

***А.Крылов***

# **ПРОИЗВОДСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ СПУТНИКОВ СВЯЗИ И ВЕЩАНИЯ**

**МОСКВА 2014**

В рамках настоящего обзора автором проведен анализ производства и запусков коммерческих геостационарных спутников связи и вещания в период с 2001 года по 2013 год. Орбитальная группировка космических аппаратов на геостационарной орбите за 13 лет XXI века пополнилась 245 коммерческими спутниками фиксированной, подвижной и радиовещательной спутниковой службы. Показано, что на 70% спутниках были в той или иной мере реализованы непосредственное телевизионное или звуковое вещание. Средняя годовая норма запуска коммерческих геостационарных спутников связи и вещания (без учета потерянных при аварийных запусках) в анализируемый период снизилась до 19.6 космических аппаратов, в то время как в 1990-е годы средняя годовая норма запуска составляла около 30 спутников. Прогнозы аналитиков по запуску коммерческих спутников в XXI веке оказались явно завышенными.

Финишным производством коммерческих геостационарных спутников связи и вещания в мире занимается около 20 предприятий в разных странах мира. Самый большой сектор рынка производства (210 единиц) геостационарных телекоммуникационных спутников коммерческого назначения пришёлся в исследуемый автором период времени на долю четырёх американских и двух европейских компаний: *Space Systems/Loral* - платформа LS-1300; *Thales Alenia Space* - платформы Spacebus-2000, 3000, 4000; *EADS Astrium* - платформы Eurostar-2000, 3000; *Boeing* - платформы BSS-376, 601, 702; *Orbital Sciences Corporation* - платформы STAR-1, 2 и *Lockheed Martin* - платформа A2100. Российская компания *Открытое акционерное общество Информационные спутниковые системы имени академика М.Ф.Решетнёва* в период с 2001 по 2013 год изготовила и успешно запустила на орбиту 13 гражданских спутников связи и вещания. Остальные компании мира произвели только 35 коммерческих спутников связи и вещания.

В данном материале показано, что классифицировать спутники целесообразно не по их весовым характеристикам, а по мощности бортовой энергетической установки.

На основе имеющихся в свободной прессе сведений автор провёл анализ качества созданных компаниями *Space Systems/Loral*, *Thales Alenia Space*, *Astrium*, *Boeing*, *Orbital Sciences Corporation*, *Lockheed Martin* и *ИСС имени академика М.Ф.Решетнёва* спутников с позиций срока активного существования, отказов и утери спутников на орбите, времени их изготовления и страхования на орбите.

Приведенный в данном аналитическом обзоре материал автор адресует космическому сообществу России и надеется на снисхождение при его обсуждении, так как опечатки и неточности при изложении неизбежны.

Автор выражает благодарность коллегам по работе, членам Московского космического клуба и экспертному сообществу Кластера космических технологий и телекоммуникаций Фонда «Сколково», способствовавшим своими замечаниями существенному улучшению данного аналитического обзора.

## СОДЕРЖАНИЕ

Список сокращений	3
Введение	4
1 Запуски геостационарных коммерческих спутников связи и вещания в 2001-2013 годах	6
1.1 Общие сведения об успешно запущенных на орбиту геостационарных коммерческих спутниках связи и вещания	6
1.2 Большие, средние и малые геостационарные спутники связи и вещания.	17
1.3 Типы бортовых ретрансляторов	19
2 Обзор деятельности производителей коммерческих геостационарных телекоммуникационных спутников	21
2.1 Спутники компании Lockheed Martin Commercial Space Systems	22
2.2 Спутники компании Orbital Sciences Corporation	25
2.3 Спутники компании Boeing Satellite Systems	29
2.4 Спутники компании Space Systems/Loral	36
2.5 Спутники компании European Aeronautic Defence and Space Company Astrium	41
2.6 Спутники компании Thales Alenia Space	47
2.7 Спутники компании «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва»	52
3 Анализ отказов бортовых систем на успешно запущенных коммерческих геостационарных спутниках	61
4 Сравнение сроков изготовления спутников основными производителями	69
5 Контрактная стоимость некоторых проектов коммерческих телекоммуникационных спутников	70
6 Космическая деятельность основных мировых производителей геостационарных спутников	71
Заключение (выводы)	72
Список использованной литературы	73

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

БИТС	бортовая информационно-телеметрическая система
БКУ	бортовой комплекс управления
БЦВМ	бортовая цифровая вычислительная машина
ГСО	геостационарная орбита
ДУОС	двигательная установка ориентации спутника
ИСС	информационные спутниковые системы
КА	космический аппарат
КАУР	Космический Аппарат Унифицированного Ряда
КИС	командно-измерительная система
МПН	модуль полезной нагрузки
МСС	модуль служебных систем
НК	Новости космонавтики, журнал
НКУ	наземный комплекс управления
ОГ	орбитальная группировка
ПСС	подвижная спутниковая связь
САС	срок активного существования
СНВ	спутниковое непосредственное вещание
СОС	система ориентации и стабилизации
СТР	система терморегулирования
СЭП	системы электропитания
ЭРДУ	электрическая реактивная двигательная установка
<i>BOL</i>	<i>begining of life</i>
<i>ELI</i>	<i>Elliptical orbit</i>
<i>EOL</i>	<i>end of life</i>
<i>GEO</i>	<i>geosynchronous orbit</i>
<i>LEO</i>	<i>low Earth orbit</i>
<i>MEO</i>	<i>medium Earth orbit</i>
<i>XIPS</i>	<i>Xenon Ion Propulsion System</i>

## ВВЕДЕНИЕ

Отрасль спутниковой связи и вещания является важнейшим элементом мирового рынка телекоммуникаций. Динамика, структура и тенденции развития этой сферы деятельности зависят от экономического состояния мировой экономики в целом, экономического состояния отдельных регионов и ряда других факторов. Не далее, чем 10-15 лет назад существовали опасения, что наземные волоконно-оптические и беспроводные технологии вытеснят спутниковую связь. Однако спутниковая отрасль устояла благодаря разработке, внедрению и развитию новых технологий, которые позволили внедрить новые беспрецедентные услуги (спутниковое цифровое телевизионное и звуковое вещание, телевидение высокого разрешения, спутниковый широкополосный доступ и т.п.) и существенно увеличивать спрос на спутниковые емкости. Сегодня все операторы спутниковой связи внедряют вместо стандартной телефонии перспективные видео и мультимедийные виды сервисов.

Отрасль спутниковой связи и вещания, как и вся телекоммуникационная сфера, прошла этапы бума, роста и стабилизации компаний, структур и бизнесов. Современный этап её существования характеризуется слиянием крупнейших игроков и появлением новых региональных спутниковых операторов с грандиозными планами по созданию гибридных сетей и сервисов. Слияния и поглощения стали естественной реакцией рынка на переизбыток свободных спутниковых ресурсов и большое число игроков рынка.

В равной степени к факторам определяющим динамику развития спутниковой отрасли связи и вещания можно отнести уровень технологической конкуренции в регионах, темпы появления и внедрения новых технологий и услуг для коммерческого применения, изменения структуры спроса со стороны конечных пользователей, специфику регулирования рынка и прочее.

На рисунке В.1 показаны доходы 2013 года в телекоммуникационной отрасли мира (\$5.0 триллиона), космической индустрии (\$320.0 миллиарда) и космической отрасли связи (\$195.2 миллиарда), представленные *Satellite Industry Association (SIA)* [1].



Рисунок В.1. Доходы телекоммуникационной, космической и спутниковой индустрии в 2013 году.

Отрасль спутниковой связи и вещания включает несколько типов деятельности, выполняющих различные роли и функции, в процессе предоставлении услуг конечным пользователям. Традиционно к основным типам деятельности относят:

- разработку и производство космических аппаратов (КА) связи и вещания, выполняемую космическими корпорациями;
- пусковые услуги, предоставляемые компаниями, организующими запуски ракет-носителей (РН) на полигонах запуска;
- предоставление телекоммуникационных услуг конечным пользователям, выполняемое провайдерами, спутниковыми операторами, дилерами и пр.;
- производство и продажу наземного приемо-передающего оборудования, осуществляемую производителями оборудования.

Спутниковая связь и вещание и в период мирового экономического кризиса остается коммерчески выгодным видом космической деятельности. За истекшие одиннадцать лет XXI века отрасль космической связи и вещания развивалась динамично и поступательно. Об этом убедительно свидетельствуют оценки объема и структуры рынка, полученные разными исследовательскими компаниями (*Euroconsult, Frost&Sullivan, Northern Sky Research u Satellite Industry Association*). Согласно исследованиям компании *SIA* (май 2014), данные которой приведены в таблице В1, доходы от услуг спутниковой связи и доходы всей отрасли за 2001-2013 годы выросли более чем в три раза.

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Совокупные доходы спутниковой отрасли, \$ млрд, в т. ч.:</b>	64.4	71.3	74.3	82.7	88.8	105.5	121.7	144.4	160.9	168.1	177.3	189.5	195.2
<b>1) доходы от услуг спутниковой связи, в \$ млрд, в т. числе</b>	32.7	36.0	40.3	47.3	52.8	62.0	72.6	84.0	93.0	101.3	107.7	113.4	118.6
<b>звуковое и телевидение, в \$ млрд</b>	22.0	25.5	28.8	35.8	41.3	48.9	57.9	68.1	75.3	83.0	88.6	93.3	98.1
<b>фиксированная связь, в \$ млрд</b>	9.0	8.8	9.5	9.3	9.3	10.7	12.2	13.0	14.4	15.0	15.6	16.4	16.4
<b>подвижная связь, в \$ млрд</b>	1.3	1.3	1.6	1.8	1.7	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3	2.4	2.4	2.5
<b>ДЗЗ, в \$ млрд</b>	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.7	1.0	1.0	1.1	1.3	1.5
<b>2) доходы от производства спутников, в \$ млрд</b>	9.5	11.0	9.8	10.2	7.8	12.0	11.6	10.5	13.5	10.8	11.9	14.6	15.7
<b>3) доходы от пусковых услуг, в \$ млрд</b>	3.0	3.7	3.2	2.8	3.0	2.7	3.2	3.9	4.5	4.3	4.8	6.7	5.4
<b>4) доходы от производства наземного оборудования, в \$ млрд</b>	19.6	21.0	21.5	22.8	25.2	28.8	34.3	46.0	49.9	51.6	52.9	54.8	55.5

Таблица В1. Структура доходов отрасли спутниковой связи и вещания.

Динамику развития отрасли подтверждают и данные о запусках геостационарных коммерческих спутников связи и вещания в период с 2001 года по 2013 год. В течение 2002-2013 годов геостационарная орбита (ГСО) пополнилась 245 коммерческими спутниками различного назначения (фиксированной, подвижной и радиовещательной спутниковой службы), причем на 160 (65%) спутниках была в той или иной мере реализована функция радиовещательной спутниковой службы (непосредственное телевизионное и звуковое вещание). Если в 1990-е годы средняя годовая норма запуска составила около 30 спутников в год, в первые пять лет XXI века средняя годовая норма запуска упала до 17 спутников в год (без учета спутников, потерянных в аварийных запусках). В последующие восемь лет она поднялась до 20 спутников в год.

В настоящей работе основное внимание уделено анализу производства и эксплуатации геостационарных спутников коммерческого назначения в смысле их производственных и эксплуатационных характеристик, к которым автор относит тип и электрическую мощность платформы, срок активного существования спутника на орбите, отказы основных систем платформы КА и модуля полезной нагрузки, страховые выплаты, сроки производства спутников и некоторые другие показатели.

## 1. Запуски геостационарных коммерческих спутников связи и вещания в 2001-2013 годах

### 1.1. Общие сведения об успешно запущенных на орбиту геостационарных коммерческих спутниках связи и вещания.

В конце 2013 года в космосе выполняли целевую задачу 1181 КА различного назначения [1].

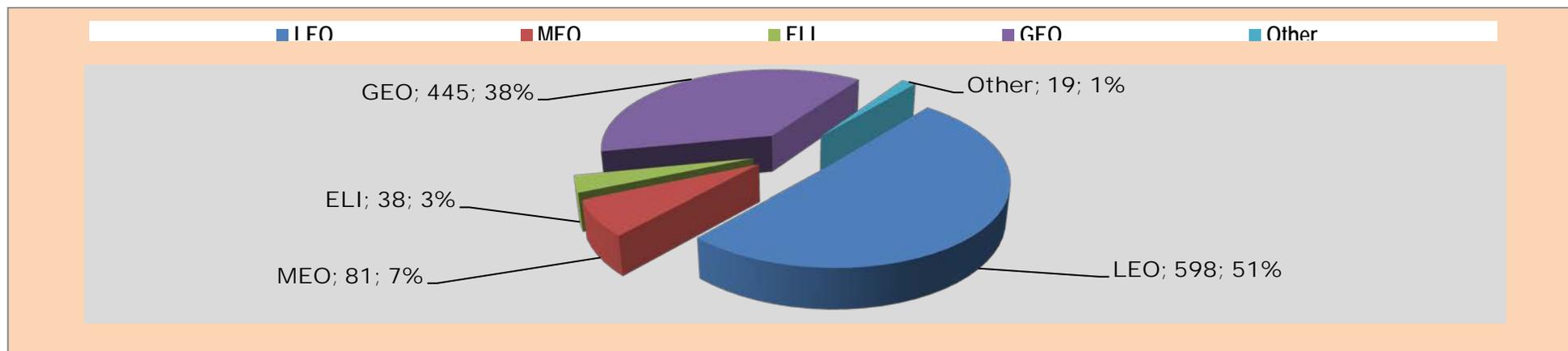


Диаграмма 1.1. Распределение спутников по состоянию на 31.12.2013 года по типам орбит (источник: *Union of Concerned Scientists, UCS*).



Диаграмма 1.2. Распределение спутников по состоянию на 31.12.2013 года по странам (источник: *Union of Concerned Scientists, UCS*).

На диаграмме 1.1 представлено распределение КА по типам орбит (геостационарной – *geosynchronous, GEO*; средней - *medium Earth, MEO*; низкой - *low Earth, LEO* и эллиптической – *elliptical, ELI*). На *GEO* находилось 445, на *LEO* – 598, на *MEO* – 81, на *ELI* – 38 и на других орбитах 19 КА. На диаграмме 5.2 показано распределение действующих спутников по странам. США по состоянию на 31.12.2013 года имели на орбите 539 спутников, КНР – 121 аппарат, Россия – 111 КА (на 10 меньше Китая) и остальные страны 410 спутников.

Спутниковая связь и вещание с геостационарной орбиты и в период мирового экономического кризиса по-прежнему остаются коммерчески выгодным видом космической деятельности. За тринадцать лет XXI века космическая отрасль развивалась динамично и поступательно. Об этом свидетельствуют приведенные в таблицах 1.1 и 1.2 сведения о запусках коммерческих телекоммуникационных спутников в период с 2001 года по 2013 год [2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,29].

N п/п	Дата пуска	Спутник	Launch vehicle	Bus	Weight satellite, kg		Power, kW	Quantity transponders				Orbital position	Operator
					start	dry		C	Ku	Ka	Др.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>2001</b>													
1	10.01	Turksat-2A	Ariane 5	Spacebus 3000B3 (Alcatel)	3535	1577	8.7		32			42 E	TurkTelekom
2	08.03	EuroBird 1	Ariane 5	Spacebus 3000B2 (Alcatel)	3050	1337	5.5		24			28.5 E	Eutelsat
3		Bsat-2A		Star-2 (Orbital Sciences)	1317	535	2.6		4			110 E	BSAT
4	18.03	XM-2 Rock	Zenit-3SL	BSS-702HP (Boeing)	4666	2500	18				2S/X	115 W	Sirius XM Radio
5	07.04	Ekran	Proton-M	KAUR-3 (ISS Rechetnev)	2050	1900	1.5				1дм	99 E	RSCC
6	08.05	XM-1 Roll	Zenit-3SL	BSS-702HP (Boeing)	4667	2551	18				S/X	85 W	Sirius XM Radio
7	15.05	PAS-10	Proton-K	BSS-601HP (Boeing)	3739	2510	9.6	24	24			68.5 W	PanAmSat
8	09.06	Intelsat-901	Ariane 4	LS 1300 (Space Systems/Loral)	4723	1972	10	44	12			18 W	Intelsat
9	16.06	Astra-2C	Proton-K	BSS-601HP (Boeing)	3643	2000	7		32			28.2 E	SES Astra
10	30.08	Intelsat-902	Ariane 4	LS 1300 (Space Systems/Loral)	4723	1978	8.5	44	12			62 E	Intelsat
11	25.09	AtlanticBird 2	Ariane 4	Spacebus 3000B (Alcatel)	3150	1368	6.4		26			8 W	Eutelsat
12	27.11	DirecTV-4S	Ariane 4	BSS-601HP (Boeing)	4300	2100	8.1		48			101 W	DirecTV
<b>2002</b>													
1	23.01	Insat-3C	Ariane 4	I-3K (I-3000; ISRO – India)	2750	1209	3.5	30				74 E	ISRO
2	23.02	Intelsat-904	Ariane 4	LS 1300(Space Systems/Loral)	4680	2350	8.5	44	12			60 E	Intelsat
3	21.02	Echostar-7	Atlas 3	A2100AX (Lockheed Martin)	4027	2200	10		32			119 W	Echostar
4	28.03	Astra-3A	Ariane 4	BSS-376HP (Boeing)	1500	750	1.5		20			23.5 E	SES Astra
5		JCSAT-8		BSS-601HP (Boeing)	2600	1460	3.7	16	16			154 E	JSAT
6	30.03	Intelsat-903	Proton-M	LS 1300(Space Systems/Loral)	4726	1972	9.6	44	12			34.5 W	Intelsat
7	16.04	NSS-7	Ariane 4	A2100AX (Lockheed Martin)	4700	2500	13.1	36	36			21.5 W	NSS
8	07.05	DirecTV-5	Proton-K	LS 1300(Space Systems/Loral)	3640	2100	10		16/32			119 W	Direc TV
9	10.06	Express-A1R	Proton-K	767 (ISS Rechetnev)	2600	2445	2.5	12	5			40 E	RSCC
10	05.06	Intelsat-905	Ariane 4	LS 1300 (Space Systems/Loral)	4723	1984	8.6	44	12			24.5 W	Intelsat
11	15.06	Galaxy-3C	Zenit-3SL	BSS-702HP (Boeing)	4850	2873	15	24	52			95 W	PanAmSat
12	05.07	AtlanticBird3	Ariane 5	Spacebus 3000B (Alcatel)	4050	1805	11	10	35			5 W	Eutelsat
13		N-Star-C		Star-2 (Orbital Sciences)	1645	800	2.6	1			2S	136 E	NTT DoCoMo

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
14	21.08	Hot Bird-6	Atlas 5	Spacebus 3000B (Alcatel)	4685	1900	9		28	4		13 E	Eutelsat
15	22.08	Echostar-8	Proton-K	LS 1300(Space Systems/Loral)	4460		10		32			110 W	Echostar
16	28.08	Atlantic Bird 1	Ariane 5	Spacebus 3000 (Alenia Spazio)	2700	1100	1.1		24			12.5 W	Eutelsat
17	06.09	Intelsat-906	Ariane 4	LS 1300(Space Systems/Loral)	4723	1955	10	44	12			64.5 E	Intelsat
18	18.09	Hispasat-1D	Atlas 2	Spacebus 3000B2 (Alcatel)	3100	1382	7.3		28			30 W	Hispasat S.A
19	20.11	Eutelsat W5	Delta 4	Spacebus 3000 (Alcatel)	3250	1900	6		24			70.5 E	Eutelsat
20	17.12	NSS-6	Ariane 4	A2100AX (Lockheed Martin)	4575	2600	11		50			95 E	NSS
21	30.12	Nimiq-2	Proton-M	A2100AX (Lockheed Martin)	3678	1700	9		32	2		91 W	Telesat
<b>2003</b>													
1	15.02	Intelsat-907	Ariane 4	LS 1300 (Space Systems/Loral)	4685	1973	10	44	12			27.5 W	Intelsat
2	30.03	Asiasat-4	Atlas 3	BSS-601HP (Boeing)	4137	2275	9.5	28	20			112 E	AsiaSatellite TelC
3	09.04	Insat-3A	Ariane 5	I-3K (I-3000; ISRO – India)	2958	1348	3.2	18	6			93.5 E	Indian Space
4		Galaxy-12		Star-2 (Orbital Sciences)	1760	800	3.6	24				74 W	PanAmSat
5	13.05	HellasSat-2	Atlas-5	Eurostar 2000+ (Astrium)	3300		7.5		30			39 E	HellasSat-2
6	07.06	AMC-9	Proton-M	Spacebus 3000B3 (Alcatel)	4100	2000	8	24	24			85 W	SES Americom
7	10.06	Thuraya-D2	Zenit-3SL	BSS-702HP (Boeing)	5250	3200	11	44	12			44 E	ThurayaSatTelC
8	11.06	Optus-C1	Ariane 5	LS 1300 (Space Systems/Loral)	4800	2000	10.6	8	12			150 E	Optus
9		BSAT-2C		Star-1 (Orbital Sciences)	1275	535	2.6		4			110 E	B-SAT
10	17.07	Echostar-12	Atlas 5	A2100AXS (Lockheed Martin)	4328		13		36	4		110 W	Cablevision
11	07.08	Echostar-9	Zenit-3SL	LS 1300 (Space Systems/Loral)	4737	2500	11	24	32	1		121 W	Echostar
12	27.09	Insat 3E	Ariane 5	I-3K (I-3000; ISRO – India)	2750	1181	2.4	36				55 E	Indian Space
13	27.09	e-Bird	Atlas 5	BSS-376HP (Boeing)	1525	1300	1.6		20			30 W	Hispasat S.A
14	01.10	Galaxy 13	Zenit-3SL	BSS-601HP (Boeing)	4120	2630	9.9	24	24			12.5 W	PanAmSat
15	24.11	Yamal-201	Proton-M	Viktoria (Energia)	1351	1231	3.9	9	6			90 E	GazCom
16		Yamal-202		Viktoria (Energia)	1326	1206	3.9	18				49 E	Gazcom
17	28.12	Amos-2	Sojuz	Amos (Izrail)	1370	646	1.8		11			4 W	Spasecom Izrail
18	29.12	Express-AM22	Proton-M	767-M (ISS Rechetnev)	2542	2387	6.4		24			53 E	RSCC
<b>2004</b>													
1	10.01	Telstar-14	Zenit-3SL	LS 1300 (Space Systems/Loral)	4694		9		41			63 W	Loral Skynet
2	05.02	AMC-10	Atlas-2AS	A2100 (Lockheed Martin)	2340	907	2.9	24				135 W	SES Americom
3	13.03	MBSat-1	Atlas-3	LS 1300 (Space Systems/Loral)	4143	1700	7.4		12		2S	144 E	MBSO
4	16.03	Eutelsat W3A	Proton-M	Eurostar E-3000 (Astrium)	4250	2000	9.6		58	2		7 E	Eutelsat
5	15.04	Superbird-6	Atlas-2AS	BSS-601 (Boeing)	3100	1528	4.4		23	4		158 E	SCC
6	27.04	Express-AM11	Proton-K	767-M (ISS Rechetnev)	2543	2388	6.4	26	4			96.5 E	RSCC
7	04.05	DirecTV-7S	Zenit-3SL	LS 1300 (Space Systems/Loral)	5472	3800	13		44			119 W	DirecTV
8	19.05	AMC-11	Atlas-2AS	A2100 (Lockheed Martin)	2317	912	2.9	24				131 W	SES Americom
9	17.06	Intelsat 10-02	Proton-M	Eurostar E-3000H (Astrium)	5575	3125	11	45	16			1 W	Intelsat
10	29.06	Telstar-18	Zenit-3SL	LS 1300 (Space Systems/Loral)	4640	2500	9.6	38	16			148 E	Loral Skynet
11	18.07	Anik-F2	Ariane-5	BSS-702HP (Boeing)	5965	3805	15	24	32	38		111 W	Telesat
12	05.08	Amazonas-1	Proton-M	Eurostar E-3000 (Astrium)	4545	2000	9.6	19	32			61 W	Hispasat
13	14.10	AMC-15	Proton-M	A2100AX (Lockheed Martin)	4070	1956	9		24	12		105 W	SES Americom

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
14	29.10	Express-AM1	Proton-K	767-M (ISS Rechetnev)	2542	2387	6.4	9	18		1L	40 E	RSCC
15	17.12	AMC-16	Proton-K	A2100 (Lockheed Martin)	4100	1956	9		24	12		82 W	SES Americom
<b>2005</b>													
1	03.02	NSS-10	Proton-M	Spacebus 4000 (Alcatel)	4979	2810	10.8	72				37.5 W	SES Americom
2	28.02	XM-3 Rhythm	Zenit-3SL	BSS-702HP (Boeing)	4703	2650	18				2X	85 W	Sirius XM Radio
3	11.03	Inmarsat 4-F1	Atlas-5	Eurostar E3000 (Astrium)	5959		14	многолуч			C/L	64 E	Inmarsat
4	30.03	Express-AM2	Proton-K	767-M (ISS Rechetnev)	2551	2396	6.8	16	12		1L	80 E	RSCC
5	12.04	APStar-6	LongMarch	Spacebus 4000C (Alcatel)	4672		8.8	38	12			134 E	APT Group
6	26.04	SpaseWay-1	Zenit-3SL	BSS-702HP (Boeing)	6080	3490	13	многолуч		72		99.2 W	DirectTV
7	22.05	DirectTV-8	Proton-M	LS 1300 (Space Systems/Loral)	3711		10		16/32	1		101 W	DirectTV
8	23.06	Intelsat-8	Zenit-3SL	LS 1300 (Space Systems/Loral)	5500		16	28	36	4		89 W	Intelsat
9	24.06	Express-AM3	Proton-K	767-M (ISS Rechetnev)	2555	2400	6.8	16	12		1L	140 E	RSCC
10	11.08	Thaicom-4	Ariane 5	LS 1300SX(SpaceSystems/Loral)	6505	3405	14.5		51	20		120 E	Shin Satellite
11	14.08	Galaxy-14	Sojuz	Star-2 (Orbital Sciences)	2086	800	3.5	24				125 W	PanAmSat
12	08.09	Anik-F1R	Proton-M	Eurostar E-3000 (Astrium)	4480		9.6	24	32			107W	Telesat
13	14.10	Galaxy-15	Ariane 5	Star-2 (Orbital Sciences)	2033	885	2.9	28			1L	133 W	PanAmSat
14	08.11	Inmarsat 4-F2	Zenit-3SL	Eurostar E-3000 (Astrium)	5946		14	многолуч			C/L	53 W	Inmarsat
15	16.11	SpaseWay-2	Ariane 5	BSS-702HP (Boeing)	6116	3940	15.9	многолуч		72		99.2 W	DirectTV
16		Telcom-2		Star-2 (Orbital Sciences)	1975	899	3.25	24				118 E	PT Telcom
17	21.12	Insat-4A	Ariane 5	I-3K (I-3000; ISRO – India)	3080	1390	5.5	12	12			83 E	ISRO
18	29.12	AMC-23	Proton-M	Spacebus 4000 (Alcatel)	5035	2845	10.8	18	20			172 E	SES Americom
<b>2006</b>													
1	16.02	Echostar 10	Zenit-3SL	A2100AX (Lockheed Martin)	4333		13		32	2		110 W	Echostar
2	11.03	Hot Bird 7A	Ariane 5	Spacebus 3000B (Alcatel)	4100	1740	9.8		38			13 E	Eutelsat
3	13.04	JCSAT-9	Zenit-3SL	A2100AX (Lockheed Martin)	4400		12	20	20		1S	132 E	JSAT Corp
4	20.04	Astra 1KR	Atlas 5	A2100 (Lockheed Martin)	4332		8.6		32			19.2 E	SES Astra
5	27.05	Satmex-6	Ariane 5	LS 1300 (Space Systems/Loral)	5456	2310	12.7	36	24			113 W	Satmex
6		Thaicom-5		Spacebus 3000 (Alcatel)	2766	1190	6.4	25	14			78.5 E	Shin Satellite
7	18.06	Kazsat	Proton-M	Jakhta (Khrunichev)	1400		3		12			103 E	Katelko
8	18.06	Galaxy-16	Zenit-3SL	LS 1300 (Space Systems/Loral)	4640		10	24	24			99 W	Intelsat
9	05.08	Hot Bird 8	Proton-M	Eurostar E-3000 (Astrium)	4875	2350	16		64			13 E	Eutelsat
10	11.08	JCSAT-10	Ariane 5	A2100 (Lockheed Martin)	4400	1669	8.7	12	30			128 E	JSAT Corp
11	22.08	Koreasat-5	Zenit-3SL	Spacebus 4000C1 (Alcatel)	4450		10		24			113 E	Koreasat
12	13.10	DirectTV-9S	Ariane 5	LS 1300 (Space Systems/Loral)	5505	2364	13.9		52	2		101 W	DirectTV
13		Optus D1		Star-2 (Orbital Sciences)	2300	1005	4.8		24			160 E	Optus
14	29.10	SinoSat-2	LongMarch	DFH-4 (China)	5100	2090	7.6		22			92.2 E	EuraSpC (China)
15	30.10	XM-4 Blues	Zenit-3SL	BSS-702HP (Boeing)	5193		18				X/S	115 W	Sirius XM Radio
16	09.11	BADR-4	Proton-M	Eurostar E-2000+ (Astrium)	3304	1487	8		32			26 E	ArabSat
17	08.12	AMC-18	Ariane 5	A2100 (Lockheed Martin)	2081	918	2.9	36				105 W	SES Americom
18		WildBlue-1		LS 1300 (Space Systems/Loral)	4735	2014	9.6			35		111 W	Telesat
19	11.12	Measat-3	Proton-M	BSS-601HP (Boeing)	4765	2820	10.8	24	24			91.5 E	MEASAT

<b>2007</b>													
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>
1	11.03	Insat-4B	Ariane 5	I-3K (I-3000; ISRO – India)	3028	1335	5.6	12	12			93.5 W	Indosat
2	10.04	Anik-F3	Proton-M	Eurostar E-3000S (Astrium)	4639	2950	10	24	32	2		118.7 E	Telesat Canada
3	04.05	Galaxy-17	Ariane 5	Spacebus 3000B (Thales Alenia)	4100	1750	10	24	24			74 E	Intelsat
4		Astra 1L		A2100AXS (Lockheed Martin)	4505	2254	13		29	2		19.2 W	SES Astra
5	14.05	Nigcomsat-1	LongMarch	DFH-4 (China)	5086	3140	7.75	4	14	8	2L	42 W	Nigcomsat Ltd.
6	31.05	Sinosat-3	LongMarch	DFH-3 (China)	2200		2.5	10				125 W	SinoSat
7	05.07	ChinaSat-6B	LongMarch	Spacebus 4000C2 (Thales Alenia)	4500		9.5	38				115 W	ChinaSatCom
8	07.07	DirecTV-10	Proton-M	BSS-702HP (Boeing)	5893	3715	18		32	55		102.8 E	DirecTV
9	14.08	BSat-3A	Ariane 5	A2100A (Lockheed Martin)	1967	930	2.84		8			110 W	B-sat Corp
10		Spaceway-3		BSS-702HP (Boeing)	6075	3655	15.9			68		95 E	HughesNetwork
11	02.09	Insat-4CR	GSLV	I-3K (I-3000; ISRO – India)	2130	941	2.9		12			74 E	Indosat
12	01.10	Intelsat-11	Ariane 5	Star-2 (Orbital Sciences)	2452	1145	7.25	16	18			43 E	Intelsat
13		Optus-D2		Star-2 (Orbital Sciences)	2352	1079	7.25		30			152 W	Optus
14	14.11	Star One C1	Ariane 5	Spacebus 3000B3 (Thales Alenia)	4100	1750	10.5	28	14		1X	65 E	Star One
15	18.11	Sirius-4	Proton-M	A2100AX (Lockheed Martin)	4385	2100	13		52	2		5 W	SES Sirius
16	21.12	Horizons-2	Ariane 5	Star-2 (Orbital Sciences)	2304	1018	5.2		20			74 E	Intelsat+JSAT
17		Rascom-QAF1		Spacebus 4000B3 (Thales Alenia)	3157	1395	6.6	8	12			2.8 W	RascomStarQAF
<b>2008</b>													
1	15.01	Thuraya-3	Zenit-3SL	BSS-702HP (Boeing)	5173	3200	11				2L	45 W	TST (OAE)
2	28.01	Express-AM33	Proton-M	767-M (ISS Rechetnev)	2579	2445	8.4	10	16		L	96.5 W	RSCC
3	11.02	Thor-5	Proton-M	Star-2 (Orbital Sciences)	2024	1090	4.8		24			1 E	Telenor (Norv)
4	23.02	Kizuna	H-IIA	e-Japan (Mitsubishi Electric Corp)	4850	2450	5.2			20		142 W	NICT (Japan)
5	20.03	DirecTV-11	Zenit-3SL	BSS-702HP (Boeing)	5923	3715	18		32	55		99.2 E	DirecTV
6	14.04	ICO G1	Atlas-5	LS 1300S (SpaceSystems/Loral)	6634		16				S	91 W	ICO Group
7	18.04	Vinasat-1	Ariane 5	A2100A (Lockheed Martin)	2637	1140	2.4	8	12			132 E	Vinasat
8		Star One S2		Spacebus 3000B3 (Thales Alenia)	4100	1750	10.5	28	16		X	70 W	Star One
9	25.04	Tianlian-1	CZ-3S	DFH-3A (China)	2600		8			2	S	77 E	China
10	28.04	Amos-3	Zenit-3SLB	Amos (Izrail)	1360	968	2.5		12	3		4 E	HLL Ltd
11	21.05	Galaxy-18	Zenit-3SL	LS 1300 (SpaceSystems/Loral)	4642		12	24	24			123 E	Intelsat
12	09.06	Chinasat-9	CZ-3B	Spacebus 3000B3 (Thales Alenia)	4500	1418	10.7		22			92.9 W	CSCC
13	07.07	Protostar-1	Ariane 5	LS 1300 (SpaceSystems/Loral)	4191	1774	9.6	34	16			98.5 W	Protostar-China
14		Badr-6		Eurostar-2000+ (Astrium)	3346	1510	7.8	24	20			26 W	Arabsat
15	16.07	Echostar XI	Zenit-3SL	LS 1300 (SpaceSystems/Loral)	5511		20		29			110 E	Echostar
16	31.07	Turksat 3A	Ariane 5	Spacebus 4000B2 (Thales Alenia)	3110	1750	8		24			42 W	Turksat
17	14.07	AMC-21	Ariane 5	Star-2 (Orbital Sciences)	2409	1161	6.7		24			125 E	SES Group
18		Superbird-7		DS-2000 (Mitsubishi)	4800	2011	8		28			136 W	Sky Perfect
19	19.08	Inmarsat-4F3	Proton-M	Eurostar E-3000GM (Astrium)	5960		14				C/L	98 E	Inmarsat
20	04.09	Galaxy-19	Zenit-3SL	LS 1300 (SpaceSystems/Loral)	4690		10	24	28			97 E	Intelsat
21	19.09	Nimig-4	Proton-M	Eurostar E-3000S (Astrium)	4850		14		32	8		82 E	Telesat
22	30.10	Venesat-1	CZ-3B	DFH-4 (China)	5049		7.75		14	12		78W	Venesat

