт.
- Производитель - это компания или частное лицо, занимающееся различными аспектами проектирования, постройки, тестирования, продажи и технического обслуживания космических аппаратов.
- Модель - это модель, которая используется в рамках

Расшифровка аббревиатур стран

Типы связи/передатчиков:

- C-band - 4-8 ГГц; ТВ, военная связь, радио, интернет
- L-band - 1-2 ГГц; навигация, морская связь
- S-band - 2-4 ГГц; универсальный диапазон
- X-band - 8-12 ГГц; военные и правительственные коммуникации
- Ka-band - 26,5-40 ГГц; высокоскоростной интернет
- Ku-band - 12-18 ГГц; спутниковое ТВ, интернет

Рис. 7. Экранная копия формы-памятки

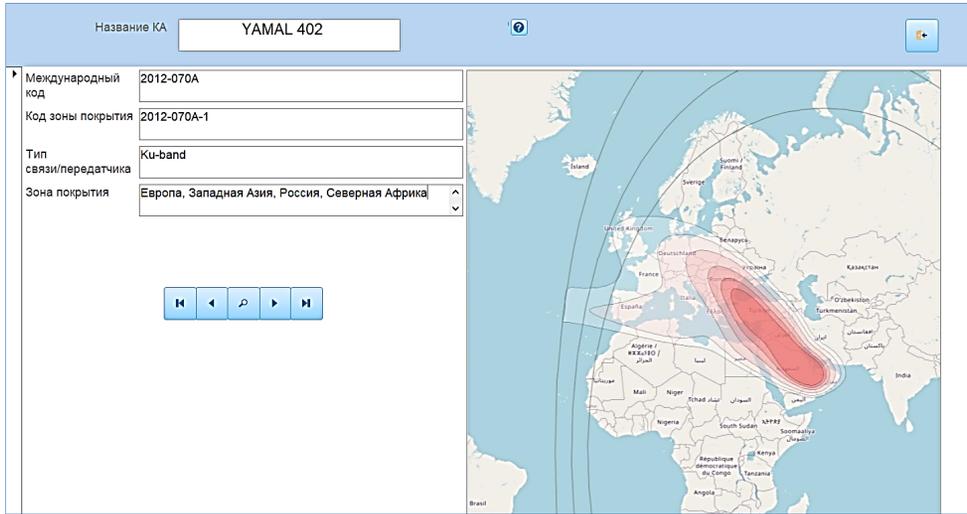


Рис. 8. Экранная копия формы «Просмотр зон выбранного спутника»

```

Private Sub cmdApplyFilter_Click()
    Dim strFilter As String

    ' Проверяем и добавляем условие для зоны покрытия
    If Not IsNull([Фильтр регионов]) And [Фильтр регионов] <> "" Then
        strFilter = "[Зона покрытия] Like '*'" & Replace([Фильтр регионов], "'", "'") & "*"'"
    End If

    ' Проверяем и добавляем условие для типа связи
    If Not IsNull([Фильтр связи]) And [Фильтр связи] <> "" Then
        If strFilter <> "" Then strFilter = strFilter & " AND "
        strFilter = strFilter & "[Тип связи/передатчика] = '" & Replace([Фильтр связи], "'", "'") & "'"
    End If

    ' Если ни одно поле не заполнено, показываем все записи
    If strFilter = "" Then
        MsgBox "Не заданы условия фильтрации!", vbInformation
        Exit Sub
    End If

    ' Открываем форму с фильтром
    DoCmd.OpenForm "Зоны_фильтрация", , , strFilter

    ' Или применяем фильтр к текущей форме (если фильтруем текущую форму)
    ' Me.Filter = strFilter
    ' Me.FilterOn = True
End Sub

Private Sub cmdResetFilter_Click()
On Error Resume Next
    Me.Filter = ""
    Me.FilterOn = False
    Me.Requery
    Me.[Фильтр регионов] = Null
    Me.[Фильтр связи] = Null
    MsgBox "Фильтр сброшен!", vbInformation
End Sub
    
```