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
23	01.11	Astra-1M	Proton-M	Eurostar E-3000 (Astrium)	5345		9.8		32			19.2 W	SES Astra
24	10.12	Ciel-2	Proton-M	Spacebus 4000C4 (Thales Alenia)	5625		10.8		32			129 E	CielSat Canada
25	20.12	Eutelsat 2M	Ariane 5	I-3K (I-3000; ISRO – India)	3460	1555	7.8		26			16 W	Eutelsat
26		Hot Bird-9		Eurostar E-3000S (Astrium)	4885	2338	14.5			58			13 E
<b>2009</b>													
1	11.02	Express-MД1	Proton-M	Jakhta (Khrunichev)	1140	1090	3	8			1L	80 E	RSCC
2		Express-AM44		767-M (ISS Rechetnev)	2532	2377	6.5	10	16			L	96.5 E
3	12.02	NSS-9	Ariane 5	Star-2 (Orbital Sciences)	2290	1050	3.8	44				177 W	SES Group
4		Hot Bird-10		Eurostar E-3000 (Astrium)	4890	2240	16			58			13 E
5	26.02	Telstar-11N	Zenit-3SLB	LS 1300 (Space Systems/Loral)	4012		7		39			37.5 W	Telesat
6	03.04	Eutelsat W2A	Proton-M	Spacebus-4000C4 (ThalesAlenia)	5915	2828	11	10	46		S	10 E	Eutelsat
7	16.05	Protostar-2	Proton-M	BSS-601HP (Boeing)	3905	3087	9.9		22		10S	107.7 E	Intelsat
8	22.06	MeaSat-3A	Zenit-3SLB	Star-2 (Orbital Sciences)	2366		4.76	12	12			91.5 E	Measat
9	30.06	Sirius-FM5	Proton-M	LS 1300S (Space Systems/Loral)	5975	2734	19.7				X/S	96 W	Sirius XM Radio
10	01.07	TerreStar-1	Ariane 5	LS 1300Ω (SpaceSystems/Loral)	6910		14.2		1		2S	111 W	TerreStar
11	11.08	AsiaSat-5	Proton-M	LS 1300SS(SpaceSystems/Loral)	3760		6	26	14			100.5 E	AsiaSat
12	21.08	JCSat-12	Ariane 5	A2100AX (Lockheed Martin)	4048		8.4	12	30			128 E	Sky Perfect JSAT
13		Optus-D3		Star-2 (Orbital Sciences)	2475	1182	7.25			24			156 E
14	17.09	Nimiq-5	Proton-M	LS 1300S (Space Systems/Loral)	4745		10		32			72.7 W	Telesat
15	31.09	Palapa-D3	LongMarch	Spacebus-4000B3 (ThalesAlenia)	4078		8.6	35	5			113 E	Indosat
16	01.10	Amazonas-2	Ariane 5	Eurostar E-3000 (Astrium)	5465		15.3	10	54			61 W	Hispasat
17	29.10	Thor-6	Ariane 5	Spacebus-4000B2 (ThalesAlenia)	3050	1255	6.4		36			0.8 W	Telenor
18		NSS-12		LS 1300S (Space Systems/Loral)	5625		15.8	40	48				57 E
19	23.11	Intelsat -14	Atlas-5	LS 1300S (Space Systems/Loral)	5663	2517	12	40	22			45 W	Intelsat
20	24.11	Eutelsat W7	Proton-M	Spacebus-4000C4 (ThalesAlenia)	5627		15.8		70			36 E	Eutelsat
21	30.11	Intelsat -15	Zenit-3SLB	Star-2 (Orbital Sciences)	2550		6.4		22			85 E	Intelsat
22	29.12	DirecTV-12	Proton-M	BSS-702HP (Boeing)	5923	3715	18		32	55		99.2 W	DirecTV
<b>2010</b>													
1	12.02	Intelsat-16	Proton-M	Star-2 (Orbital Sciences)	2056		4.5		24			58W	Intelsat
2	20.03	Echostar-14	Proton-M	LS 1300 (Space Systems/Loral)	6379	3223	20		103			119W	Echostar
3	24.04	SES-1	Proton-M	Star-2 (Orbital Sciences)	2615	2561	5.0	24	24			101W	SES Group
4	21.05	Astra-3B	Ariane 5	Eurostar E-3000 (Astrium)	5471		10.0		52	4		23.5E	SES Group
5	03.06	ArabSat-5B	Proton-M	Eurostar E-3000 (Astrium)	5420		14		46	4		26E	Arabsat
6	26.06	ArabSat--5A	Ariane 5	Eurostar E-3000 (Astrium)	4940		12	16	24		S/X	30.5E	Arabsat
7	10.07	Echostar-15	Proton-M	LS 1300S (Space Systems/Loral)	5521	2479	>20		32			61.5W	Echostar
8	04.08	Nilesat-201	Ariane 5	Spacebus-4000B2 (ThalesAlenia)	3200		7		24	4		7W	Nilesat
9		RASCom-QAF-1R		Spacebus-4000B3 (ThalesAlenia)	3050	1395	6.6	8	12				2.85E
10	04.09	Chinasat-6A	LongMarch	DFH-4 (China)	5000			24	12		S	125E	Chinasatcom
11	14.10	Sirius-XM5	Proton-M	LS 1300S (Space Systems/Loral)	5983		> 20				S/X	82.5 W	Sirius XM Radio
12	28.10	BSAT-3B	Ariane 5	A2100A (Lockheed Martin)	2060	975	> 3		8			110E	B-SAT
13	14.11	SkyTerra-1	Proton-M	BSS-702GEM (Boeing)	5390		11				L	101.3W	LightSquad

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
14	26.11	Intelsat-17	Ariane 5	LS 1300 Ω (Space Systems/Loral)	5540	2393	25	24	46			66E	Intelsat
15		Hylas-1		I-2K (I-2000; ISRO - India)	2570	1125	5		2	6		33.5 W	Avanti Communic
16	27.12	Ka-Sat	Proton-M	Eurostar E-3000 (Astrium)	6150	3200	14			82 луча		9E	Eutelsat
17	28.12	HispaSat-1E	Ariane 5	LS 1300 (Space Systems/Loral)	5270		14		53			30W	Hispasat
18		KoreaSat-6		Star-2 (Orbital Sciences)	2622		4.8		30			116E	KT Corporation
<b>2011</b>													
1	22.04	YahSat-1A	Ariane 5	Eurostar 3000 (Astrium)	5965	1577	15	14	25	21		52.5 E	Al-Yah Satellite
2		New Dawn		Star-2.4 (Orbital Sciences)	3000	1283	6.75	16	16			32.9 E	Intelsat
3	20.05	Telstar-14R	Proton-M	LS 1300 (Space Systems/Loral)	4970	2150	11		46			63.0 W	Telesat
4	18.03	GSAT-8	Ariane 5	I-3K (I-3000; ISRO – India)	3090	1425	6		24		L/GPS	55 E	INSAT
5		ST-2		DS2000 (Mitsubishi Electric Corp)	5078		12.2	10	41			86 E	Satellite Venture
6	21.06	ChinaSat-10	CZ-3B	DFH-4 (China)	5220		11.45	30	16			110.5 E	ChinaSat
7	16.07	SES-3	ProtonM	Star-2.4 (Orbital Sciences)	3150		5	24	24	1		103 W	SES Group
8		KazSat-2		Yahta (Khrunichev)	1272		4.5		16			86.5 E	Katelko
9	06.08	BSat-3C	Ariane 5	A2100A (Lockheed Martin)	2910		7.5		24			110 E	Sky Perfect JSAT
10		Astra-1N		Eurostar 3000 (Astrium)	5350		13		55			19.2 E	SES Group
11	12.08	Paksat-1R	CZ-3B	DFH-4 (China)	5120		10.5	12	18			38 E	Paksat
12	21.09	ArabSat-5C	Ariane 5	Eurostar 3000 (Astrium)	4619		14	26		10		20 E	Arabsat
13		SES-2		Star-2.4 (Orbital Sciences)	3200	2100	6.25	24	24			87 W	SES Group
14	24.09	Atlantic Bird-7	Zenit-3SL	Eurostar 3000 (Astrium)	4577		12		56			7 W	Eutelsat
15	29.09	QuetzSat-1	Proton-M	LS 1300S (Space Systems/Loral)	5514	2472	20		32			77 W	SES Group
16	06.10	Intelsat-18	Zenit-3SLB	Star-2.4 (Orbital Sciences)	3200	1440	6.8	16	12			180 E	Intelsat
17	07.10	Eutelsat-W3C	CZ-3B	Spacebus 4000C3 (Thales Alenia)	5400		12		53	3		16 E	Eutelsat
18	19.10	ViaSat-1	Proton-M	LS 1300S (Space Systems/Loral)	6740	3650	12.4			56		115 W	Viasat
19	21.11	AsiaSat-7	Proton-M	LS 1300 (Space Systems/Loral)	3760		6	28	17	1		105.5 E	AsiaSat Telecom
19	11.12	Amos-5	Proton-M	Express-1000 (ISS Rechetnev)	1927		5.6	18	16			17 E	Spacecom
20	19.12	Nigcomsat-1R	CZ-3B	DFH-4 (China)	5150		11	4	14	8	4L	42.5 E	NASDRA
<b>2012</b>													
1	14.02	SES-4	Proton-M	LS 1300S (Space Systems/Loral)	6180		> 20	52	72			22 W	SES
2	25.03	Intelsat-22	Proton-M	BSS-702MP (Boeing)	6249		11.8	24	18		UHF	63 E	Intelsat
3	31.03	Apstar-7	CZ-3B	Spacebus 4000C2 (Thales Alenia)	5054		9.5	28	28			76.5 E	APT
4	24.04	Yahsat-1B	Proton-M	Eurostar 3000 (Astrium)	6050		14			46		47.5 E	Al Yah Satellite C
5	15.05	JCSAT-13	Ariane 5	A2100AX (Lockheed Martin)	4258		11.9		44			124 E	Sky Perfect JSAT
6		VinaSat-2		A2100AX (Lockheed Martin)	2964		8		24			132 E	Vietnam Post&TC
7	17.05	Nimiq-6	Proton-M	LS 1300 (Space Systems/Loral)	4745		10		32			91 W	Telesat
8	31.05	Intelsat-19	Zenit-3SL	LS 1300E (Space Systems/Loral)	5600		15	24	34			166 E	Intelsat
9	06.07	Echostar-XVII	Ariane 5	LS 1300S (Space Systems/Loral)	6100	2500	> 20			60 луч		107 W	Echostar
10	09.07	SES-5	Proton-M	LS 1300S (Space Systems/Loral)	6086		13.9	24	36	1	EGNOS	5 E	SES
11	02.08	Intelsat-20	Ariane 5	LS 1300S (Space Systems/Loral)	6094	2989	> 20	24	48			68.5 E	Intelsat
12		Hylas-2		Star-2.4 (Orbital Sciences)	3311	1532	6			24		33.5 E	Avanty Commun
13	18.08	Intelsat-21	Zenit-3SL	BSS-702MP (Boeing)	5984		11.8	24	36			58 W	Intelsat

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
14	28.09	Astra-2F	Ariane 5	Eurostar 3000LLX (Astrium)	5968		16		64	4		19.2	SES
15		GSAT-10	Ariane-5	I-3K (ISRO)	3400	1498	6.5	12	12		GAGAN	83 E	Insat
16	14.10	Intelsat-23	Proton-M	Star-2.4 (Orbital Sciences)	2681	1440	4.8	24	15			53 W	Intelsat
17	02.11	Yamal-300K	Proton-M	Express-1000H (ISS Rechetnev)	1870		5.6	8	18			90E	Газпром КС
18	10.11	Eutelsat-21B	Ariane 5	Spacebus 4000C3 (Thales Alenia)	5012		10.8		40			21.5 E	Eutelsat
19		Star One-C3	Ariane-5	Star-2.4 (Orbital Sciences)	3225		6		28	16		75 W	Star One
20	20.11	Echostar-XVI	Proton-M	LS 1300S (Space Systems/Loral)	6650	3520	> 20		32			61.5W	Echostar
21	27.11	ChinaSat-12	CZ-3B	Spacebus 4000C2 (Thales Alenia)	5051		9.5	24	23				ChinaSat
22	03.12	Eutelsat-70B	Zenit-3SL	Eurostar 3000 (Astrium)	5250		12		48			70.5 E	Eutelsat
23	08.12	Yamal-402	Proton-M	Spacebus 4000C3 (Thales Alenia)	4463		10.8		46			55 E	Газпром КС
24	19.12	Mexsat-3	Ariane 5	Star-2.4 (Orbital Sciences)	2934		5.8	12	12			115 W	Mexsat
<b>2013</b>													
1	31.01	Amazonas-3	Ariane-5	LS 1300S (Space Systems/Loral)	6265		14	19	33	9		61W	Hispasat
2		Azerspace-1	Ariane-5	Star-2.4 (Orbital Sciences)	3269		6.75	24	12				Azercosmos
3	26.03	Satmex-8	Proton-M	LS 1300S (Space Systems/Loral)	5474	2300	14	24	40			117W	SatMexicanos
4	15.04	Anik-G1	Proton-M	LS 1300 (Space Systems/Loral)	4905		10	24	28		3X	107W	Telesat
5	01.05	ChinaSat-11	CZ-3B/E	DFH-4	5234		10.5	26	19			98.2E	ChinaSatCom
6	14.05	Eutelsat-3D	Proton-M	Spacebus 4000C3 (Thales Alenia)	5404		12		53	3		3E	Eutelsat
7	03.06	SES-6	Proton-M	Eurostar 3000 (Astrium)	6140		14	38	36			40.5W	SES
8	25.07	Inmarsat-4A F4	Ariane-5	Alphabus	6648	3480	12				BGAN L	25E	Inmarsat
9	29.08	Eutelsat-25B	Ariane-5	LS 1300S (Space Systems/Loral)	6310		15.8		24	14		25.5E	Eutelsat
10	31.08	Amos-4	Zenit-3SLB	Amos-HP	4260		9		14	4		65E	SpaceCom
11	29.09	Astra-2E	Proton-M	Eurostar 3000 (Astrium)	6052		13		60	3		28.2E	SES
12	25.10	Sirius-FM6	Proton-M	LS 1300S (Space Systems/Loral)	6018		20				S	116W	Sirius XM Radio
13	03.12	SES-8	Falcon-9	Star-2.4 (Orbital Sciences)	3138				24	1		95E	SES
14	08.12	Inmarsat-5 F1	Proton-M	BSS-702HP (Boeing)	6070					161		63E	Inmarsat
15	23.12	Tupac Katari	CZ-3B/G2	DFH-4	5100		10.5	2	26	2		87.2W	BolivianSpace
16	26.12	Экспресс-AM5	Proton-M	Экспресс-2000	3400		14.2	30	40	10	2L	140E	ГПКС

Таблица 1.1. Запуски геостационарных коммерческих телекоммуникационных спутников в период с 2001 по 2013 год.

Из данных, приведенных в таблице 1.1, следует, что общее число запущенных на ГСО в период с 2001 года по 2013 год спутников связи и вещания составляет 259 единиц, при этом успешно были доставлены на орбиту только 245 КА. В результате запусков утрачено 14 спутников (2001 год - *Bsat-2B*; 2002 год - *Astra 1K u Hot Bird 7*; 2006 год - *Arabsat-4A u Insat-4C*; 2007 год - *NSS-8 u JSAT-11*; 2008 год - *AMC-14*; 2010 год - *Eutelsat W3B u GSAT-5P*; 2011 - *Экспресс-AM4*; 2012 – *Telkom-3 u Экспресс-МД2*; 2013 – *Intelsat-27*). КА *AMC-14* признан утраченным спутниковым оператором, но был куплен Минобороны США. В настоящее время этот КА успешно используется силовыми структурами США на орбите с параметрами: апогей – 35986 км, перигей – 35587 км и наклонение орбиты – 15.28°.

Замечу, что прогнозы аналитиков на период 2001-2013 годы оказались явно завышенными. Ожидалось, что в этот период на ГСО будет ежегодно выводиться не менее чем 23 спутника, а всего за 10 лет на орбиту будет доставлено около 230 КА. Например, компания *Euroconsult*

предсказывала, что в период 2007-2016 годов на ГСО будут выводиться 22 коммерческих спутника ежегодно (всего 223), пик нагрузки – 26 спутников - придется на 2010 год. Однако за 13 лет среднегодовой темп запусков составил 19.9 спутника (успешно - 18.8 КА). В свою очередь в 2007-2013 годах на орбиту запущен 151 коммерческий спутник, из них девять утрачены при запуске. С учётом потерь на орбиту в 2007-2013 годах доставлено только 142 спутника (20 КА в год), в том числе 20 КА - в 2010 году, что несколько ниже прогнозных значений.

	<b>Запуски ракет-носителей</b>		<b>Число запущенных спутников</b>			
	<b>всего</b>	<b>успешно</b>	<b>всего</b>	<b>успешно</b>	<b>в том числе связи и вещания на ГСО</b>	
					<b>всего</b>	<b>успешно</b>
2001	59	56	93	86	13	12
2002	65	61	98	92	23	21
2003	63	60	94	89	18	18
2004	54	50	76	69	15	15
2005	55	52	77	74	18	18
2006	66	62	117	97	21	19
2007	68	63	120	114	19	17
2008	68	65	122	116	26	25
2009	78	73	133	129	22	22
2010	74	70	133	127	20	18
<b>Всего</b>	<b>650</b>	<b>612</b>	<b>1063</b>	<b>993</b>	<b>195</b>	<b>185</b>
2011	84	77	135	124	21	20
2012	78	72	135	129	26	24
2013	81	78	213	204	17	16

Таблица 1.2. Сводные данные о запусках геостационарных спутников в период с 2001 по 2013 год.

Странным образом практически все известные мировые аналитические компании в своих прогнозах не учли двух очевидных и значимых явлений в космической отрасли. Во-первых, они оставили без должного понимания процесс замещения аналогового наземного и спутникового телекоммуникационного оборудования на цифровое, что привело к возрастанию пропускной способности космических линий связи в разы, при одновременном снижении веса спутников. Во-вторых, в конце 1990-х годов были созданы бортовые солнечные батареи на трёхпереходных фотоэлементах из арсенида галлия и литий-ионные аккумуляторы, что повысило энерговооружённость КА в несколько раз при снижении весовых параметров. Это позволило нарастить число транспондеров на спутнике до ста и более.

На диаграмме 1.3 представлены данные о распределении по основным изготовителям заказанных операторами коммерческих геостационарных спутников с 2007 по 2013 год.

В 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 и 2013 году спутниковые операторы заказали изготовление 24, 28, 19, 21, 32, 29, 20, 19 и 25 КА, соответственно или в среднем за последние девять заказывалось по 24 спутника в год [14,15,16,17,18,19,30]. Однако на орбиту будет доставлено существенно меньшее, по разным причинам, число КА, чем должно было быть поставлено, согласно заказам спутниковых операторов. Прогнозировать запуск спутников, исходя из числа заказанных операторами, представляется не совсем корректным занятием.

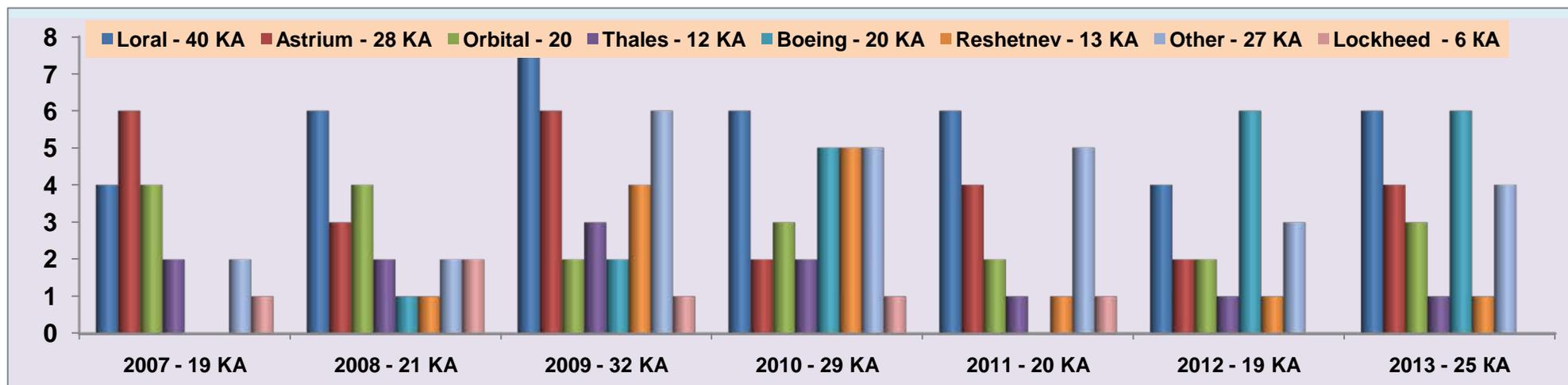


Диаграмма 1.3. Распределение заказанных с 2007 года по 2013 год коммерческих геостационарных спутников по основным изготовителям.

Из представленных на диаграмме 1.3 данных следует, что за последние семь лет наибольшее количество коммерческих спутников (40) было заказано у компании *Space Systems/Loral* (платформа *LS-1300*), второе место с 28 КА занимает *EADS Astrium* (платформа *Eurostar-3000*). Третье-четвёртое места делят компании *Boeing* (платформа *BSS-702*) и *Orbital Sciences Corporation* (платформа *STAR-2*) с 20 спутниками. Компания *Orbital Sciences Corporation* начала заниматься производством спутников в середине 90-х годов, и за последние годы стала одним из основных поставщиков спутников с выделяемой на модуль полезной нагрузки мощностью от 3 до 7.5 кВт. Российский изготовитель спутников *ИСС имени академика М.Ф.Решетнёва* с 13 заказанными спутниками занимает пятое место. Однако на спутниках «решетнёвцев» нет ни одной отечественной полезной нагрузки. Космическая отрасль России полностью утратила способность производить собственные бортовые ретрансляторы и закупает их для всех гражданских спутников у компании *Thales Alenia Space* или у других производителей.

Компания *Boeing*, первенствовавшая на рынке поставок коммерческих спутников в XX веке, возвращает утраченные в 2010-х годах позиции и в последние два года выиграла конкурсы на изготовление 13 КА, на три спутника больше чем получил мировой лидер – компания *Space Systems/Loral*. КА компаний *Thales Alenia Space* и *Lockheed Martin* в последние 3-5 лет перестали пользоваться спросом у операторов.

В таблице 1.3 представлены сведения об изготовленных, запущенных, утраченных при запуске или на орбите и функционирующих спутниках той или иной компании, а на диаграмме 1.4 данные о количестве КА, созданных компаниями в период с 2001 года по 2013 год.

Из данных, приведенных на диаграмме 1.4, следует, что самый большой сектор рынка производства (210 КА или 78%) геостационарных телекоммуникационных спутников коммерческого назначения приходится на долю четырёх американских и двух европейских компаний: *Space Systems/Loral* - платформа *LS-1300* (54 КА); *Thales Alenia Space* - платформы *Spacebus-2000, 3000, 4000* (36 КА); *Astrium* - платформы *Eurostar-2000, 3000* (34 КА); *Boeing* - платформы *BSS-376, 601, 702* (31 КА); *Orbital Sciences Corporation* - платформы *STAR-1, 2* (31 КА) и *Lockheed Martin* - платформа *A2100* (25 КА). Российская компания *ИСС имени академика М.Ф.Решетнёва* изготовила и запустила в период с 2001 по 2013 год на орбиту 13 гражданских спутников связи и вещания, четыре из которых уже прекратили своё существование.

Производитель	Платформа	Число спутников, в том числе:				
		всего	утрачено		функционирующих	
			при запуске	на орбите	всего	с ограничениями
<i>Space Systems/Loral</i>	<i>LS-1300</i>	54			54	7
<i>Thales Alenia Space</i>	<i>Eurobus – 3000, 4000</i>	36	2	2	32	6
<i>EADS Astrium</i>	<i>Eurostar – 2000, 3000</i>	34	3	1	30	2
<i>Boeing</i>	<i>BSS – 376, 601, 702</i>	31	2	3	26	8
<i>Orbital Sciences Corporation</i>	<i>STAR – 1, 2</i>	31	1		29	4
<i>Lockheed Martin</i>	<i>A2100</i>	25	2		23	4
<i>ИСС им. М.Ф.Решетнёва</i>	<i>КАУР, 767, Экспресс-1000</i>	13	1	3	9	4
<i>Другие</i>		35	3	7	25	9

Таблица 1.3. Изготовленные, запущенные, утраченные и функционирующие коммерческие спутники в период с 2001 по 2013 год.

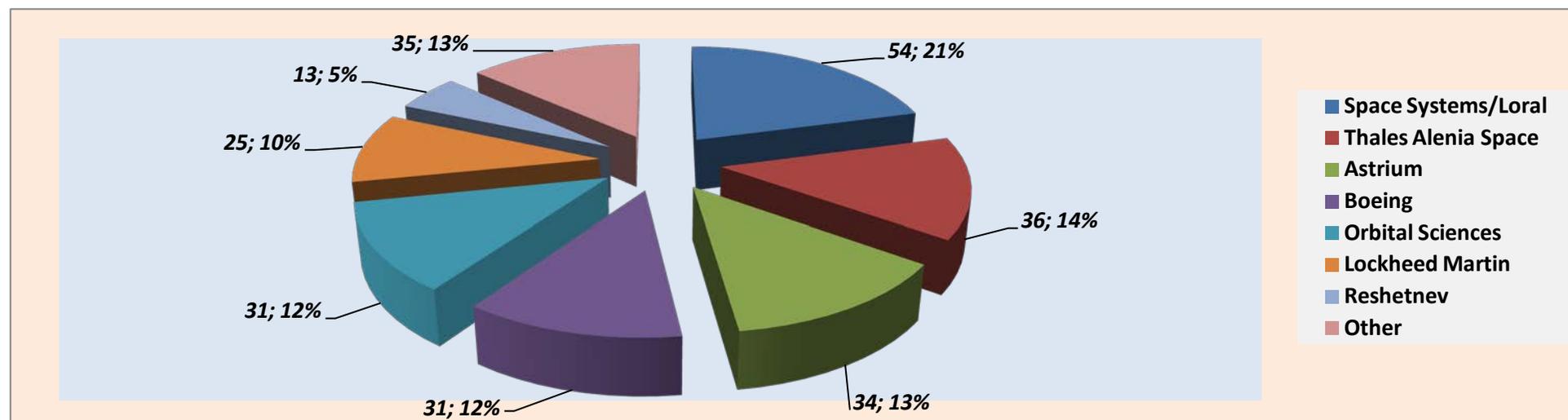


Диаграмма 1.4. Основные производители геостационарных коммерческих спутников связи и вещания в 2001-2013 годах.

Все остальные компании мира произвели только 35 коммерческих спутников связи и вещания, что значительно меньше, чем выпустила компания *Space Systems/Loral* и столько же, сколько построила компания *Thales Alenia Space*. Основную долю полезных нагрузок компании спутникостроители Индии, России и Израиля закупают у *Thales Alenia Space*, *EADS Astrium* или иных поставщиков полезной нагрузки.

В 1990-е годы европейские компании сильно отставали от американских по производству коммерческих телекоммуникационных геостационарных спутников. Однако, после объединения компаний *Alcatel* и *Alenia Spazio* в *Thales Alenia Space*, а компаний *Matra Marconi* и *DASA* в *EADS Astrium* и фактического ухода в последние годы с рынка производства коммерческих спутников компании *Lockheed Martin*, Европа существенно сократила своё отставание от США по этому показателю.

## 1.2. Большие, средние и малые геостационарные спутники связи и вещания.

В течение 2000-х специалисты разных стран, в том числе и в России, вели обширную дискуссию о месте малых (легких), средних и больших (тяжелых) спутников в коммерческой индустрии. Отмечу, что однозначного определения малого (среднего или большого) спутника нет. В качестве критерия деления обычно используют массу спутника, количество транспондеров, энерговооруженность (энергопотребление) спутниковой платформы (модуля служебных систем, МСС) или модуля полезной нагрузки (МПН) и некоторые другие показатели.

Компания *Euroconsult* к классу малых КА относит спутники с массой до 3,5 т, к классу тяжелых - спутники с массой от 5,5 т до 6,5 т.

Российская компания *ИСС имени академика М.Ф.Решетнева* к классу малых КА относит спутники с массой МПН до 500 кг и энергопотреблением МПН до 4,5 кВт, а классу тяжелых – спутники с массой МПН свыше 850 кг и энергопотреблением МПН свыше 6,5 кВт.

В качестве традиционной классификации спутников по весам признаётся классификация, приведенная в стратегическом плане разработки и внедрения космической техники *NASA* от 1997 года. Согласно этому документу КА делятся на: большие *от 1000 до 10000 кг*; малые *от 500 до 1000 кг*; мини *от 100 до 500 кг*; микро *от 20 до 100 кг*; нано *от 1 до 20 кг*; пико *от 0.1 до 1 кг* и фемто *менее 0,1 кг* [20].

Отсюда следует, что в качестве основного критерия деления спутников на классы регуляторы рынка, производители и операторы часто принимают *массу спутника*. Замечу, что масса конкретного спутника может быть охарактеризована, по крайней мере, следующими показателями: стартовой массой (*mass at launch*); массой КА на орбите, определенной на начало срока активного существования (*BOL, begining of life*) или на его конец (*EOL, end of life*); сухой (без заправки топлива) массой (*dry mass*); массой модуля полезной нагрузки (*payload mass*). Поэтому данный критерий весьма неоднозначен для позиционирования даже одного конкретного спутника.

Если основываться на классическом делении КА по массе, то в течение последних 13 лет запускались только большие КА, о чём говорят сведения о стартовых весах запущенных на ГСО в период с 2001 по 2013 год коммерческих КА, представленные на диаграмме 1.5.

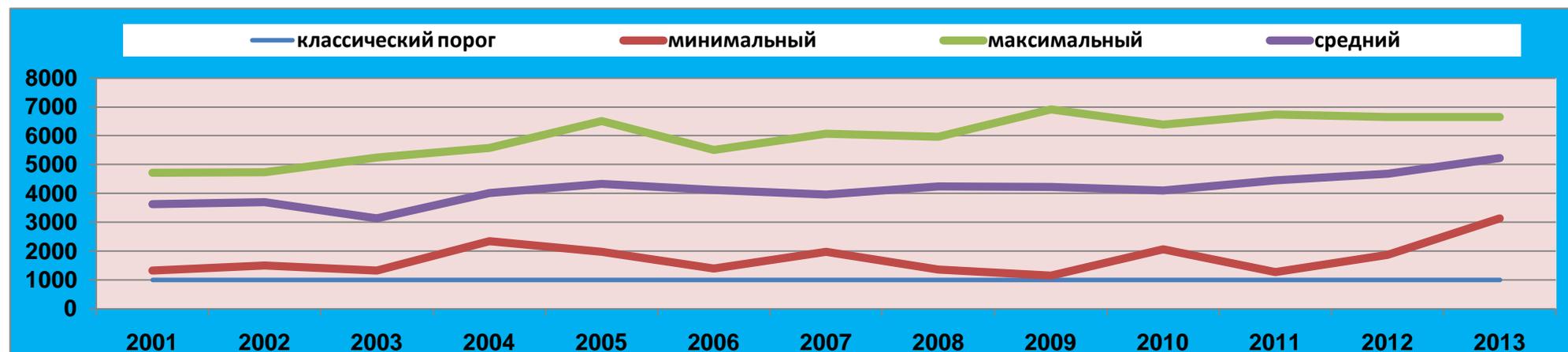


Диаграмма 1.5. Минимальный, максимальный и средний стартовые веса коммерческих спутников, запущенных на ГСО с 2001 по 2013 год.

Из данных, приведенных на диаграмме 1.5, следует, что максимальный и средний стартовые веса коммерческих спутников, запущенных на ГСО в период с 2001 по 2013 год, постепенно нарастают.

Если в 2001 и 2002 годах максимальный стартовый вес КА не превышал 5000 кг (4723 и 4726 кг соответственно), то, начиная с 2003 года, он ни разу не был ниже 5000 кг, достигнув максимального значения в 6910 кг в 2009 году (КА *Terrestar-1 om Space Systems/Loral*). Средний стартовый вес КА за 12 лет вырос с минимального значения в 3129 кг в 2003 году до максимального значения в 5230 кг в 2013 году. В течение девяти лет, в том числе в последние шесть лет, средний стартовый вес выведенных на ГСО спутников связи и вещания превышал 4000 кг.

Минимальный стартовый вес коммерческих спутников за исследуемый период достиг нижнего значения в 1140 кг в 2009 году (*Экспресс-МД1*, произведенный *ГКНПЦ им.М.В.Хруничева*) и верхнего значения в 3138 кг в 2013 году (*SES-8*, изготовленный *Orbital Sciences Corporation*).

Можно сказать, что в XXI веке наблюдается устойчивая тенденция увеличения среднего и максимального веса запускаемых коммерческих спутников, которая, очевидно, продолжится и в ближайшие несколько лет.

Ещё раз замечу, что масса спутника весьма неоднозначный критерий для деления КА на классы. На взгляд автора наиболее приемлемой интегральной характеристикой спутника связи и вещания является его энерговооруженность. В этой связи предлагаю согласиться с компанией *Boeing*, которая в 2008 году разделила платформу *Boeing-702* на **КА большие (тяжелые) с мощностью системы электропитания (СЭП) свыше 12 кВт (BSS-702HP) и спутники среднего класса с мощностью СЭП равной или меньшей 12 кВт (BSS-702MP)**. В свою очередь спутниками **малыми (лёгкими) предлагаю считать КА с мощностью СЭП меньшей или равной 4 кВт**.

На диаграмме 1.6 показано число и доля больших, средних и малых запущенных на ГСО с 2001 по 2013 год коммерческих спутников по введённому автором критерию мощности бортовой СЭП.

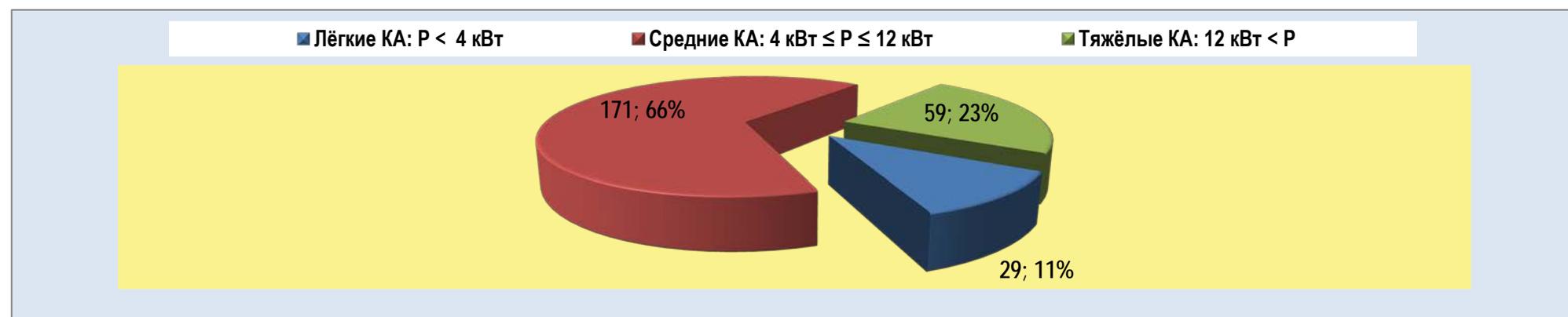


Диаграмма 1.6. Распределение запущенных на ГСО с 2001 года по 2013 год спутников по критерию мощности бортовой энергосистемы.

Из данных, приведенных на диаграмме 1.6, следует, что в 2001-2013 годах по критерию общей мощности бортовой энергосистемы на ГСО было успешно запущено 171 (66%) средних спутников связи и вещания, 59 (23%) - больших КА и только 29 (11%) - малых спутников. На рубеже XX и XXI века многие российские специалисты ракетно-космической отрасли предсказывали прекрасное будущее малым спутникам, в том числе, геостационарным спутникам связи и вещания.

Привлекательность использования малых телекоммуникационных спутников на ГСО, по их мнению, обуславливалась факторами:

- 1) снижения стоимости запуска по причине более широкого выбора средств выведения, возможности группового запуска или запуска в качестве попутной полезной нагрузки на ракете-носителе тяжелого класса;
- 2) поэтапного формирования космического сегмента систем спутниковой связи и вещания пропорционально изменяющимся запросам рынка услуг и, как следствие, более эффективного использования орбитально-частотного ресурса геостационарной орбиты;
- 3) постепенного наращивания видов услуг путем создания кластеров спутников, причем каждый последующий спутник адаптируется к изменяющимся потребностям рынка услуг спутниковой связи;
- 4) снижение уровня технического и экономического рисков, связанных с потерей спутника или трудностью быстрой продажи его емкости;
- 5) простоты и оперативности реализации орбитального резервирования за счет создания на Земле резерва унифицированных платформ для оперативного реагирования на требования рынка и на нештатные ситуации с действующим орбитальным ресурсом [21].

Все это привело к тому, что в Федеральной космической программе Российской Федерации на 2006-2015 годы было предусмотрено создание целой серии малых КА. Реальность в области создания спутниковых систем связи и вещания в очередной раз не совпала с доводами отечественных специалистов. Бума запуска малых спутников связи и вещания не произошло ни в начале анализируемого десятилетия, ни, тем более, ближе к его концу. Ведущие зарубежные спутниковые операторы практически не используют малые спутники на ГСО и для сохранения орбитально-частотного ресурса и резервирования орбитальной группировки пошли по пути создания средних и больших КА.

*Из анализа, проведенного выше, следует, что, предсказываемый в начале 2000-х годов отечественными специалистами растущий спрос на геостационарные спутники связи и вещания малого класса в действительности не произошел и вряд ли произойдет в будущем.*

Однако замечу, что малые спутники заказываются спутниковыми операторами только в тех случаях когда:

- 1) ограничен орбитально-частотный ресурс в конкретной позиции, например, японский оператор *B-SAT* запустил в точку 110°E спутник *Bsat-2C* с 4 транспондерами, так как обладает только таким ресурсом в данной точке;
- 2) спутниковый оператор принадлежит небольшой стране мира и только начинает свою деятельность, например, КА *KazSat-1*.

Отмечу, что малые спутники обладают более высокой себестоимостью транспондера, чем средние и большие КА. Это означает, что срок возврата инвестиций (окупаемость) проекта увеличивается, несмотря на «кажущуюся» дешевизну запуска таких спутников.

### **1.3. Типы бортовых ретрансляторов.**

Из данных, приведенных в таблице 1.1, следует, что из 245 успешно запущенных в течение 13 лет КА пять (2%) *Nigcomsat-1* и *Nigcomsat-1R* (Нигерия), *Экспресс-АМ4* и *Экспресс-АМ5* (Россия) и *SES-5* имели транспондеры в четырех диапазонах частот, 22 (9%) спутника, из них 5 российские, были оснащены ретрансляторами в трех диапазонах частот и 111 (45%) спутника были оснащены ретрансляторами в двух диапазонах частот и 107 (44%) спутников имели модули полезной нагрузки в одном диапазоне частот.

Распределение созданных за 13 лет спутников по типам бортовых ретрансляторов приведено на диаграмме 1.7. Приведенная статистика говорит о том, что операторы в основном ориентированы на создание спутников с ярко выраженной «специализацией».

Известно, что в настоящее время именно специализированные спутники обеспечивает наиболее высокую доходность компаниям-владельцам. Не случайно первыми строительство спутников под конкретную конечную услугу начали осуществлять компании ***DirectTV*** и ***DishNetwork*** - операторы спутникового непосредственного вещания (СНВ) и операторы подвижной спутниковой связи (ПСС) ***Inmarsat***,

**Thuraya**, и другие. Фактически все современные системы СНВ и ПСС в части спутников и терминального оборудования конечных пользователей спроектированы под услуги конкретного оператора, работающего в одном диапазоне частот.

Однако деятельность целого ряда спутниковых операторов, особенно на региональных рынках, направлена в первую очередь на производство универсальных спутников. Это позволяет спутниковым операторам расширить потенциальную клиентскую базу использования орбитально-частотного ресурса и обеспечивает снижение риска от ошибок прогнозирования спроса по видам сервиса в конкретном регионе. В настоящее время такая тактика почти всегда вступает в противоречие с запросами потребителей частотного ресурса. Ибо невозможно сделать универсальный спутник (транспондер), удовлетворяющий, с одной стороны, потребностям крупных корпоративных клиентов (*сервис-провайдеры*), а, с другой стороны, в полной мере обеспечивающий запросы провайдеров услуг (*Internet, СНВ и т.п.*). Потому что первые стремятся выжать из транспондера наибольшую пропускную способность в глобальных лучах, а вторые нуждаются в спутниках с зональными лучами, адаптированными под конкретные орбитальные позиции и предоставляемые сервисы.



Диаграмма 1.7. Распределение запущенных на ГСО с 2001 года по 2013 год спутников по типам бортовых ретрансляторов.

Использование зональных и перенацеливаемых лучей наряду с глобальными лучами на одном спутнике позволяет операторам сочетать универсальность и специализацию. Однако, в условиях резко изменяющегося спроса на спутниковую емкость, быстрого внедрения новых сервисов и освоения частот Ка диапазона, спутниковым операторам для сохранения доходности и конкурентной способности этого явно недостаточно. И это снова приводит операторов к необходимости производства специализированных спутников. Еще раз отметим, что именно об этом говорит статистический анализ запуска спутников в период с 2001 по 2013 год (таблица 1.1, диаграмма 1.7).

Строительство специализированных спутников позволило компаниям существенно упростить их конструкцию, что привело к повышению надежности систем. Спутниковые операторы для сохранения орбитально-частотного ресурса и резервирования оказываемых услуг пошли по пути приобретения средних и больших спутников. Операторы прекрасно понимают, что резервирование только части ресурса (резервирование малым спутником среднего или большого КА) означает утрату большей части орбитально-частотного ресурса, а также имиджа и доходов оператора. Именно поэтому ведущие спутниковые операторы практически не используют малые геостационарные спутники.

## 2. Обзор деятельности производителей коммерческих геостационарных телекоммуникационных спутников

К настоящему времени все основные мировые производители создают геостационарные спутники связи и вещания на основе оригинальных унифицированных спутниковых платформ или модулей служебных систем. Унификация и модульность спутниковых платформ позволяет производителю уменьшить расходы на проектирование каждого спутника, обеспечить определённую серийность их производства, повысить надёжность спутников за счёт применения однотипных отработанных на Земле и в космосе бортовых систем и агрегатов, а также сократить время производства, испытаний и сдачи спутника в эксплуатацию на орбите. Унифицированные спутниковые платформы позволяют обеспечить универсальность построения наземного комплекса управления орбитальной группировкой однотипных, в смысле МСС, спутников. Современный спутник, как правило, состоит модуля служебных систем и модуля полезной нагрузки.

Спутниковая платформа состоит только из служебных систем спутника, а именно:

- *несущей силовой конструкции платформы*, которая представляет собой прочный цилиндр или параллелепипед из углепластика и прямоугольные несущие сотовые алюминиевые приборные панели, на которых прочно закрепляется оборудование модуля служебных систем и модуля полезной нагрузки. Внутри силовой несущей конструкции (цилиндр или параллелепипед), как правило, монтируются основной топливный бак и апогейный двигатель, которые придают ей дополнительную прочность;

- *бортового комплекса управления (БКУ)* в составе: бортовой цифровой вычислительной машины (*БЦВМ*); бортовой командно-измерительной системы (*КИС*) для решения задач взаимодействия с наземным комплексом управления (*НКУ*); бортовой информационно-телеметрической системы (*БИТС*) для решения задач сбора, формирования и передачи телеметрической информации в *БЦВМ* и *НКУ*;

- *системы электропитания (СЭП)*, предназначенной для энергоснабжения бортовой аппаратуры КА на всех этапах эксплуатации и состоящей из солнечных батарей и блоков аккумуляторов. Солнечная батарея предназначена для генерации электрической энергии. Аккумуляторная батарея предназначена для энергоснабжения бортовых систем и агрегатов в период солнечных теней;

- *системы ориентации и стабилизации (СОС)* обеспечивающей: трехосную стабилизацию КА; гашение скоростей спутника, полученных при отделении от средств выведения; поддержание режима постоянной солнечной ориентации; поддержание режима ориентации на Землю; управление ориентацией солнечных батарей; организацию режима живучести спутника. Чувствительными элементами СОС являются: приборы ориентации на Солнце; приборы ориентации на Землю; звёздные датчики; устройство измерения угловой скорости и инерциальные гироскопы. Исполнительными органами СОС, как правило, являются: гиростабилизаторы (маховики), устройства поворота солнечной батареи и двигательная установка ориентации спутника (*ДУОС*);

- *системы коррекции орбитального положения* спутника, осуществляющей: приведение и удержание спутника в заданной орбитальной позиции с требуемой погрешностью; создание управляющих моментов для ориентации и стабилизации КА; увод спутника на орбиту захоронения в конце срока службы. Система коррекции состоит из двигательной установки коррекции и емкостей хранения топлива;

- *системы терморегулирования (СТР)*, предназначенной для обеспечения теплового режима функционирования бортового оборудования служебных систем и модуля полезной нагрузки;

- на всех зарубежных спутниках устанавливается *апогейный жидкостный ракетный двигатель*, который используется для перевода спутника с геопереходной орбиты (на неё спутник доставляется средствами выведения) на ГСО.

## 2.1. Спутники компании Lockheed Martin Commercial Space Systems.

Компания *Lockheed Martin Commercial Space Systems (LMSS)* является структурным подразделением компании *Lockheed Martin Space Systems (далее Lockheed Martin)*, разрабатывает и производит спутники на базе платформы семейства A2100. Производство КА базируется в городе Саннивейл, одном из крупнейших и современных центров космической индустрии США [22].

**Краткое описание платформы A2100.** Общий вид платформы, предназначенной для создания широкого диапазона военных, гражданских и коммерческих спутниковых систем, представлен на рисунке 2.1. На базе этой платформы создаются спутники *GOES-R* метеорологической системы США, КА *MUOS* военной мобильной системы спутниковой связи, спутники *MILSTAR* и *UFO* военной узкополосной системы спутниковой связи, КА *GPS IIIB* системы глобального позиционирования и коммерческие спутники связи и вещания.

Модульный подход при разработке и сборке платформ A2100 позволил уменьшить число структурных элементов и их массу (на 60 % – по утверждению *LMSS*), упростить конструкцию, повысить надежность работы на орбите, сократить расходы на запуск и эксплуатацию спутников. Это в полной мере удовлетворяет требованиям заказчиков на создание КА различных конфигураций для всех типов услуг спутниковых служб. Платформы A2100 полностью изготавливаются из легких и прочных композитных материалов, защищающих платформу от тепловых деформаций. Семейство A2100 включает в себя платформы A2100A, A2100AX, A2100AXS, A2100AXX с соответственно возрастающими основными характеристиками: массой, мощностью системы электропитания, запасом топлива и т.д.

*Основой силовой конструкции платформы A2100* является параллелепипед, по сторонам которого размещены бортовые системы и агрегаты, окруженные панелями полезной нагрузки. На панелях размещены системы, состав которых определяется предназначением спутника. При разработке проекта решаются вопросы конфигурации КА, размещения его компонентов, установки на ракету-носитель и т.д.

*Бортовая система электропитания* включает две солнечные батареи (от 2 до 5 панелей на каждой) из высокоэффективных солнечных элементов на арсениде галлия с тремя переходами. Работу КА в зоне теней обеспечивают четыре блока *литий-ионных (Li-Ion) аккумуляторов*, которые при равном весе и объеме с *никель-кадмиевыми (Ni-Cd)* или *никель-водородными (Ni-H<sub>2</sub>)* аккумуляторами обеспечивают лучшие энергетические характеристики.

Срок активного существования спутников, созданных на базе платформы A2100, составляет 15 лет, размеры спутников достигают величины 3.0 x 2.5 x 6.0 м при общей стартовой массе КА от 1930 до 6 740 кг.

Компания интенсивно проводит работы в части поиска более эффективных солнечных элементов и использования улучшенных теплопроводов и радиаторов, а также создания более совершенной системы рассеивания тепла. Работы направлены на повышение вырабатываемой мощности платформы с нынешних 13.1 кВт до 15 кВт и более.

**Производство и поставка спутников.** За свою 54-х летнюю историю *Lockheed Martin* построила и запустила на орбиту около 940 спутников, в том числе 143 (56 продолжают работать) геостационарных телекоммуникационных военных и коммерческих. В августе 1996 года был запущен первый спутник на платформе A2100 (*AMC-1*). По состоянию на декабрь 2013 года на базе этой платформы на ГСО было построено 50 (49 доставлено на ГСО) коммерческих и военных КА. **Все успешно запущенные коммерческие геостационарные спутники (49) на базе платформы A2100AX работали и работают на орбите без существенных замечаний за исключением 11 КА (22%).**

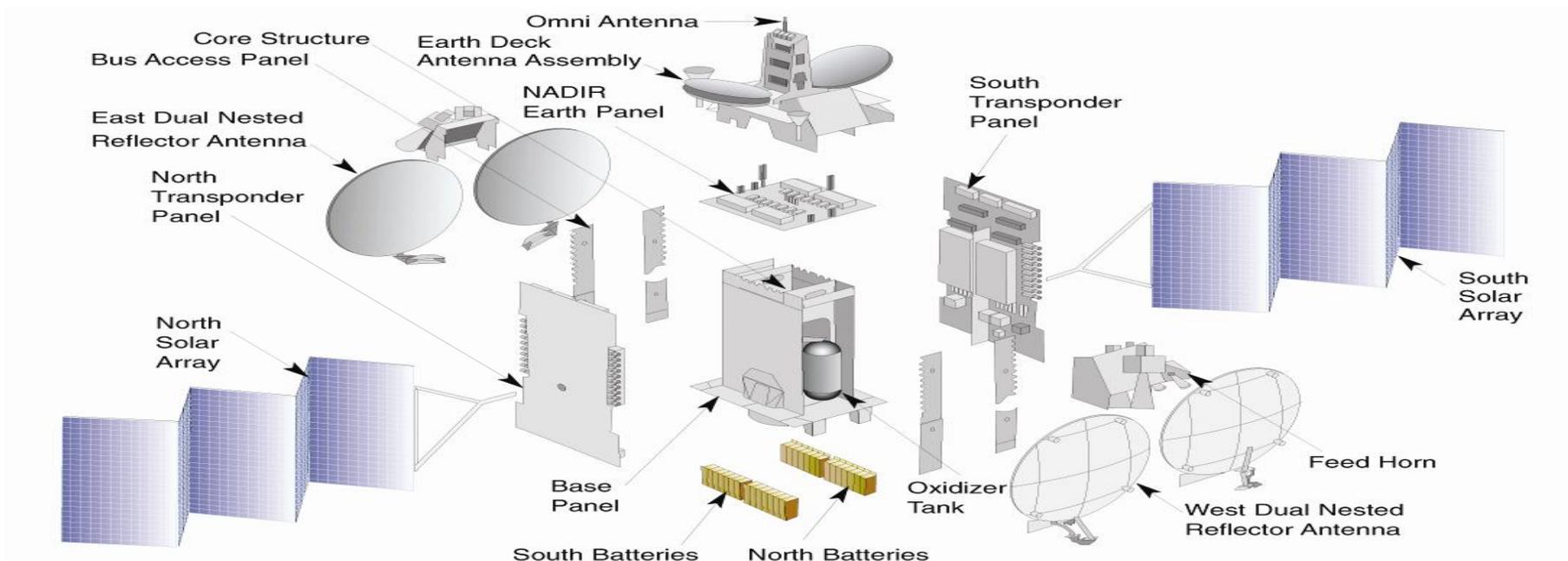


Рисунок 2.1. Состав бортовых систем и агрегатов геостационарного телекоммуникационного спутника на базе платформы A2100.

**KA EchoStar-3** запущен 01.10.1997 года. Из-за неправильной работы системы обогрева температура конверторы ретранслятора перегреваются. Поэтому во время прохождения теневых участков орбиты семь транспондеров спутника выключаются. До января 2004 года на спутнике отказали 16 усилителей мощности из 44. Летом 2012 году выведен из эксплуатации. Спутник оператором не страховался.

**KA EchoStar-4** запущен 08.01.1998 года. Две из пяти панелей солнечной батареи не развернулись из-за отказа привода. Возникли проблемы в топливной системе и СТР. С октября 2000 по июнь 2002 года были последовательно выключены 38 транспондеров из 44. Объявлена полная гибель KA, получено страховое возмещение \$219.3 млн. **В августе 2011 года спутник уведен на орбиту захоронения.**

**KA Telcom-1** запущен 12.08.1999 года. В процессе орбитальных испытаний обнаружено, что и основной, и резервный двигатель привода южной солнечной батареи работают со сбоями и батарея иногда останавливается. На работоспособности KA не отражается.

**KA AMC-4** запущен 13.11.1999 года. В течение 2007 года происходили отдельные отказы цепочек фотоэлементов панелей солнечных батарей. Объявлена частичная гибель спутника, получено страховое возмещение \$15 млн.

**KA Garuda-1** запущен 12.02.2000 года. На спутнике с мая 2000 года по апрель 2005 года последовательно возникали неисправности коннекторов солнечных панелей и МПН. Объявлена частичная гибель спутника, получено страховое возмещение \$140.8 млн.

**KA EchoStar-6** запущен 17.08.2000 года. В 2010 году и в начале 2012 года из-за проблем с солнечными батареями, отключена часть транспондеров полезной нагрузки. **С августа 2012 года спутник пользователей не обслуживает. Спутник оператором не страховался.**

**КА AMC-6** запущен 21.10.2000 года для спутникового оператора *SES Americom (ныне SES Group)*. В октябре 2008 года во время прохождения солнечных теней снизилась производительность солнечных батарей и оператор выключил 6 транспондеров из работы.

**КА Nimiq-2** запущен 29.12.2002 года. На спутнике 20.02.2003 года отказала южная солнечная батарея вследствие короткого замыкания из-за нарушения технологии её изготовления. Оператор выключил все транспондеры Ка диапазона и четыре транспондера Ки из 32-х из оперативной деятельности. Объявлена частичная гибель спутника, получено страховое возмещение \$49.8 млн.

**КА EchoStar-12** запущен 17.07.2003 года. В сентябре-ноябре 2012 года начались проблемы с солнечными батареями, отключена часть транспондеров полезной нагрузки. Спутник оператором не страховался.

**КА AMC-15** запущен 14.10.2004 года. В течение 2011 года отказало несколько цепочек солнечных батарей, в результате снизилась мощность бортовой системы электропитания. На КА выключили часть транспондеров. Спутник оператором не страховался.

**КА AMC-16 (EchoStar-16)** запущен 17.12.2004 года. В марте 2010 года во время прохождения солнечных теней снизилась мощность солнечных батарей. В январе и апреле 2012 года отказало несколько цепочек солнечных батарей. На КА выключили полезную нагрузку Ка диапазона. Спутник оператором не страховался.

**Суммарные страховые выплаты за отказы на спутниках, построенных на базе платформы A2100, составили \$424.9 млн.**

В таблице 2.1 представлены сведения о сроках производства последних десяти успешно запущенных коммерческих геостационарных телекоммуникационных спутников связи и вещания компанией *Lockheed Martin*.

N п/п	Спутник	Платформа	Мощность, кВт	Срок производства			Оператор
				Всего, мес	Контракт	Дата запуска	
1	<b>Astra-1KR</b>	A2100AXS	8.6	29	ноябрь 2003	20.04.2006	<i>SES Group</i>
2	<b>JCSAT-10</b>	A2100AXS	8.7	26	май 2004	11.08.2006	<i>JSAT Corporation</i>
3	<b>AMC-18</b>	A2100A	2.9	18	май 2005	08.12.2006	<i>SES Group</i>
4	<b>Astra-1L</b>	A2100AXS	13	26	февраль 2005	04.05.2007	<i>SES Group</i>
5	<b>BSAT-3A</b>	A2100A	2.8	24	июль 2005	14.08.2007	<i>BSAT Corporation</i>
6	<b>Sirius-4</b>	A2100AXS	13	25	сентябрь 2005	18.11.2007	<i>SES Group</i>
7	<b>Vinasat-1</b>	A2100A	2.4	25	февраль 2006	18.04.2008	<i>VinaSat</i>
8	<b>JCSAT-12</b>	A2100AXS	8.4	23	август 2007	21.08.2009	<i>Sky Perfect JSAT</i>
9	<b>BSAT-3B</b>	A2100A	3	30	апрель 2008	28.10.2010	<i>Sky Perfect JSAT</i>
10	<b>BSAT-3C</b>	A2100A	7.5	21	декабрь 2008	06.08.2011	<i>Sky Perfect JSAT</i>
11	<b>Vinasat-2</b>	A2100A	4.0	23	май 2010	15.05.2012	<i>Vietnam PT Group</i>
12	<b>JCSAT-13</b>	A2100AXS	8.4	36	апрель 2009	15.05.2012	<i>Sky Perfect JSAT</i>
<b>Средний срок поставки спутника на орбиту</b>				<b>25</b>			

Таблица 2.1. Срок поставки компанией *Lockheed Martin* последних десяти коммерческих геостационарных спутников связи и вещания.

Специалисты компании *Lockheed Martin* утверждают, что могут спроектировать и поставить заказчику спутник на платформе A2100 за 18 месяцев. Однако за последние пять лет спутниковые операторы заказали у компании только шесть аппаратов.

## 2.2. Спутники компании Orbital Sciences Corporation.

Компания *Orbital Sciences Corporation*, далее *Orbital*, разрабатывает и производит геостационарные спутники на базе платформы Star-2 и её модификаций. Производство спутников на базе этой платформы базируется в городе Dulles (Virginia), одном из крупнейших и современных центров космической индустрии США. Платформа Star-2, появилась на рынке в 90-х годах и предназначена для создания всех типов средних телекоммуникационных спутников коммерческого назначения, а также используется для построения военных и гражданских спутников. Компания *Orbital* получила контракт от агентства передовых оборонных разработок *DARPA* на создание концепции кластерного спутника типа *System F6 (Future, Fast, Flexible, Fractionated, Free-Flying Spacecraft)*. *System F6* должна представлять не объединённую механически в единое целое спутниковую платформу, состоящую из свободно движущихся по близким орбитам и взаимодействующих друг с другом орбитальных модулей. *System F6, по заявлению авторов концепции*, позволит избежать проблемы, связанные с удорожанием платформ, потерями КА при неудачных запусках, их отказах на орбите и прочее [23].

*Orbital* предлагает на рынке спутниковой связи и вещания малые и средние геостационарные спутники на базе платформы Star-2 и её модификаций (Star-2.1, -2.2, -2.3 и -2.4) с мощностью, выделяемой на полезную нагрузку, от 1.5 кВт до 7.5 кВт (кроме того *Orbital* произвела четыре КА на базе платформы Star-1). Средние и малые спутники на ГСО наиболее привлекательны для операторов стран, начинающих бизнес и не имеющих средств и необходимости заказывать большие спутники. Именно поэтому с 2001 по 2013 год компания запустила на ГСО 31 (один утрачен при запуске) спутник. В последние семь лет *Orbital* выиграла тендеры на поставку 20 коммерческих телекоммуникационных КА на ГСО, что составляет 14% рынка производства КА и стала третьей в мире компанией по заказам спутников.

**Краткое описание платформы Star-2.** Общий вид платформы Star-2 приведен на рисунке 2.2. Как и все современные платформы, платформа Star-2 построена по модульному принципу, имеет эффективную по отношению масса – прочность силовую конструкцию, а также понятный для заказчика временной цикл поставки спутника. Спутник состоит из двух модулей: МПН и платформы.

*Силовая конструкция платформы* представляет собой прочный композитный цилиндр на основе полотна из углепластика, к которому крепятся сотовые алюминиевые панели для размещения оборудования бортовых систем и агрегатов спутника.

*Бортовой комплекс управления* состоит из командно-телеметрической системы, осуществляющей приём-передачу командной информации, сбор и передачу телеметрических данных о состоянии бортовых систем, и отработанной резервируемой цифровой бортовой вычислительной машины типа MIL-STD-1750A.

*Система электропитания* состоит из солнечной батареи (от двух до пяти панелей на каждом из двух крыльев) и *литий-ионных (Li-Ion) аккумуляторов*, обеспечивающих функционирование спутника в условиях солнечных теней. Солнечные батареи на основе *трёхпереходных элементов на арсениде галлия* типа *Ultra Triple-Junction* обеспечивают мощность системы электропитания до 10 кВт и поставляется компанией *Spectrolab* (входит в корпорацию *Boeing*). *Литий-ионные аккумуляторы* закупаются у японской корпорации YUASA.

*Система ориентации и стабилизации* обеспечивает трехосную стабилизацию и пространственную ориентацию с погрешностью 0.1° по осям север-юг и восток-запад на всём жизненном цикле от постановки спутника в рабочую точку и до его увода на орбиту захоронения. СОС может поддерживать орбитальное положение КА автономно при минимальном участии специалистов Земли, последние могут вмешаться в

работу СОС в любой момент времени. Чувствительными элементами системы являются солнечные и звёздные датчики, измерители угловых скоростей и гироскопы. Исполнительными органами СОС являются маховики, устройства поворота солнечной батареи и ДУОС.

*Система коррекции орбитального положения* спутника осуществляет удержание спутника в орбитальной позиции с заданной погрешностью, формирует управляющие моменты для ориентации и стабилизации КА, а также обеспечивает увод спутника на орбиту захоронения.

*Исполнительными элементами системы коррекции, ориентации и стабилизации спутника* являются 23 жидкостных реактивных двигателя в составе бортовой двигательной установки, включающей:

- большой цилиндрический бак для хранения топлива (гидразин);
- два средних цилиндрических бака для хранения окислителя (азотный тетраоксид);
- два малых нецилиндрических бака для хранения вытеснителя (гелий) топлива и окислителя;
- *апогейный или главный (Main Satellite Thruster) жидкостной двухкомпонентный (топливо – гидразин, окислитель – азотный тетраоксид) ракетный двигатель типа 454N LAE (Liquid Apogee Engine)*. Двигатель используется для перевода спутника с геопереходной орбиты, куда он доставляется средствами выведения, на целевую геостационарную орбиту;
- *два жидкостных двухкомпонентных (топливо – гидразин, окислитель – азотный тетраоксид) ракетных двигателя типа 22N DMT (dual-mode thrusters)*. Эти двигатели средней тяги резервируют основной апогейный двигатель и в случае его неисправности используются для перевода спутника с геопереходной орбиты на целевую геостационарную орбиту;
- *четыре жидкостных однокомпонентных (гидразиновых) ракетных двигателя типа 22N REA (rocket engine assembly)*. Эти двигатели средней тяги используются в качестве двигателей коррекции орбиты и двигателей перегона спутника в другую орбитальную позицию. Кроме того они резервируют основной апогейный двигатель и двигатели *типа 22N DMT* и в случае их неисправности используются для перевода спутника с геопереходной орбиты на целевую геостационарную орбиту;
- *двенадцать жидкостных однокомпонентных (гидразиновых) ракетных двигателей малой тяги типа 0.9N REA, которые* используются в качестве основных двигателей коррекции орбиты;
- *четыре жидкостных однокомпонентных (гидразиновых) ракетных двигателя малой тяги типа 0.48N REA, которые* используются для изменения положения орбиты спутника по углу рыскания (поворота спутника вокруг оси направления на центр Земли);
- подсистему управления включением и выключением двигателей.

*Система терморегулирования* предназначена для обеспечения теплового режима функционирования бортового оборудования служебных систем и полезной нагрузки с помощью элементов пассивного и активного терморегулирования. Отвод тепла от сотовых панелей с оборудованием осуществляется теплообменниками, соединёнными с солнечными отражателями на северной и южной панелях платформы. Бортовой комплекс управления может включать (выключать) нагреватели некоторых устройств и приборов и предотвращать их перегрев.

**Производство и поставка спутников.** С начала своей космической деятельности по 2013 год компания *Orbital* изготовила и запустила более 140 КА, в том числе 34 коммерческих спутника на ГСО. В 2002 году запущен первый КА на базе платформы Star-2, всего запущено 30 спутников. САС платформы Star-2 - 15 лет. Масса КА от 2.0 т до 3.2 т позволяет осуществлять парный запуск на всех

существующих мировых носителях, а на перспективных средствах выведения даже тройной запуск. Это существенно снижает затраты спутниковых операторов на пусковые услуги и приносит *Orbital* предпочтения в конкурентной борьбе с другими поставщиками КА.