Рис. 9. Код функционирования фильтрации

Следующим этапом была реализация основного функционала системы — инструмента поиска спутников по региону и типу связи. Для этого была создана отдельная форма «Зоны_Фильтрация». Фильтрация реализована с помощью выбора необходимых параметров из двух полей со списком, функционирование обеспечено с помощью кода (рис. 9). Первое поле со списком «Фильтр регионов» включает в себя перечень всех регионов согласно полю, зона покрытия определяется из таблицы «Зоны покрытия спутников» с перечнем строк: «Антарктида», «Арктика», «Атлантический океан», «Индийский океан», «Тихий океан», «Россия», «Европа», «Гренландия», «Северная Америка», «Центральная Америка», «Карибы», «Южная Америка», «Северная Африка», «Западная Африка», «Восточная Африка», «Средняя Африка», «Южная Африка», «Западная Азия», «Южная Азия», «Центральная Азия», «Восточная Азия», «Юго-Восточная Азия», «Австралия». Второе поле со списком «Фильтр зон» включает в себя перечень всех типов связи, согласно полю «Тип связи/передатчика» из таблицы «Зоны покрытия спутников» с перечнем строк: C-band, Ka-band, Ku-band, L-band, S-band, X-band. Для удобства работы предусмотрен функционал сброса выбранных фильтров и возможность фильтрации по одному полю. Добавлена кнопка для перехода к форме-памятке и кнопка «Открыть информацию по спутнику» для перехода к форме «Перечень спутников» и отображения полной информации по отфильтрованному спутнику.

Для демонстрации примера работы системы выполним поиск спутника с покрытием региона «Россия» и типом связи C-band. На главной форме нажмем кнопку «Перечень всех зон покрытия» и откроем форму «Зоны_Фильтрация» (рис. 10). В полях со списком выберем регион «Россия» и тип связи C-band. Из отфильтрованного перечня зон покрытия по рисунку выберем спутник «2023-172А», подходящий по запросу. При щелчке по кнопке «Открыть информацию по спутнику» откроется форма «Перечень спутников» (рис. 11), на которой представлена вся информация по спутнику «2023-172А» с названием «CHINASAT-6E». В среднем на поиск требуется 2–3 мин.

Редактирование данных в формах недоступно для исключения их случайного изменения. Поэтому были созданы формы для внесения в базу данных новых спутников и зон покрытия. Первая форма «Добавление спутников» открывается из главной навигационной формы и позволяет добавлять спутники, их описание и характеристики. Вторая форма «Добавление зон покрытия» открывается из первой формы и позволяет добавлять к спутникам зоны покрытия, их описание и рисунок зоны покрытия. Добавление информации в формах осуществляется с помощью специальных кнопок на панели управления: «Добавить запись», «Дублировать запись», «Сохранить запись», «Удалить запись», «Обновить».

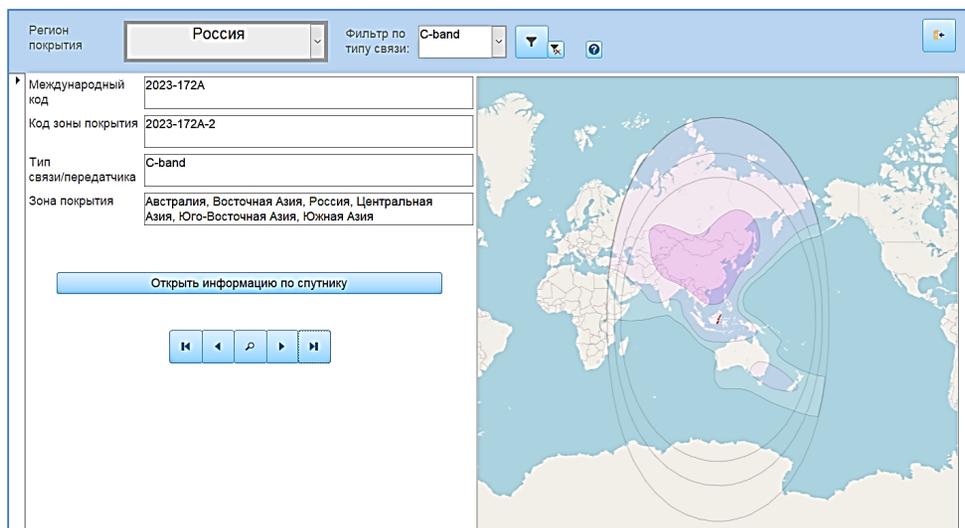


Рис. 10. Экранная копия формы «Зоны_Фильтрация»