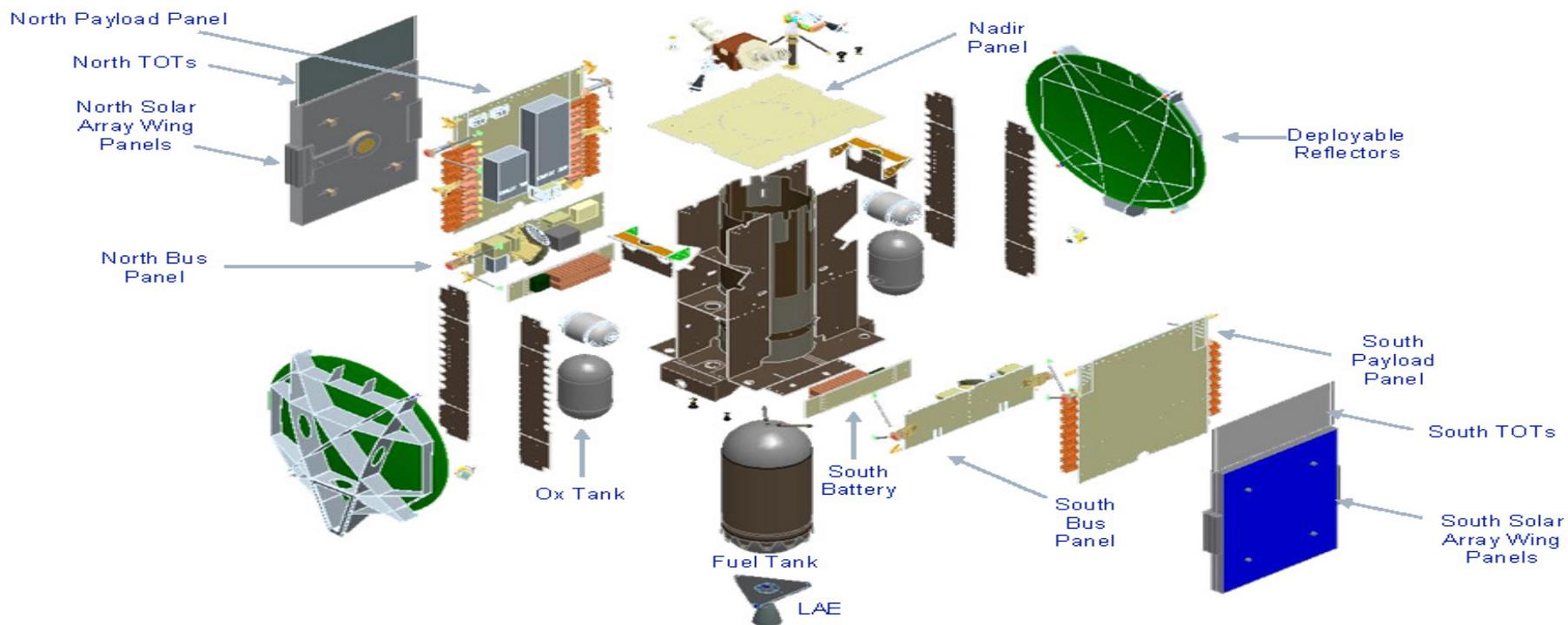


Рис. 2.2. Общий вид платформы Star-2.

*Построенные на базе платформ Star-2 и успешно запущенные коммерческие КА (30) работают исправно, кроме 4 (13.3%).*

**КА N-Star-C** запущен 05.07.2002 года. В январе 2003 года возникли проблемы с модулем полезной нагрузки спутника, изготовленной компанией *Lockheed Martin*. Объявлена частичная гибель спутника. Получено страховое возмещение \$40.7 млн.

**КА Galaxy-15** запущен 14.10.2005 года и успешно работал до апреля 2010 года, когда он перестал реагировать на команды с Земли и в течение восьми месяцев был в аварийном состоянии. В декабре 2010 года аккумуляторы СЭП разрядились и бортовой комплекс управления перезапустился. Но в марте 2011 года КА *Galaxy-15* снова был включён в штатный режим работы и пока функционирует успешно. Объявлена частичная гибель спутника. Получено страховое возмещение \$6.5 млн.

**КА Optus-D1** запущен 13.10.2006 года. В ноябре 2006 года перестала работать вертикальная поляризация в транспондерах луча, ориентированного на Новую Зеландию. Объявлена частичная гибель спутника. Получено страховое возмещение \$5 млн.

**КА New Dawn (Intelsat-28)** запущен в апреле 2011 года для спутникового оператора *Intelsat*, антенна С диапазона не открылась и оператор не может использовать 14 транспондеров этого диапазона для оперативной деятельности. Объявлена частичная гибель спутника. Получено страховое возмещение \$146 млн.

**Суммарные выплаты за отказы на спутниках, построенных на базе платформы Star-2, составили \$198.2 млрд.**

В таблице 1.5 представлены сведения о сроках производства последних десяти успешно запущенных спутниках связи и вещания.

N п/п	Спутник	Платформа	Мощность, кВт	Срок производства			Оператор
				Всего, мес	Контракт	Дата запуска	
1	<b>NSS-9</b>	Star-2	3.8	25	ноябрь 2006	12.02.2009	<i>SES Group</i>
2	<b>Optus-D3</b>	Star-2	7.25	26	май 2007	21.08.2009	<i>SingTel Optus</i>
3	<b>Intelsat-15</b>	Star-2.4	6.4	29	май 2007	30.11.2009	<i>Intelsat</i>
4	<b>Intelsat-16</b>	Star-2	4.5	35	февраль 2007	12.02.2010	<i>Intelsat</i>
5	<b>SES-1</b>	Star-2	5.0	25	февраль 2008	24.04.2010	<i>SES Group</i>
6	<b>KoreaSat-6</b>	Star-2	4.8	30	май 2008	28.12.2010	<i>KT Corporation</i>
7	<b>New Dawn</b>	Star-2.4	6.75	25	сентябрь 2008	22.04.2011	<i>Intelsat</i>
8	<b>SES-3</b>	Star-2	5.0	40	февраль 2008	16.07.2011	<i>SES Group</i>
9	<b>SES-2</b>	Star-2.4	6.25	42	февраль 2008	21.09.2011	<i>SES Group</i>
10	<b>Intelsat-18</b>	Star-2.4	6.8	37	август 2008	06.10.2011	<i>Intelsat</i>
<b>Средний срок поставки спутника на орбиту</b>				<b>31.4</b>			

Таблица 2.2. Срок поставки *Orbital Sciences Corporation* последних десяти коммерческих телекоммуникационных спутников на ГСО.

Из анализа данных, приведенных в таблице 2.2, следует, что производство КА на базе платформы Star-2 в среднем составляет 31.4 месяца, что больше, чем время поставки спутника компанией *Lockheed Martin*.

### 2.3. Спутники компании Boeing Satellite Systems.

*Boeing Satellite Systems International Inc* (далее *Boeing*), является структурным подразделением аэрокосмической корпорации *Boeing* и в течение более чем пятидесяти лет разрабатывает и производит спутники различного назначения. Известно, что первый коммерческий геостационарный спутник *Syncom* был создан компанией *Boeing* и запущен на орбиту в 1963 году.

В течение последних одиннадцати лет компания поставляла заказчикам спутники, созданные на базе платформ BSS-376, 601 и 702. Производство спутников находится в городе *El Segundo (California)* крупнейшем центре космической индустрии США [24].

На базе платформы BSS-376 (BSS-376HP) создано 57 геостационарных коммерческих спутников. Первый КА на базе этой платформы был запущен в 1980 году, а последний (КА *e-Bird*) - в 2002 году. Платформа длительное время доминировала на рынке спутников.

Платформа BSS-601 (BSS-601HP) в 90-е годы XX столетия занимала особое место на рынке производства спутников, каждый третий спутник, поставленный на ГСО в эти годы, был изготовлен на базе этой платформы. Первый КА на базе платформы BSS-601 был запущен в 1987 году, а последний спутник *TDRS-M* системы управления и связи NASA планируется к запуску в 2015 году. Всего на базе этой платформы заказано 86 спутников различного назначения.

В 1995 году компания *Boeing* (тогда ещё *Hughes Space*) впервые представила на рынке новую базовую платформу BSS-702. Основные характеристики модификаций этой платформы приведены в таблице 2.3.

Платформа	Стартовая масса, кг	Масса на орбите, кг	Высота, м	Размах антенн, м	Размах СБ, м	Мощность для МПН, кВт
<i>Boeing-702SP</i>	до 1800	до 1800	до 4,5	до 12,25	до 38	3 — 8
<i>Boeing-702MP</i>	5800 — 6160	3582 — 3833	5,8 — 8,6	9,2	36,9 — 38,1	6 — 12
<i>Boeing-702HP</i>	5800 — 6160	3582 — 3833	5,8 — 8,6	до 12,25	до 48,1	12 — 18

Таблица 2.3. Характеристики спутниковых платформ серии BSS-702.

**Некоторые сведения о платформе BSS-702.** Платформа развивает технологические решения, заложенные при разработке и производстве платформы BSS-601 в части увеличения мощности бортовой электрической установки, и предназначена для создания широкого спектра телекоммуникационных спутников коммерческого, гражданского и военного назначения. Главная цель разработчиков платформы BSS-702 состояла в том, чтобы с помощью опробованных технических решений в наибольшей степени удовлетворить требования заказчиков и при этом, по возможности, ускорить и удешевить процесс создания конкретных КА. Поэтому платформа построена по модульному принципу. При этом модуль полезной нагрузки сопрягается с модулем служебных систем (орбитальной платформой) в четырех точках, а число связывающих их электроразъемов снижено до шести. Это позволяет обойтись без доработки платформы под каждый новый ретранслятор, а также изготавливать оба модуля параллельно, что сокращает цикл производства спутника в целом.

В 2005 году началась разработка более лёгкого варианта платформы BSS-702B, которая должна была удовлетворять возросшим потребностям заказчиков в части создания КА средней мощности. С 2009 года платформа BSS-702B стала называться BSS-702MP (*Medium Power*). Компания также ввела в оборот платформу большого класса BSS-702HP (*High Power*). В настоящее время на базе платформы BSS-702HP создаются *спутники тяжелого класса* с общей мощностью бортовой системы электропитания свыше 12 кВт, а на базе платформы BSS-702HP изготавливаются *спутники среднего класса* с общей мощностью бортовой системы электропитания от 6 до 12 кВт.

В 2012 году компания *Boeing* представила на рынке платформу BSS-702SP (*Small Power*), которая закрывает нишу лёгких спутников, выделяя на полезную нагрузку мощность от 3 до 8 кВт. Платформа BSS-702SP позволила компании *Boeing*, хотя и с опозданием, но ответить на требования заказчиков и вызовы рынка. С внедрением этой платформы *Boeing* стала единственной в мире компанией, которая может поставлять на рынок спутники лёгкого, среднего и тяжёлого класса. Общий вид платформы BSS-702SP представлен на рисунке 2.3.

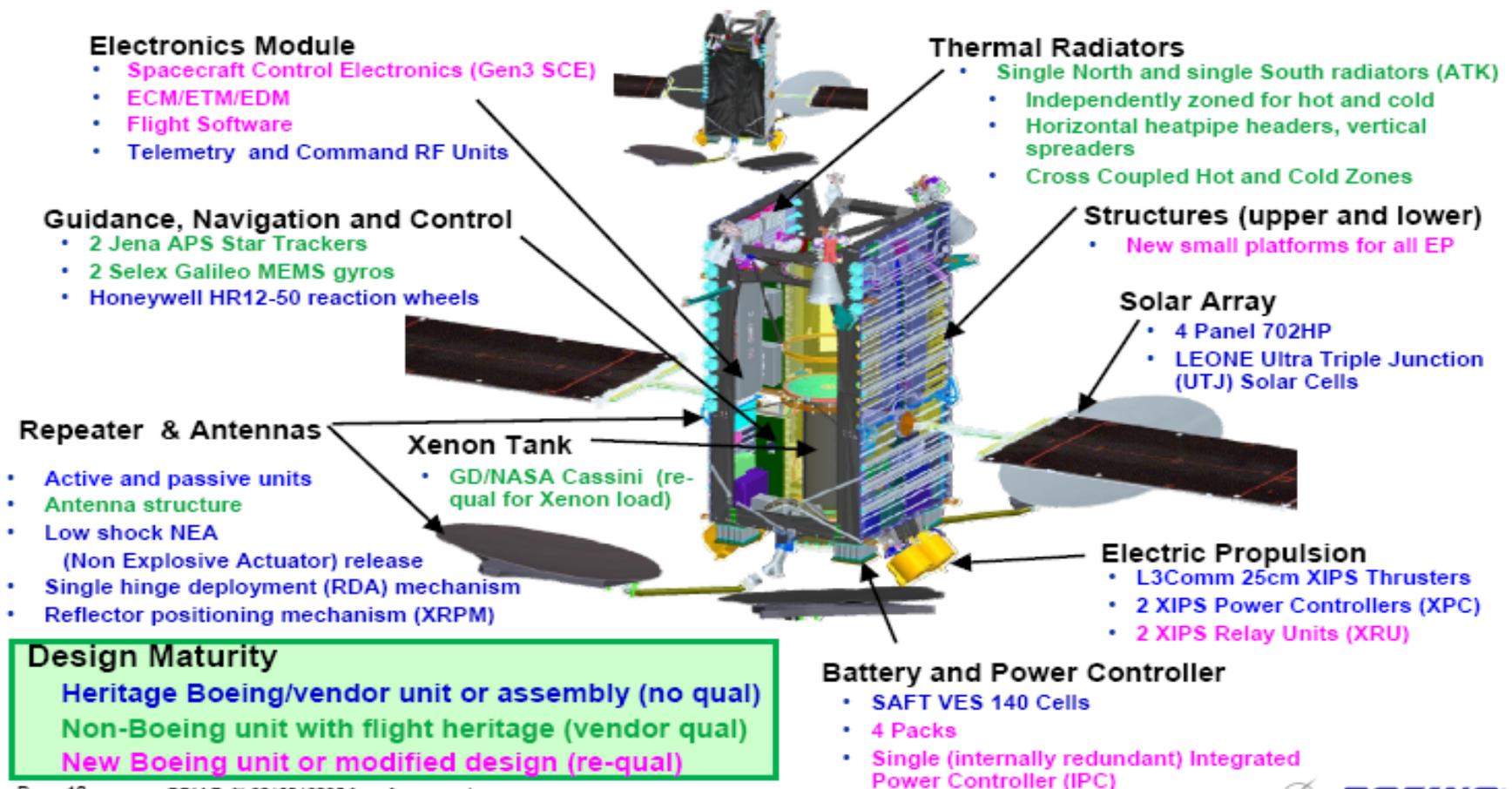


Рисунок 2.3. Общий вид спутника на базе платформы BSS-702SP.

Из данных, приведенных в таблице 2.3, следует, что масса платформы BSS-702SP позволит осуществлять парный запуск на всех существующих мировых ракетах носителях, а на перспективных средствах выведения даже тройной запуск. Это ведёт к существенному снижению затрат спутниковых операторов на услуги по запуску и ставит компанию *Boeing* в равные условия с *Orbital Sciences Corporation* на рынке лёгких и средних спутников и даёт существенные преференции в конкурентной борьбе с другими поставщиками спутников.

Как и большинство современных спутниковых платформ BSS-702 состоит из модуля служебных систем и модуля полезной нагрузки.

На спутнике устанавливается *апогейный двухкомпонентный жидкостный ракетный двигатель*, который используется для перевода спутника с геопереходной орбиты (на неё спутник доставляется средствами выведения) на геостационарную орбиту.

Платформа BSS-702 в некоторых своих вариантах оборудуется системой из восьми электрических ионных двигательных установок на ксеноне (*Xenon Ion Propulsion System, XIPS*), в России они получили название электрическая реактивная двигательная установка (ЭРДУ) на базе стационарных плазменных двигателей. Четыре двигательные установки (две основных и две резервных) используются в системе коррекции орбиты и четыре (две основных и две резервных) - в системе ориентации и стабилизации спутника. Известно, что например *XIPS-25* (платформа BSS-702) обладает удельным импульсом тяги 3800 с, а традиционный двухкомпонентный гидразиновый двигатель имеет удельный импульс не выше 300 с. Таким образом, использование *XIPS* приводит к существенному уменьшению массы платформы. Электрический ионный двигатель фирмы *Boeing* типа *XIPS-25*, использует всего лишь 75 кг (около 5 кг в год) ксенона для удержания спутника на орбите в области  $\pm 0.05^\circ$  по широте и долготе в течение 15 лет. Традиционному двухкомпонентному двигателю для решения этой задачи потребуется не менее 400 кг топлива (окислитель – азотный тетраоксид, горючее – монометилгидразин и гелий - вытеснительный газ).

*XIPS* может использоваться не только для коррекции орбитального положения спутника, но и для перевода КА с геопереходной на геостационарную орбиту. Известно, что для работы штатного апогейного двухкомпонентного двигателя необходимо от двух до трёх тонн топлива. Поэтому применение *XIPS* заметно снижает массу КА и предоставляет возможность осуществления парного запуска спутников на мощных ракетах-носителях типа Ariane-5, что в конечном итоге приведёт к понижению цены пусковых услуг.

В начальном варианте на платформе BSS-702 для более полного использования солнечной энергии каждое из крыльев солнечных батарей было окружено по периметру *наклонными отражателями (концентраторами)*, подающими дополнительные солнечные лучи на панели с фотоэлементами для увеличения их эффективности. На первых 6 спутниках, построенных с применением этой технологии, возникла проблема с концентраторами. Эффективность отражения зеркал концентраторов в процессе эксплуатации снижалась, что приводило к падению мощности бортовой СЭП. Мощность в конце САС падала более чем на 25%, при заявленном производителем падении на 7%.

Поэтому на следующих спутниках, построенных на базе платформы BSS-702, компания вернулась к традиционной технологии выработки бортовой электроэнергии с использованием в составе солнечных батарей *трёхпереходных фотоэлементов на арсениде галлия с германиевой подложкой* производства компании *Spectrolab* (подразделение *Boeing*) типа *Ultra Triple-Junction (GaInP/GaAs/Ge)*, которые в сумме вырабатывают до 18 кВт. Работу КА в условиях солнечных теней обеспечивает *литий-ионные (Li-Ion) аккумуляторы*.

**Производство и поставка спутников.** За свою пятидесятилетнюю историю компания *Boeing* построила и запустила на орбиту более 240 спутников, в том числе 231 геостационарный телекоммуникационный КА коммерческого назначения на базе 16 платформ разных модификаций, из которых в настоящее время успешно выполняют целевые задачи 65 спутников. Первый КА на базе платформы BSS-702 (*Galaxy-11*) был заказан в начале 1997 года и запущен на орбиту в декабре 1999 года, последний запуск состоялся в 08.12.2013 (*Inmarsat-5 F1*).

Первый КА на базе платформы BSS-702MP (*Intelsat-22*) был заказан в 2009 году и запущен на орбиту 25 марта 2012 года. Первый КА на базе платформы BSS-702SP (*Satmex-7*) был заказан в марте 2012 года и будет запущен в конце 2014 года.

Всего на базе платформы BSS-702 по состоянию на 31.12.2013 года заказан 51 военный и коммерческий спутник, 30 из которых уже запущены и ещё 21 находится на разных стадиях производства. За последние 16 лет компания *Boeing* поставила коммерческим операторам 36 спутников (12 и 24 на базе платформ BSS-601 и BSS-702 и их модификаций, в среднем 2.4 спутника за год). Это существенно ниже показателей *Space Systems/Loral*, *Thales Alenia Space*, *Astrium* и *Orbital Sciences Corporation* с их новыми платформами.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что компания *Boeing* утратила былое преимущество на рынке производства коммерческих спутников времён платформ BSS-376 и BSS-601. Основная причина этого кроется в том, что на рубеже веков произошла серия однотипных повторяющихся на разных спутниках отказов процессоров бортовой системы управления (12 случаев), аккумуляторных батарей (3 случая) и концентраторов солнечных батарей (6 случаев) и значительное количество отказов других систем и агрегатов. Именно отказы и относительная дороговизна спутников, построенных на платформах BSS-601 и BSS-702, охладили отношения между *Boeing* и спутниковыми операторами. Но в последние два года компания *Boeing* возвратила утраченный авторитет. Спутниковые операторы заказали у *Boeing* 10 КА, столько же было заказано у *Space Systems/Loral*.

*Из 57 спутников, построенных с 1980 года по 2002 год на базе платформы BSS-376 (BSS-376HP), 53 успешно запущены на ГСО (четыре КА утрачены при запуске), работали и работают на орбите без замечаний все, за исключением шести КА (10.5%).*

**КА BSat-1A** запущен 16.04.1997 года. В 1997 году во время орбитальных испытаний отказал один транспондер. Объявлена частичная гибель спутника, получено страховое возмещение \$17 млн.

**КА Thor-2** запущен 20.01.1997 года. В 1997 году во время орбитальных испытаний обнаружен производственный дефект – обратная поляризация транспондеров одного из лучей. Объявлена частичная гибель спутника, получено страховое возмещение \$1 млн.

В феврале 1984 года впервые в мире два спутника **Westar VI** и **Palapa-B2**, созданные на базе платформы BSS-376 и не выведенные на целевую орбиту *Space Shuttle*, были сняты с орбиты командой *Space Shuttle* и доставлены на Землю. Компания *Hughes* (ныне *Boeing*) провела необходимые работы по восстановлению спутников **Westar VI** и **Palapa-B2**. Под новыми именами **Westar VI** → **Asiasat** и **Palapa-B2** → **Palapa-B2R** были успешно доставлены на геостационарную орбиту. До настоящего времени этот успех американской космической отрасли остаётся в мире не повторённым.

**Суммарные выплаты за страховые случаи, связанные с отказами отдельных систем и агрегатов или полной гибелью построенных на базе платформ BSS-376 спутников, составили \$87.0 млн.**

*Компания Boeing построила в 1987-2012 годах на базе платформ BSS-601, BSS-601HP 86 спутников, в том числе 54 коммерческих спутника связи и вещания, из которых 48 успешно запущены на ГСО, работали и работают на орбите без замечаний за исключением 22 КА (45.8%).*

**КА Optus B1** запущен 13.08.1992 года. Основной процессор бортовой системы управления спутника отказал 21.05.2005 года.

**KA Galaxy-VII** запущен 28.10.1992 года. Основной процессор отказал 13.06.1998 года, резервный - 22.11.2000 года, что привело к невозможности управления спутником. **Объявлена полная гибель спутника, получено страховое возмещение \$132.4 млн.**

**KA Galaxy-IY** запущен 24.06.1993 года. Основной процессор отказал 10.03.1996 года, резервный - 19.01.1998 года, что привело к невозможности управления спутником. **Объявлена полная гибель спутника, получено страховое возмещение \$180.0 млн.**

**KA Solidaridad-1** запущен 19.11.1993 года. Основной процессор отказал 28.04.1999 года, резервный – 27.08.2000 года, что привело к невозможности управления спутником. **Объявлена полная гибель спутника, получено страховое возмещение \$270.0 млн.**

**KA DirecTV-1** запущен 17.12.1993 года. Отказал (04.07.1998 года) основной процессор бортовой системы управления.

**KA DirecTV-3** запущен 09.06.1995 года. Отказал (04.05.2002 года) основной процессор бортовой системы управления.

**KA Intelsat-4 (PAS-4)** запущен 03.08.1995 года. В феврале 2010 года был выведен из эксплуатации из-за отказа основного (21.09.1998) и резервного бортового процессора (01.02.2010) и полного отказа всех XIPS. **В феврале 2010 года объявлена полная гибель спутника.**

**KA Galaxy-III R** запущен 11.12.1995 года. Основной процессор отказал 21.04.2001 года, резервный – 15.01.2006 года, что привело к невозможности управления спутником. **Объявлена полная гибель спутника.**

**KA Palapa-C1 (PakSat-1)** запущен 01.02.1996 года. Последовательно в феврале и декабре 1998 года отказали контроллеры подзарядки ёмкости аккумуляторной батареи. **Объявлена полная гибель спутника, получено страховое возмещение \$197.7млн.**

**KA MSat-2** запущен 20.04.1995 года. В мае 1995 года отказала одна из восьми матриц переключения лучей и снизилась мощность в восточном луче системы связи. В 1996 году отказали два из десяти твердотельных усилителей мощности и один из приёмников L-диапазона в луче связи Аляска/Гавайи. На спутнике в 2002 году отказали двигатели коррекции по наклонению. Объявлена частичная гибель спутника.

**KA MSat-1** запущен 20.04.1996 года. Сразу после запуска отказал один из четырёх лучей системы мобильной связи и в мае 2003 года отказали два усилителя мощности МПН. Объявлена частичная гибель спутника, получено страховое возмещение \$109.0 млн.

**KA JCSAT-4** запущен 17.02.1997 года. Аномальная работа матрицы переключения транспондеров в модуле полезной нагрузки. Объявлена частичная гибель спутника, получено страховое возмещение \$21.0 млн.

**KA PanAmSat-5 (Arabsat-2C)** запущен 28.08.1997 года. Частичная потеря ёмкости аккумуляторной батареи 10.09.1998 года. Объявлена полная конструктивная гибель спутника, получено страховое возмещение \$185.0 млн. Кроме того на спутнике отказали основной и резервный двигатели (XIPS-25) системы коррекции. КА в 2013 году работает на орбите.

**KA JCSAT-5 (JCSAT-1B)** запущен 02.12.1997 года. С января 2005 года на спутнике аномально работают двигатели системы коррекции орбиты. Объявлена частичная гибель спутника, получено страховое возмещение \$10.0 млн.

**KA Galaxy-8I** запущен 08.12.1997 года. Частичная потеря ёмкости аккумуляторной батареи 10.12.1999 года, три из четырёх двигателей (XIPS-25) системы коррекции отказали в сентябре 2000 года. С декабря 2002 года спутник утратил способность корректировать наклонение орбиты. Объявлена частичная гибель спутника, получено страховое возмещение \$79.0 млн.

**KA Astra-1G** запущен 02.04.1998 года. Частичная потеря ёмкости аккумуляторной батареи из-за утечки электролита в декабре 1998 года. Выключены шесть транспондеров. Объявлена частичная гибель спутника, получено страховое возмещение \$50.0 млн.

**KA Satmex-5** запущен 06.12.1998 года отказ основного и резервного двигателей (XIPS-25) системы коррекции. **В январе 2010 года объявлена полная конструктивная гибель спутника, страховое возмещение в стадии урегулирования.**

**KA PanAmSat-6B (PAS-6B)** запущен 22.12.1998 года. В октябре 2006 года отказал резервный двигатель (XIPS-25) системы коррекции, основной отказал в июле 2003 года. **Объявлена полная конструктивная гибель спутника. Спутник работает на наклонной орбите**

**KA DirecTV-1R** запущен 09.10.1999 года. Отказал основной двигатель (XIPS-25) системы коррекции.

**KA Galaxy-10R** запущен 25.01.2000 года. В марте и августе 2004 года последовательно отказали основной и резервный двигатель (XIPS-25) системы коррекции. Объявлена частичная гибель спутника, получено страховое возмещение \$75.3 млн.

**KA Galaxy-4R** запущен 19.04.2000 года. В течение 2003 года последовательно отказали основной и резервный двигатель (XIPS-25) системы коррекции. Объявлена частичная гибель спутника, получено страховое возмещение \$127.0 млн.

**KA Intelsat-9** запущен 28.07.2000 года. На спутнике отказали основные и резервные двигатели XIPS-25 системы коррекции. КА в 2013 году работает на орбите.

**KA Intelsat-10** запущен 14.05.2001 года. На спутнике отказали основные и резервные двигатели XIPS-25 системы коррекции. КА в 2013 году работает на орбите.

**KA Superbird-6** запущен 16.04.2004 года. В ноябре 2004 года из-за большой утечки топлива понизилось давление в топливных баках двигательной установки. **Объявлена полная гибель спутника, получено страховое возмещение \$243.4 млн.**

**Примечание.** КА **TDRS-8** и **TDRS-9** созданы на базе платформ **BSS-601** для системы спутниковой связи **TDRS (NASA)** и работают с существенными замечаниями.

**KA TDRS-8** запущен 30.06.2000 года. Из-за производственной ошибки при сборке мультиплексора МПН нарушена коммутация транспондеров по поляризации и 5 стволов из 18 не могут включаться в работу. Объявлена частичная гибель спутника, получено страховое возмещение \$35.0 млн.

**KA TDRS-9** запущен 08.08.2002 года. Сразу после запуска произошла частичная потеря давления в одном из четырёх баков системы ориентации и стабилизации. Объявлена частичная конструктивная гибель спутника.

**Суммарные выплаты за страховые случаи, связанные с отказами отдельных систем и агрегатов или полной гибелью построенных на базе платформ BSS-601 и BSS-601HP коммерческих геостационарных спутников, составили \$1 679.8 млн.**

У компании Boeing в 1999-2013 годах на базе платформы **BSS-702** и её модификаций под строительство заказано 48 геостационарных спутников. По состоянию на 31.12.2013 года запущено 30 КА, в том числе 24 коммерческих спутника связи и вещания, из которых 22 КА были успешно доставлены на ГСО. Все успешно запущенные коммерческие КА работали и работают на орбите без замечаний за исключением девяти спутников (42.8%): **Galaxy-XI, Thuraya-1, PanAmSat-1R (Intelsat-1R), Anik-F1, XM Rock, XM Roll, Anik F2, DirecTV-10** и **Sky Terra-1** запущенных соответственно 22.12.1999 года, 21.11.2000 года, 16.11.2000 года, 21.11.2000 года, 18.03.2001 года, 08.05.2001 года, 18.07.2004 года, 07.07.2007 года и 14.11.2010 года.

Эти спутники созданы с использованием солнечных батарей с концентраторами солнечного света. На всех шести спутниках возникла серийная проблема с концентраторами — зеркалами, которые подавали дополнительный отраженный солнечный свет на элементы панелей солнечных батарей для увеличения их эффективности. Со временем, эффективность отражения зеркал снижалась, что привело к чрезмерному падению мощности СЭП в процессе эксплуатации спутника.

Страховое возмещение за частичную гибель спутников *Galaxy-XI, Thuraya-1, PanAmSat-1R (Intelsat-1R), Anik-F1, XM Rock u XM Roll* составило \$142.0 млн, \$252.0 млн, \$118.0 млн, \$136.2 млн, \$71.2 млн и \$71.2 млн, соответственно.

**КА *Thuraya-1* в 2001 и 2002 году признан частично и полностью потерян, соответственно. Захоронен в мае 2007 года.**

**КА *Anik F2*** запущен 18 июля 2004 года. В октябре 2011 года отключалось обслуживание клиентов из-за сбоя бортового программного обеспечения (БПО) управления вращением солнечных батарей. Вещание восстановлено через несколько часов после перезагрузки БПО.

**КА *DirectTV-10*** запущен 7 июля 2007 года. В третьем квартале 2011 года начались проблемы с двигательной установкой системы ориентации и стабилизации. **Вещание со спутника переведено на другие спутники. Оператор требует выплаты страхового возмещения в размере \$274 миллионов.**

**КА *Sky Terra-1*** запущен 14 ноября 2010 года. В марте 2012 года во время солнечной активности несколько дней модуль полезной нагрузки не работал, затем вещание со спутника восстановилось.

**Суммарные выплаты за страховые случаи, связанные с отказами отдельных систем и агрегатов или полной гибелью построенных на базе платформ *BSS-702* коммерческих геостационарных спутников, пока составили \$790.6 млрд.**

В таблице 2.4 представлены сведения о сроках производства последних десяти успешно запущенных коммерческих геостационарных телекоммуникационных спутников связи и вещания компанией *Boeing Satellite Systems*.

N п/п	Спутник	Платформа	Мощность, кВт	Срок производства			Оператор
				Всего, мес	Контракт	Дата запуска	
1	<i>XM-4 Blues</i>	BSS-702HP	18	36	октябрь 2003	30.10.2006	<i>Sirius XM Radio</i>
2	<i>MeaSat-3</i>	BSS-601HP	10.8	44	март 2003	11.12.2006	<i>MEASAT</i>
3	<i>DirectTV-10</i>	BSS-702HP	18	30	декабрь 2004	07.07.2007	<i>DIRECTV</i>
4	<i>SpaceWay-3</i>	BSS-702HP	15.9	82	ноябрь 1999	14.08.2007	<i>Hughes Network</i>
5	<i>Thuraya-3</i>	BSS-702GEM	11	61	ноябрь 2002	15.01.2008	<i>Thuraya</i>
6	<i>DirectTV-11</i>	BSS-702HP	18	40	декабрь 2004	20.03.2008	<i>DIRECTV</i>
7	<i>Protostar-2</i>	BSS-601HP	9.9	24	02.2008 (1998)	16.05.2009	<i>SES</i>
8	<i>DirectTV-12</i>	BSS-702HP	18	60	декабрь 2004	29.12.2009	<i>DIRECTV</i>
9	<i>SkyTerra-1</i>	BSS-702GEM	11	46	декабрь 2006	14.11.2010	<i>LightSquared</i>
10	<i>Intelsat-22</i>	BSS-702MP	11	33	июль 2009	25.03.2012	<i>Intelsat</i>
<b>Средний срок поставки спутника на орбиту</b>				<b>45.6</b>			

Таблица 2.4. Срок поставки коммерческих геостационарных спутников связи и вещания компанией *Boeing Satellite Systems*.

Анализ данных, приведенных в таблице 2.4, показывает, что срок поставки коммерческих геостационарных спутников связи и вещания у компании *Boeing* выше, чем у компаний *Lockheed u Orbital* (правда, спутники *Boeing*, как правило, больше по мощности и массе).

## 2.4. Спутники компании Space Systems/Loral.

Компания *Space Systems/Loral* в XXI веке стала ведущим мировым поставщиком средних и самых мощных в мировой спутниковой отрасли геостационарных спутников связи и вещания, созданных на базе платформы LS-1300 и её модификаций. Производство спутников находится в городе Palo Alto (California) крупнейшем мировом центре космической промышленности. Компания *Space Systems/Loral* проектирует и производит спутники для всего известного спектра услуг, предоставляемого космическими системами (непосредственного телевизионного и звукового вещания, широкополосного доступа в *Internet* и прочее). Кроме того, *Space Systems/Loral* основной владелец (64%) крупнейшего спутникового оператора *Telesat* (доходы в 2011 году составили \$845.8 млн), который владеет флотом из 13 спутников. В мае 2012 года *Space Systems/Loral* за \$875 миллионов купила канадская компания *MacDonald, Dettwiler and Associates* [25].

**Некоторые сведения о платформе LS-1300.** Платформа LS-1300 имеет две модификации: собственно LS-1300, и LS-1300S. Первый КА (*Superbird-B1*) на базе платформы LS-1300 был запущен в феврале 1992 года.

На собственно платформе LS-1300 создаются спутники с общей мощностью бортовой системы электропитания от 5 до 12 кВт и стартовым весом от 2942 до 4970 кг. Таким образом, платформа LS-1300 является типичной платформой для создания КА среднего класса.

Платформа LS-1300S в настоящее время является самой тяжелой спутниковой платформой в мире. Общая мощность бортовой системы электропитания от 12 кВт до 20 кВт и более в конце САС (мощность спутников компаний *Astrium* и *Boeing* на 3 кВт ниже) и стартовым весом от 4700 до 6910 кг (стартовый вес КА компаний *Astrium* и *Boeing* почти на 800 кг меньше). Таким образом, платформа LS-1300S (иногда её называют платформой LS-1300Ω) является базовой мировой платформой для создания спутников тяжёлого класса.

В основу платформы LS-1300, общий вид спутника на её базе представлен на рисунке 2.4, положен параллелепипед - прямоугольная несущая структура, в которой размещены электронное оборудование и система терморегулирования бортовых систем и агрегатов.

**Бортовая система электропитания (электрическая энергетическая подсистема - *Electrical Power Subsystem*)** включает два крыла солнечных батарей из высокоэффективных элементов на арсениде галлия с тремя переходами, которые вырабатывают электрическую энергию мощностью свыше 20 кВт. Работу спутника в зоне солнечных теней обеспечивают четыре блока *литий-ионных аккумуляторов*.

**Система ориентации** включает комбинацию из двенадцати химических и электрических двигателей малой тяги, расположенных на северной и южной лицевых плоскостях несущей структуры и по её углам. **Подсистема управления ориентацией (*Attitude Control Subsystem*)** определяет параметры ориентации спутника относительно Земли при помощи либо датчика земного горизонта, либо звездного датчика в комбинации с процессором прохождения орбиты и непрерывной работой системы управления на основе гироскопов. Стабилизация спутника на орбите и нацеливание антенн МПН на Землю осуществляется с использованием СОС с четырьмя маховиками. Информация о сбое параметров орбиты обрабатывается автоматически, управление ориентацией спутника осуществляется с помощью маховиков.

**Основной (апогейный) двигатель спутника**, применяющийся для перевода с геопереходной на геостационарную орбиту, расположен на плоскости, ориентированной в противоположном от Земли направлении. В двухкомпонентной двигательной установке в качестве топлива используется монометилгидразин, в качестве окислителя – азотный тетраоксид и гелий - вытеснительный газ. Топливо для двигательной установки хранится в двух больших баках, расположенных внутри несущего параллелепипеда.

**Система коррекции орбитального положения** спутника состоит из двух модулей стационарных плазменных двигателей (*Stationary Plasma Thruster*). Стационарные плазменные двигатели размещены на северной и южной лицевых плоскостях несущего параллелепипеда.

# 1300 Satellite: Modular Design for Efficient Adaptation

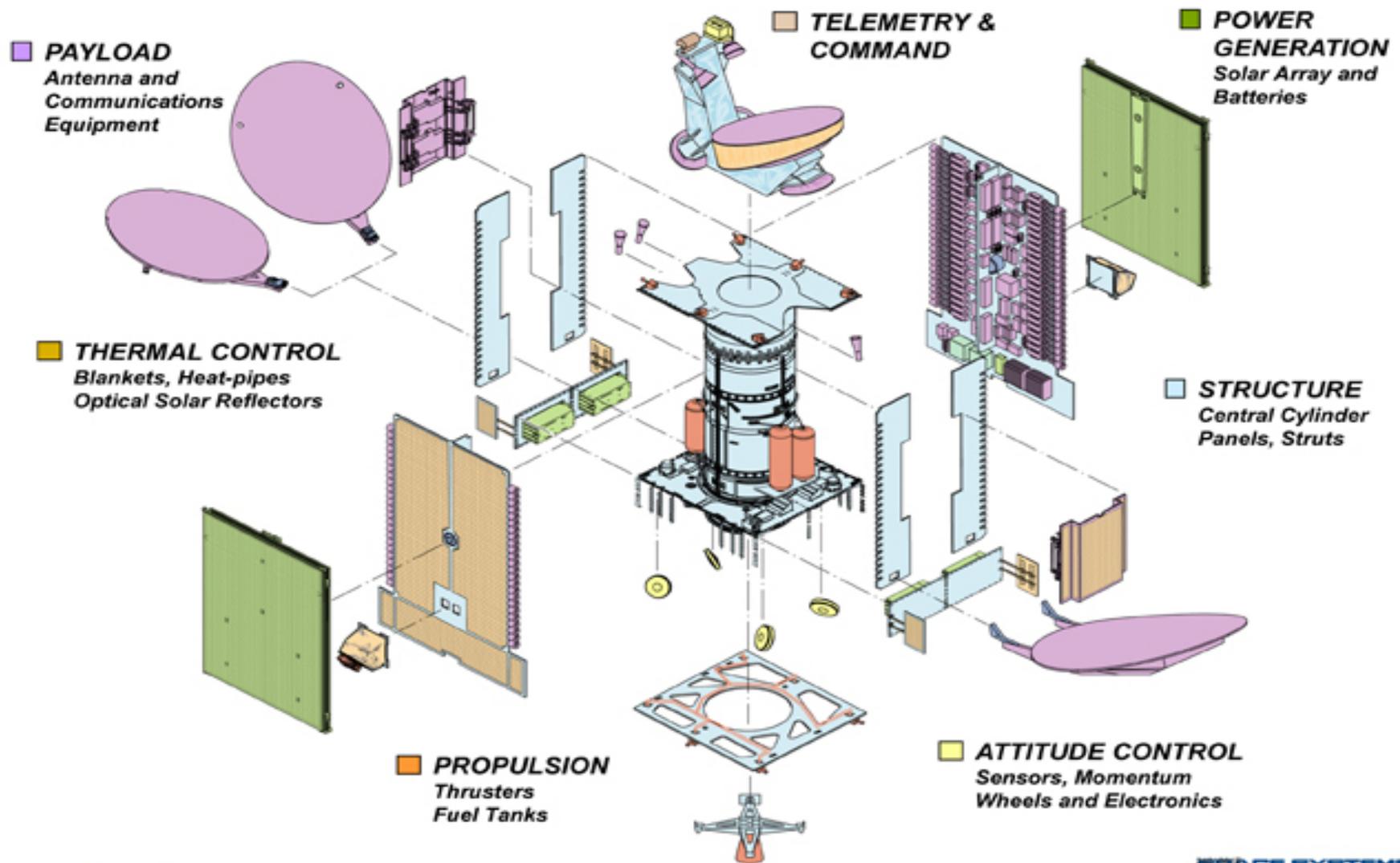


Рисунок 2.4. Общий вид спутника на базе платформы LS-1300 (источник: официальный сайт компании Space Systems/Loral).

**Производство и поставка спутников.** С запуска первого в мире коммерческого спутника *Courier-1B* в 1960 году и по 31.12.2013 года компания *Space Systems/Loral* произвела более 250 КА различного назначения, в том числе **152 (112 коммерческих, из которых 74 продолжают работать) геостационарных спутника связи и вещания.**

Всего на базе платформы LS-1300 и её модификации LS-1300S по состоянию на 31.12.2013 года заказано 113 военных и коммерческих спутников, 95 из которых уже запущены и ещё 18 находится на разных стадиях производства. Таким образом, платформа LS-1300 - абсолютный рекордсмен отрасли спутниковой связи и вещания в части как числа заказанных, так и числа запущенных спутников и обошла по этим показателям ещё сравнительно недавно популярную платформу BSS-601 (80 запущенных и 86 заказанных спутников).

Иначе, за последние двадцать лет компания *Space Systems/Loral* поставляла коммерческим операторам спутниковой связи в среднем по 4.4 спутника в год на базе платформы LS-1300 и её модификаций, что существенно выше показателей *Boeing, Thales Alenia Space, Astrium* и *Orbital Sciences Corporation* с их новыми платформами.

Приведенные данные убедительно свидетельствуют о том, что компания *Space Systems/Loral* является мировым лидером на рынке производства и поставки спутников.

**Из 95 спутников, построенных в 1992-2013 годах на базе платформ LS-1300, 92 успешно выведены на ГСО, в том числе 90 коммерческих геостационарных спутников связи и вещания. Все спутники связи и вещания (90) работали и работают на орбите без замечаний за исключением 17 КА (23.9%).**

**КА DirecTV-6 (Tempo-2)** запущен 08.03.1997 года. В процессе выведения на ГСО была повреждена одна из солнечных батарей. В октябре 1999 года отказало несколько цепочек солнечных батарей. Три усилителя мощности на лампах бегущей волны оказали при тестовых проверках. Объявлена частичная гибель спутника, за два страховых случая получено страховое возмещение \$47.0 млн.

**16.08.2006 года уведён на орбиту захоронения из-за проблем с солнечными батареями, вызвавших флуктуации мощности.**

**КА Telstar-5 (Intelsat Americas-5 → Galaxy-25)** запущен 24.01.1997 года. В течение 2000-2002 годов последовательно отказывали цепочки элементов панелей солнечных батарей. Объявлена частичная гибель спутника, за три страховых случая получено страховое возмещение \$13.4 млн.

**КА PAS-6 (PanAmSat-6)** запущен 08.08.1997 года. Во время орбитального тестирования обнаружилась проблема с солнечными батареями. Объявлена частичная гибель спутника, получено страховое возмещение \$29.1 млн. В марте 2004 года окончательно отказали солнечные батареи. **Спутник объявлен полностью утраченным и отправлен в апреле 2004 года на орбиту захоронения.**

**КА Echostar-3** запущен 05.09.1997 года, в апреле 2001 года один из двигателей подсистемы ориентации и стабилизация вышел из строя. Начиная с августа 2001, стали постепенно выходить из строя цепочки элементов панелей солнечных батарей. Процесс продолжается до настоящего времени. Конверторы МПН работают при температуре выше допустимой по документации вследствие неисправности СТР. Поэтому половина (16) транспондеров спутника выключается в период весенних и осенних солнечных теней. В январе 2004 года отказали два усилителя мощности, а за весь период эксплуатации 16 усилителей мощности из 44 вышли из строя.

**КА PAS-7 (PanAmSat-7)** запущен 16.09.1998 года. Сразу после запуска начались проблемы с СЭП. Постепенно отказывали цепочки элементов панелей солнечных батарей. В сентябре 2001 года солнечные батареи генерировали не более 25% мощности и летом 2004 года

перестали вырабатывать мощность. **Спутник объявлен полностью утраченным и в сентябре 2004 года уведен на орбиту захоронения. Страховое возмещение составило \$215 млн.**

**КА PAS-8 (PanAmSat-8)** запущен 04.11.1998 года. В процессе орбитального тестирования выявлено, что из-за производственной ошибки два из трех перенацеливаемых лучей Ku диапазона (26 транспондеров) не могут использоваться. Объявлена частичная гибель спутника. Страховое возмещение составило \$43.4 млн.

**КА Telstar-6 (Intelsat Americas-6 → Galaxy-26)** запущен 15.02.1999 года. В апреле 2001 года произошёл отказ основного процессора бортовой системы управления, в работу включили резервный процессор. В 2001 году вышли из строя несколько цепочек элементов панелей солнечных батарей. Была объявлена частичная гибель спутника и получено страховое возмещение \$9.3 млн. Спутник остался в работе. В июне 2008 года вышла из строя большая часть цепочек элементов панелей солнечных батарей. В результате чего мощность бортовой подсистемы электропитания упала на 60%.

**КА Echostar-5** запущен 23.09.1999 года. В июле 2001 года начались проблемы с маховиками системы ориентации и стабилизации, которые в 2007 году привели к отказу этой системы. В августе 2001 года на спутнике возникли временные проблемы с основным двигателем системы ориентации. В 2001 году отказали несколько усилителей мощности. В январе 2003 года обнаружена неисправность системы телеметрического контроля. В июне 2007 года вышли из строя 7 цепочек (всего их 96) элементов панелей солнечных батарей. В течение 2007-2009 годов из строя полностью вышли солнечные батареи. **Спутник объявлен полностью утраченным и в июле 2009 года уведен на орбиту захоронения.** Орбитальное функционирование КА не страховалась. Оператор страховал только запуск.

**КА Telstar-7 (Intelsat Americas-7 → Galaxy-27)** запущен 25.09.1999 года. В октябре 2004 года отказали солнечные батареи спутника. В ноябре работоспособность южных солнечных батарей была восстановлена, а северных нет. КА потерял половину мощности СЭП и возвращён в работу с 22 транспондерами из 44. **Но в 2004 году из-за проблем с солнечными батареями спутник объявлен полностью утраченным.** Страховое возмещение составило \$215 млн. Однако до конца 2012 года спутник оставался в составе ОГ оператора *Intelsat*.

**КА Echostar-6** запущен 14.07.2000 года. В апреле 2001 года один из двигателей подсистемы ориентации и стабилизация вышел из строя и в апреле же отказали два усилителя мощности. В течение 2001 года вышли из строя две цепочки (всего их 112) элементов панелей солнечных батарей. Процесс продолжается до настоящего времени. Уверенность в том, что КА выработает гарантированный САС (12 лет), у оператора сохраняется. Орбитальное функционирование КА не страховалась. Оператор страховал только запуск.

**КА Echostar-8** запущен 22.08.2002 года. В январе 2011 года на спутнике начались проблемы с нарушением электропитания некоторых бортовых подсистем, приведшие к перерывам вещания.

**КА Telstar-14 (Estrela do Sul-1)** запущен 11.01.2004 года. После выведения на ГСО полностью не раскрылась южная солнечная батарея и частично раскрылась северная солнечная батарея. Объявлена частичная гибель спутника, получено страховое возмещение \$205.0 млн.

**КА Echostar-9** запущен 16.07.2008 года. В первом квартале 2012 года на спутнике начались проблемы с СЭП. Началось снижение генерируемой солнечными батареями мощности. Похожие проблемы были на спутниках *Telstar-5*, *PAS-6*, *Echostar-3*, *Telstar-7* и ряде других.

**КА Telstar-14R (Estrela do Sul-2)** запущен 20.05.2009 года. После выведения на ГСО также не раскрылась северная солнечная батарея. Объявлена частичная гибель спутника, получено страховое возмещение в размере \$132.7 миллиона.

**КА NSS-12** запущен 29.10.2009 года. После выведения на ГСО обнаружилась неизвестная аномалия в работе спутника. Объявлена частичная гибель спутника. Страховое возмещение в стадии урегулирования.

**КА Echostar-14** запущен 20.03.2010 года. В течение третьего квартала 2011 года и первого квартала 2012 года на спутнике были проблемы с СЭП. Постепенно снижается генерируемая солнечными батареями мощность. Похожие проблемы были на спутниках *Telstar-5*, *Echostar-3*, *Telstar-7*, *Echostar-9* и других.

**КА Intelsat-19**, запущен 01.06.2012 года, после выведения на ГСО не раскрылась одна из солнечных батарей. В июле 2012 года при постановке в орбитальную позицию неисправность самоустранилась. Объявлена частичная гибель спутника и готовится страховое возмещение в размере \$82 миллионов.

**Суммарные выплаты за страховые случаи, связанные с отказами отдельных систем и агрегатов или полной гибелью спутников, построенных на базе платформы LS-1300, составили \$695.4 млн.**

В таблице 2.5 представлены сведения о сроках производства последних десяти успешно запущенных коммерческих геостационарных телекоммуникационных спутников связи и вещания компанией *Space Systems/Loral*.

N п/п	Спутник	Платформа	Мощность, кВт	Срок производства			Оператор
				Всего, мес	Контракт	Дата запуска	
1	<i>Sirius-XM5</i>	LS-1300S	>20	59	ноябрь 2005	14.10.2010	<i>Sirius XM Radio</i>
2	<i>Intelsat-17</i>	LS-1300S	>20	28	август 2008	26.11.2010	<i>Intelsat</i>
3	<i>HispaSat-1E</i>	LS-1300S	14	29	июль 2008	28.12.2010	<i>HispaSat</i>
4	<i>Telstar-14</i>	LS-1300	11	22	июль 2009	20.05.2011	<i>Telesat</i>
5	<i>QuetzSat-1</i>	LS-1300S	20	24	сентябрь 2009	29.09.2011	<i>SES</i>
6	<i>ViaSat-1</i>	LS-1300S	12.4	46	январь 2008	19.10.2011	<i>Viasat</i>
7	<i>AsiaSat-7</i>	LS-1300	6	30	апрель 2009	21.11.2011	<i>AsiaSat Telecom</i>
8	<i>SES-4</i>	LS-1300S	>20	47	февраль 2008	14.02.2012	<i>SES</i>
9	<i>Nimiq-6</i>	LS-1300	11	29	декабрь 2009	15.05.2012	<i>SES</i>
10	<i>Intelsat-19</i>	LS-1300S	>20	35	июнь 2009	01.06.2012	<i>Intelsat</i>
<b>Средний срок поставки спутника на орбиту</b>				<b>34.9</b>			

Таблица 2.5. Срок поставки коммерческих геостационарных спутников связи и вещания компанией *Space Systems/Loral*.

Анализ данных, приведенных в таблице 2.5, показывает, что срок поставки коммерческих спутников связи и вещания на ГСО у компании *Space Systems/Loral* сравнимы со сроками изготовления КА компаниями *Lockheed* и *Orbital* и существенно ниже сроков компании *Boeing*.

## 2.5. Спутники компании European Aeronautic Defence and Space Company Astrium.

*European Aeronautic Defence and Space Company (EADS) Astrium* (далее *Astrium*) в последние пять лет вышла на второе место в мире по количеству заказанных коммерческих геостационарных спутников связи и вещания, созданных на базе платформы Eurostar-3000 и её модификаций. Производство КА осуществляется почти в 70 производственных центрах, расположенных во Франции, Германии, Испании, Великобритании и США. Компания *Astrium* создаёт спутники для всего известного спектра предоставляемых космических услуг (связь, вещание, дистанционное зондирование Земли, навигация, наука, доступ в *Internet* и прочее) [26].

**Некоторые сведения о платформе Eurostar-3000.** Платформа Eurostar-3000 имеет несколько модификаций. Меньшая, в смысле общей мощности бортовой СЭП (до 12 кВт) платформа Eurostar-3000S легла в основу построения восьми КА. Первый из них *Eutelsat W3A* был успешно запущен на орбиту 15.03.2004 года. Ещё один КА в стадии строительства. На базе более мощной по энерговооружённости (до 14 кВт) платформы Eurostar-3000 создано и запущено 19 геостационарных коммерческих спутников, первый из которых *Intelsat 10-02* был запущен на орбиту 16.06.2004 года, в стадии производства находится ещё 11 КА. Платформа Eurostar-3000GM специально создана для оператора мобильной связи *Inmarsat* и запуска его спутников (*Inmarsat-4F1, Inmarsat-4F2 u Inmarsat-4F3*) четвёртого поколения.

Общий вид платформы Eurostar-3000 представлен на рисунке 2.5, а основные характеристики её вариантов приведены в таблице 2.6.

Платформа	<i>Eurostar-3000S</i>	<i>Eurostar-3000</i>	<i>Eurostar-3000GM</i>
Стартовая масса, кг	4300 - 4850	4600 - 6300	5960
Мощность КА, кВт	6 - 12	12 - 16	14
Мощность полезной нагрузки, кВт	4 – 8	6 – 10	9
Срок активного существования, лет	15	15	10 (13)
Назначение	фиксированная связь и вещание	фиксированная связь и вещание	мобильная связь

Таблица 2.6. Характеристики спутниковых платформ серии Eurostar-3000.

Платформа Eurostar-3000 является одной из наиболее совершенных современных мировых спутниковых платформ. Она спроектирована и создана на принципах модульности, масштабируемости и общего дизайна модуля служебных систем спутника. В основу проектирования и производства КА положен единый подход к созданию конструкции модуля служебных систем и модуля полезной нагрузки в широком диапазоне мощностей от 4 до 14 кВт, выделяемых для его работы. Конструкция модуля полезной нагрузки в зависимости от потребляемой им мощности может быть одно, двух или трехуровневая. Эта платформа сохранила особенности конструкции предыдущих платформ семейства Eurostar-2000. Для повышения мощности бортовой системы электропитания и срока активного существования спутника размеры самой платформы и ее топливных баков были увеличены. Достаточно гибкая идеология построения КА позволяет изменять конфигурацию модуля полезной нагрузки и модуля служебных систем в зависимости от требований заказчика, а мощность бортовой системы электропитания в зависимости от назначения спутника.

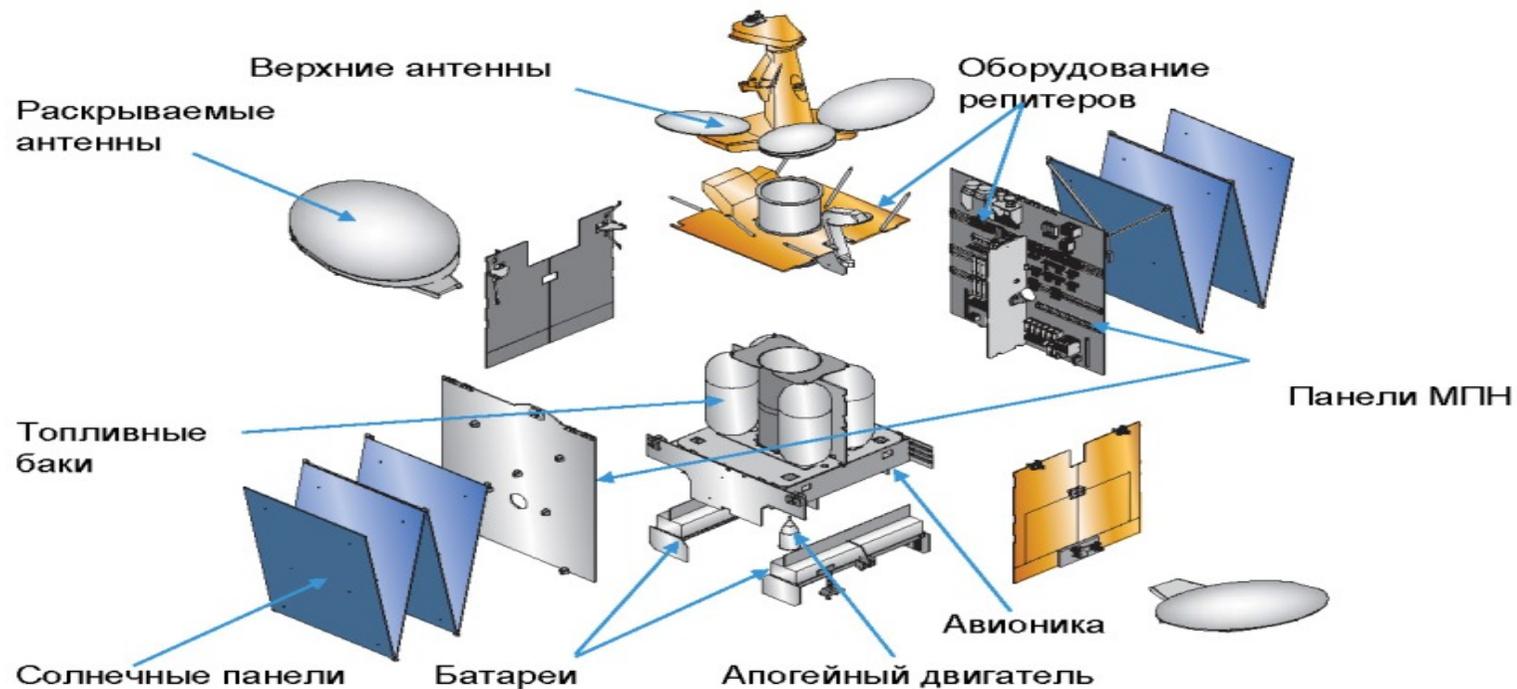


Рис.2.5. Общий вид платформы Eurostar-3000 (источник: официальный сайт компании *Astrium*).

*Несущая силовая конструкция спутника* представляет собой прочный цилиндр из углепластика и прямоугольные несущие многослойные алюминиевые приборные панели. Вокруг силовой несущей конструкции монтируются четыре идентичных топливных бака, которые придают ей дополнительную прочность. Топливные баки обеспечивают хранение топлива (от 2 до 4 т монометилгидразина и азотного тетраксида) для традиционной двухкомпонентной апогейной двигательной установки и семи двигательных модулей, которые включают основные и дублирующие двигатели малой тяги системы коррекции и системы ориентации и стабилизации спутника в пространстве. Апогейная двигательная установка применяется для перевода спутника с геопереходной на геостационарную орбиту и орбитальных манёвров и

расположена в центральной конической части силовой конструкции плоскости противоположной от Земли. На платформе Eurostar-3000 плазменные двигательной установки в системе коррекции применяются относительно редко.

*Бортовая система электропитания* включает две масштабируемые панели солнечных батарей из высокоэффективных элементов на арсениде галлия с тремя переходами, которые вырабатывают электрическую энергию мощностью до 16 кВт. Работу спутника в зоне теней обеспечивают четыре блока масштабируемых *литий-ионных аккумуляторов*, собранных в две секции.

*Тепловой режим спутника* обеспечивается тепловыми трубами, расположенными на северной и южной приборных панелях. Предусмотрено как автоматическое управление нагревателями, так и возможность прямого управления по командам.

Определение местоположения и ориентации спутника в пространстве производится датчиками Земли (приборами ориентации на Землю), солнечными датчиками (приборами ориентации на Солнце) и двумя гироскопами. Управление ориентацией спутника и стабилизация спутника на орбите осуществляется с помощью четырёх двигателей - маховиков. Подсистема ориентации и подсистема коррекции орбитального положения спутника включают комбинацию из химических и электрических (плазменных) двигателей малой тяги.

*Бортовая командно-измерительная система* спутника включает два комплекта приемо-передающей аппаратуры и работает на этапе запуска и вывода спутника на геостационарную орбиту и в аварийном режиме через малонаправленные антенны. В штатном орбитальном полете связь со спутником обеспечивается через антенны полезной нагрузки. Кроме того, бортовое программное обеспечение спутника способно поддерживать работоспособность спутника в течение 30-ти суток автономного полета.

Компания *Astrium* первой среди мировых производителей космических аппаратов внедрила цифровую бортовую электронику в производство коммерческих геостационарных спутников связи и вещания. Всё перечисленное соответствует требованиям современного рынка спутниковой отрасли. Именно по этой причине спутниковые операторы в последние пять лет отдают этой платформе второе место при закупке новых геостационарных спутников. Первое по праву принадлежит платформе LS-1300 фирмы *Space Systems/Loral*.

Из данных, приведенных в таблице 2.6, следует, что на базе Eurostar-3000S могут создаваться спутники с общей мощностью бортовой электроустановки от 6 до 12 кВт и стартовым весом от 4300 до 4850 кг. Таким образом, платформа Eurostar-3000S является типичной платформой для создания спутников среднего класса.

Платформа Eurostar-3000 в настоящее время является самой тяжелой спутниковой платформой компании *Astrium* (мощность бортовой СЭП от 10 кВт до 16 кВт и стартовый вес от 4600 до 6300 кг) и а базовой мировой платформой для создания спутников тяжёлого класса. И так, на базе различных вариантов платформы Eurostar-3000 можно создавать только спутники среднего и большого класса.

В настоящее время по заданию французского *Национального центра космических исследований (The Centre National d'Etudes Spatiales, CNES)* и *Европейского космического агентства (The European Space Agency, ESA)* компании *Astrium* и *Thales Alenia Space* совместно разрабатывают новейшую мощную европейскую платформу Alphabus, совместимую с существующими средствами выведения на ГСО. Финансирование данного проекта осуществляется совместно *CNES* и *ESA* в рамках программы поддержки европейской промышленности. Бортовая СЭП платформы будет вырабатывать электрическую энергию мощностью до 25 кВт и предоставлять для полезной нагрузки от 12 до 22 кВт. Стартовая масса КА будет лежать в диапазоне от 5500 до 9000 кг, а масса МПН составит до 1400 кг. Эта платформа должна способствовать закреплению на передовых позициях поставки спутников компаний *Astrium* и *Thales Alenia Space*.

Условием получения финансирования со стороны *CNES* и *ESA* стал отказ от модернизации предприятиями-участниками проекта существующих спутниковых платформ Spacebus 4000 и Eurostar 3000.

Компания *Astrium* широко сотрудничает с российскими и индийскими космическими предприятиями. Совместно с Роскосмосом и ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» выполнена большая работа в части создания ракеты-носителя «Союз-2» и пускового комплекса на космодроме Куру, успешно работающих в интересах России и Европы. На всех коммерческих спутниках ИСС имени академика М.Ф.Решетнёва в последнее пятнадцать лет используются бортовые компьютеры и солнечные датчики компании *Sodern*, дочерней структуры *EADC Astrium*. Создана многоуровневая кооперация с ФГУП ГКНПЦ им. Хруничева для продвижения запусков на ракете-носителе «Рокот», проведено совместное финансирование работ по реконструкции стартовой инфраструктуры космодрома Плесецк. Для спутникового оператора ФГУП «Космическая связь» создаются спутники *Экспресс-АМ4Р*, *Экспресс-АМ7* и *Экспресс-АМУ1*.

ФГУП «РНИИ КП» и *EADS Astrium* в 2005-2006 годах создали компанию «*Синертек*» с целью передачи и развития технологий проектирования и производства МПН и спутникового оборудования в России. Однако дело в части передачи технологий *Astrium* для организации производства МПН в России осталось на уровне деклараций. Поставка компанией «*Синертек*» усилителей мощности производства *EADS Astrium* для МПН КА ГЛОНАСС превратилась в простую торговую операцию. К такой же торговой операции только по поставке спутника (*Экспресс-АМ4/Экспресс-АМ4Р*) свелась совместная деятельность *EADS Astrium* с ФГУП ГКНПЦ им. Хруничева.

Но более тесно, чем с российскими предприятиями, компания *Astrium* сотрудничает с индийскими космическими предприятиями, которым передала ряд технологий производства полезных нагрузок и платформ. Для выхода на рынок спутников малого класса (менее 4 кВт на полезную нагрузку) компания *Astrium* заключила соглашение с индийской государственной корпорацией *ANTRIX*, входящей в состав *Индийской организации космических исследований (Indian Space Research Organisation, ISRO)*. В настоящее время этот альянс уже построил и запустил на орбиту спутники *Eutelsat W2M*, *Hylas-1* и *Hylas-2*. Замечу, что во время летных испытаний на спутнике *Eutelsat W2M* возникли проблемы с бортовой системой электропитания.

**Производство и поставка спутников.** За более чем сорокалетнюю историю компания *Astrium* произвела чуть более 100 КА различного назначения.

В 1990 году компания поставила на рынок конкурентную платформу Eurostar-2000. Первый спутник на базе этой платформы *Телеком 2А* был запущен в декабре 1991 года, а последний - *Arabsat 4AR* в ноябре 2008 года. Всего на базе этой платформы было произведено и запущено на орбиту 23 КА, в том числе 21 успешно.

На базе последней основной платформы Eurostar-3000 и её модификаций компания *Astrium* в течение 2001 - 2013 годов получила заказ на 46 спутников различного назначения. Первый запуск КА *Eutelsat W3A* состоялся 15.03.2004 года. Всего компания произвела и запустила 32 КА на базе платформы Eurostar-3000, один из них утрачен при запуске (*Экспресс-АМ4*). Ещё 14 КА находятся в производстве. Таким образом, на платформе Eurostar-3000 и её модификациях с момента появления на рынке заказывается в среднем по 3.5 спутника в год и по этому показателю она уступает только рекордсмену отрасли - платформе LS-1300 компании *Space Systems/Loral*.

*Из 56 коммерческих геостационарных спутников, построенных в период с 1992 года по 2013 год на базе платформ Eurostar-2000, Eurostar-3000 и Alphabus, 53 успешно запущено на ГСО. Целевые функции выполняли и выполняют все 53 спутника за исключением 13 (25%). На базе платформы Eurostar-3000 и её модификаций компания Astrium построила 27 коммерческих КА, из которых на ГСО доставлены 26. Из них 23 (92%) успешно выполняют целевую функцию. Это наивысший показатель надёжной работы коммерческих геостационарных спутников среди всех спутникостроительных корпораций мира.*

**KA HispaSat-1A (Eurostar-2000)** запущен на орбиту 10.09.1992 года. В 1997 году возникли проблемы с модулем полезной нагрузки. Объявлена частичная гибель спутника. Получено страховое возмещение \$17.0 млн.

**KA Telecom-2B (Eurostar-2000)** запущен на орбиту 15.04.1992 года. В 2001 году возникли проблемы с двигательной установкой системы коррекции. Объявлена частичная гибель спутника. Получено страховое возмещение \$0.1 млн.

**KA HotBird-2 (Eurostar-2000)** запущен на орбиту 21.11.1996 года. В марте 2007 года в результате солнечной вспышки отказала бортовая СЭП. Все клиенты оператором *Eutelsat* были переведены на *KA HotBird-8*. Спутник частично восстановил работоспособность и был переведен в точку 9E, где стал работать с меньшей нагрузкой. Спутник был переименован в *EuroBird-9* и оператором не страховался.

**KA HotBird-3 (Eurobird-10 → Eurobird-4/Eurostar-2000)** запущен на орбиту 02.09.1997 года. В период солнечного затмения 3-4 октября 2006 года начались проблемы с одной из солнечных батарей, в результате чего существенно упала мощность бортовой СЭП и все клиенты оператором *Eutelsat* с этого спутника были переведены на спутник *HotBird-8*. Спутник *HotBird-3* перевели в орбитальную позицию 4E и переименовали в *EuroBird-4*. Спутник оператором не страховался.

**KA HotBird-4 (Eurostar-2000)** запущен на орбиту 27.02.1998 года. Сразу же после запуска солнечные батареи начали деградировать. Объявлена частичная гибель спутника. Получено страховое возмещение \$11.8 млн.