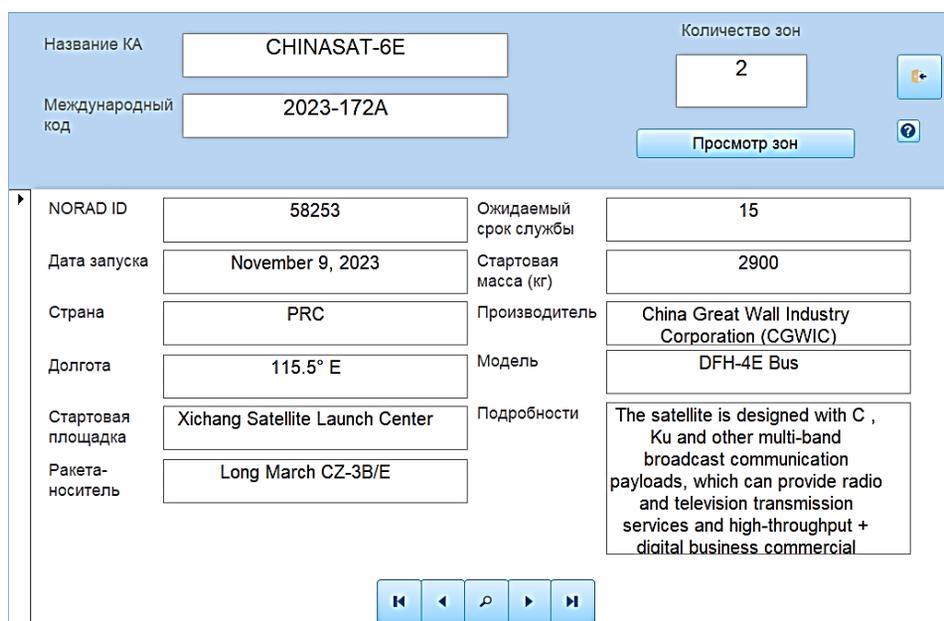


Рис. 11. Экранная копия открытой формы «Перечень спутников» из формы «Зоны_Фильтрация»

Название КА	INTELSAT 9 (PAS 9)	Количество зон	1
Международный код	2000-043A	<input type="button" value="Добавление зон"/>	
NORAD ID	26451	Ожидаемый срок службы	15 yrs.
Дата запуска	July 28, 2000	Стартовая масса (кг)	3659
Страна	US	Производитель	Boeing (Hughes)
Долгота	66.6° E	Модель	HS-601HP
Стартовая площадка	Sea Launch (Odyssey platform)	Подробности	24 C-band, 24 Ku-band transponders delivering 160 voice, video, data, and Internet channels to Americas, Caribbean, Europe. Planned for relocation to 50 West orbital location
Ракетопосилитель	Zenit 3SL		

Рис. 12. Экранная копия формы «Добавление спутников»

Международный код	2002-007A
Код зоны покрытия	2002-007A-6
Тип связи/передатчика	C-band
Зона покрытия	Атлантический океан, Гренландия, Карибы, Северная Америка, Центральная Америка, Южная Америка



Рис. 13. Экранная копия формы «Добавление зон покрытия»

Аналитический модуль. В рамках разработки информационно-аналитической системы учета активных геостационарных спутников связи в MS Access статистический анализ данных играет ключевую роль в преобразовании данных в информацию для дальнейшего принятия решений в телекоммуникационной отрасли. База данных, аккумулирующая характеристики спутников, их орбитальные позиции, частотные характеристики и зоны покрытия с детализацией по регионам Земли, служит основой для применения статистических методов, предназначенных для оптимизации управления ресурсами.

В ходе разработки системы была реализована инфографика для следующих статистических данных:

- анализ количества зон покрытия по регионам и типам связи;
- анализ количества спутников по сроку службы, странам-владельцам, количеству зон, стартовой массы, площадки запуска, производителю, названию ракет-носителей и дате запуска.

Для удобной визуализации инфографики были подготовлены отдельные формы, группирующие в себе отчеты в виде графиков и диаграмм. Открываются они из главной навигационной формы по кнопке «Статистика». В каждой форме присутствует кнопка с переходом на форму-памятку. Пример организации инфографики «Количество зон покрытия спутников по регионам мира» представлен на рис. 14.