**KA HotBird-5 (Badr 2 → Arabsat-2D → Eurobird-2/Eurostar-2000)** запущен на орбиту 09.10.1998 года. Сразу же после запуска солнечные батареи начали быстро деградировать. В течение первого года полёта *KA* потерял 10% мощности. В сентябре 2002 года клиентов с этого *KA* перевели на другие спутники. *KA HotBird-5* поставили в точку 33E (*EuroBird-2*), затем перевели в точку 26E (*Arabsat 2D*), где он стал работать с меньшей нагрузкой. Объявлена частичная гибель спутника. Получено страховое возмещение \$10.6 млн.

**KA Nilesat-101 (Eurostar-2000)** запущен на орбиту 28.04.1998 года. Солнечные батареи с момента запуска начали быстро деградировать, а спутник терять генерируемую мощность. Спутник оператором не страховался.

**KA Nilesat-102 (Eurostar-2000)** запущен 17.08.2000 года. Солнечные батареи с момента запуска начали быстро деградировать, а спутник терять генерируемую мощность. Спутник оператором не страховался.

**KA Afristar-1 (Eurostar-2000)** запущен на орбиту 21.10.1998 года. В ходе орбитальных тестов выявлены проблемы с полезной нагрузкой. Объявлена частичная гибель спутника. Получено страховое возмещение \$5.0 млн.

**KA Eutelsat W1 (Eurostar-2000+)** запущен на орбиту 06.09.2000 года. В августе 2007 года упала мощность, генерируемая солнечными батареями. Оператор выключил два транспондера. Объявлена частичная гибель спутника. Получено страховое возмещение \$68.5 млн. **В марте 2012 года спутник был исключён из орбитального флота и уведён оператором на орбиту захоронения.** Спутник не дотянул до гарантированного производителем срока активного существования (12 лет) нескольких месяцев.

**KA Amazonas-1 (Eurostar-3000S)** запущен на орбиту 04.08.2004 года. Сразу же после запуска началась утечка окислителя из одного из двух баков, вследствие микротрещины в одном из клапанов. В результате САС спутника будет менее десяти лет. Объявлена частичная гибель спутника. Получено страховое возмещение в размере \$180.6 млн.

**KA Anik-F3 (Eurostar-3000S)** запущен на орбиту 09.04.2007 года. В августе 2007 года отказала полезная нагрузка *Ка* диапазона. Объявлена частичная гибель спутника. Получено страховое возмещение \$4.0 млн.

**KA Eutelsat W2M (совместное производство Astrium и Antrix)** запущен на орбиту 20.12.2008 года. Сразу же после запуска 28 января 2009 года упала мощность СЭП. **Объявлена полная гибель спутника.** Получено страховое возмещение в размере \$196.0 млн.

**Суммарные выплаты за страховые случаи на КА, построенные компанией Astrium на платформах типа Eurostar, составили \$493.6 млн, в том числе за созданные на платформе Eurostar-3000 спутники, – \$184.6 млн.**

В таблице 2.7 представлены сведения о сроках производства компанией *Astrium* последних 10 коммерческих геостационарных КА.

N п/п	Спутник	Платформа	Мощность, кВт	Срок производства			Оператор
				Всего, мес	Контракт	Дата запуска	
1	<b>Amasonas-2</b>	Eurostar-3000	15.3	29	июнь 2007	01.10.2009	<i>Hispasat</i>
2	<b>Astra-3B</b>	Eurostar-3000	10	45	ноябрь 2006	10.07.2010	<i>SES</i>
3	<b>ArabSat-5B</b>	Eurostar-3000	14	35	июнь 2007	03.06.2010	<i>Arabsat</i>
4	<b>ArabSat -5A</b>	Eurostar-3000	12	35	июнь 2007	26.06.2010	<i>Arabsat</i>
5	<b>Ka-Sat</b>	Eurostar-3000	14	36	декабрь 2007	27.12.2010	<i>Eutelsat</i>
6	<b>YahSat-1B</b>	Eurostar-3000	15	45	август 2007	22.04.2011	<i>YahSat</i>
7	<b>Astra-1N</b>	Eurostar-3000	13	36	июль 2008	06.08.2011	<i>SES</i>
8	<b>ArabSat-5C</b>	Eurostar-3000	14	42	февраль 2008	21.09.2011	<i>Arabsat</i>
9	<b>AtlanticBird-7</b>	Eurostar-3000	12	27	май 2009	24.09.2011	<i>Eutelsat</i>
10	<b>YahSat-1B</b>	Eurostar-3000	нет данных	42	август 2007	22.04.2012	<i>YahSat</i>
<b>Средний срок поставки спутника на орбиту</b>				<b>37.2</b>			

Таблица 2.7. Срок поставки компанией *Astrium* коммерческих геостационарных спутников связи и вещания.

Анализ данных, приведенных в таблице 2.7, показывает, что срок поставки коммерческих КА связи и вещания у компании *Astrium* выше сроков - *Lockheed Martin*, *Space Systems/Loral*, *Orbital Sciences Corporation* и ниже сроков поставки спутников компанией *Boeing*.

Приведенный анализ убедительно свидетельствует о том, что компания *Astrium* является одним из мировых лидеров производства и поставки спутников и продолжает укреплять своё лидерство на рынке поставок спутников с помощью хорошо сбалансированной и отработанной платформы **Eurostar-3000** и её модификаций.

## 2.6. Спутники компании Thales Alenia Space.

Компания *Thales Alenia Space* (до апреля 2007 года *Alcatel Alenia Space*) совместное предприятие двух европейских космических промышленных корпораций французской *Alcatel* и итальянской *Finmeccanica*. На 11 предприятиях компании *Thales Alenia Space*, расположенных во Франции, Италии, Испании, Германии и Бельгии, работает 7200 человек. Компания проектирует, создаёт и поставляет спутники и бортовые системы для космических комплексов связи и вещания, ДЗЗ, навигации, пилотируемых и научных программ [27].

Компания *Thales Alenia Space* занимает передовые позиции в спутниковой отрасли и на рынке спутников связи на всех типах орбит (GEO, MEO и LEO) и является: крупнейшей спутникостроительной компанией в Европе; поставщиком модулей полезных нагрузок другим производителям спутников; интегратором исследований и поставщиком второго поколения спутниковых систем связи *O3B*, *Iridium* и *Globalstar*; ведущим предприятием в области передовых технологий (Ka-диапазон, многолучевые антенны, комплексы управления и др.).

*Thales Alenia Space* за последние пятнадцать лет поставила (поставит) 35 полезных нагрузок российским предприятиям, создателям коммерческих спутников связи и вещания, в том числе: четыре для КА *ГКНПЦ им. М.В. Хруничева*; две для спутников РКК «Энергия» и 21 модуль полезной нагрузки своему главному российскому партнеру - *ИСС им. М.Ф. Решетнёва*.

В последние пять лет компания *Thales Alenia Space* уступила долго занимаемое второе место в мире по производству средних и больших коммерческих геостационарных спутников связи и вещания и переместилась по этому показателю на общее четвёртое место. Однако, с учётом производства спутников для низких и средних орбит типа *Iridium Next* (66 КА), *Orbcomm* (18 КА), *Globalstar* (48 КА) и *O3B* (16 КА), а также выполнения заказов по военным, метеорологическим и научным спутникам, дела у компании идут блестяще.

**Некоторые сведения о платформах Spacebus.** Компания *Thales Alenia Space* все свои платформы называет общим именем Spacebus. За двадцать семь лет она поставила на рынок несколько типов платформ: Spacebus-100/1000, Spacebus-300, Spacebus-2000, Spacebus-3000 и Spacebus-4000. Все эти платформы, предназначены для создания геостационарных телекоммуникационных спутников связи во всём спектре услуг фиксированной, подвижной и радиовещательной спутниковых служб.

Первая платформа, с которой компания *Thales Alenia Space* (тогда *Aérospatiale*) вышла на рынок поставки спутников, была платформа Spacebus-100/1000. На базе этой платформы произведено всего 3 спутника, первый - *Arabsat 1A* был запущен 08.02.1985.

Второй платформой, представленной на рынке компанией *Aérospatiale*, была платформа Spacebus-300. На базе этой платформе произведено 5 спутников, первый - *TV-Sat 1* был запущен 21.11.1987.

Третьей платформой, представленной на рынке компанией *Aérospatiale*, была платформа Spacebus-2000. На базе этой платформе произведено 9 спутников, первый - *Eutelsat-2 F1* был запущен 30.08.1990.

С запуском КА *Sirius 2 (Astra 5A)* в ноябре 1997 года компания *Aérospatiale* обрела современную платформу Spacebus-3000/4000, которая на рынке несколько лет пользовалась повышенным спросом у спутниковых операторов. Spacebus-3000 и Spacebus-4000 по сути одна и та же платформа, отличающиеся друг от друга только напряжением в бортовой электросети 50 В (Spacebus-3000) и 100 В (Spacebus-4000).

Начиная с 1997 года и по настоящее время компания *Thales Alenia Space* предлагает рынку платформы **Spacebus-3000/4000 B-Class** и **Spacebus-3000/4000 C-Class**, модификации которых отличаются по стартовой массе, массе полезной нагрузки и мощности бортовой системы

электропитания. На базе различных модификаций платформы Spacebus-3000/4000 создаются спутники среднего и большого класса. Замечу, что с 2009 года платформа **Spacebus-3000** всех модификаций снята с производства.

С каждой новой серией платформы Spacebus размеры и мощности спутников растут. За двадцать семь лет, прошедших с начала запуска первого спутника, масса спутника возросла в 6 раз, а мощность бортовой системы электропитания увеличилась в 12 раз.

В таблице 2.8 представлены обобщённые характеристики спутниковых платформ Spacebus-3000/4000.

Семейство космических платформ Spacebus-3000/4000						
Тип платформы	3000/4000 В2	3000/4000 В3	3000/4000 С1	3000/4000 С2	3000/4000 С3	3000/4000 С4
Масса, кг	2900 — 3500	4100	4500	4850	5300	5900
Мощность выделяемая для ПН, кВт	4.7 - 5.5	6	6	8	10	12
Мощность системы электропитания, кВт	7	9	9	11	12	16
Срок активного существования, лет	14	14	15	15	15	15
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

Таблица 2.8. Обобщённые характеристики семейства космических платформ Spacebus-3000/4000.

Платформа Spacebus-4000, как и большинство современных спутниковых платформ, состоит из модуля служебных систем и модуля полезной нагрузки и совместима со всеми существующими в настоящее время средствами выведения на ГСО.

*Несущая силовая конструкция платформы* представляет собой прочный цилиндр из углепластика и прямоугольные несущие многослойные алюминиевые приборные панели. Вокруг силовой несущей конструкции монтируются топливные баки, которые придают ей дополнительную прочность. Два топливных бака обеспечивают хранение топлива (от 1.9 до 3.5 тонн гидразина и азотного тетраксида) для традиционной двухкомпонентной апогейной двигательной установки и один бак для хранения вытеснительного газа гелия (до 50 кг).

*Апогейная двигательная установка* применяется для перевода спутника с геопереходной на геостационарную орбиту и орбитальных манёвров спутника. Она расположена в центральной конической части силовой конструкции модуля служебных систем.

*Система ориентации и стабилизации* платформы обеспечивает стабилизацию и ориентацию спутника на орбите по трём осям с помощью четырёх исполнительных механизмов двигателей - маховиков. В качестве чувствительных элементов системы ориентации и стабилизации платформа использует приборы астроориентации на основе звёздных датчиков, приборы ориентации на Солнце и Землю, основу которых составляют солнечные и земные инфракрасные датчики, а также блок инерциальных гироскопов.

*Система коррекции орбитального положения* для удержания спутника по широте и по долготе в заданной области  $\pm 0.05^\circ$  использует электрические плазменные двигатели (PSS-1350) на ксеноне.

*Бортовая система электропитания*, как правило, строится на солнечных батареях типа Solarbus, использующих технологию Lightweight Panel Structure (лёгкая структура панелей) на кремниевых элементах. Максимальная выделяемая мощность в 16 кВт достигается при использовании семи панелей солнечных батарей в модификации Spacebus-4000С4. При замене кремниевых солнечных элементов на

элементы на основе арсенида галлия с тремя переходами можно увеличить общую мощность бортовой системы электропитания до 29 кВт. Но это приведёт, с учётом новой системы отвода тепла, к существенному повышению массы спутника.

*Аккумуляторные литий-ионные батареи* для платформы Spacebus-4000 поставляются французской фирмой Saft (модель VES 180).

*Система терморегулирования* платформы Spacebus-4000 использует систему пассивного и активного терморегулирования. Отвод тепла от панелей с оборудованием осуществляется теплообменниками, которые соединены с солнечными отражателями на северной и южной панелях платформы. Кроме того, бортовая система управления может включать или выключать активные нагреватели некоторых устройств и приборов и предотвращать их перегрев.

*Модуль полезной нагрузки* представляет собой H-образную структуру, которая несет на себе все ретрансляционное оборудование и антенны. Внутренняя панель крепится к несущей силовой конструкции параллельно плоскости разделения с ракетой носителем. Эта панель соединяет две другие панели (северную и южную). На всех трех панелях модуля по всей высоте платформы устанавливается ретрансляционное и вспомогательное оборудование. Антенны располагаются на Восточной и Западной сторонах МПН у основания несущей силовой конструкции. На располагающейся ближе к Земле панели крепятся перенацеливаемые антенны.

В настоящее время компании *Thales Alenia Space* и *Astrium* совместно разрабатывают новейшую мощную европейскую платформу Alphabus, совместимую с существующими средствами выведения на ГСО. Финансирование данного проекта осуществляется совместно *CNES* и *ESA* в рамках программы поддержки конкурентоспособности европейской промышленности. Бортовая СЭП платформы будет вырабатывать электрическую энергию мощностью до 25 кВт и предоставлять для МПН от 12 до 22 кВт. Стартовая масса КА будет лежать в диапазоне от 5500 до 9000 кг, а масса полезной нагрузки составит до 1400 кг. Эта платформа должна способствовать закреплению на передовых позициях поставки спутников компаний *Astrium* и *Thales Alenia Space*. Условием получения финансирования со стороны *ESA* стал отказ от модернизации предприятиями-участниками проекта существующих спутниковых платформ Spacebus 4000 и Eurostar 3000.

**Производство и поставка спутников.** За более чем тридцатилетнюю историю компания *Thales Alenia Space* произвела и запустила более 100 КА различного назначения, в том числе 69 (43 продолжает работать) коммерческих телекоммуникационных КА на ГСО. На базе существующей в настоящее время платформы Spacebus-3000/4000 и её модификаций по состоянию на декабрь 2012 года заказано 65 военных и коммерческих спутника, 54 из которых уже запущены и ещё 11 находится на разных стадиях производства.

Таким образом, на платформе Spacebus-3000/4000 с момента её появления на рынке запускается в среднем по 3.3 спутника в год и по этому показателю она уступает только платформе LS-1300 компании *Space Systems/Loral* и платформе Eurostar-3000 компании *Astrium*.

**Из 36 коммерческих телекоммуникационных КА, построенных в 2001--2013 годах на базе платформы Spacebus-3000/4000, 34 успешно выведены на ГСО. Все 34 спутника работали и работают на орбите без замечаний за исключением 8 (24%).**

**КА Arabsat-2A (Spacebus-3000B2)** запущен на орбиту 09.07.1996 года. С августа 2002 года на спутнике не работает система коррекции орбитального положения. В июле 2003 года наклонение орбиты спутника составило 1° и пользователи были переведены на КА *Arabsat 2D*. Компания *Arabsat* объявила о полной конструктивной гибели спутника и выставила страховые претензии на \$172.0 млн. В июне 2005 года *Arabsat 2A* был уведён на орбиту захоронения. САС спутника 12 лет, работал около семи лет.

**KA Nahuel 1A (SpaceBus 2000)** запущен на орбиту 31.01.1997 года. В течение 2007 года вышло из строя больше половины двигателей коррекции наклона орбиты спутника. К ноябрю 2008 года наклонение орбиты спутника возросло до 1.2°.

**KA Thaicom-3 (Spacebus-3000A)** запущен на орбиту 16.04.1997 года. В феврале 2003 года начались проблемы с приводом солнечных батарей. Оператор отключил 10 из 14 транспондеров Ku диапазона. В октябре 2006 года привод солнечных батарей перестал работать. Спутник был объявлен полностью утраченным. Получено страховое возмещение \$32.0 млн. В октябре 2006 года КА был отправлен на орбиту захоронения. САС спутника 14 лет, реальная работа лишь в течение 9 лет, три из которых с существенными ограничениями.

**KA Astra-5A (Sirius-2 / Spacebus-3000B2)** запущен на орбиту 12.11.1997 года. В январе 2009 года отказала система ориентации и стабилизации спутника. Компания SES объявила о полной конструктивной гибели спутника. **Спутник в апреле 2009 года уведён на орбиту захоронения.** САС спутника 14 лет, реальная работа в течение 11 лет, три из которых с существенными ограничениями.

**KA Eutelsat W2 (Spacebus-3000B2)**, запущен на орбиту 01.10.1998 года, 27 января 2009 года начались необъяснимые проблемы с системой ориентации и стабилизации. Спутник ушёл в режим ориентации на Солнце. Обслуживание клиентов было оперативно переведено на спутники *Eutelsat W2M, Sesat u Eurobird 16A*. Спутник *Eutelsat W2* в марте 2010 года был отправлен на орбиту захоронения. **САС спутника 12 лет, реальная работа около 11.5 лет.**

**KA Arabsat 3A (Badr-3 / Spacebus-3000B1)** запущен на орбиту 26.02.1999 года. В декабре 2001 года из-за проблем с двигателями привода одна из солнечных батарей перестала вращаться. Спутник потерял 50% мощности. В январе 2002 года компания *Arabsat* объявила о полной утрате спутника. Получено страховое возмещение \$141.0 млн. САС спутника 13 лет, работал менее трёх лет.

**KA Eutelsat W4 (Spacebus-3000B2)** запущен на орбиту 20.05.2000 года. В июне 2000 года возникли проблемы с утечкой топлива из системы ориентации и стабилизации орбитального положения спутника. Спутник был объявлен частично утраченным. Получено страховое возмещение \$2.25 млн. В настоящее время спутник работает без ограничений.

**KA Turksat-2A (Spacebus-3000B3)** запущен на орбиту 10.01.2001 года. В апреле 2003 года 12 транспондеров из 34 были выведены из оперативной деятельности из-за дефектов МПН. В настоящее время на спутнике работает 17 транспондеров из 34. Спутник был объявлен частично утраченным. Получено страховое возмещение \$16.9 млн.

**KA Atlantic Bird-1 (Spacebus-3000B3)** запущен на орбиту 28.02.2002 года. В феврале 2003 года отказал основной комплект бортового комплекса управления. В декабре 2003 года на несколько часов было прервано вещание со спутника из-за проблем с БКУ. Спутник был объявлен частично утраченным. Получено страховое возмещение \$180.0 млн.

**KA Eutelsat W5 (Spacebus-3000B2)** запущен на орбиту 20.11.2002 года. В июне 2008 года из-за проблем с двигателями привода одна из солнечных батарей перестала вращаться. Оператор в течение 2008 года выключил 9 транспондеров. В марте 2007 года по неизвестным причинам КА начал дрейфовать на запад со скоростью 0.004° в сутки. В настоящее время спутник находится в точке 70E. На спутнике включено пять транспондеров и он работает с существенными ограничениями. САС спутника будет сокращён на три года.

**KA Thaicom 5 (Spacebus-3000A)**, запущен на орбиту 27.07.2006 года, в апреле 2011 года из-за технических проблем на четыре часа прерывалось вещание всех сервисов, после чего спутник вернули в нормальную работу. В настоящее время КА работает без замечаний.

**KA RASCOM-QAF 1 (Spacebus-4000B3)** запущен на орбиту 20.12.2007 года. После первого включения апогейного двигателя из-за неисправности системы хранения топлива началась утечка гелия. **В октябре 2010 года спутник был уведён на орбиту захоронения.** САС спутника 15 лет, реальная работа составила около 2.5 лет.

**KA Ciel-2 (Spacebus-4000C4)** запущен на орбиту 10.12.2008 года. В сентябре 2011 года на несколько часов выключалась полезная нагрузка. Причина неизвестна. Вещание восстановлено через несколько часов.

**KA Eutelsat W2A (Spacebus-4000C4)** запущен на орбиту 03.04.2009 года, после запуска не открылась антенна (диаметр 12 м) полезной нагрузки S диапазона. Спутниковые операторы *Astra & Eutelsat* лишились возможности организовать мобильную связь в регионе, имеющем около 600 миллионов жителей. Спутник был объявлен частично утраченным. Получено страховое возмещение \$186.0 млн.

**KA Eutelsat W3B (Spacebus-4000C3)** запущен на орбиту 28.10.2010 года. Сразу же после запуска обнаружилось полное отсутствие окислителя, бак с которым был повреждён в процессе пуска. **Спутник был объявлен утраченным и затоплен.**

**Суммарные выплаты за страховые случаи на КА, построенные компанией Thales Alenia Space на платформах типа Spacebus-3000/4000, составили \$713.25 млн.**

В таблице 2.9 представлены сведения о сроках производства компанией *Thales Alenia Space* последних десяти спутников.

N п/п	Спутник	Платформа	Мощность, кВт	Срок производства			Оператор
				Всего, мес	Контракт	Дата запуска	
1	<b>Ciel-2</b>	Spacebus-4000C4	10.8	27	август 2006	10.12.2008	<i>SES</i>
2	<b>Eutelsat-W2A</b>	Spacebus-4000C4	11	28	ноябрь 2006	03.04.2009	<i>Eutelsat</i>
3	<b>Palapa-D1</b>	Spacebus-4000B3	8.6	39	июнь 2006	31.09.2009	<i>Indosat</i>
4	<b>Thor-6</b>	Spacebus-4000B2	6.4	28	май 2007	29.10.2009	<i>Telenor</i>
5	<b>Eutelsat-W7</b>	Spacebus-4000C3	15.8	35	декабрь 2006	24.11.2009	<i>Eutelsat</i>
6	<b>NileSat-201</b>	Spacebus-4000B3	7	26	май 2008	04.08.2010	<i>Nilesat</i>
7	<b>RASCom-QAF-1R</b>	Spacebus-4000B3	6.6	24	июль 2008	04.08.2010	<i>RASCom-QAF</i>
8	<b>Eutelsat-W3B</b>	Spacebus-4000C3	12	31	февраль 2008	28.10.2010	<i>Eutelsat</i>
9	<b>Eutelsat-W3C</b>	Spacebus-4000C3	12	30	март 2009	07.10.2011	<i>Eutelsat</i>
10	<b>APStar-7</b>	Spacebus-4000C2	10	28	ноябрь 2009	31.03.2012	<i>APStar</i>
<b>Средний срок поставки спутника на орбиту</b>				<b>29.6</b>			

Таблица 2.9. Срок поставки компанией *Thales Alenia Space* коммерческих геостационарных спутников связи и вещания.

Анализ данных, приведенных в таблице 2.9, показывает, что срок поставки коммерческих геостационарных спутников связи и вещания у компании *Thales Alenia Space* превышает только сроки изготовления КА компании *Lockheed Martin* и значительно ниже сроков изготовления спутников компаниями *Space Systems/Loral, Orbital Sciences Corporation, Astrium* и *Boeing*.

## 2.7. Спутники компании «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва».

Открытое акционерное общество (ОАО) «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва» (далее ИСС им. М.Ф.Решетнёва). До марта 2008 года «Научно-производственное объединение прикладной механики» (НПО ПМ) - передовое предприятие космической промышленности Российской Федерации, образованное в 1959 году в городе Железногорске Красноярского края. Кроме того в ИСС им. М.Ф.Решетнёва входит ещё несколько предприятий, расположенных в разных регионах страны. Компания проектирует, создаёт и поставяет спутники и бортовые системы для космических комплексов связи и вещания, навигации, геодезии и научных исследований, а также элементы наземного комплекса управления КА на круговых, эллиптических и геостационарных орбитах [28].

За время своей деятельности предприятие принимало участие в реализации более чем 30 государственных космических программ в области связи и вещания, навигации, геодезии и научных исследований. Было спроектировано, изготовлено и запущено порядка 50 различных типов КА общей численностью свыше 1200. Это больше, чем построила спутников любая другая компания мира.

ОАО ИСС им. М.Ф.Решетнёва долгое время занимает позицию российского лидера в области создания спутников и успешно действует в условиях мировой рыночной конкуренции. Ведущие мировые компании спутниковой отрасли Европы (EADS Astrium и Thales Alenia Space), Японии (Nippon Electric Corporation, NEC), Канады (MacDonald, Dettwiler and Associates Ltd., MDA) и других стран мира сотрудничают и покупают космическую продукцию ИСС им. М.Ф.Решетнёва.

**Некоторые сведения о платформах ИСС им. М.Ф.Решетнёва.** Корпорация в последнее 15 лет производила коммерческие геостационарные КА на базе платформ МСС-740, МСС-727, МСС-767, Экспресс-1000 и Экспресс-2000. Все эти платформы предназначены для создания телекоммуникационных спутников связи во всём спектре услуг фиксированной и подвижной спутниковых служб.

Спутниковые платформы МСС-740, МСС-727, МСС-767 представляют собой модернизированный вариант платформы КАУР-4. Космический Аппарат Унифицированного Ряда (КАУР) это общее название спутниковых платформ НПО ПМ, каковых оно создало четыре типа, а, именно: КАУР -1, -2, -3, -4. В основу конструкции платформы положен герметичный контейнер, внутри которого устанавливались приборы и оборудование обслуживаемых систем. Часть бортовых систем и агрегатов (аккумуляторы, солнечные батареи, двигательные блоки, топливные баки, радиаторы системы охлаждения и элементы системы отделения) располагались вне герметичного контейнера.

**Спутниковая платформа МСС-740** относится к четвертому унифицированному ряду платформ НПО ПМ, впервые разработанному для КА специального назначения «Гейзер» (первый запуск произошёл в 1982 году) и «Луч» (первый запуск осуществлён в 1985 году). Модуль служебных систем МСС-2500-01ГСО этого ряда существенно отличается от предыдущих платформ. Во-первых, в составе бортового комплекса управления (БКУ) впервые применена цифровая вычислительная машина. Во-вторых, в составе системы коррекции орбитального положения по долготе и наклонению впервые применена электрическая реактивная двигательная установка на базе стационарных плазменных двигателей, работающих на ксеноне. В-третьих, в составе системы ориентации и стабилизации орбитального положения спутника используется двигательная установка с термokatалитическими гидразиновыми двигателями. В-четвертых, солнечные батареи обеспечивают мощность системы электропитания вдвое выше, чем у КАУР-3. В-пятых, трехосная система ориентации обеспечивает удержание орбитального положения КА с погрешностью  $0.1^\circ$ , что в 5 раз выше, чем у КАУР-3.

**Спутниковая платформа МСС-727** (доработанная специальным образом платформа МСС-740 под САС 10 лет и повышенную энергетику) использовалась для создания единственного спутника *Sesat* (Siberia Europe Satellite / Сибирско-европейский спутник) - самого успешного до настоящего времени проекта *ИСС им. М.Ф.Решетнёва*. Контракт между *Eutelsat* и НПО ПМ на разработку, изготовление и запуск КА был подписан 4 августа 1995 года, а запуск спутника состоялся только 18 апреля 2000 года. Главным исполнителем по спутнику *Sesat* являлось НПО ПМ, а полезную нагрузку изготовила французская фирма *Alcatel Space Industries*. Это был первый в истории *ИСС им. М.Ф.Решетнёва* КА, имеющий срок активного существования 10 лет.

С проекта спутника *Sesat* началась реальная интеграция российской и европейской технологий разработки и изготовления спутников. В НПО ПМ для обеспечения срока активного существования спутника в 10 лет была создана новая система управления проектом и развернуто практически новое производство с высокой чистотой помещений и требованиями к комплектующим изделиям. Там где российская промышленность не могла обеспечить требования, предъявляемые к элементной базе, отечественные комплектующие менялись на зарубежные (оптические датчики для систем ориентации и стабилизации были поставлены французской фирмой *Sodern*).

По контракту спутник *Sesat* должен был быть выведен на орбиту в октябре 1998 года. Однако в ходе работ по созданию спутника возникали проблемы как финансового, так и технического плана. Адаптация существующей отечественной платформы типа КАУР-4 к новой французской полезной нагрузке привела к сокращению числа транспондеров с 24 до 18, а срок запуска спутника существенно сдвинулся. К этим причинам добавились проблемы со средствами выведения (две аварии РН «Протон-К») и замена одной серии ракет на другую. Поэтому запуск состоялся только в апреле 2000 года на 17 месяцев позже, чем требовалось по контракту.

**Спутниковая платформа МСС-767**, представляет собой дальнейшую модернизацию платформы МСС-727/740. Эта платформа по ряду позиций существенно отличается от предыдущих платформ. Впервые гарантированный производителем САС отечественных спутников составил 10 лет, а технический ресурс бортовых систем и агрегатов 10 лет. Солнечные батареи обеспечивают мощность системы электропитания отдаваемой на полезную нагрузку на 40% выше, чем у МСС-727 и в три раза выше, чем у МСС-740, что позволило существенно увеличить число транспондеров модуля полезной нагрузки. Система ориентации и стабилизации совместно с системой коррекции впервые обеспечили удержание орбитального положения по долготе и наклонению с погрешностью  $0.05^\circ$ , что в два раза выше, чем у предшественников. На этой платформе окончательно сформировалось деление спутника на модуль служебных систем и модуль полезной нагрузки в смысле их интерфейса, параллельного изготовления и заводских испытаний. Однако конструкция платформы по-прежнему базировалась на герметичном контейнере.

В первом десятилетии XXI века *ИСС им. М.Ф.Решетнёва* разработало семейство спутниковых платформ типа *Экспресс-1000* и *Экспресс-2000* в негерметичном исполнении, как и все основные мировые производители спутников. На базе этих платформ и их модификаций предприятие создаёт новые перспективные коммерческие геостационарные спутники связи и вещания.

**Семейство спутниковых платформ *Экспресс-1000* (*Экспресс-1000А*, *Экспресс-1000К*, *Экспресс-1000Н* и *Экспресс-1000SH*)** и представлена предприятием на международный рынок в 2008 году. Все коммерческие геостационарные КА на базе этой платформы оснащаются модулями полезной нагрузки производства европейской компании *Thales Alenia Space*. Это первая спутниковая платформа, на которой применяются *литий-ионные аккумуляторные батареи* фирмы *Saft* и звездный датчик производства компании *Sodern*.

**Спутниковая платформа *Экспресс-2000*** (в модификации *Экспресс-2000А* используется авионика компании *Thales Alenia Space*), как и большинство современных спутниковых платформ, представляет негерметичную платформу, обладает высокой степенью унификации и

состоит из модуля служебных систем и модуля полезной нагрузки. Платформа совместима только с российскими средствами выведения на ГСО, поэтому в её составе отсутствует апогейная двигательная установка. Платформа Экспресс-2000 сочетает в себе передовые космические технологии и многолетний опыт разработки и применения спутниковых платформ различного класса, разработанных *ИСС им. М.Ф. Решетнёва*. Платформа использует: электрические двигательные установки на базе высокоэффективных плазменных двигателей на ксеноне; активные жидкостные системы терморегулирования; передовую технологию построения бортового управления, обеспечивающую автономную эксплуатацию спутника без контактов с землёй в течение длительного периода; многоуровневую систему обеспечения живучести КА и технологию прямого выведения спутников на ГСО.

*Несущая силовая конструкция спутника* представляет собой силовую углепластиковую трубу с навесными термостатированными сотовыми панелями, которые используются для отвода тепла от оборудования платформы и полезной нагрузки. Вокруг силовой несущей конструкции монтируются на несущих рамах аккумуляторные батареи и топливные баки, которые придают ей дополнительную прочность.

*Бортовой комплекс управления* спутниковой платформы объединяет аппаратные и программные средства, обеспечивающие обработку информации и решение задач организации внутреннего автономного контура управления спутника, организация информационно-логического взаимодействия с внешним контуром управления, обеспечение, поддержание и распределение аппаратных и программных ресурсов для работы контуров управления бортовых систем КА. БКУ строится на основе бортового интегрированного вычислительного комплекса, включающего в свой состав вычислительный комплекс и систему сбора ТМ-информации. Модульная структура аппаратно-программных средств обеспечивает оптимальную адаптацию БКУ под различные модификации и типы КА.

*Система ориентации и стабилизации орбитального положения* предназначена для решения следующих задач: проведения режима успокоения и начальной ориентации спутника; обеспечения режима поиска Солнца после отделения КА от разгонного блока и поддержания режима постоянной солнечной ориентации аппарата; поиска Земли и поддержания ориентации на Землю; ориентации перенацеливаемых антенн модуля полезной нагрузки; обеспечения трехосной стабилизации КА в орбитальной системе координат в течение всего срока активного существования, в том числе и при проведении всех видов коррекции орбиты; управления ориентацией солнечных батарей на Солнце; участия в организации режима закрутки (режим живучести спутника) и восстановления ориентации при выходе из режима закрутки.

В качестве чувствительных элементов в системе ориентации и стабилизации используются приборы астроориентации на основе звёздных датчиков, приборы ориентации на Солнце и Землю, основу которых составляют солнечные и земные инфракрасные датчики, а также блок инерциальных гироскопов.

В качестве исполнительных органов в системе ориентации и стабилизации спутника применяются гиродины и электро-термокаталитические гидразиновые двигатели для управления ориентацией в начальных режимах и режиме солнечной ориентации и разгрузки маховиков, установленных на двухступенных приводах. Однокомпонентная двигательная установка на базе электро-термокаталитических двигателей работает на гидразине, в качестве вытеснителя используется азот. Удельный импульс тяги двигательной установки системы ориентации и стабилизации в импульсном режиме работы  $169 \pm 9$  с. Для обеспечения одноосной ориентации панелей солнечных батарей используется отдельный резервируемый привод на каждое крыло.