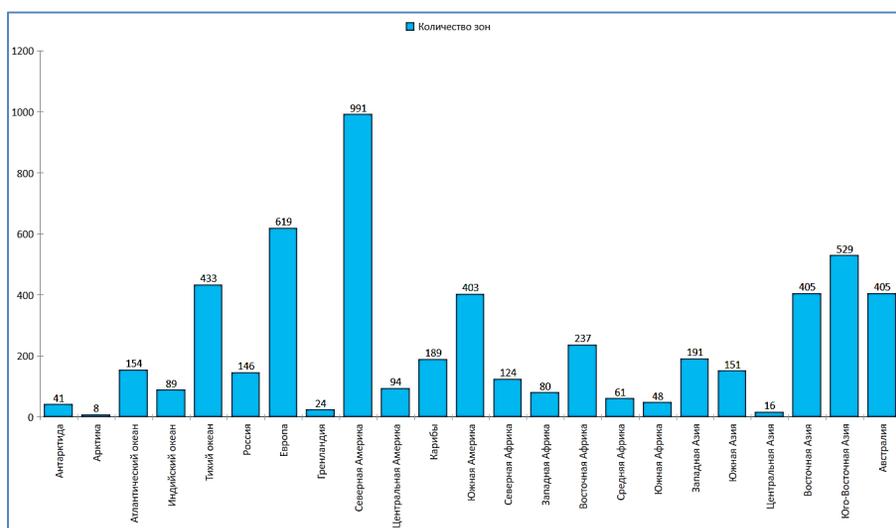


Рис. 14. Инфографика «Количество зон покрытия спутников по регионам мира»

Перспективы развития системы. Разработка информационно-аналитической системы учета активных геостационарных спутников связи на базе MS Access закладывает фундамент для дальнейшего совершенствования нового российского инструмента в космической телекоммуникационной отрасли. Динамичное развитие космических технологий, рост числа запусков и ужесточение регуляторных требований формируют новые вызовы, требующие модернизации системы. Ниже представлены ключевые направления развития такой базы данных.

1. Разработка специализированного программного обеспечения. Ограничения MS Access, такие как максимальный размер базы данных и отсутствие сетевой синхронизации, требуют разработки отдельного приложения. Новый интерфейс будет поддерживать импорт данных из MS приложений, а также облачную синхронизацию.

2. Внедрение интерактивных карт для визуализации зон покрытия. Предлагается использовать векторные форматы данных [8], которые позволяют хранить точные географические координаты и метаданные (уровень сигнала, частотные диапазоны). Интеграция с геоинформационными библиотеками открывает возможности для многослойного анализа: наложения зон покрытия на карты рельефа, плотности населения или инфраструктуры. Это позволит прогнозировать качество связи с учетом физических препятствий — горных массивов, высотных зданий или атмосферных явлений.

3. Расширение базы данных за счет спутников на различных орбитах. В современных телекоммуникационных проектах, таких как Starlink [9] или OneWeb [10], используются низкие и средние орбиты, что требует адаптации системы для работы с разнородными данными. Для этого в структуру базы будут добавлены параметры орбит: высота, наклонение, период обращения. Это позволит анализировать поведение не только геостационарных, но и низкоорбитальных спутников, рассчитывая их траектории и время видимости для наземных станций. Пользователи смогут изучать графики пролетов спутников над определенными регионами, что критически важно для планирования интервалов связи в системах интернета вещей [11] или военной разведки.

Заключение. В ходе работы была создана нормализованная база данных, удобный и интуитивно понятный интерфейс для взаимодействия с информацией, визуализация и автоматизация выдачи информации пользователю, возможность проведения статистического анализа. Как общий итог — разработана российская система информационно-аналитической системы учета активных геостационарных спутников связи с применением технологии визуализации зон покрытия в MS Access. На сегодняшний день система позволяет сократить время поиска спутников на 90 % по сравнению с аналогичным

поиском в электронных таблицах MS Excel. Создан инструмент, который не только позволяет решить текущие задачи российской телекоммуникационной отрасли, но и открывает возможности для инноваций в области анализа спутниковых ресурсов.

Литература

- [1] Ниязгульева А.М., Хансарыева О.А., Байрамов П. Перспективы развития спутниковой связи и ее значение в многостороннем развитии. *Вестник науки*, 2024, № 3 (72). URL: <https://www.вестник-науки.рф/article/13609> (дата обращения 05.05.2025).
- [2] Ковалева М.А. К 56 *Создание баз данных в Microsoft Access*. Москва, Мир науки, 2019. URL: <https://izd-mn.com/PDF/35MNNPU19.pdf> (дата обращения 05.05.2025).
- [3] *Геостационарная орбита*. URL: <https://glonass-global.ru/glossary/geostationary-orbit/> (дата обращения 01.05.2025).
- [4] *Earth view*. URL: <https://satellitetracker3d.com/> (дата обращения 05.05.2025).
- [5] *Диапазоны частот спутниковых антенн*. URL: <https://forumtech.ru/novosti-v-sfere-telekommunikaczij/chastoty-sputnikovyx-antenn> (дата обращения 05.05.2025).
- [6] *About COSPAR*. URL: <https://cosparhq.cnes.fr/about/> (accessed May 05, 2025).
- [7] *Satellite Catalog Number*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_Catalog_Number (дата обращения 05.05.2025).
- [8] Дубатов Р.С., Астапов Р.Л. Анализ современных методов хранения цифровых карт. *Вестник науки*, 2020, № 8 (29). URL: <https://www.вестник-науки.рф/article/3484> (дата обращения 05.05.2025).
- [9] Пехтерев С.В., Макаренко С.И., Ковальский А.А. Описательная модель системы спутниковой связи Starlink. *Системы управления, связи и безопасности*, 2022, № 4, с. 190–255. <https://doi.org/10.24412/2410-9916-2022-4-190-255>
- [10] Чепурнов П.А., Мишуков А.Н., Яковлев Р.С. Общая описательная модель низкоорбитальной многоспутниковой системы широкополосной связи ONEWEB. *Информация Космос*, 2022, № 3. URL: <https://infokosmo.ru/file/article/17073.pdf> (дата обращения 05.05.2025).
- [11] Довгаль В.А., Довгаль Д.В. Интернет Вещей: концепция, приложения и задачи. *Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки*, 2018, № 1 (212).

Поступила в редакцию 05.06.2025

Григорьев Петр Михайлович — студент кафедры «Технологии ракетно-космического машиностроения», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Скоморохов Егор Дмитриевич — студент кафедры «Технологии ракетно-космического машиностроения», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Шайда Иван Юрьевич — студент кафедры «Технологии ракетно-космического машиностроения», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — Васильева Татьяна Владимировна, старший преподаватель кафедры «Технологии ракетно-космического машиностроения», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Григорьев П.М., Скоморохов Е.Д., Шайда И.Ю. Разработка информационно-аналитической системы учета активных геостационарных спутников связи с применением технологии визуализации зон покрытия. *Политехнический молодежный журнал*, 2026, № 01 (102). URL: <https://ptsj.bmstu.ru/catalog/arse/nateeu/1085.html>

DEVELOPMENT OF AN INFORMATION AND ANALYTICAL ACCOUNTING SYSTEM FOR ACTIVE GEOSTATIONARY COMMUNICATIONS SATELLITES USING COVERAGE AREA VISUALIZATION TECHNOLOGY

P.M. Grigoriev

petr.peter03@yandex.ru

E.D. Skomorokhov

egorskomorokhov7777@gmail.com

I.Yu. Shaida

ivanschaida@yandex.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

An information and analytical accounting system for active geostationary communications satellites has been developed using MS Access coverage area visualization technology. The relevance of the work is due to the growing number of geostationary communications satellites and a variety of communication types, the inefficiency of existing tools for processing large amounts of data, such as MS Excel, as well as the lack of open Russian accounting systems on the global market. The system includes a normalized database, visualization of coverage areas, analytical tools, and optimized search. The functions of adding new satellites, statistical analysis and specification of technical characteristics have been implemented. The results demonstrate the possibility of creating an adaptive and scalable solution for the telecommunications industry in Russia and the rest of the world.

Keywords: geostationary satellites, database, spacecraft, telecommunications, coverage areas, information and analytical system, statistical analysis

Received 05.06.2025

Grigoriev P.M. — student of Department of Technologies of Rocket and Space Engineering, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Skomorokhov E.D. — student of Department of Rocket and Space Engineering Technologies, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Shaida I.Yu. — student of Department of Technologies of Rocket and Space Engineering, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Scientific advisor — Vasilyeva T.V., Senior Lecturer of Department of Technologies of Rocket and Space Engineering, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Please cite this article in English as:

Grigoriev P.M., Skomorokhov E.D., Shaida I.Yu. Development of an information and analytical accounting system for active geostationary communications satellites using coverage area visualization technology. *Politekhnicheskii molodezhnyy zhurnal*, 2026, no. 01 (102). URL: <https://ptsj.bmstu.ru/catalog/arise/nateeu/1085.html>