*Система коррекции орбитального положения* предназначена для устранения ошибок средств выведения и приведения спутника в точку стояния на геостационарной орбите, удержания спутника в заданной области орбиты, перевода КА из одной орбитальной позиции в другую, создания управляющих моментов для ориентации и стабилизации спутника и увода спутника на орбиту захоронения после завершения

штатной эксплуатации. В системе коррекции орбитального положения для удержания КА по долготе и наклонению используется электрореактивная двигательная установка (ЭРДУ) на базе стационарных плазменных двигателей, работающих на ксеноне. В двигательной установке системы коррекции орбитального положения спутниковой платформы Экспресс-2000 применяется двигатель КМ-100 с повышенным удельным импульсом до 2750 с, что более чем в пятнадцать раз превышает удельный импульс тяги двигательной установки системы ориентации и стабилизации.

*Бортовая система электропитания* предназначена для генерирования, хранения, стабилизации и распределения по основной и служебной шинам питания электрической энергии в процессе всего срока эксплуатации спутника. Платформа использует 12 панелей солнечных батарей с фотопреобразователями на основе текстурированного кремния или трёхкаскадного арсенида галлия и выделяет мощность до 17 кВт. Поверхность раскрытых панелей составляет около 72 м<sup>2</sup> и весит около 100 кг. *Аккумуляторные батареи*, которыми оснащается платформа, представляют собой литиево-ионные аккумуляторы французской фирмы Saft (модель VES 180).

*Система терморегулирования* платформы предназначена для поддержания в заданных температурных диапазонах оборудования платформы и модуля полезной нагрузки в процессе наземных испытаний, выведения на орбиту, штатной эксплуатации. На платформе применена циркуляционная жидкостная подсистема терморегулирования с регулируемым жидкостным контуром в сочетании с пассивными средствами - замещающим электрическим обогревом и локальными обогревателями. Система терморегулирования платформы включает термостатируемые сотовые панели приборного блока платформы, дополнительные радиационные поверхности на северной и южной панелях модуля полезной нагрузки и раскрываемые двусторонние радиаторы с суммарной радиационной площадью 16 м<sup>2</sup>, расположенные на корпусе.

В настоящее время *ИСС им. М.Ф.Решетнёва* создаёт на базе платформы Экспресс-2000 три коммерческих геостационарных спутника связи и вещания (*Экспресс-АМ5 и Экспресс-АМ6 в кооперации с канадской компанией MDA и Ямал-401 совместно с Thales Alenia Space*).

В таблице 2.10 представлены обобщённые характеристики спутниковых платформ *ИСС им. М.Ф.Решетнёва*.

Семейство космических платформ ИСС им. М.Ф.Решетнёва					
Тип платформы	КАУР-4			Экспресс	
	МСС-740	МСС-727	МСС-767	Экспресс-1000А/К/Н/SH	Экспресс-2000
Масса, кг	2600	2600	2600	830 - 2000	3060 - 3200
Масса полезной нагрузки, кг	440	510	620	200 - 500	1000 - 1350
Мощность выделяемая для ПН, кВт	1.3 - 1.55	3.2	4.41	2.0 - 5.6	4.6 - 12.5
Мощность системы электропитания, кВт	3.5	5.3	6.5	4.0 - 8.0	7.5 - 17.0
Срок активного существования, лет	7	10	12	15	15

Таблица 2.10. Обобщённые характеристики семейства космических платформ *ИСС им. М.Ф.Решетнёва*.

**Производство и поставка спутников.** В 1965 году ИСС им. М.Ф.Решетнёва произвело успешный запуск первого собственного спутника и до настоящего времени разработало и вывело на орбиты свыше 1200 КА. Доля ИСС на отечественном рынке по числу изготовленных и запущенных КА в 2010 году составила 58% (15 спутников из 26), а в 2011 году – 44% (12 КА из 27). На мировом рынке доля ИСС по числу изготовленных и запущенных КА составила в 2010 году – 16% (15 спутников из 92), а в 2011 году – 9% (12 КА из 131).

В последние пять лет компания ИСС им. М.Ф.Решетнёва вышла на пятое место в мире по размещённым заказам на производство малых и средних коммерческих геостационарных спутников связи и вещания (11).

С 1965 по настоящее время на базе платформ типа КАУР (МСС-740, МСС-727, МСС-767) и их модернизированных вариантов были построены около 500 спутников связи военного и гражданского назначения.

**На базе платформы МСС-740** произведено шесть коммерческих геостационарных КА *Экспресс-11*, *Экспресс-12*, *Экспресс-А1*, *Экспресс-А2*, *Экспресс-А3* и *Экспресс-А4*, пять из которых успешно доставлены на орбиту. КА *Экспресс-А1* утрачен при запуске в 1999 году.

**КА Экспресс-11** был выведен на орбиту 13.10.1994 года. Сразу же после запуска в конце 1994 года на спутнике отказали оба ствола Ку диапазона, а также один из стволов С диапазона. В течение 1988 года на спутнике отказали локальный коммутатор бортовой системы телеизмерений, один комплект передатчиков бортовой командно-измерительной системы и автоматики управления процессом зарядки одного из двух блоков аккумуляторных батарей и один из вентиляторов системы терморегулирования. В целом КА проработал по целевому назначению 5 лет и 8 месяцев, но с существенными ограничениями по применению.

**КА Экспресс-12** был выведен на орбиту 26.09.1996 года. Сразу же после запуска в 1996 году на спутнике отказали оба ствола Ку диапазона. В 1998 году на спутнике отказали основной и резервный комплект ЭРДУ коррекции спутника по наклонению, на 50% уменьшилась тяга ЭРДУ коррекции спутника по направлению восток-запад и отказал один звёздный датчик. КА проработал по целевому назначению без коррекции по наклонению и с другими существенными ограничениями до марта 2003 года (6.5 лет).

**КА Экспресс-А2** был запущен 12.03.2000 года и работает на орбите до настоящего времени без коррекции по наклонению, которое в июне 2012 года достигло величины 5.8°. В феврале 2006 года отказал последний комплект ЭРДУ коррекции спутника по наклонению. По долготе коррекция КА продолжается. Таким образом, этот спутник превысил свой пятилетний САС более чем в два с половиной раза.

**КА Экспресс-А3** был запущен на орбиту 24.06.2000 года. В течение девяти лет КА работал исправно, но в 2009 году отказали исполнительные элементы системы ориентации спутника на Землю. В августе 2009 года КА был выведен из эксплуатации и уведен на орбиту захоронения. В целом спутник превысил гарантированный производителем САС (5 лет) почти в два раза.

**КА Экспресс-А4** был запущен на орбиту 10.04.2002 года и работает на орбите до настоящего времени. С декабря 2003 года по февраль 2004 года отказали основная и резервная ЭРДУ коррекции спутника по наклонению. КА объявлен частично утраченным. Получено страховое возмещение в размере \$26.0 млн. В феврале 2004 года для коррекции орбитального положения КА по наклонению была включена экспериментальная ЭРДУ типа Т-120. Из-за нехватки рабочего тела 15.07.2009 года коррекция по наклонению прекращены. В июне 2012 года наклонение орбиты спутника достигло 2.5°. Срок эксплуатации КА превысил гарантированный производителем САС более чем в два раза.

**КА Sesat** создан на базе платформы МСС-727 (модернизированная платформа МСС-740). Запуск спутника состоялся 18.04.2000 года. Это был первый в истории ИСС им. М.Ф.Решетнёва спутник, имеющий САС 10 лет, и самый успешный на сегодня проект предприятия. На

спутнике до настоящего времени работают 17 из 18 транспондеров. КА *Sesat* продолжает успешно работать на орбите более 13 лет, перевыполнив контрактные обязательства своих создателей.

**На базе платформы МСС-767 в период** с 2003 года по 2009 год были созданы и успешно запущены на орбиту семь КА (*Экспресс-AM22*, *Экспресс-AM11*, *Экспресс-AM1*, *Экспресс-AM2*, *Экспресс-AM3*, *Экспресс-AM33* и *Экспресс-AM44*). В настоящее время только четыре спутника (*Экспресс-AM22*, *Экспресс-AM3*, *Экспресс-AM33* и *Экспресс-AM44*) продолжают работать на орбите без ограничений и два спутника (*Экспресс-AM1* и *Экспресс-AM2*) работают не более 12 часов в сутки каждый.

**КА Экспресс-AM11** был успешно запущен на орбиту 26.04.2004 года и утрачен на орбите 29.03.2006 года из-за мгновенной разгерметизации жидкостного контура системы терморегулирования, приведшей к резкому выбросу теплоносителя. Это привело к возникновению значительного возмущающего момента и, как следствие, потере ориентации и вращению КА.

Заявлена полная конструктивная гибель. Получено страховое возмещение в размере \$46.0 млн. Спутник 30.03.2006 года был уведен на орбиту захоронения.

Авария вероятнее всего произошла по причине разрыва трубопровода жидкостного контура системы терморегулирования, а не воздействия космического мусора. Точно такая же авария с разгерметизацией жидкостного контура системы терморегулирования и выбросом теплоносителя произошла в августе 2007 года на спутнике связи «*Меридиан-1*», сделанном в НПО ПМ. Ещё несколько похожих случаев с резким выбросом теплоносителя произошли с геостационарными КА специального назначения.

**КА Экспресс-AM1** был успешно запущен на орбиту 30.10.2004 года. В конце апреля 2010 года на спутнике отказала система коррекции орбитального положения и его наклонение по состоянию на июнь 2012 года составляет 1.8°. С мая 2012 года из-за отказа устройства поворота солнечных батарей спутник используется по целевому назначению не более 10 часов в сутки.

Спутник объявлен частично утраченным. Получено страховое возмещение в размере \$44.0 млн.

**КА Экспресс-AM2** был успешно запущен на орбиту 30.03.2005 года. С марта 2009 года спутник из-за отказа устройства поворота солнечных батарей используется по целевому назначению не более 12 часов в сутки. Проблемы с системой электропитания на этом КА возникли в конце декабря 2007 года. Спутник объявлен частично утраченным. Страховое возмещение находится в стадии согласования.

**КА Экспресс-AM22, Экспресс-AM3, Экспресс-AM33 и Экспресс-AM44** успешно запущены на орбиту 29.12.2003 года, 24.06.2005 года, 28.01.2008 года и 11.02.2009 года, соответственно, и в настоящее время работают на орбите при отдельных отказах бортовых систем, не влияющих на выполнение целевых функций.

**На базе платформы Экспресс-1000** и её модификаций созданы коммерческие спутники *Amos-5*, *Telcom-3* и *Ямал-300К*. В стадии производства находятся спутники *Экспресс-AT1*, *Экспресс-AT2*, *Экспресс-AM8*, *Lybid*, *KazSat-3* и *AOneSat-1*.

Первый контракт на производство коммерческого спутника *Amos-5* на базе платформы Экспресс-1000Н был заключён 30.07.2008 года. Полезную нагрузку предоставляет компания *Thales Alenia Space*. На этом спутнике *ИСС им. М.Ф. Решетнева* впервые установило литий-ионные аккумуляторные батареи фирмы *Saft* и звездный датчик компании *Sodern*. КА успешно запущен на орбиту 11.12.2011 года. Успешно выведен на ГСО в декабре 2012 года КА *Ямал-300К*, а спутник *Telcom-3* утрачен при запуске.

В 2013 году подписан контракт на создание спутника *AOneSat-1* для бразильского спутникового оператора.

На базе платформы **Экспресс-2000** заключены контракты на создание КА *Ямал-401*, *Экспресс-AM5* и *Экспресс-AM6*. Спутник *Экспресс-AM5* запущен на орбиту в декабре 2013 года. Иных заказов на эту платформу пока нет.

Самая мощная платформа **Экспресс-4000** представлена *ИСС им. М.Ф.Решетнёва* на рынок в 2009 году, но, пока, ни одного контракта на изготовление спутника на базе платформы **Экспресс-4000** предприятие не подписало.

*Замечу, что ни один производитель в течение пятнадцати последних лет не создавал более двух платформ для коммерческих спутников связи и вещания, в то время как ИСС имени академика М.Ф.Решетнёва создало пять типов базовых платформ и несколько вариантов их модификации.*

С каждым новым типом спутниковой платформы *ИСС им. М.Ф.Решетнёва* растут размеры и мощность спутников, при незначительном увеличении их массы, что связано с ограничениями, диктуемыми отечественными средствами выведения. За последние пятнадцать лет общая масса КА возросла только на 600 кг, в то время как мощность бортовой системы электропитания платформы увеличилась в 5 раз.

В таблице 2.11 представлены сведения о сроках производства *ОАО ИСС им. М.Ф.Решетнёва* последних десяти коммерческих КА.

N п/п	Спутник	Платформа	Мощность, кВт	Срок производства			Оператор
				Всего, мес	Контракт	Дата запуска	
1	<i>Экспресс-AM11</i>	MCC-767	6.5	43	август 2000	26.04.2004	<i>ГП КС</i>
2	<i>Экспресс-AM1</i>	MCC-767	6.5	51	июнь 2000	30.10.2004	<i>ГП КС</i>
3	<i>Экспресс-AM2</i>	MCC-767	6.5	57	июнь 2000	30.03.2005	<i>ГП КС</i>
4	<i>Экспресс-AM3</i>	MCC-767	6.5	59	июнь 2000	24.06.2005	<i>ГП КС</i>
5	<i>Экспресс-AM33</i>	MCC-767	6.5	39	сентябрь 2004	28.01.2008	<i>ГП КС</i>
6	<i>Экспресс-AM44</i>	MCC-767	6.5	52	сентябрь 2004	11.02.2009	<i>ГП КС</i>
7	<i>Amos-5</i>	Экспресс 1000H	8.0	40	июль 2008	11.12.2011	<i>Spacecom</i>
8	<i>Telcom-3</i>	Экспресс 1000H	8.0	40	март 2009	05.08.2012	<i>Telekomunikasi</i>
9	<i>Ямал-300K</i>	Экспресс 1000H	8.0	43	январь 2009	30.08.2012	<i>ГКС</i>
10	<i>Экспресс-AM5</i>	Экспресс 2000	14.0	52*	август 2009	27.12.2013	<i>ГПКС</i>
<b>Средний срок поставки спутника на орбиту</b>				<b>47,6</b>			

\* - срок изготовления КА по контракту с Заказчиком (ГПКС) - 29 месяцев

Таблица 2.11. Срок поставки *ОАО ИСС им. М.Ф.Решетнёва* коммерческих геостационарных спутников связи и вещания.

Анализ данных, приведенных в таблице 2.11, свидетельствует о том, что средний срок поставки коммерческих геостационарных спутников связи и вещания *ОАО ИСС им. М.Ф.Решетнёва* составляет почти 4 года и превышает средние сроки изготовления КА компаний *Lockheed Martin*, *Thales Alenia Space*, *Space Systems/Loral*, *Orbital Sciences Corporation*, *Astrium*, *Boeing* и китайской *CAST*.

В таблице 2.12, приведены данные о среднем сроке активного существования всех произведенных по 2013 год 146 геостационарных спутников производства *ИСС им. М.Ф.Решетнёва*, из которых 131 был успешно доставлен на целевую орбиту.

Платформа КАУР-3 (105 спутников запущено, из них успешно – 93)							
Название	Индекс	Годы запуска	Запущено: всего/успешно	Масса КА, кг	Мощность КА, кВт	ГСАС, лет	САС
Грань (Радуга)	11Ф638	1975 — 1990	27/26	2000	1,25	3	
Грань (Радуга)	11Ф638	1991 — 1999	8/6	2000	1,25	3	
Экран	11Ф647	1976 — 1988	21/17	2000	1,28	1-3	около 1 года
Экран-М	11Ф647М	1987 — 2001	6/4	2100	1,8	3	8 лет 5 мес
Горизонт	11Ф662	1978 — 1990	23/21	2200	1,8	3	6 лет
Горизонт	11Ф662	1991 — 2000	12/11	2200	1,8	3	10 лет 5 мес
Радуга-1 / Глобус	17Ф15	1989 — 2009	8/8	2420	1,6	3	6 лет 4 мес
Платформа КАУР-4 (36 спутников запущено, из них успешно – 34)							
Гейзер	11Ф663	1982—1900	6/6	2300	1,7	3	5 лет 7 мес
Гейзер	11Ф663	1991—2000	4/4	2300	1,7	3	5 лет 7 мес
Альтаир (Луч-1)	11Ф669	1985—1994	5/4	2400	1,75	3	5 лет 5 мес
Гелиос (Луч-2)		1995	1/1	2400	1,75	3	3 года
Галс	17Ф71	1994—1995	2/2	2500	2,4	5	4 года 8 мес
Экспресс	11Ф639	1994—1996	2/2	2500	2,4	5	6 лет 1 мес
Экспресс-А		1999—2002	4/3	2600	2,4	7	более 12
SESAT		2000	1/1	2600	5,3	10	14 лет
Экспресс-АМ		2003—2010	7/7	2600	6,3-6,8	12	не выше 6 лет
Радуга-1М (Глобус-1М)	17Ф15М	2007—2013	3/3	---		10-12	6 лет
Гарпун		2011	1/1	---			
Платформа Экспресс-1000 (5 спутников запущено, из них успешно – 4)							
Луч-5А		11.12.2011	1/1			15	
Амос-5		11.12.2011	1/1			15	
Telcom-3		06.08.2012	1/0			15	
Луч-5В		02.11.2012	1/1			15	
Ямал-300К		02.11.2012	1/1			15	

Таблица 2.12. Средний САС произведенных с 1975 по 2013 годы геостационарных спутников *ИСС им. М.Ф.Решетнёва*.

На диаграмме 2.1 представлены сведения о среднем САС геостационарных спутников *ИСС им. М.Ф.Решетнёва* гражданского назначения, произведённых в 1980-е, 1990-е и 2000-е годы. Для 1980-х годов приведен САС для КА Горизонт и КА Экран. Для 1990-х годов представлен САС для КА Горизонт и КА Экран-М. В 2000-е годы *ИСС им. М.Ф.Решетнёва* производило только спутники типа Экспресс-АМ.

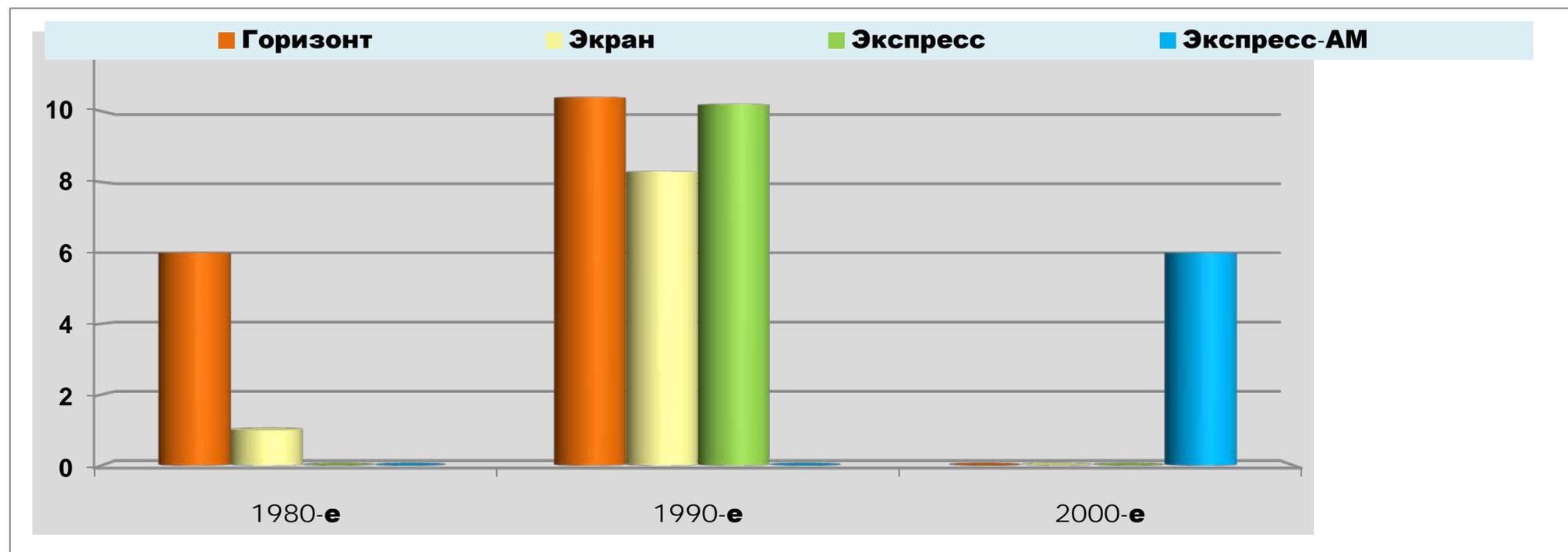


Диаграмма 2.1. Изменение среднего САС спутников, произведённых *ИСС им. М.Ф.Решетнёва* в 1980-е, 1990-е и 2000-е годы.

Из представленных в таблице 2.12 и на диаграмме 2.1 данных следует, что наивысшего среднего срока активного существования превышающего 10 лет (КА типа Горизонт и Экспресс) или близкого к этой цифре (КА типа Экран-М), производимые *ИСС им. М.Ф.Решетнёва* спутники гражданского назначения разных типов достигли в 1990-е годы. Средний САС, созданных этим предприятием спутников типа Экспресс-АМ, пока не превышает 6 лет и находится на уровне, достигнутом этим же предприятием в 1980-е годы для спутников типа Горизонт.

Таким образом, несмотря на то, что в 1990-е годы спутники, производимые *ИСС им. М.Ф.Решетнёва*, создавались исключительно из отечественных электронных и радиотехнических комплектующих, их средний САС был весьма близок к среднему европейскому и немного уступал уровню, достигнутому спутниковыми компаниями США. В 2000-е годы отечественные спутниковые компании, в том числе и *ИСС им. М.Ф.Решетнёва*, стали использовать зарубежные электронные и радиотехнические комплектующие, средний САС КА гражданского назначения снизился почти вдвое.

### 3. Анализ отказов бортовых систем на успешно запущенных коммерческих геостационарных спутниках.

В таблице 3.1 представлены сведения о производстве и эксплуатации коммерческих спутников основных спутникостроительных компаний мира.

Компания	Платформа	Поставка первого КА	Всего изготовлено	Утрачено при запуске	Поведение КА на геостационарной орбите		
					Всего на ГСО	Число отказов, приведших к перерывам связи и вещания	Число КА, утраченных на орбите до окончания ГСАС
<b>Lockheed</b>	<b>A2100</b>	<b>1996</b>	<b>50</b>	<b>1</b>	<b>49</b>	<b>11 (22%)</b>	<b>3 (7%)</b>
<b>Orbital</b>	<b>Star-1</b>	<b>1997</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1 (33%)</b>	<b>-</b>
	<b>Star-2</b>	<b>2002</b>	<b>30</b>	<b>-</b>	<b>30</b>	<b>4 (13%)</b>	<b>-</b>
<b>Boeing</b>	<b>BSS-376</b>	<b>1981</b>	<b>58</b>	<b>2</b>	<b>56</b>	<b>6 (11%)</b>	<b>-</b>
	<b>BSS-601</b>	<b>1992</b>	<b>54</b>	<b>6</b>	<b>48</b>	<b>22 (46%)</b>	<b>9 (19%)</b>
	<b>BSS-702</b>	<b>1999</b>	<b>24</b>	<b>2</b>	<b>22</b>	<b>9 (41%)</b>	<b>2 (9%)</b>
<b>Loral</b>	<b>LS-1300</b>	<b>1990</b>	<b>92</b>	<b>2</b>	<b>90</b>	<b>17 (19%)</b>	<b>5 (6%)</b>
<b>Astrium</b>	<b>E-2000</b>	<b>1991</b>	<b>23</b>	<b>2</b>	<b>21</b>	<b>10 (48%)</b>	<b>1 (5%)</b>
	<b>E-3000</b>	<b>2004</b>	<b>28</b>	<b>1</b>	<b>27</b>	<b>2 (7%)</b>	<b>-</b>
<b>Thales</b>	<b>2000</b>	<b>1990</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>2 (22%)</b>	<b>-</b>
	<b>3000/4000</b>	<b>1996</b>	<b>36</b>	<b>2</b>	<b>34</b>	<b>14 (41%)</b>	<b>4 (12%)</b>
<b>ISS Reshetnev</b>	<b>MCC-727</b>	<b>2000</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
	<b>MCC-740</b>	<b>1994</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>4 (60%)</b>	<b>-</b>
	<b>MCC-767</b>	<b>2003</b>	<b>7</b>	<b>-</b>	<b>7</b>	<b>5 (43%)</b>	<b>2 (29%)</b>
	<b>Э-1000</b>	<b>2011</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
	<b>Э-2000</b>	<b>2013</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

Таблица 3.1. Производство и эксплуатация коммерческих спутников основных спутникостроительных компаний мира.

Из представленных в таблице 3.1 данных следует, что лучшими в мире в смысле надёжности являются платформы: Eurostar-3000 компании *Astrium* (пока ни один КА не отработал на орбите 10 лет); BSS-376 компании *Boeing* и Star-2 компании *Orbital Sciences Corporation*.

В течение 33 лет компании *Boeing* строила коммерческие спутники на базе трёх типов платформ BSS-376 (2 модификации), BSS-601 (2 модификации) и BSS-702 (3 модификации). *Orbital Sciences Corporation*, *Thales Alenia Space* и *Astrium* создавали свои спутники на базе двух платформ Star-1 и Star-2 (4 модификации), Eurobus-2000 и Eurobas-3000/4000 (6 модификаций), Eurostar-2000 и Eurostar-3000 (3 модификации).

В период с 1988 по 2013 год ОАО *ИСС имени академика Решетнёва* строила КА на базе шести платформ: КАУР-4, MCC-727, MCC-740, MCC-767, *Экспресс-1000* (платформа имеет 4 модификации) и *Экспресс-2000*. В итоге ни одна платформа не отработана до приемлемого качества, так как число спутников, созданных на базе любой из последних пяти платформ меньше десятка.

Как уже было сказано, спутник включает платформу и модуль полезной нагрузки. В свою очередь платформа состоит из: бортового комплекса управления; системы электропитания; системы ориентации и стабилизации; системы коррекции орбитального положения спутника с двигательной установкой; системы терморегулирования и механической системы (несущей силовой конструкции). Число отказов бортовых систем на успешно запущенных коммерческих геостационарных спутниках связи и вещания, построенных на базе платформ A2100, Star-2, BSS-601/702, LS-1300, Eurostar-2000/3000, Spacebus-2000/3000/4000 и их модификаций, приведено на диаграмме 3.1.

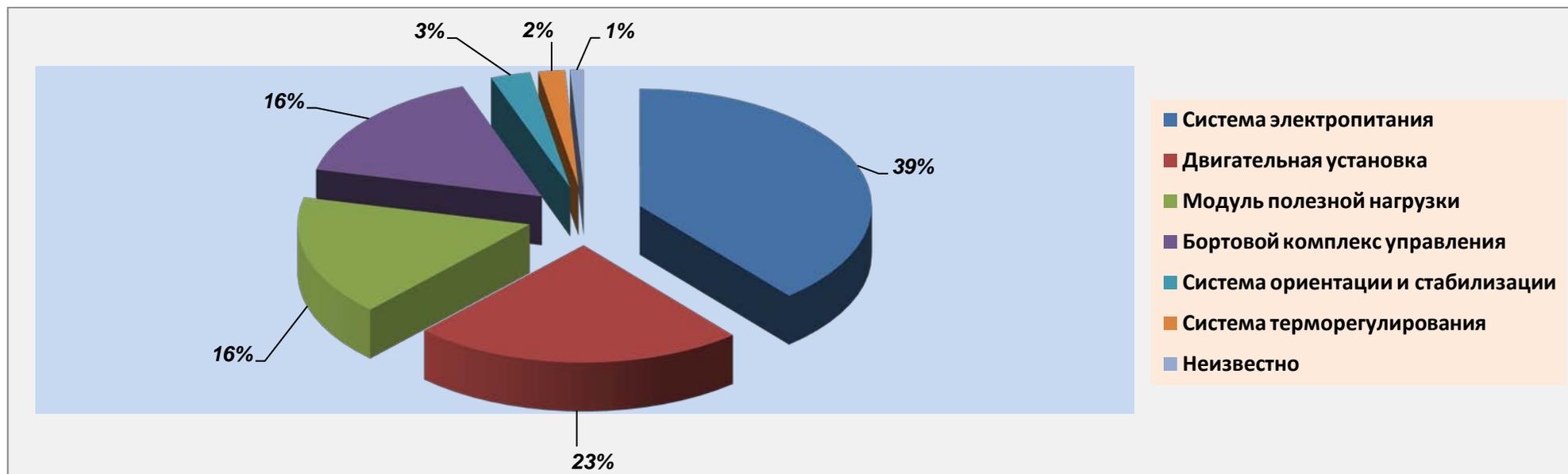


Диаграмма 3.1. Отказы бортовых систем платформ A2100, Star-2, BSS-601/702, LS-1300, Eurostar-2000/3000, Spacebus-2000/3000/4000 и их модификаций.

Из данных, представленных на диаграмме 3.1, следует, что наибольшее число отказов бортовых систем приходится на долю неисправностей системы электропитания (42). Следом, по числу случаев, идут отказы системы коррекции и двигательной установки системы ориентации и стабилизации (25), включая отказы системы хранения топлива, затем - отказы элементов МПН (18) и неисправности бортового комплекса управления (17). Число отказов прочих систем платформы незначительно и не превышает в сумме 6%.

В отказах системы электропитания преобладают неисправности солнечных батарей, включая устройства привода крыльев, на их долю приходится 35 отказов из 42, в то время как на отказы элементов управления системой электропитания и отказы аккумуляторных батарей приходится всего 7 событий.

Среди отказов БКУ основные неисправности (16) приходятся на долю отказов процессоров (основного и резервного) бортовой цифровой вычислительной машины и только одно событие связано с отказом аппаратуры бортовой командно-измерительной системы.

В отказах модуля полезной нагрузки в начале анализируемого периода (1997-2002 годы) преобладали отказы усилителей мощности (лампы бегущей волны). В последнее время участились случаи нераскрытия антенных систем: *KA Eutelsat W2A* (Spacebus-4000C4) запущен на орбиту 03.04.2009 года, после запуска не открылась антенна S диапазона; *KA New Dawn* (Star-2), запущен в апреле 2011 года для спутникового оператора *Intelsat*, не раскрылась антенна С диапазона. *KA Telstar-14R* (*Estrela do Sul-2*) запущен 20.05.2009 года, на ГСО не раскрылась северная солнечная батарея.

Отказы бортовых систем и агрегатов коммерческих геостационарных спутников в последние пятнадцать лет происходили весьма неравномерно. На диаграмме 3.2 представлены данные о количестве отказов бортовых систем КА, приведших к страховым случаям и общем количестве зафиксированных неисправностей спутников, то есть неисправностей вызвавших краткосрочные перерывы вещания и связи в последние пятнадцать лет.



Диаграмма 3.2. Количество зафиксированных отказов аппаратуры КА и число страховых случаев в последние пятнадцать лет.

Анализ данных, приведенных на диаграмме 3.2, свидетельствует об устойчивой долговременной тенденции повышения качества коммерческих геостационарных спутников связи и вещания. Как следует из графиков отказов бортовых систем и агрегатов их количество

последовательно уменьшилось в последние 7-8 лет эксплуатации спутников связи и вещания. При этом за те же последние 7-8 лет общее количество геостационарных спутников связи и вещания выросло примерно с 260 в 2003 году до 306 (18%).

Таким образом, можно сказать, что новые платформы A2100 компании *Lockheed Martin*, Star-2 компании *Orbital*, BSS-702 компании *Boeing*, LS-1300 компании *Space Systems/Loral*, Eurostar-3000 компании *Astrium* и Spacebus-4000 компании *Thales Alenia Space* существенно превосходят по надёжности предшествующее поколение спутниковых платформ этих же производителей.

На диаграмме 3.3 представлены данные о числе успешно запущенных спутников, числе КА, на которых возник один или несколько отказов бортовых систем и числе спутников, не выработавших гарантированный производителем САС и потому захороненных на орбите до его истечения. На диаграмме не учтены данные по платформе BSS-376 (57 КА) компании *Boeing* из-за сложности их учёта.

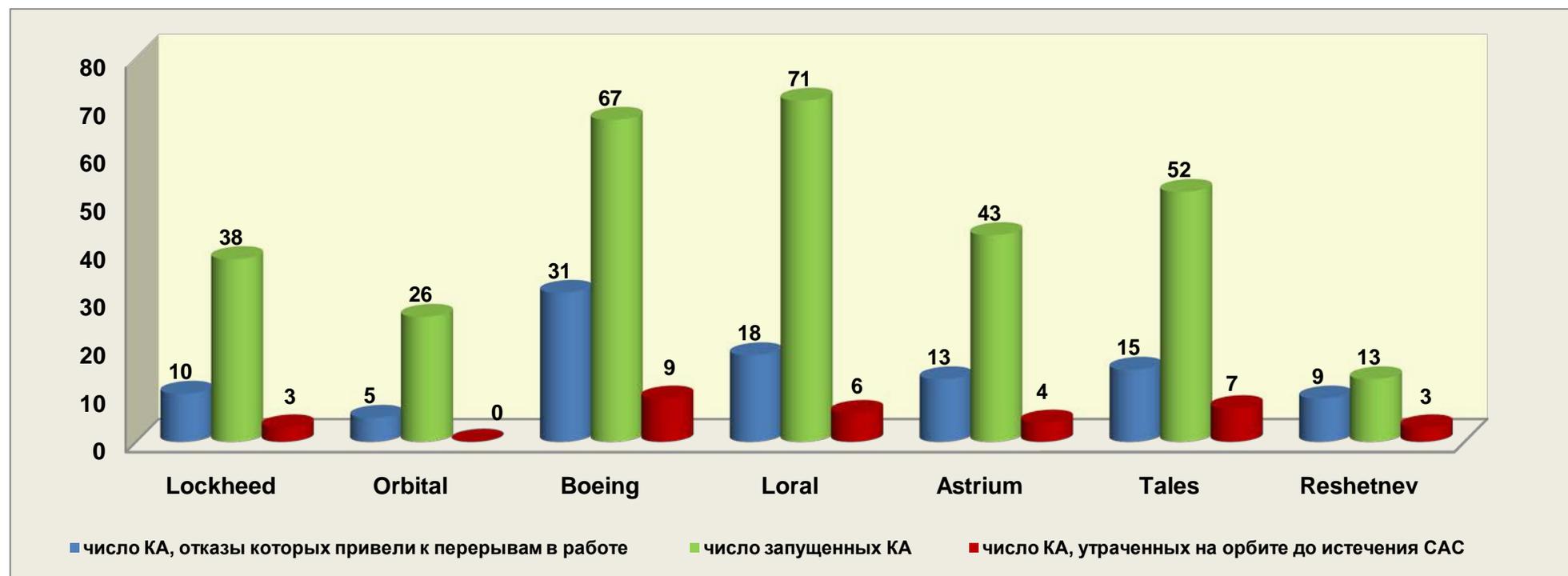


Диаграмма 3.3. Поведение коммерческих спутников связи и вещания основных спутниковых производителей на орбите.

Из диаграммы 3.3 следует, что самыми надёжными с точки зрения соответствия заявленным производителем характеристикам являются коммерческие спутники компании *Orbital*, построенные на базе платформ Star-1 и Star-2. Только 5 (19.2%) КА этой компании имели отказы бортовых систем. Все спутники компании на платформе Star-2 в настоящее время выполняют целевые задачи, из них только три (13.0%) с ограничениями. (КА *Galaxy-15 «спутник-зомби»* возвращён в работу через 11 месяцев скитаний по ГСО). Пока ни один спутник на

платформе Star-2 не исключался операторами из эксплуатации до истечения САС. Одно из пяти событий со спутниками *Orbital*, отображённое на диаграмме 3.3, связано с КА *Sakravarta-1*. На спутнике выключена часть транспондеров из-за потери мощности солнечных батарей. В 2013 году после 15 лет эксплуатации на орбите (при САС 12 лет) спутник *Sakravarta-1* уведен на орбиту захоронения.

Далее в порядке убывания надёжности КА следуют компания *Loral* с платформой LS-1300. Из 71 успешно запущенного на ГСО спутника этой компании 24 (22.5%) КА имели те или иные отказы бортовых систем. Шесть спутников (8.4%) этой компании исключены операторами из состава орбитальной группировки и до истечения САС уведены на орбиту захоронения.

На третьем месте по надёжности КА находится компания *Lockheed Martin* и её платформа A2100. Из 38 КА запущенных на орбиту спутников 9 (23.7%) имели отказы бортовых систем. Два спутника (5.3%) этой компании исключены операторами из состава орбитальной группировки и до истечения САС уведены на орбиту захоронения.

На четвёртом месте по надёжности КА следует компания *Astrium* и её платформы Eurostar-2000 и Eurostar-3000. Из 43 КА запущенных на орбиту 12 (27.9%) спутников были поражены отказами бортовых систем. Четыре спутника (9.3%) этой компании исключены операторами из состава орбитальной группировки и до истечения САС уведены на орбиту захоронения. Замечу, что новая платформа этой компании Eurostar-3000 на 22 запущенных спутника имеет всего два (9.1%) проблемных аппаратов и, таким образом, относится к самым надёжным среди равных по эксплуатационным параметрам платформ.

На пятом месте по надёжности КА находится компания *Thales Alenia Space* с платформами Spacebus-2000 и Spacebus-3000/4000. Из 52 успешно запущенных геостационарных КА этой компании 14 (26.9%) спутников имели отказы бортовых систем. Семь спутников (13.5%) этой компании исключены операторами из состава орбитальной группировки и до истечения САС уведены на орбиту захоронения.

На шестом месте по надёжности КА находится компания *Boeing* с платформами BSS-601 и BSS-702. Из 67 успешно запущенных геостационарных КА этой компании 28 (41.8%) спутников имели отказы бортовых систем. Девять спутников (13.4%) этой компании исключены операторами из состава орбитальной группировки и до истечения САС уведены на орбиту захоронения. Если учесть спутники, изготовленные на базе платформы BSS-376 и успешно запущенные на орбиту, то статистика компании *Boeing* существенно улучшится (на 120 запущенных спутников придётся 34 (28.3%) КА с отказами бортовых систем и 11 (9.2%) спутников, утраченных до истечения САС) и компания может претендовать на общее пятое место.

И, наконец, седьмое место в списке занимает компания *ОАО ИСС им. М.Ф.Решетнёва*. Компания запустила 15 спутников, из которых 9 (60.0%) имели отказы бортовых систем и агрегатов, три (20%) КА утрачены на орбите и ещё три (20.0%) работают с весьма существенными ограничениями по целевому применению.

Известно, что в конце 2011 года на геостационарной орбите находились и выполняли целевые задачи 306 коммерческих спутников, принадлежащие 50 спутниковым операторам. Из 306 спутников только 176 (58%) было застраховано операторами. Три самых крупных спутниковых оператора *Intelsat*, *SES* и *Eutelsat* имеют на своём счету 122 спутника, но страхуют только 66 (54%). Поэтому страховые выплаты за страховые случаи с КА на ГСО являются ещё одной, хотя и не совсем полной характеристикой надёжности спутников того или иного производителя. На диаграмме 1.11 приведены сведения об объеме страховых возмещений в \$ млн за страховые случаи, связанные с отказами бортовых систем КА в последние 15 лет. Для наглядности и удобства приводятся данные о страховых выплатах по КА, созданным на базе самых распространённых и известных мировых платформ типа A2100, Star-2, BSS-601, BSS-702, LS-1300, Eurostar-2000, Eurostar-3000, Spacebus-3000/4000 и MCC-740/767.

Из сведений, представленных на диаграмме 3.4, следует, что за последние 15 лет наибольшие страховые выплаты в размере \$1679,8 млн произведены за страховые случаи со спутниками, построенными на платформе BSS-601 (компания *Boeing*). Следующими по величине (\$790,6 млн) идут выплаты за страховые случаи со спутниками, построенными на платформе BSS-702 (компания *Boeing*). На третьем месте по сумме выплат (\$748,15 млн) за отказы спутников на орбите стоит платформа Spacebus-3000/4000 компании *Thales Alenia Space*. На четвертом месте по величине страхового возмещения (\$695,4 млн) за страховые случаи на спутниках, построенных на её базе, стоит платформа LS-1300 компании *Loral*. Следующими в порядке убывания по страховым выплатам являются платформа A2100 компании *Lockheed Martin* (\$424,9 млн), платформа Eurostar-2000 (\$309 млн) компании *Astrium*, платформа Star-2 (\$198,2 млн) компании *Orbital*, платформа Eurostar-3000 (\$184,6 млн) компании *Astrium* и наконец платформы MCC-740/727/767 (\$116 млн) компании *ОАО ИСС им. М.Ф.Решетнёва*.

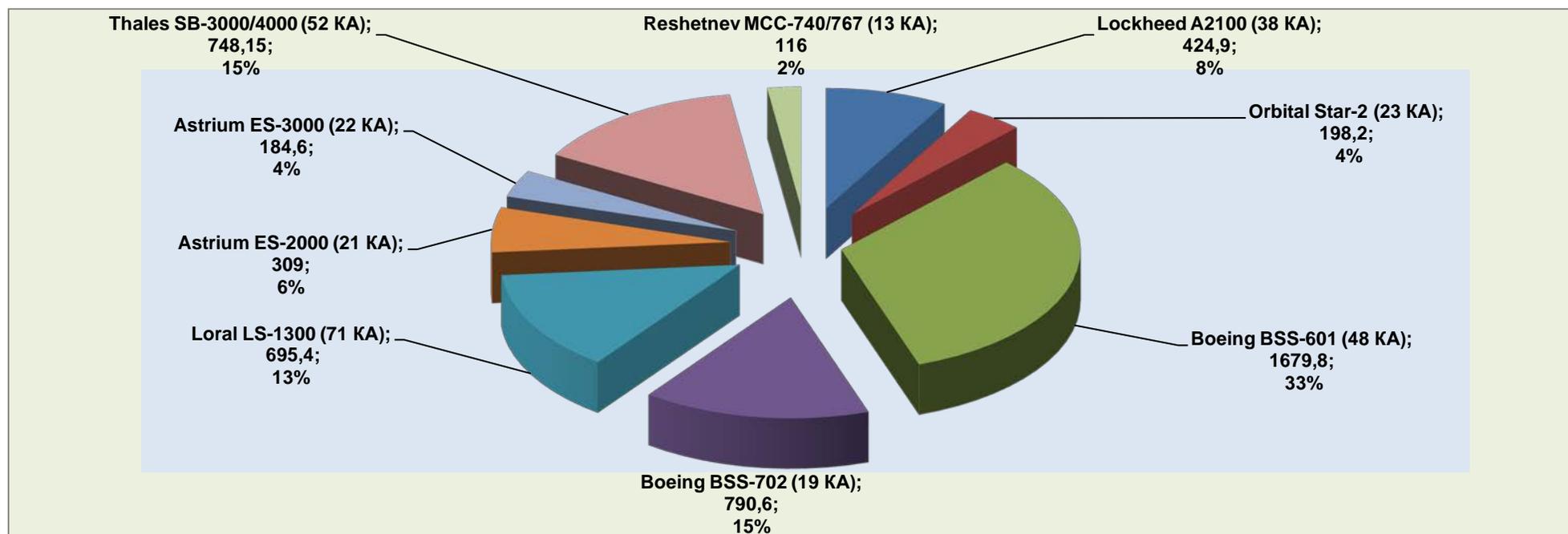


Диаграмма 3.4. Объем и доля страховых выплат в последние 15 лет за отказы на построенных на основных платформах спутниках.

Однако общие страховые выплаты не позволяют сделать окончательный вывод о качестве спутников, построенных на базе той или иной платформы, тем или иным производителем. Поэтому для более корректного сравнения качества основных типов платформ (построенных на их базе спутников) введём показатель средней выплаты страховых возмещений  $\bar{E}$  за отказы КА в процессе эксплуатации. Под показателем средней выплаты страховых возмещений  $\bar{E}$  будем понимать частное от деления общих страховых выплат  $\Omega$  за страховые случаи из-за отказов КА, построенных и успешно запущенных на орбиту на той или иной платформе, на общее число спутников  $N$  этой платформы выведенных на ГСО.

$$\bar{E} = \Omega / N, \quad (3.1).$$

На диаграмме 3.5 представлены сведения о значении показателя средней выплаты страховых возмещений  $\bar{E}$  за отказы спутников в процессе лётной эксплуатации для самых распространённых платформ A2100, Star-2, BSS-601, BSS-702, LS-1300, Eurostar-2000, Eurostar-3000, Spacebus-3000/4000 и MCC-740/727/767.

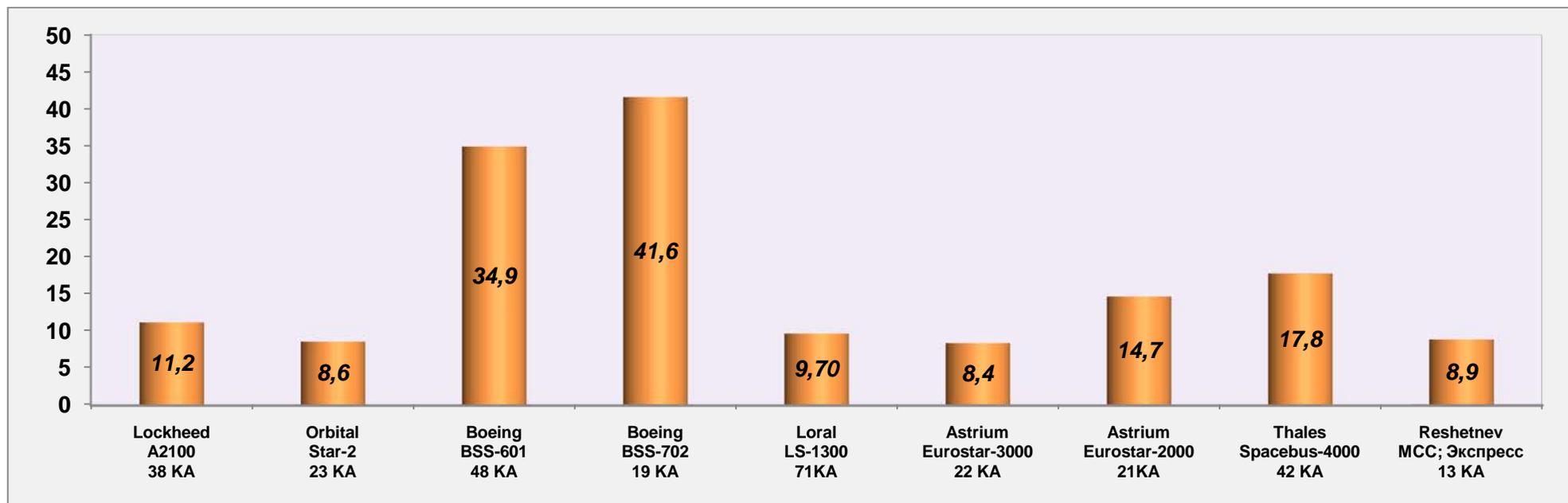


Диаграмма 3.5. Средние выплаты страховых возмещений за отказы спутников на основных мировых платформах за последние 15 лет.

Из данных, представленных на диаграмме 3.5, следует, что наилучшей с точки зрения надёжности в смысле средних страховых выплат (\$8,4 млн) за застрахованные спутники является платформа Eurostar-3000 компании *Astrium*. Далее в порядке возрастания средних страховых выплат следуют: платформа Star-2 компании *Orbital* (\$8,6 млн), платформы MCC-740/727/767 компании *ОАО ИСС им. М.Ф.Решетнёва* (\$8,9 млн). **Это значение возрастёт существенно после урегулирования страховых выплат за отказ системы привода солнечных батарей спутника Экспресс-АМ1**, платформа LS-1300 (\$9,9 млн) компании *Loral*, платформа A2100 (\$11,1 млн) компании *Lockheed Martin*, платформа Eurostar-2000 (\$14,7 млн) компании *Astrium* и платформа Spacebus-3000/4000 (\$17,8 млн) компании *Thales Alenia Space*. Хуже всего в последние пятнадцать лет обстоят дела со страховыми выплатами отнесёнными на один КА с платформами BSS-601 (\$34,9 млн) и BSS-702 (\$41,6 млн) компании *Boeing*.

Замечу, что и показатель средней выплаты страховых возмещений за отказы КА в процессе эксплуатации также не даёт окончательного вердикта о качестве той или иной платформы, потому что спутниковые операторы, как уже отмечалось, страхуют не все КА, находящиеся в составе их орбитальной группировки. В работе уже приводились данные о том, что в конце 2011 из 306 спутников только 176 (58%) было застраховано операторами.

Поэтому приведу дополнительные сведения о числе спутников того или иного производителя, которые страхуют спутниковые операторы, что позволит в некоторой степени улучшить достоверность выводов о качестве КА, поставляемых производителями. Сведения о количестве застрахованных спутников того или иного производителя представлены на диаграмме 3.6.

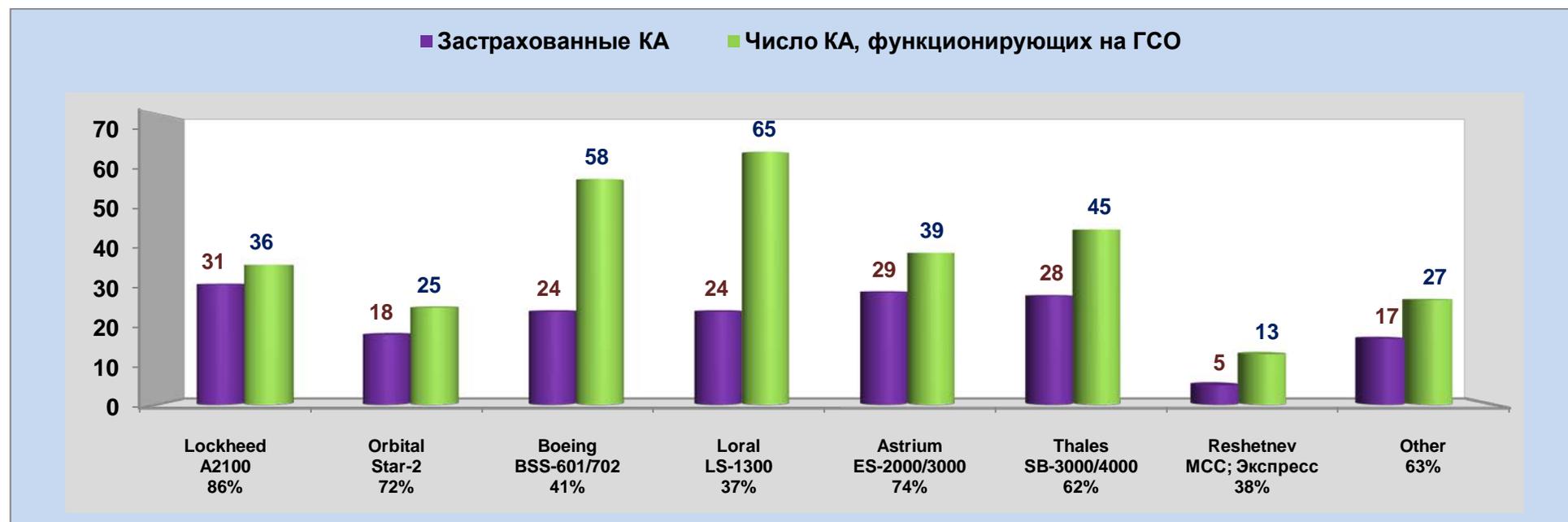


Диаграмма 3.6. Число застрахованных и количество функционирующих на ГСО спутников мировых производителей в конце 2011 года.

Из данных, приведенных на диаграмме 1.13, следует, что наиболее охотно в последние годы спутниковые операторы страхуют КА, созданные на базе платформ A2100 компании *Lockheed Martin*, Star-2 компании *Orbital*, Eurostar-2000 и Eurostar-3000 компании *Astrium*. В то же самое время спутниковые операторы страхуют меньше половины спутников, созданных на базе платформ BSS-601 и BSS-702 компании *Boeing*, LS-1300 компании *Loral* и MCC-740/727/767 компании *ОАО ИСС им. М.Ф.Решетнёва*.

Последнее объясняется тем, что страховые премии за спутники компаний *Boeing*, *Loral* и *ИСС им. М.Ф.Решетнёва* отличаются повышенным коэффициентом, вследствие более частых отказов бортовых систем КА, построенных на базе платформ BSS-601/702, LS-1300 и MCC-740/727/767.

#### 4. Сравнение сроков изготовления спутников основными производителями.

Основные производители спутников за последние десять лет существенно сократили сроки поставки спутников на орбиту. Данные о сроке поставки спутников заказчикам говорят о том, что этот показатель зависит от многих составляющих, определяющим является желание и возможности заказчика. При взаимной способности заказчика и поставщика организовать работу по выполнению договора на изготовление спутника и обеспечить готовность средств запуска достигаются минимальные сроки поставки спутника на орбиту. Компания *Space Systems/Loral* поставила за 20 месяцев КА *AsiaSat-1* (2011 год). Корпорация *Thales Alenia Space* за 26 месяцев изготовила спутник *Nilesat-102* (2000 год). Компания *Boeing* за 15 месяцев поставила КА *Astra-3A* (март 2002 год). Фирма *EADS Astrium* потратила 24 месяца на поставку КА *Amazonas-2* (2009 год). Компания *Orbital Sciences Corporation* за 22 месяца доставила на орбиту КА *NSS-9* (2008 год). Корпорация *Lockheed Martin* за 19 месяцев изготовила и поставила на орбиту КА *AMC-18* (декабрь 2006 год).

На диаграмме 4.1 представлены данные о минимальном, среднем и максимальном сроках поставки спутника заказчику различными компаниями, исходя из срока заключения контракта, но не времени вступления контракта в силу, который отсчитывается, как правило, от даты первого платежа по контракту. Ещё раз отмечу, что срок изготовления спутника, отсчитываемый от даты заключения контракта на поставку спутника, более полно, на взгляд автора отражает желание Заказчика иметь спутник на орбите и способность Производителя доставить спутник на орбиту согласно контрактным обязательствам без ссылок на некие обстоятельства.

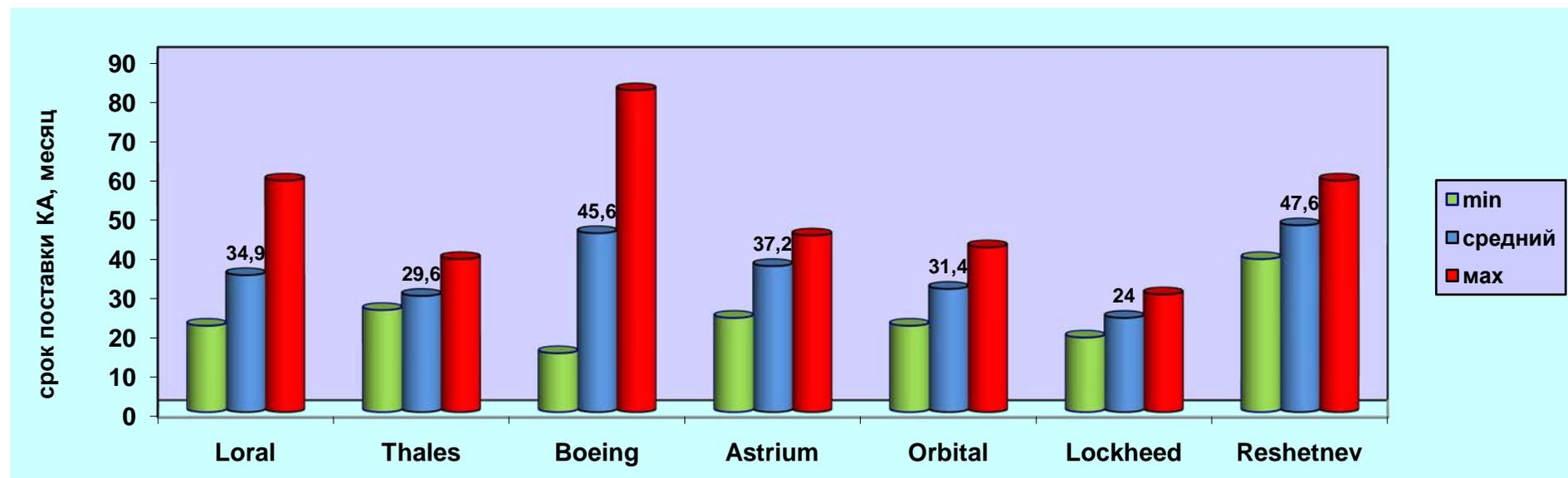


Диаграмма 4.1. Минимальный, средний и максимальный сроки поставки спутников с 2001 по 2013 год.

## 5. Контрактная стоимость некоторых проектов коммерческих телекоммуникационных спутников.

В таблице 5.1 представлены сведения по стоимости проекта на разработку и запуск того или иного спутника, построенного каждой из семи самых известных мировых компаний. Данные взяты автором из открытой печати, в которой приводятся сведения о стоимости большого числа контрактов на производство и запуск коммерческих геостационарных спутников.

В качестве критерия, по которому можно сравнить тот или иной проект на создание спутника, автор предлагает приведенную годовую стоимость транспондера (диапазон работы транспондера при этом не учитывается). Под приведенной годовой стоимостью **Spr** транспондера будем понимать результат деления общей стоимости проекта  $\Sigma$  производства и доставки спутника на ГСО на произведение числа активных транспондеров **Nak** спутника и гарантированного производителем срока активного существования **Tcas**.

$$Spr = \Sigma / (Nak \times Tcas), \quad (5.1).$$

В общую стоимость проекта включены затраты заказчика на приобретение спутника у производителя на орбите, затраты заказчика на пусковые услуги и затраты заказчика на страхование запуска и года эксплуатации спутника на орбите. Для всех проектов, приведенных в таблице, величина гарантированного производителем САС исчислялась 15 годами (даже для *ИСС им. М.Ф.Решетнёва*).

Дата запуска	Спутник	Платформа	Поставщик	Срок поставки КА, мес.	Цена: (КА, страховка, запуск)	Число активных стволов	Годовая себестоимость ствола, \$
13.05.2003	<b>HellasSat-2</b>	Eurostar 2000+	<i>EADS Astrium</i>	25	<b>\$178.0 М</b>	28	<b>423 000</b>
29.10.2009	<b>Thor-6</b>	Spacebus 4000B2	<i>Thales Alenia Space</i>	26	<b>€160.0 М</b>	36 Ku	<b>415 000</b>
06.10.2011	<b>Intelsat-18</b>	STAR-2	<i>Orbital Sciences Corporation</i>	24	<b>\$205.0 М</b>	24 C, 12 Ku	<b>380 000</b>
18.07.2004	<b>Anik-F2</b>	Boeing 702	<i>Boeing Satellite Systems</i>	41	<b>\$600.0 М</b>	24 C, 32 Ku, 38 Ka	<b>425 000</b>
18.06.2006	<b>Galaxy-16</b>	LS-1300	<i>Space Systems/Loral</i>	32	<b>\$332.0 М</b>	24 C, 24 Ku	<b>461 000</b>
06.08.2011	<b>Bsat-3C</b>	A2100A	<i>Lockheed Martin</i>	20	<b>\$220.0 М</b>	24 Ku	<b>611 000</b>
11.12.2011	<b>Amos-5</b>	Express-1000	<i>ИСС им. М.Ф.Решетнёва</i>	38	<b>\$200.0 М</b>	18C, 16 Ku	<b>392 000</b>

Таблица 5.1. Стоимость проектов по созданию некоторых коммерческих геостационарных спутников связи и вещания.

Из приведенных в таблице данных следует, что все производители спутников, за исключением компании *Lockheed Martin*, предлагают заказчикам спутники примерно за одинаковую цену. Поэтому при выборе поставщика спутника важными для заказчиков становятся другие показатели, например, сроки поставки спутников, надёжность предшествующей продукции и другие.

## 6. Космическая деятельность основных мировых производителей геостационарных спутников.

В таблице 6.1 приведены обобщённые сведения о производстве и функционировании геостационарных спутников основных мировых производителей с 1963 года по 2013 год включительно.

Компания-производитель спутников	Количество спутников			Общее время работы коммерческих ГСО КА, лет	Запуск первого КА на ГСО
	всего изготовлено	в том числе геостационарных			
		всего/работает	из них коммерческих всего/работает		
<i>Lockheed Martin</i>	более 930	143/70	101/52	1035	1975
<i>Boeing Satellite Systems</i>	273	225/89	188/67	2120	1963
<i>Space Systems/Loral</i>	240	152/81	112/74	1770	1969
<i>Orbital Sciences Corporation</i>	117	34/32	34/32	170	1997
<i>EADS Astrium</i>	115	79/50	56/46	604	1981
<i>Thales Alenia Space</i>	115	76/52	69/43	502	1982
<i>ИСС им. М.Ф.Решетнёва</i>	более 1200	142/17	15/10	84	1975

Таблица 6.1. Обобщённые сведения о производстве и функционировании геостационарных спутников по 2013 год.

Из данных, приведенных в таблице 6.1, следует, что в период с 1963 года по 2013 год наибольшее количество геостационарных спутников (225), в том числе коммерческих (188), произвела компания *Boeing Satellite Systems*. В конце 2012 года 86 (в том числе 64 коммерческих) спутников использовались по целевому назначению.

С большим отставанием за ней следует компания *Space Systems/Loral*, которая произвела 152 геостационарных спутника, в том числе 112 коммерческих, из них на орбите в конце 2013 года выполняли целевую функцию 74 коммерческих спутника. Корпорация *Lockheed Martin* поставила на рынок 143 геостационарных спутников (из них 101 коммерческий), из которых успешно работает на орбите 70, в том числе 52 - коммерческих. Российская *ИСС им. М.Ф.Решетнёва* изготовила 142 геостационарных спутника, из них 15 – коммерческих, но только 10 из них функционирует на орбите. Европейские компании *EADS Astrium* и *Thales Alenia Space* произвели 79 и 76 геостационарных КА, из которых 69 и 56 коммерческие, в том числе 52 и 50, соответственно, успешно эксплуатировались в конце 2013 года на орбите.

Компания *Orbital Sciences Corporation* за свою недолгую историю произвела 34 коммерческих спутника, из которых 32 выполняют целевые задачи.

Проведенный анализ свидетельствует о том, что результативность российского производителя *ИСС им. М.Ф.Решетнёва* в 5-6 раз ниже, чем американских и европейских производителей спутников.

## Заключение (выводы)

1. Как зарубежные, так и отечественные производители создают спутники на основе унифицированного ряда базовых платформ и их модификаций, позволяющие строить различные по массе и энергетическим характеристикам спутники. В настоящее время как отечественные, так и зарубежные геостационарные спутники связи и вещания производятся только в негерметичном исполнении.

2. Анализ производства коммерческих геостационарных спутников связи и вещания показал, что заказчики ориентируются в основном на простые в изготовлении одно или двух диапазонные и средние по мощности спутники.

3. Большинство зарубежных геостационарных спутников связи и вещания выводятся на геопереходную орбиту и затем с помощью апогейных двигателей, входящих в состав спутниковой платформы, доставляются на целевую геостационарную орбиту.

Вследствие относительно низкой грузоподъёмности отечественных средств выведения (для разрешённых трасс спутники весом не выше 3100 кг) российские коммерческие спутники связи и вещания доставляются на ГСО непосредственно. Поэтому апогейные двигатели на российских спутниковых платформах не используются. Известно, что использование в качестве апогейных двигателей ЭРДУ на ксеноне вместо химических (гидразиновых) двигателей позволяет увеличить массу полезной нагрузки платформы на 20-25%. Однако при применении ЭРДУ на ксеноне доставка спутника на ГСО может составить от одного до нескольких месяцев.

4. В системах электропитания российские и зарубежные производители спутников связи и вещания используют аккумуляторные и солнечные батареи практически одних и тех же поставщиков. В настоящее время все мировые производители устанавливают на спутники солнечные батареи с трёхпереходными фотоэлементами типа *Ultra Triple-Junction (GaInP/GaAs/Ge)*, которые на некоторых платформах в сумме вырабатывают более 20 кВт электрической энергии. Работу спутников в условиях солнечных теней обеспечивает применение бортовых литий-ионных (*Li-Ion*) аккумуляторов, которые вытеснили никель-кадмиевые (*Ni-Cd*) и никель-водородные (*Ni-H<sub>2</sub>*) аккумуляторные батареи.

5. В системах терморегулирования российские и зарубежные производители спутников связи и вещания используют как комплексы на базе тепловых труб, так и замещающий электрический обогрев в сочетании с локальными обогревателями.

6. Почти все зарубежные и российские производители спутников в системах ориентации и стабилизации, а также в системах коррекции орбиты применяют электрореактивные двигательные установки на базе стационарных плазменных двигателей, работающих на ксеноне. Зарубежные производители спутников продолжают использовать в этих бортовых системах ЭРДУ российского производства.

7. Российские и зарубежные производители коммерческих геостационарных спутников связи и вещания декларировали срок активного существования спутников не менее 15 лет. Эксплуатация спутников подтверждает этот САС для основной массы зарубежных КА и она же свидетельствует о том, что в настоящее время реальный САС российских спутников в 1.5-2.5 раза ниже.

## Список использованной литературы

1. The UCS Satellite Database is a listing of Satellites Added and Deleted from February 2001 to February 2012.// Union of Concerned Scientists. Satellite Database Downloads.
2. Новости космонавтики.// 2002, №3.
3. Новости космонавтики.// 2003, №3.
4. Новости космонавтики.// 2004, №3.
5. Новости космонавтики.// 2005, №3.
6. Новости космонавтики.// 2006, №3.
7. Новости космонавтики.// 2007, №3.
8. Новости космонавтики.// 2008, №3.
9. Новости космонавтики.// 2008, №3.
10. Новости космонавтики.// 2010, №3.
11. Новости космонавтики.// 2011, №3.
12. Новости космонавтики.// 2012, №3.
13. А.Крылов. Геостационарные спутники связи и вещания за первые 10 лет XXI века. // Connect, 2011, №7, стр.93-96.
14. Euroconsult. World Market Survey. // 2006. Satellites to be Built and Launched from 2007 to 2016.
15. Satellite Industry Association. State of the Satellite Industry Report, 2008.
16. Satellite Industry Association. State of the Satellite Industry Report, 2009.
17. Satellite Industry Association. State of the Satellite Industry Report, 2010.
18. Satellite Industry Association. State of the Satellite Industry Report, 2011.
19. Satellite Industry Association. State of the Satellite Industry Report, 2012.
- 19a. Satellite Industry Association. State of the Satellite Industry Report, May 2014.
20. «Новости космонавтики», №3/2000.
21. А.Е.Буравин. Малые спутники связи на геостационарной орбите: ниша и перспективы. Журнал Технологии и средства связи, № 3/2006.
22. Lockheed Martin Commercial Space Systems. Официальный сайт.
23. Orbital Sciences Corporation. Официальный сайт.
24. Boeing Satellite Systems. Официальный сайт.
25. Space Systems/Loral. Официальный сайт.
26. EADS Astrium. Официальный сайт.
27. Thales Alenia Space. Официальный сайт.
28. ОАО «ИСС имени академика М.Ф.Решетнёва». Официальный сайт.
29. Новости космонавтики.// 2012, №3.
30. Satellite Industry Association. State of the Satellite Industry Report, 2013.